



GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ

Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ YAYINI

PUBLISHED BY GÜMÜŞHANE UNIVERSITY SCIENCE AND TECHNOLOGY INSTITUTE

ISSN 2146 - 538X

CİLT / VOLUME: 8

SAYI / ISSUE : 2

YIL / YEAR : 2018

$$\text{Arf}(q) = \sum_{i=1}^n q(a_i) q(b_i) \in \mathbb{Z}_2$$

$a_i, b_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n.$



EBS CO



ULAKBİM TR DİZİN



Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute

Cilt/Volume: 8 Sayı/Issue: 2 Yıl/Year: 2018

Altı ayda bir yayımlanır/ *Published twice a year*

ISSN 2146-538X



Sahibi / Owner

Prof. Dr. Halil İbrahim ZEYBEK

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına

On the behalf of Gümüşhane University Science and Technology Institute

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editor in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Tahsin BOSTANCI

Baş Editör / Executive Editor

Dr. Öğr. Üyesi Serhat DAĞ

Editörler / Editors

Prof. Dr. Bahri BAYRAM

Prof. Dr. Hüseyin DEMİR

Doç. Dr. Ferkan SİPAHİ

Doç. Dr. Selçuk ALEMDAĞ

Doç. Dr. İbrahim TURAN

Dr. Öğr. Üyesi. Bülent AKAR

Dr. Öğr. Üyesi Lale CONA

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali GÜCER

Dr. Öğr. Üyesi Melih OKCU

Dr. Öğr. Üyesi. Talat ÖZDEN

Dr. Öğr. Üyesi. Emre ÖZYURT

Öğr. Gör. Salih TÜRK

Dergi Sekreteryası / Secretary

Doç. Dr. Enver AKARYALI

Arş. Gör. Recep ÇAKMAK

Arş. Gör. İlker ERKAN

Arş. Gör. Ömer KARPUZ

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın süreli ve hakemli/ Common term and refereed

Yayın Tarihi / Publication Date

31 / 07 / 2018

Hakemli bir dergi olan Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi yılda iki kez çevrimiçi olarak yayımlanmaktadır. Akademik usullere uygun atıf yapmak suretiyle dergide yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Bu dergide yayımlanan çalışmaların bütün sorumluluğu yazarlara aittir.



Yayın Danışma Kurulu / Editorial Advisory Board

- Prof. Dr. Jose Francisco Gomez Aguilar-Cenidet
Prof. Dr. Vecihi AKSAKAL-Bayburt Üniversitesi
Prof. Dr. İsmail Hakkı ALTAŞ-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Gökhan APAYDIN- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Charyyar Ashyralyyev-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Fetullah ARIK-Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Mehmet ARSLAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdon ATANGANA-Free State University
Prof. Dr. Hasan BALTAŞ-Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Prof. Dr. Bahri BAYRAM-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Fikri BULUT-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Kamil COŞKUNÇELEBİ-Karadeniz Teknik Üni
Prof. Dr. Çetin CÖMERT- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Günay ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Necati ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi-
Prof. Dr. Adem DOĞANGÜN-Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Abdurrahman DOKUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Murat EKİNCİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdelhai ELAZZOZI-Sidi Mohamed Ben Abdellah U.
Prof. Dr. Saffet ERDOĞAN-Harran Üniversitesi
Prof. Dr. Yener EYÜBOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ertan GÖKALP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Candan GÖKÇEOĞLU-Hacettepe Üniversitesi
Prof. Dr. Levent GÜMÜŞEL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Oğuz GÜNGÖR-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK-Fırat Üniversitesi
Prof. Dr. Zakia HAMMOUCH-Moulay Ismail University
Prof. Dr. Cahit HELVACI-Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA-Selçuk Üniversitesi
Prof. Dr. Necati KARAKAYA-Selçuk Üni.
Prof. Dr. Hakan KARSLI-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Abdullah KAYGUSUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Cemal KÖSE-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Birgül KURAL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Murat KÜÇÜK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Ramazan LİVAOĞLU-Uludağ Üniversitesi
Prof. Dr. Halim MUTLU-Ankara Üniversitesi
Prof. Dr. Salim Serkan NAS-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Kolade M. OWOLABI-Federal Uni. of Technology
Prof. Dr. Sultan ÖZTÜRK-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Sunil PROHİT- Rajasthan Technical University
Prof. Dr. Abedallah RABABAH-Jordan Uni. Sci. and Tech.
Prof. Dr. M. Burhan SADIKLAR-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. İsmet SEZER-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Zehra ŞAHİN- Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Selim ŞEN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Ahmet TUTUŞ-Kahramanmaraş Sütçü İmam Üni.
Prof. Dr. Coşkun ÜLSER-Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Prof. Dr. Mualla YALÇINKAYA-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Şükrü YETGİN-Gümüşhane Üniversitesi
Prof. Dr. Keewook YI-Korea Basic Science Institute
Prof. Dr. Ali Osman YILMAZ Karadeniz Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Yong WANG- University of Manchester
Prof. Dr. Emel ABDİOĞLU YAZAR-Karadeniz Teknik Üni.
Prof. Dr. Özcan YİĞİT-Çanakkale 18Mart Üniversitesi
- Doç. Dr. Enver AKARYALI-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Emre AYDINÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Bilge BAHAR-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Tufan ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Zafer ÇAKIR-Alaaddin Keykubat Üniversitesi
Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Fatih DÖNER-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Elif Çelenk KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Afşin Ahmet KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ayberk KAYA- Recep Tayyip Erdoğan Üni.
Doç. Dr. Emine TANIR KAYIKÇI- Karadeniz Teknik Üni.
Doç. Dr. Mustafa KUMRAL-İstanbul Teknik Üni
Doç. Dr. Tayfur KÜÇÜKÖMEROĞLU -Karadeniz Teknik Üni.
Doç. Dr. Nafiz MADEN-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Müdahir ÖZGÜL-Atatürk Üniversitesi
Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. S. Beyza Ö. SARIKAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Ayhan TOZLUOĞLU-Düzce Üniversitesi
Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Alaaddin VURAL-Gümüşhane Üniversitesi
Doç. Dr. Hilal YILDIZ-Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üni.
Doç. Dr. Halil YOLCU-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hazan ALKAN AKINCI Artvin Çoruh Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Eda Feyza AKYÜREK-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf AŞIK-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Cemalettin BALTACI-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Hacı Alim BARAN-Batman Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet BAŞOĞLU-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ÇAVUŞOĞLU-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Kemal ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa ÇULLU-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim DÜZGÜN-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Muhammet M. KAHRAMAN-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Selim KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Selami KESLER-Pamukkale Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Nurçin KÜÇÜK KENT-Gümüşhane Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Kemal KUVVET-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahman LERMİ-N. Ömer Halisdemir Üni.
Dr. Öğr. Üyesi Seda NEMLİ- Ege Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yasin OĞUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Zuhale OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Emre ÖZKOP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Abdulveli SİRAT-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Birol ŞAHİN- Recep Tayyip Erdoğan Üni
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Nuri URAL-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Uğur ŞİMŞEK-Iğdır Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Yener TOP-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Sefa YALVAÇ-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi Cem YÜCEL-Gümüşhane Üniversitesi
Dr. Ilyas KHAN- Majmaah University
Dr. Rizwan Ul HAQ-Bahria University
Dr. Chokka RAVICHANDRAN-Bharathiar University

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Araştırma Makalesi / Research Article

Esin AVCI	Medyan ve Aralık Olarak Raporlanan Çalışmaların Meta-analizi: Erken Evre Meme Kanserinde Cerrahi Yöntem Tercihinde Yaş Faktörünün İncelenmesi <i>Meta-analysis of Median and Range Reported Studies: Examination of Age Factor in the preference of Surgical Method in Early Stage Breast Cancer</i>	175
Kadriye ÖZCAN Cengiz ÇORBACI	<i>Streptomyces</i> sp. Suşlarından Amilolitik Enzim Üretimi <i>Production of Amylolytic Enzyme from Streptomyces sp. Strains</i>	185
A. İmran VAİZOĞULLAR	ZnO/CuO Nanopartiküllerinin Sentezi Karakterizasyonu ve Fotokatalitik Aktivitesinin 2,6-Diklor Fenol Kullanılarak Belirlenmesi <i>Synthesis, Characterization of ZnO/CuO Nanoparticles and Determination of Its Photocatalytic Activity Using 2,6-Dichlorophenol</i>	192
Abdurrahman ONARAN	Endemik Anadolu Sığla Ağacı (<i>Liquidambar orientalis</i> Mill.) Bitki Ekstraktlarının Bazı Bitki Patojeni Funguslara Karşı Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi <i>Determination of Antifungal Effects of Endemic Anatolia Sığla Tree (<i>Liquidambar orientalis</i> Mill.) Plant Extracts against Some Plant Pathogenic Fungi</i>	202
Sevda ENGİN Uğur BÜYÜK	Kontrollü Doğrusal Katılaştırılan Al-Cu Alaşımının Mikroyapısı, Mekanik ve Elektriksel Özelliklerinin Katılaştırma Hızına Bağlı Değişimi <i>Variations with Growth Rate of the Microstructural, Mechanical and Electrical Properties of Directionally Solidified the Al-Cu Alloy</i>	209
Mustafa Alper AKKAŞ	Nano Sensörlerin Farklı Gaz Ortamlarında Geçiş Pencerelerinin Hesaplanması <i>Calculating of Nano Sensor's Transmission Window According to the Different Gas Environments</i>	222
Sıla Özlem ŞENER Nuriye KORKMAZ Şeyda AKKAYA Merve BADEM Rezzan ALİYAZICIOĞLU Ufuk ÖZGEN Şengül A. KARAOĞLU	<i>Clinopodium vulgare</i> L. subsp. <i>vulgare</i> Ekstresinin Antioksidan, Antimikrobiyal, Tirozinaz İnhibitör Aktiviteleri ve RP-HPLC ile Fenolik Bileşiklerinin Araştırılması <i>Investigation of Phenolic Compounds by RP-HPLC and Antioxidant, Antimicrobial, Tyrosinase Inhibitor Activities of Clinopodium vulgare L. subsp. vulgare Extract</i>	230
Burak MARKAL	Çarpan Eş Eksenli Bir Hava Jetinde Debi Oranının Akış Karakteristikleri Üzerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi <i>Experimental Investigation of the Effect of Flow Rate Ratio on the Flow Characteristics in a Co-axial Impinging Air Jet</i>	239
Emel BİÇER	İkinci Mertebeden Gecikmeli Bir Diferansiyel Denklemin Hyers-Ulam Rassias Kararlılığı <i>Hyers-Ulam Rassias Stability of a Second Order Delay Differential Equation</i>	249
Mahyar MAALI	Dikey Berkıtmeli Alın Levhalı Kiriş-Kolon Birleşimlerinin Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi <i>Investigation of Experimental Analysis on Behaviour of End-Plate Beam to Column Connections with Vertical Stiffener</i>	255
Serkan BAYAR	Metilen Mavisinin Doğal Kil Üzerine Adsorpsiyonu <i>Adsorption of Methylene Blue onto Natural Clay</i>	264
Zeynep F. ALEMDAR Deniz CAYMAZER	Kentsel Dönüşüm Kapsamında Çok Katlı Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Değerlendirilmesi <i>Seismic Performance Assessment of a Multi-Story Reinforced Concrete Building in Urban Transformation</i>	273
Mehmet ÖZ Cemalettin BALTACI İlhan DENİZ	Gümüşhane Yöresi Kuşburnu (<i>Rosa canina</i> L.) ve Siyah Kuşburnu (<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.) Meyvelerinin C Vitamini ve Şeker Analizleri <i>The Analysis of Sugar and Vitamin C in Rosehip (<i>Rosa canina</i> L.) and Black rosehip (<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.) Fruits of Gumushane Region</i>	284

Osman KILINÇÇEKER Özgür GÖLGE	Farklı Gamların Tavuk Köftelerdeki Bazı Özellikler Üzerine Etkileri <i>The Effects of Different Gums on Some Properties of Chicken Meatballs</i>	293
Kadriye İNAN BEKTAŞ	Glikoz İzomeraz Üreticisi Dört <i>Geobacillus</i> Suşunun İzolasyonu ve Moleküler Metotlar Kullanarak Tanımlanması <i>Isolation of Four Glucose Isomerase Producing Strains of Geobacillus and Their Identification Using Molecular Methods</i>	299
Ümit ERTUĞRUL	2-Uninormlar Üzerinde Denklik Bağlantısı ve Kıyaslanamayan Elemanların Kümesi <i>Equivalence Relation on 2-Uninorms and the Set of Incomparable Elements</i>	309
Bilgin ZENGİN Kürşat KAYMAZ Bircan ARSLANNUR	Tunceli İlindeki Trafik Kazası Oranlarının İncelenmesi <i>Investigation of Traffic Accident Rates in Tunceli Province</i>	318
Veli SÜME	Micro Water Structures As A Renewable Energy Source; A Case Study In Maçka Trabzon In Turkey <i>Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Mikro Su Yapıları; Maçka'da Örnek Bir Çalışma</i>	325
Bülent ÖZTÜRK	Aşındırıcı Türü ve Boyutunun Otomotiv Fren Balatalarının Sürtünme-Aşınma Performansına Etkisi <i>Effect of Abrasive Type and Size on the Friction-Wear Performance of Automotive Brake Friction Materials</i>	335
Yasemin SAĞIROĞLU Uğur GÖZÜTOK	Eğri Ailelerinin $GL(n, \mathbb{R})$ deki Denklikleri ve Diferansiyel İnvaryantlar <i>Equivalence of Curve Families in $GL(n, \mathbb{R})$ and Differential Invariants</i>	348
Mahir Murat CENGİZ	Arıcılık ve Organik Bal Üretimi için Narman (Erzurum, Türkiye) Doğal Meralarında Ballı Bitki Potansiyeli <i>Honey Plant Potential of Natural Rangelands of Narman (Erzurum, Turkey) for Beekeeping and Organic Honey Production</i>	358
Burcu AKÇA Salih Zeki ERZENEĞLU	InSe ve InSe:Sn Yarıiletkenlerinde Farklı Tavlama Sıcaklıkları ve Süreleri için Lineer Soğurma Katsayılarının Belirlenmesi <i>Determination of Linear Attenuation Coefficients for Different Annealing Temperatures and Duration in InSe and InSe:Sn Semiconductors</i>	365
Ömer CAN Halime YILDIZOĞLU	Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi (Bayburt Korkut Ata Lisesi Örneği) <i>Determination of Earthquake Performance in Masonry Building (Bayburt Korkut Ata High School Example)</i>	372
Murat GÜNAYDIN	Tarihi Bir Yığma Minarenin Onarım Sonrasındaki Dinamik Karakteristiklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi <i>Experimental Determination of the Dynamic Characteristics of a Historical Masonry Minaret after Repairing</i>	381
Berrin TOPUZ Nazlı BALDAN PAKDİL Aysel SOLMAZ	Kobalt(II)'nin Amberlit XAD-4/SCHD Reçinesi Kullanılarak Yeni bir Katı-Faz Ekstraksiyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi ve Spektrofotometrik Tayini <i>Preconcentration of Co(II) by a New Solid-Phase Extraction Method using Amberlite XAD-4/SCHD Resin and Spectrophotometric Determination</i>	396
Vildan ÖZTÜRK	Kısmi Metrik Uzaylarda İntegral Tip Büzülme İçin Sabit Nokta Teoremleri <i>Fixed Point Theorems for Integral Type Contraction in Partial Metric Spaces</i>	410
Sibel TORUN Süleyman DİRİK	LP-Kosimpletik Manifoldunun Kontak Pseudo-Slant Altmanifoldların Geodeziklik Durumları <i>Geodesic Situations of Contact Pseudo-Slant Submanifolds in a LP-Cosymplectic Manifold</i>	418
Melek E. BÜYÜKKAYA Ashı BEKTAŞ KAMIŞLIK Tülay KESEMEN	Üçgensel Müdahaleli Yarı-Markov (s,S) Tipli Modellerin Momentleri İçin Tahmin Ediciler <i>Estimators of the Moments for a Semi-Markovian Model of Type (s,S) With a Triangular Distributed Interference of Chance</i>	430
Nuran KAHRİMAN Vildan SERDAROĞLU	Yeni Azakalkon-Şeker Hibrit Bileşiklerinin Sentezi <i>Synthesis of Novel Azachalcone-Sugar Hybrid Compounds</i>	442
Aslı ÜLKE Tuğba ÖZKOCA	Sinop, Ordu ve Samsun İllerinin Sıcaklık Verilerinde Trend Analizi <i>Trend Analyses of Temperature Data of Sinop, Ordu and Samsun Provinces</i>	455

Medyan ve Aralık Olarak Raporlanan Çalışmaların Meta-analizi: Erken Evre Meme Kanserinde Cerrahi Yöntem Tercihinde Yaş Faktörünün İncelenmesi

Meta-analysis of Median and Range Reported Studies: Examination of Age Factor in the preference of Surgical Method in Early Stage Breast Cancer

Esin AVCI*

Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, 28200, Giresun

• Geliş tarihi / Received: 31.07.2017 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 13.12.2017 • Kabul tarihi / Accepted: 25.12.2017

Öz

Sürekli verilere ait çalışmaların birleştirilmesinde meta-analiz uygulanabilmesi için ortalama ve standart sapmaya gerek olmaktadır. Bu çalışmada, yayımlanan çalışmaların medyan, aralık ve örneklem hacmi olarak verilmesi durumunda ortalama ve standart sapmanın tahmin edilmesi için geliştirilen dönüşüm yöntemleri ele alınmıştır. Uygulama olarak erken evre meme kanserli hastalara en çok uygulanan iki tedavi yönteminin tercihinde yaş faktörünün etkisi incelenmiştir. Ele alınan dönüşüm yöntemleri kullanılarak meta-analizine dahil edilen çalışma sayısı 9'dan 17'ye çıkarılmış ve örneklem hacmi artırılarak daha etkin meta-analizi elde edilmiştir. Analiz sonucunda, yaş faktörünün tedavi yöntemi tercihinde önemli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Aralık, Erken Evre Meme Kanseri, Medyan, Meta-analizi, Örneklem Ortalaması, Standart Sapma

Abstract

To perform meta-analysis of continuous data, meta-analyses need the mean and the standart deviation. In this paper, the conversion methods that improved to estimate the mean and the standart deviation from published studies that report median, range and sample size were discussed. The impact of age on preferring the most used surgery type for early stage breast cancer patients was analyzed. Using the conversion methods, the number of studies included in the meta-analysis was increased from 9 to 17 and the sample volume was increased to obtain more efficient meta-analysis. As a result of the analysis, it was concluded that the age factor was not significant in the choice of treatment.

Keywords: Range, Early Stage Breast Cancer, Median, Meta-analysis, Sample mean, Standart deviation

* Esin AVCI; esinavci@hotmail.com; Tel: (0454) 310 53 63; orcid.org/0000-0002-9173-0142

1. Giriş

Meme kanseri, dünyada en yaygın olan kanser türlerinden biridir. Kanser nedeniyle ölüm istatistiklerinde dünyada 5'inci, gelişmiş ülkelerde Akciğer kanserinden sonra 2'inci ve gelişmekte olan ülkelerde 1'inci sırada yer almaktadır. Evrelendirme meme kanserinin tanımlanması ve doktorunun tedavi sürecine karar vermesinde önemlidir. Genel olarak ilk adım cerrahi uygulamadır. Erken evre meme kanserinde en yaygın uygulanan cerrahi iki yöntem; mastektomi (M) ve meme koruyucu cerrahidir (MKC). Mastektomi, hastanın yaşına bakılmaksızın tüm tip ve evredeki meme kanseri için bir tedavi yöntemidir (Halsted, 1898). Meme koruyucu cerrahi, göğsü mümkün olduğunca sağlam bırakarak kanseri ortadan kaldıran bir ameliyattır (URL-1, 2017). Her ne kadar mastektomi 80 yıldan fazla bir geçmişi olsa da hastanın hayat kalitesi ve psiko-sosyal etkiler bakımından son yıllarda meme koruyucu cerrahi uzmanlar tarafından tercih edilmektedir.

Erken evre meme kanserli hastalar için yapılan sağkalım çalışmalarında iki cerrahi yöntem bakımından sağkalım süresi farklılık olmadığı saptanmıştır (Horiguchi vd., 2002; Litière vd., 2012; Nesvold vd., 2008; Yang vd. 2008).

Bir konu ile ilgili araştırma yapılırken, literatürde yer alan birçok çalışma araştırmacılar tarafından incelenmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen bilgilerin nasıl derleneceği ve yorumlanacağı birçok bilim dalında en önemli ve en temel sorundur. Sözel olarak derleme, yöntemlerden biri olsa da ele alınan çalışmaların farklı koşul ve kriter taşıması güvenilirlik ve gerçekliğinin yitirmesine neden olmakta bu nedenle etkili bir yöntem olmamaktadır. Bu durum, bilim insanlarını farklı çalışmalardan edinilen bilgileri etkili bir şekilde derleyen yöntemi araştırmaya yönlendirmiştir. Meta-analizi, karşılaştırılabilir olan farklı bağımsız çalışmaların etkin biçimde birleştirilmesini ve özetlenmesini sağlamaktadır. Meta-analizi ilk olarak Karl Pearson (1904) tarafından tifo çalışmalarının birleştirilmesinde kullanılmıştır. Smith ve Glass (1977), psikoterapinin etkinliğinin ortaya konulması için 400 çalışma sentezlemişlerdir. Rosenthal (1994) materyal algılamada deneysel etkileri incelemek için 345 çalışmayı incelemiştir. Gully vd. (2002) ekip etkinliğinin ve ekip potansiyelinin performans ile pozitif yönde ilişkili olup olmadığını belirlemek için yapılan 67 çalışmayı incelemişlerdir. Judge vd. (2004) liderlik nitelikleri ile zeka arasındaki ilişkiyi ortaya

çıkarmak için 96 çalışmaya meta-analizi uygulamışlardır. Meta-analizi özellikle 1980'lerden sonra bilim insanları tarafından geliştirilerek istatistiksel bir teknik haline getirilmiştir (Cooper, 1998; Cooper ve Hedges, 1994; Hedges ve Olkin, 1985; Light ve Pillemer, 1984). Meta-analizi terimi ilk defa 1976'da Glass tarafından dile getirilmiştir.

Sürekli verilerin özetlenmesinde yaygın olarak kullanılan ortalama ve standart sapma istatistiklerine meta-analizinde gereksinim vardır. Son yıllarda özellikle klinik çalışmalarda sürekli veriler için ortalama ve/veya standart sapmanın raporlanmadığı çalışmalar da ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmalarda medyan ve/veya aralık değerleri raporlanmaktadır (Nesvold vd., 2008; Holmberg vd., 1989; Voogd vd., 1996; Onitilo vd., 2015; Smith vd., 2016; Gumus vd., 2010; Lee vd., 1997; Fentiman 2000).

Bu çalışmada, medyan ve aralık şeklinde raporlanan çalışmalardan, sürekli verilerin meta-analizi uygulanmasında gerekli olan ortalama ve standart sapmanın elde edilmesinde geliştirilen yöntemlerin kullanılması ve böylece daha çok çalışmadan bilgi derlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, erken evre meme kanserli hastalara en çok uygulanan iki tedavi yöntemi tercihinde yaş etkisi incelenmiştir.

2. Gereç ve Yöntem

Meta-analizi, belirli bir konuda ve birbirinden bağımsız yapılan birçok çalışmadan elde edilen sonuçların birleştirilmesini sağlayan bir istatistiksel analiz yöntemidir (Borenstein vd., 2009). Meta-analizi, çalışmaların çalışması olarak ele alındığından yapılan çalışma ile ilgili bütün yayınların belirlenmesi önemlidir.

Meta-analizi, teorik çalışmalardan çok deneysel çalışmaların birleştirilmesinde uygulanabilmektedir. Raporlanan özet istatistiğine göre meta-analiz yöntemi farklılık göstermektedir.

Meta-analizinin amacı; örnek büyüklüğünü arttırmak, bağımsız çalışma sonuçlarının çelişmesi durumunda belirsizlik hakkında karar vermek ve etki büyüklüğü tahmininde bulunmak olarak özetlenebilir (Sacks vd., 1987).

Etki büyüklüğü meta-analizinin temel birimdir ve ilgilenilen ilişkinin yönü ve büyüklüğü temsil etmektedir. Örneklem genişliğinden bağımsızdır. Çalışmalardaki sonuçları standartlaştırarak doğrudan karşılaştırma olanağı sağlamaktadır.

Standartlaştırılmış ortalama farkı, korelasyon katsayısı ve odds oranı farklı türdeki etki büyüklüğü örnekleridir (Borenstein vd., 2009; Littel vd., 2008). Çalışma amacı, düzeni ve veri türüne göre etki büyüklüğünün hesaplanması farklılık göstermektedir. Eğer veriler nominal ise İkili; veriler sürekli ise ortalama ve verilerin ilişki belirtmesi durumunda korelasyon katsayısı etki büyüklüğü olarak kullanılmaktadır (Cohen vd., 2007). Dönüştürme formülleri kullanarak etki büyüklükleri arasında geçiş yapılabilmektedir (Borenstein vd., 2009).

Sabit ve rasgele etkili modeller meta-analizinde kullanılan iki ana modeldir. Model seçiminde çalışmanın karakteristik yapısı ve hata kaynağı önemlidir. Çalışmalar yayımlanmış literatürden elde edildiği zaman rasgele etkili modelin kullanılması daha uygundur. Sabit etkili modelde, etki büyüklüğünün her bir çalışma için aynı olduğu ve çalışma sonuçları arasındaki varyansın birbiriyle ilişkili verilerden kaynaklandığı varsayılmaktadır. Rasgele etkili modelde, etki dağılımlarının ortalamasını tahmin eder ve çalışmaların kendi içlerindeki varyansı ile çalışmalar arası varyansı dikkate alarak değerlendirme yapar (Borenstein vd., 2009).

Meta-analizinde sonuçların görsel olarak daha iyi anlaşılmasını sağlayan grafiklerden biri forest grafiğidir. Bu grafikte her çalışmanın etki büyüklüğü, %95 veya %99 güven aralıkları, ağırlıklar ve birleştirilmiş etki büyüklüğü gösterilmektedir. Bu grafik, her çalışmanın tahminleri arasındaki değişkenlik hakkında bilgi verir (Sutton vd., 2000).

Birbirinden farklı çalışmaların bir araya getirilmesi nedeniyle meta-analizinde yanlışlık olabilmektedir. Yayın yanlışlığının test edilmesinde her çalışmanın etki büyüklüğünün standart sapmasına karşı çizilmesiyle elde edilen Begg ve Mazumdar'ın (1994) funnel grafiğinin yanı sıra; Egger vd. (1997) lineer regresyona dayanan test istatistiğinden, sıklığın çok küçük değer aldığı veya tüm çalışmaların aynı örneklem büyüklüğüne sahip olması halinde Harbord vd. (2006) test istatistiğinden ya da varyans ve etki büyüklüğünün korelasyonuna dayanan Begg ve Mazumdar'ın (1994) test istatistiğinden yararlanılabilir.

2.1. Sürekli Veriler için Etki Büyüklüğü

Deney ve kontrol çalışmaları ortalama ve standart sapma olarak raporlandığında, genel olarak standartlaştırılmamış ortalama farkı, standart-

laştırılmış ortalama farkı veya tepki oranı etki büyüklüğü hesaplaması için tercih edilmektedir (Borenstein vd., 2009).

Çalışmalar aynı ölçek kullandığı zaman meta-analizi için standartlaştırılmamış ortalama farkını kullanılabilir. En önemli avantajı yaygın olarak kullanımınıdır. Bağımsız gruplar için etki büyüklüğü ve etki büyüklüğüne ait varyans aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$D = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 \quad (1)$$

$$V_D = \frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2} \quad (2)$$

Burada $\bar{X}_1, \bar{X}_2, S_1^2$ ve S_2^2 sırasıyla 1'inci ve 2'inci bağımsız gruptan elde edilen örneklem ortalama ve varyans değerleridir. Farklı çalışmalarda sonuçlara ulaşmak için farklı ölçü araçları kullanılıyorsa (farklı psikolojik veya eğitim testleri) standartlaştırılmış ortalama kullanılması daha uygun olmaktadır. Bağımsız gruplar için etki büyüklüğü ve etki büyüklüğüne ait varyans aşağıdaki gibi elde edilmektedir.

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{S_{grup\ i\ \i}} \quad (3)$$

$$S_{grup\ i\ \i} = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (4)$$

$$V_d = \frac{n_1+n_2}{n_1n_2} + \frac{d^2}{2(n_1+n_2)} \quad (5)$$

Eşitlik (5)'in sağında yer alan ilk terim, ortalama farkın tahminindeki belirsizliği, ikinci terim ise $S_{grup\ i\ \i}$ 'nin tahminindeki belirsizliği ifade etmektedir. Eşitlik (2)'de sadece ortalama farkın tahminindeki belirsizlik ifade edilmektedir. Küçük örneklerde etki büyüklüğü değerinin gerekenden fazla gösterilme eğilimi, d 'nin küçükte olsa yanlışlığına sebep olur. Yanlış tahmin için düzeltme terimi kullanılır. Düzeltilmiş tahmine Hedges g olarak adlandırılmaktadır. Aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$J = 1 - \frac{3}{4sd-1} \quad (6)$$

$$g = J \times d \quad (7)$$

$$V_g = J^2 \times V_d \quad (8)$$

Burada sd ile gösterilen simge $S_{grup\ i\ \i}$ 'ni tahmin etmek için kullanılan serbestlik derecesidir (Borenstein vd., 2009).

Tepki oranı (R), sonucu fiziksel bir ölçükle (uzunluk, hacim ya da kitle) ölçülen ve sıfır olması beklenmeyen çalışmalarda ve sıklıkla ekoloji alanında kullanılmaktadır.

$$R = \frac{\bar{x}_1}{\bar{x}_2} \quad (9)$$

$$V_{lnR} = S_{Birl\text{leştirilmi}\xi}^2 \left(\frac{1}{n_1(\bar{x}_1)^2} + \frac{1}{n_2(\bar{x}_2)^2} \right) \quad (10)$$

2.2. Ortalama ve Standart Sapmanın Medyan ve Aralık Yardımıyla Elde Edilmesi

Yukarıda da bahsedildiği gibi sürekli veriler için meta-analizi uygulanırken ortalama ve standart sapma değerlerine gereksinim bulunmaktadır. Ancak özellikle klinik çalışmaların çoğunda

$$a = x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_{M-1} \leq x_M = m \leq x_{M+1} \leq \dots \leq x_{n-1} \leq x_n = b \quad (11)$$

Burada M inci değer medyandır, $M = \frac{n+1}{2}$ (n tek sayı olarak varsayılmaktadır), M , $n/2$ ve $(n/2)+1$ 'inci değer ortalaması olarak elde edilmektedir (n çift sayı olarak varsayılmaktadır). Matematiksel işlemler sonucunda farklı örneklem hacimleri için ortalama ve standart sapma değeri hesaplanması için önerilen formüller Tablo 1'de özetlenmiştir.

Hozo vd. (2005), araştırmacıların medyan ve aralık olarak raporlanan çalışmalar için önerdikleri formüller yardımıyla kolaylıkla ortalama ve standart sapma değerlerinin elde edilmesi için http://www.iun.edu/~mathiho/medmath/Estimatin_g.xls Excel dosyası linki hazırlamışlardır.

Wan vd. (2014), Hozo vd. (2005) tarafından önerilen standart sapma formüllerinde örneklem hacmi bilgisinin dahil edilmemesinden dolayı ciddi kısıtlamalar olduğu düşüncesinden yola çıkarak yeni bir tahmin edici önermişlerdir. Ayrıca ortalama ve standart sapma tahminlerini kartillerin (çeyreklikler) verilmesi durumu için de önermişlerdir.

Temel olarak Wan vd. (2014) standart normal dağılım $N(0,1)$ yaklaşımından faydalanarak örneklem değerlerini standartlaştırmışlardır. Z_1, \dots, Z_n . Standartlaştırılmış değerlerin sıra istatistikleri $Z_{(1)} \leq \dots \leq Z_{(n)}$ olarak elde edilmiştir. $i = 1, \dots, n$ için $X_i = \mu + \sigma Z_i$ ve $X_{(i)} = \mu + \sigma Z_{(i)}$ dir. Buradan $a = \mu + \sigma Z_{(1)}$ ve

medyan, aralık ve örneklem hacmi raporlanmaktadır. Bu durumda ortalama ve standart sapmanın elde edilmesi için Hozo vd. (2005) tarafından ortaya konulan ve Wan vd. (2014) tarafından geliştirilen yöntem verilmiştir.

Hozo vd. (2005) çalışmalarda;

m = medyan
 a = En küçük değer (minimum)
 b = En büyük değer (maksimum)
 n = Örneklem hacmi

verilmesi durumunda dağılım varsayımı olmaksızın ortalama ve standart sapmanın elde edilmesi için bir formül ortaya koymuşlardır. Bunun için öncelikle örneklem değerlerini küçükten büyüğe sıralamıştır.

$b = \mu + \sigma Z_{(n)}$ olarak bulunur. $E(Z_{(1)}) = -E(Z_{(n)})$ olduğundan $E(b - a) = 2\sigma E(Z_{(n)})$ dir. Bu nedenle standart sapma tahmini için aşağıdaki formül elde edilir.

$$S \approx \frac{b-a}{\xi_{(n)}=2E(Z_{(n)})} \quad (12)$$

$Z_{(n)}$ 'nin beklenen değeri için Bloom (1958)'un sıralı istatistiğin beklenen değeri için önerdiği yaklaşım kullanılarak;

$$E(Z_{(r)}) \approx \Phi^{-1} \left(\frac{r-\alpha}{n-2\alpha+1} \right), r = 1, \dots, n \quad (13)$$

Burada $\Phi^{-1}(z)$, $\Phi(z)$ 'nin standart normal kümülatif dağılımın ters fonksiyonudur. Standart normal dağılımın z inci yüzdeliğin üst değeridir. Bloom (1958), örneklem hacmi (n) büyüdükçe α 'nında arttığını gözlemlemiştir. Uygulamada kolaylık olması için $\alpha = 0.375$ olarak ele almıştır. Böylece standart sapma değeri;

$$S \approx \frac{b-a}{2\Phi^{-1} \left(\frac{n-0.375}{n+0.25} \right)} \quad (14)$$

olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, Erken evre meme kanserli hastalara en çok uygulanan iki tedavi yöntemi tercihinde yaş etkisi incelenmiş. Ele alınan çalışmalarda yaşın ortalama ve varyansın raporlandığı çalışmaların yanı sıra medyan ve aralık olarak raporlandığı çalışmalarda ele alınarak çalışma sayısı artırılmıştır.

Tablo 1. Örneklem hacimlerine göre ortalama ve standart sapma hesaplama formülleri

Örneklem hacmi	Ortalama Tahmini	Standart Sapma Tahmini
$n \leq 15$	$\frac{a + 2m + b}{4}$	$\frac{1}{\sqrt{12}} \left[\frac{(a - 2m + b)^2}{4} + (b - a)^2 \right]^{1/2}$
$15 < n \leq 25$	$\frac{a + 2m + b}{4}$	Aralık /4
$25 < n \leq 70$	Medyan	Aralık /4
$n > 70$	Medyan	Aralık/6

3. Bulgular

Bu çalışmada, Erken evre meme kanserli hastalara en çok uygulanan iki tedavi yöntemi (M ve MKC) tercihinde yaş faktörü etkisi incelenmiştir. Bu amaçla sürekli veriler için meta-analizi uygulanmıştır. Medyan ve aralık olarak raporlanan çalışmaların da analize dahil edilmesi için Hozo vd. (2005) ve Wan vd. (2014) tarafından geliştirilen ve yukarıda verilen ortalama ve standart sapma formülleri kullanılmıştır. Böylece analize dahil edilen çalışma sayısı 9'dan 17'ye çıkmıştır. Analiz için R programının "meta" paketinde yer alan "metacont" fonksiyonu ve medyan/aralık olarak raporlanan çalışmalardan ortalama/standart sapma elde etmek için "qnorm(z)" fonksiyonu kullanılmıştır.

Genel cerrah ve Onkoloji uzmanlarından edinilen bilgiler doğrultusunda (URL 2 ve 3, 2017) Mayıs 2017'de Cochrane Controlled Trials Register Databases, MEDLINE and EMBASE veri tabanlarında 'early stage breast cancer', 'early stage breast carcinoma', 'mastectomy', 'modified radical mastectomy', 'radical mastectomy', 'breast conserving therapy', 'breast conservation', 'breast-sparing surgery' anahtar kelimeleri ile yapılan taramada toplam 2135 çalışmaya ulaşılmıştır.

Meta-analizine alınma kriteri; çalışmaların Türkçe ya da İngilizce yayımlanmış olması ve her bir tedavi türü için yaş ortalama/standart sapma ya da medyan/aralık bilgilerinin verilmesi olarak belirlenmiştir. Dışlanma kriteri; farklı dilde yayımlanan ve evresi belirlenmeyen çalışmalar olarak belirlenmiştir.

Yukarıda belirtilen alınma kriterlerine göre 2135 yayımlanmış çalışmadan 17 tanesi meta-analizine dahil edilmiştir. Analize dahil edilen çalışmalar ve her bir çalışmadaki denek sayısı ile yaş bilgisinin raporlanma türü Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'den de görüldüğü gibi yaş bilgisi, 9 çalışmada ortalama/standart sapma şeklinde ve 8

çalışma ortalama veya medyan/standart sapma veya aralık şeklinde raporlanmıştır.

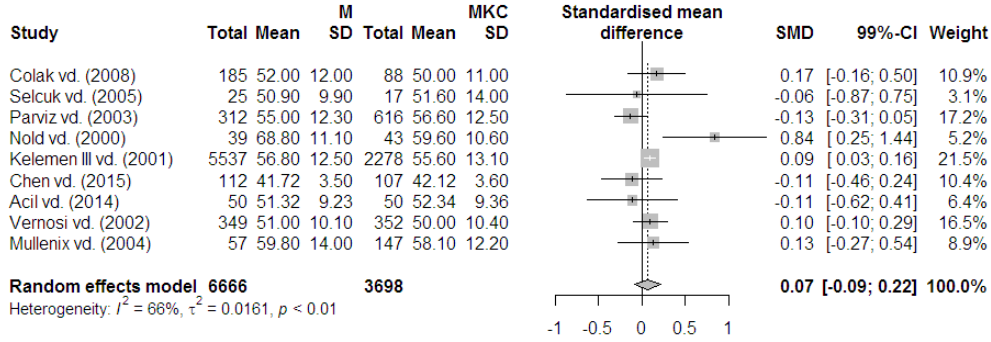
Tablo 2. Meta-analizine dahil edilen çalışmalara ait denek sayısı ve yaş bilgisinin raporlanma türü

No	Çalışma	Denek sayısı	Yaş'ın raporlanma türü
1	Nesvold vd. (2008)	263	Medyan/Aralık
2	Çolak vd. (2008)	273	Ortalama/Standart Sapma
3	Selcuk vd. (2005)	42	Ortalama/Standart Sapma
4	Holmberg vd. (1989)	99	Ortalama/Aralık
5	Parviz vd. (2003)	928	Ortalama/Standart Sapma
6	Nold vd. (2000)	82	Ortalama/Standart Sapma
7	Kelemen III vd. (2001)	7815	Ortalama/Standart Sapma
8	Chen vd. (2015)	219	Ortalama/Standart Sapma
9	Voogd vd. (1996)	921	Ortalama/Aralık
10	Onitilo vd. (2015)	5335	Medyan/Aralık
11	Acil vd. (2014)	100	Ortalama/Standart Sapma
12	Smith vd. (2016)	337	Medyan/Aralık
13	Gumus vd. (2010)	100	Medyan/Aralık
14	Veronesi vd. (2002)	701	Ortalama/Standart Sapma
15	Mullenix vd. (2004)	204	Ortalama/Standart Sapma
16	Fentiman (2000)	629	Ortalama/Aralık
17	Lee vd. (1997)	187	Medyan/Aralık

Meta-analizinde ele alınan çalışmaların yayımlanmış literatürden derlenmesinden dolayı rasgele etkili modelin kullanılması daha uygun görülmüştür. Etki büyüklüğü olarak standartlaştırılmış ortalama farkı seçilmiştir. Meta-analizi öncelikle ortalama/standart sapma olarak verilen 9 çalışmaya uygulanmıştır.

9 çalışmaya ait örneklem hacmi 10364 dır. Ağırlıkların hesaplanmasında ters varyans yöntemi, çalışmalar arasındaki varyansın

hesaplanmasında ise (τ^2), DerSimonian-Laird yöntemi kullanılmıştır. Meta-analiz sonucu Şekil 1'de verilen Forest grafiğinde verilmiştir.



Şekil 1. 9 çalışma için Meta-analiz sonucunda elde edilen Forest grafiği

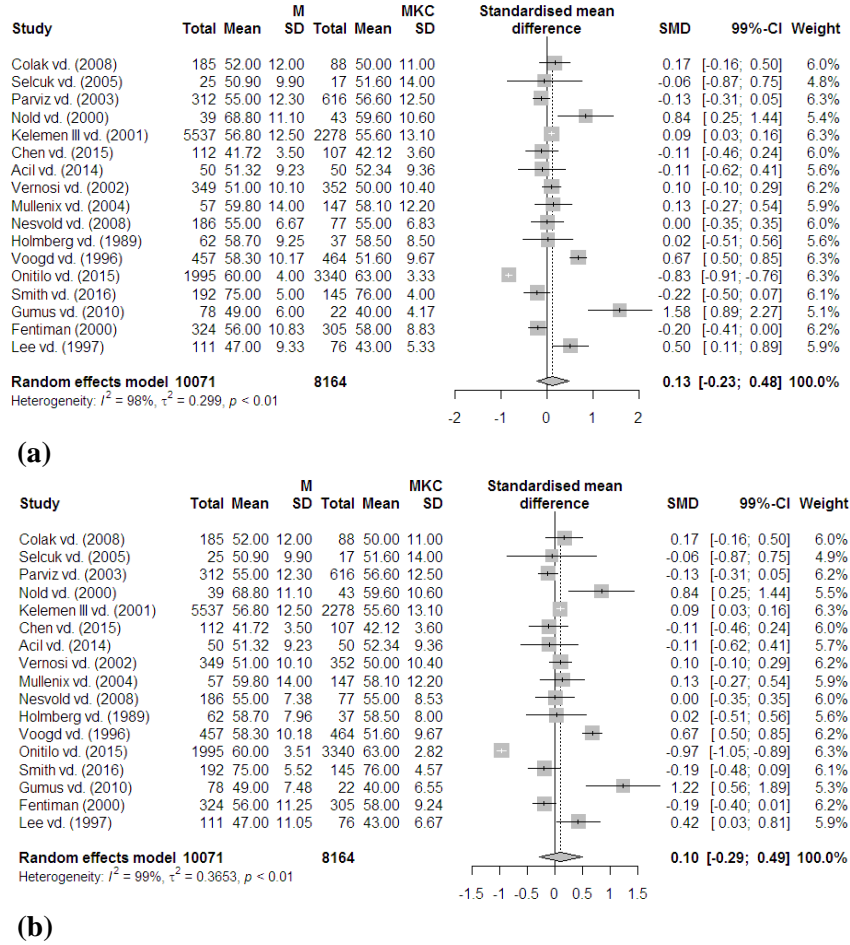
En çok uygulanan iki tedavi yöntemi (M ve MKC) tercihinde yaş faktörü etkisi olup olmadığını incelemek amacıyla %99 güvenlilikte uygulanan meta-analizinde, Şekil 1'deki Forest grafiğinde ilk sütun, meta-analizinde ele alınan çalışmaların künye bilgisini içermektedir. İkinci ve üçüncü sütunları sırasıyla (M) ve (MKC) yöntemlerine ait örneklem hacmi, ortalama ve standart sapma bilgileri verilmiştir. Dördüncü sütunda analiz sonucu verilmektedir. Her bir çalışma için çizilen kutuların büyüklüğü doğrudan ilgili çalışmanın meta-analizindeki ağırlığı ile ilişkilidir. Kutulardan geçen çizgiler ise güven aralığını göstermektedir. Dar güven aralığı kesinliği göstermektedir. Beşinci sütun, etki büyüklüğü ve güven aralığını göstermektedir. Son sütun ise her bir çalışmanın ağırlığını yüzdelik olarak göstermektedir. Ağırlıklandırmanın 3.1 ile 21.5 arasında değiştiği görülmektedir. Genel etki büyüklüğü üzerinde her bir çalışmanın ağırlığı ya da etkisi, örneklem hacmi ve güven aralığının ifade ettiği kesinlik belirlenmektedir. Grafikte elmas biçimi, genel etki büyüklüğünü göstermektedir. Elmasın genişliği genel güven aralığına bağlı olarak değişmektedir. Genel etki büyüklüğü 0.07 ve güven aralığı (-0.09;0.22) olarak elde edilmiştir. Yaş için iki yöntem arasındaki standartlaştırılmış ortalamalar farkı oldukça küçüktür, önemliliğinin testinde $p=0.259>0.01$ bulunmuş ayrıca güven aralığı sıfır'ı içermiştir. Bu da yaş faktörü etkisinin önemli olmadığını gösterir. Grafiğin en sonunda ise, en güvenilir Heterojenlik test istatistiği olan (I^2) verilmiştir. Buna göre $p<0.01$ olduğundan Heterojenlik önemlidir.

Ortalama veya Medyan/aralık şeklinde raporlanan 8 çalışmanın da meta-analizine dahil edilebilmesi

için, medyan değerinden ortalama ve aralık değerinden standart sapma değerlerinin tahmininde Hozo vd. (2005) ve Wan vd. (2014) yöntemlerinden faydalanılmıştır. 17 çalışmaya ait örneklem hacmi 18235'e yükselmiştir. Ağırlıkların hesaplanmasında ters varyans yöntemi, çalışmalar arasındaki varyansın hesaplanmasında ise (τ^2), DerSimonian-Laird yöntemi kullanılmıştır. Meta-analiz sonucu Şekil 2'de verilen Forest grafiğinde verilmiştir. Şekil 2 (a)'da Hozo vd. (2005) ve (b)'de Wan vd. (2014) yöntemlerinden elde edilen ortalama ve standart sapma değerlerinin meta-analiz sonucunun Forest grafikleri verilmiştir.

Şekil 2 (a) ve (b)'de ağırlıklandırmanın sırasıyla 4.8 ile 6.3 ve 4.9 ile 6.3 arasında değiştiği görülmektedir. Genel etki büyüklüğü üzerinde her bir çalışmanın ağırlığı ya da etkisi, örneklem hacmi ve güven aralığının ifade ettiği kesinlik belirlenmektedir. Genel etki büyüklüğü sırasıyla 0.13 ve 0.10 ile güven aralıkları (-0.23;0.48) ve 0.10 (-0.29; 0.49) olarak elde edilmiştir. Yaş için iki yöntem arasındaki standartlaştırılmış ortalamalar farkı oldukça küçüktür, önemlilik testleri sırasıyla $p=0.356>0.01$ ve $p=0.505>0.01$ bulunmuş ayrıca güven aralıkları sıfır'ı içermiştir. Bu da yaş faktörü etkisinin önemli olmadığını gösterir. Buna göre $p<0.01$ olduğundan Heterojenlik önemlidir.

17 çalışma için yayın yanlılığının testinde Egger'in lineer regresyona dayanan test istatistiğinden s- Hozo vd. (2005) ve Wan vd. (2014) yöntemi için sırasıyla ($p=0.204 >0.01$) ve ($p=0.228>0.01$) elde edilmiştir. Bu nedenle yayın yanlılığının olmadığı söylenebilmektedir.



Şekil 2. 17 çalışma için Meta-analiz sonucunda elde edilen Forest grafiği. (a) Hozo, (b) Wan yöntemi

Erken evre meme kanserli hastalara en çok uygulanan iki tedavi yöntemi (M ve MKC) tercihinde yaş faktörü etkisi incelenmesi amacıyla sürekli veriler için uygulanan meta-analizi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3'ten ortalama/standart sapma bilgileri raporlanan 9 çalışma ele alındığında örneklem hacminin 10364 olduğu, Hozo vd. (2005) ve Wan vd. (2014) yöntemlerinin kullanılmasıyla 8 çalışmanın daha eklendiği ve örneklem hacminin 18235 olduğu görülmüştür.

4. Sonuçlar

Sürekli veriler için meta-analizi uygulanırken, analize alınan çalışmalarda örneklem büyüklüğü, ortalama ve standart sapma bilgilerinin raporlanmış olması gerekmektedir. Ele alınan çalışmaların Medyan ve aralık olarak raporlanması durumunda bu çalışmalar göz ardı edilmekte ve meta-analizin etkinliği azalmaktaydı. Hozo vd. (2005) tarafından elde

edilen ve Wan vd. (2014) tarafından geliştirilen geçiş formülleri yardımıyla bu sorun aşılmıştır.

Bu çalışmada öncelikle, sürekli veriler için meta-analizi ve Hozo vd. (2005) ile Wan vd. (2014) yönteminden bahsedilmiştir. Daha sonra, erken evre meme kanserli hastaların tedavisinde en çok kullanılan iki cerrahi yöntem; mastektomi (M) ve meme koruyucu cerrahi (MKC)'nin tercih edilmesinde yaş faktörünün önemli olup olmadığı meta-analizi ile incelenmiştir. Belirlenen alınma kriterlerine göre 17 çalışma meta-analizine dahil edilmiştir. 9 çalışma ortalama/standart sapma şeklinde, 8 çalışma ise medyan/aralık şeklinde raporlanmıştır. Medyan/aralık şeklinde raporlanan 8 çalışma sonuçlarının dönüşümü için Hozo vd. (2005) ve Wan vd. (2014) formüllerinden yararlanılmıştır. Her iki yöntem için meta-analiz sonuçlarına ait Forest grafikleri verilmiştir.

9 çalışmaya ait örneklem hacmi 10364 iken dönüşüm formülleri yardımıyla 8 çalışma daha ele alınmış ve örneklem hacmi 18235'e yükselmiştir.

Tablo 3. Uygulanan yöntemlere göre analiz sonuçları

Yöntem	Dahil Edilen Çalışma Sayısı	Sıklık Tahmini	Alt sınır	Üst Sınır	Örneklem hacmi
Klasik	9	0.07	-0.09	0.22	10364
Hozo vd. (2005)	17	0.13	-0.23	0.48	18235
Wan vd. (2014)	17	0.10	-0.29	0.49	18235

17 çalışma için etki büyüklüğüne ait en dar güven aralığı Hozo vd. (2005) yönteminden elde edilmiştir. Meta-analizi sonucunda yaş faktörünün tedavi yöntemi tercihinde önemli olmadığı önemlilik testleri ($p>0.01$) ve güven aralığının sıfır'ı içermesinden saptanmıştır.

Dönüşüm formülü kullanılarak çalışma sayısı 9'dan 17'ye çıkarılmış ve örneklem hacmi artırılarak daha etkin meta-analizi elde edilmiştir.

Kaynaklar

Acil, H., Cavdar, I., 2014. Comparison of Quality of Life of Turkish Breast Cancer Patients Receiving Breast Conserving Surgery or Modified Radical Mastectomy. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 15, 5377-5388.

Begg, C.B., Mazumdar, M., 1994. Operating Characteristics of a Rank Correlation Test for Publication Bias, *Biometrics*, 50(4), 1088-101.

Bloom, G., 1958. *Statistical Estimates and Transformed Beta Variables*. New York: John Wiley and Sons. Inc.

Borenstein, M., Hedges, L.V., Higgins, J.P.T., Rothstein, H.R., 2009. *Introduction to Meta-Analysis*, Chichester: Wiley, UK.

Chen, Z., Xu, Y., Shu, J., Xu, N., 2015. Breast-Conserving Surgery Versus Modified Radical Mastectomy in Treatment of Early Stage Breast Cancer: A Retrospective Study of 107 Cases. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, 11, 29-31.

Cohen, L.M., Manion, L., Morrison, K., 2007. *Research Methods in Education*. London: Routledge.

Cooper, H., 1998. *Synthesizing Research*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Cooper, H., Hedges, L.V., 1994. *Handbook of Research Synthesis*. Washington, DC: American Psychological Association.

Çolak, T., Alimoğlu, E., Mesci, A., Peştereli, E., Kabaalioğlu, A., Karaveli, Ş., Akaydın, M., 2008. Meme Kanseri Kadınlarında Cerrahi Yöntemin Seçimini Etkileyen Faktörler. *Meme Sağlığı Dergisi*, 4(1), 29-33.

Egger, M., Davey, S.G., Schneider, M., Minder, C., 1997. Bias in Meta-Analysis Detected By a Simple Graphical Test, *British Medical Journal*, 315(7109), 629-34.

Fentiman, I.S., 2000. Long-term follow-up of the first breast conservation trial: Guy' wide excision study. *The Breast*, 9, 5-8.

Glass, G.V., 1976. Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research. *American Educational Research Association*, 5(10), 3-8.

Gully, S., Incalcaterra, K., Joshi, A., Beaubien, J., 2002. A Meta Analysis of Team Efficiency, Potency, and Performance, *Journal of Applied Psychology*, 87 (5), 819-832.

Gumus, M., Ustaalioglu, B.O., Garip, M., Kiziltan, E., Bilici, A., Seker, M., Erkol, B., Salepci, T., Mayadagli, A., Turhal, N.S., 2010. Factors that Affect Patients' Decision-Making about Mastectomy or Breast Conserving Surgery, and the Psychological Effect of this Choice on Breast Cancer Patients. *Breast Care*, 5, 164-168.

Halsted, W.S., 1898. A Clinical and Histological Study of Certain Adenocarcinoma of the Breast: and a Brief Consideration of the Supraclavicular Operation and of the Results of Operations for Cancer of the Breast from 1889 to 1898 at the Johns Hopkins Hospital. *Annals of Surgery*, 28, 557-576.

Harbord, R.M., Egger, M., Sterne, J.A., 2006. A Modified Test for Small-Study Effects in Meta Analyses of Controlled Trials With Binary Endpoints, *Statistics in Medicine*, 25(20), 3443-57.

Hedges, L.V., Olkin, I., 1985. *Statistical Method for Meta-Analysis*. San Diego, CA: Academic Press.

- Holmberg, L., Omne-Ponten, M., Burns, T., Adami, H.O., Bergstrom, R., 1989. Psychosocial Adjustment After Mastectomy and Breast-Conserving Treatment. *Cancer*, 64, 969-974.
- Horiguchi, J., Lino, Y., Koibuchi, Y., Yokoe, T., Takei, H., Yamakawa, M., Nakajima, T., Oyama, T., Ando, T., Ishida, T., Endo, K., Takai, Y., Suzuki, H., Fujii, T., Yokomori, T., Morishita, Y., 2002. Breast-Conserving Therapy Versus Modified Radical Mastectomy in the Treatment of Early Breast Cancer in Japan. *Breast Cancer*, 9(2), 160-165.
- Hozo, S.P., Djulbegovic, B., Hozo, I., 2005. Estimating the Mean and Variance from the Median, Range, and the Size of a Sample. *BMC Medical research Methodology*, 5(13), 1-10.
- Judge, T.A., Colberet, A., Illies, R., 2004. Intelligence and Leadership. *Journal of Applied Psychology*, 89 (3), 542-552.
- Kelemen III, J.J., Poulton, T., Swartz, M.T., Jatoi, I., 2001. Surgical Treatment of Early-Stage Breast Cancer in the Department of Defense Healthcare System. *American College of Surgeons*, 192(3), 293-297.
- Lee, H.D., Yoon, D.S., Koo, J.Y., Suh, C.O., Jung, W.H., Oh, K.K., 1997. Breast Conserving Therapy in Stage I & II Breast Cancer in Korea. *Breast Cancer Research and Treatment*, 44 (3), 193-199.
- Light, R.J., Pillemer, D.B., 1984. *Summing Up: The Science of Reviewing Research*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Litière, S., Werutsky, G., Fentiman, I.S., Rutgers, E., Christiaens, M.R., Limbergen, E.V., Baaijens, M.H.A., Bogaerts, J., Bartelink, H., 2012. Breast Conserving Therapy Versus Mastectomy for Stage I-II Breast Cancer: 20-Year Follow-Up of the EORTC 10801 Phase 3 Randomized Trial. *Lancet Oncology*, 13, 412-419.
- Littel, H.J., Corcoran, J., Pillai, V., 2008. *Systematic Reviews and Meta-Analysis*. New York: Oxford University Press.
- Mullenix, P.S., Cuadrado, D.G., Steele, S.R., Martin, M.J., See, C.S., Beitler, A.L., Carter, P.L., 2004. Secondary operations are Frequently Required to Complete the Surgical Phase of Therapy in the Era of Breast Conservation and Sentinel Lymph Node Biopsy. *The American Journal of Surgery*, 187, 643-646.
- Nesvold, I., Dahl, A.A., Løkkevik, E., Mengshoel, A.M., Fossa, S.D., 2008. Arm and Shoulder Morbidity in Breast Cancer Patients After Breast-Conserving Therapy Versus Mastectomy. *Acta Oncologica*, 47, 835-842.
- Nold, R.J., Beamer, R.L., Helmer, S.D., McBoyle, M.F., 2000. Factors Influencing a Woman's Choice to Undergo Breast-Conserving Surgery Versus Modified Radical Mastectomy. *The American Journal of Surgery*, 180, 413-418.
- Onitilo, A.A., Engel, J.M., Stankowski, R.V., Doi, S.A.R., 2015. Survival Comparisons for Breast Conserving Surgery and Mastectomy Revisited: Community Experience and The Role of Radiation Therapy. *Clinical Medicine & Research*, 13(2), 65-73.
- Parviz, M., Cassel, J.B., Kaplan, B.J., Karp, S.E., Neifeld, J.P., Penberthy, L.T., Bear, H.D., 2003. Breast Conservation Therapy Rates are no Different in Medically Indigent Versus Insured Patients with Early Stage Breast Cancer. *Journal of Surgical Oncology*, 84, 57-62.
- Pearson, K., 1904. Report on Certain Enteric Fever Inoculation Statistics. *The British Medical Journal*, 2(2288), 1243-46.
- Rosenthal, R., 1994. Interpersonal Expectancy Effects. A 30-Year Perspective, Current Directions in Psychological Science, 3, 176-179.
- Sacks, H.S., Berrier, J., Reitman, D., Ancona-Berk, V.A., Chalmers, T.C., 1987. Meta-analyses of Randomized Controlled Trails. *The New England Journal of Medicine*, 316, 450-455.
- Seçuk, S., Zalluhoğlu, N., Gürkan, A., Kaçar, S., Kılıç, S., Karaca, C., Varılsüha, C., 2005. Erken Meme Kanseri Tedavisinde Meme Koruyucu Cerrahinin Yeri (Geriye Dönük Analiz). *Turkish Journal of Surgery*, 21(3), 135-140.
- Smith, L.I., Dayal, S., Murray, J., Lannigan, A., 2016. Attitudes Towards Breast Conservation in Patients Aged Over 70 with Breast Cancer. *Springerplus*, 5(478), 1-9.

- Smith, M., Glass, G., 1977. Meta-Analysis of Psychotherapy Outcome Studies, *American Psychologist*, 32, 752–760.
- Sutton, A.J., Abrams, K.R., Jones, D.R., Sheldon, T.A., Song, F., 2000. *Methods for Meta-Analysis in Medical Research*, John Wiley & Sons.
- Veronesi, U., Cascinelli, N., Mariani, L., Greco, M., Saccozzi, R., Luini, A., Aguilar, M., Marubini, E., 2002. Twenty-Year Follow-Up of a Randomized Study Comparing Breast-Conserving Surgery with Radical Mastectomy for Early Breast Cancer. *The New England Journal of Medicine*, 347(16), 1227-1232.
- Voogd, A.C., Nab, H.W., Crommelin, M.A., Van der Heijden, L.H., Kluck, H.M., Coebergh, J.W.W., 1996. Comparison of Breast-Conserving Therapy with Mastectomy for Treatment of Early Breast Cancer in Community Hospitals. *European Journal of Surgical Oncology*, 22, 13-16.
- Wan, X., Wang, W., Liu, J., Tong, T., 2014. Estimating the Sample Mean and Standard Deviation from the Sample Size, Median, Range and/or Interquartile Range. *BMC Medical research Methodology*, 14(135), 1-21.
- Yang, S.H., Yang, K.H., Li, Y.P., Zhang, Y.C., He, X.D., Song, A.L., Tian, J.H., Jiang, L., Bai, Z.G., He, L.F., Liu, Y.L., Ma, B., 2008. Breast Conservation Therapy for Stage I or Stage II Breast Cancer: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials, *Annals of Oncology*, 19, 1039-1044.
- URL-1, www.cancer.org/cancer/breast-cancer/treatment/surgery-for-breast-cancer/breast-conserving-surgery-lumpectomy.html. 24 Mart 2017
- URL-2, www.womenshealth.gov/publications/our-publications/fact-sheet/early-stage-breast-cancer.html. 24 Mart 2017.
- URL-3, www.breast-cancer.ca/8c-treatment/. 24 Mart 2017.

***Streptomyces* sp. Suşlarından Amilolitik Enzim Üretimi**

Production of Amilolytic Enzyme from Streptomyces sp. Strains

Kadriye ÖZCAN*^a, Cengiz ÇORBACI^b

Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, 28200, Giresun

• Geliş tarihi / Received: 06.05.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 22.12.2017 • Kabul tarihi / Accepted: 31.12.2017

Öz

Amilaz enzimi, amilolitik aktiviteden sorumlu bir enzimdir ve bu aktiviteyi nişastayı glukozaya parçalayarak gerçekleştirmektedir. Amilazların, birçok endüstride yoğun olarak kullanılmasından dolayı bu çalışmada, Karadeniz deniz sediment örneğinden izole edilen iki aktinomiset suşunun amilaz enzimi üretme kapasiteleri ve üretilen enzimlerin optimum aktivite koşulları ile pH ve sıcaklık stabiliteyi araştırılmıştır. Bu kapsamda, enzim ekstratlarının maksimum aktivite gösterdikleri pH ve sıcaklık değerleri saptanmış ve en yüksek aktivite koşullarının pH 7.0 ile 37°C olduğu bulunmuştur. Bunların yanı sıra, her iki organizma tarafından üretilen amilaz enzimlerinin, pH 2-10 ve 20-70°C değerleri arasında geniş bir stabiliteye sahip oldukları ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında, bu organizmaların endüstriyel kullanımlar için birer potansiyele sahip oldukları düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Amilolitik aktivite, Stabilite, *Streptomyces*

Abstract

Amylase is an enzyme responsible for amilolytic activity and this activity is accomplished by digesting starch to glucose. Due to the intensive use of amylases in numerous industries, in the present research, we determined the amylase enzyme production capacities of two actinomycetes strains isolated from marine sediments of Black Sea and the optimum activity conditions, and pH and temperature stabilities of the enzymes produced were investigated. In this context, maximal pH and temperature values of enzymes extracts were determined and the highest activity conditions were found to be pH 7.0 and 37°C. Also, amylase enzymes produced by both organisms were found to have wide range stability between pH 2-10 and 20-70°C. In the light of these findings, it is thought that these organisms have potential for industrial usage.

Keywords: Amilolytic activity, Stability, *Streptomyces*

*^a Kadriye ÖZCAN; kadriye.ozcan@giresun.edu.tr; Tel: (0454) 310 17 40; orcid.org/0000-0002-4913-6035

^b orcid.org/0000-0001-8697-0945

1. Giriş

Son yıllarda, organik sentez, klinik analiz, farmasötikler, deterjanlar ve gıda üretimi gibi çeşitli alanlardaki uygulamalarından ötürü hidrolitik enzimlere karşı yoğun bir ilgi bulunmaktadır. Enzimler, çeşitli endüstriyel süreçlerde kullanılan kimyasallara güçlü bir alternatif teşkil etmektedir. Enzimlerin reaksiyon spesifitesi, minimum yan ürün oluşumunu sağlamakta ve bu nedenle enzim uygulamaları, çevre sağlığı için minimal düzeyde risk oluşturmaktadır (Bisht vd., 2013).

Amilazlar, kompleks polisakkaritlerin α -1,4-glukosidal bağlarını koparan nişasta parçalayıcı enzimlerdir (Pandey vd., 2000; Reddy vd., 2003) ve gıda, fermentasyon, tekstil, kağıt, deterjan ile farmasötik endüstrilerinde potansiyel uygulamalara sahiptirler (Tonkova, 2006; Souza ve Magalhaes, 2010; Yalçın ve Çorbacı, 2013). Günümüzde, Dünya'daki enzim üretiminin yaklaşık olarak %30'unu bu enzim gurubu oluşturmaktadır (Vander vd., 2002). Mikroorganizmalarda, alfa-amilaz ve glukoamilaz olarak isimlendirilen iki amilaz sınıfı bulunmakta ve amilazların hem sabit hem de çalkalamalı koşullar altında katı (Ramachandran vd., 2004) ve sıvı ortamlarda (Francis vd., 2003) mikrobiyal üretimleri konusunda kayda değer bilgiler bulunmaktadır. Mikrobiyal amilazlar, kimyasal hidrolize karşı bir alternatif oluşturmaktadırlar ve enzim üretimi konusundaki düşük verim her zaman amilazların ticari üretiminde sorun teşkil etmektedir.

Mikroorganizmalar, kısa sürede yüksek verim ile üretim yapma ve termostabilite gibi çeşitli teknolojik avantajlarından dolayı endüstriyel enzim ihtiyacını karşılamak için başvurulan ilk kaynaklardan bir tanesidir (Godfrey ve West, 1996). Endüstriyel olarak amilaz enzimi, bakteriler ve funguslar tarafından yoğun bir şekilde üretilmektedir; *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Micrococcus halobius* gibi organizmalar iyi birer amilaz üreticisi olarak bilinmektedir. Bununla beraber, bitki ve hayvanlar ile bazı aktinomisetler de endüstriyel amilaz üreticisi konaklar olabilmektedir (Hoque vd., 2006; Kar ve Ray, 2008). Aktinomisetler karasal organizmalar olarak bilinmelerine rağmen tatlı sulardan deniz sedimentlerine, organik materyal kompostlarından canlı bitkiler ve diğer organizmalara kadar uzanan geniş bir yelpazede doğal olarak yaşam göstermektedirler (Gonzalez vd., 2005). Aktinomisetler, özellikle de

Streptomyces cinsi, sekonder metabolit üretim kapasitesi yüksek organizmalar olarak bilinmekte ve bilinen antibiyotiklerin üreticileri olarak funguslardan sonra ikinci sırada yer almaktadırlar. Bu sebeple aktinomisetler üzerine yapılmış çalışmaların çoğu antibiyotik keşfi ve üretimi üzerine yoğunlaşsa da birçok deneysel çalışmada aktinomisetlerin amilaz, selülaz, kitinaz gibi pek çok hücre dışı enzimleri de etkin bir şekilde ürettikleri belirlenmiştir (Suriya vd., 2016).

Mikrobiyal kaynaklı amilazlar, nişastanın kimyasallarla parçalanmasına alternatif olarak kullanılma potansiyeline sahip olması nedeniyle değerlidir (Shaw vd., 1995). Bu nedenle farklı kaynaklardan enzimlerin izolasyonu ile ilgili çalışmalar önem arz etmekte ve enzim üretim kapasitesi yüksek olan mikroorganizmaların keşfedilmesi konusunda yoğun bir istek bulunmaktadır (Yalçın vd., 2014).

Bu çalışmada, Karadeniz deniz sedimentlerinden izole edilmiş iki *Streptomyces* suşunun amilaz enzimi üretim koşulları ve stabiliteilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metod

2.1. Organizmalar

Bu çalışmada, Karadeniz sediment örneklerinden daha önceden izole edilmiş ve moleküler olarak tanımlanmış iki aktinomiset suşu (*Streptomyces* sp. K22 ve K30) kullanılmıştır. Organizmalara ait NCBI kayıt numaraları sırası ile KX674565 ve KX674567'dir. Organizmalar, çalışma boyunca +4°C'de aktinomiset izolasyon agar (AİA) ortamında muhafaza edilmiştir.

2.2. Amilaz Aktivite Tarama ve Büyüme Kinetikleri

Aktinomisetlerin amilaz enzimi üretim kapasiteleri, katı nişasta besiyeri (g/L: nişasta, 20; maya özütü, 3; pepton, 5; NaCl, 10 ve agar, 20, pH 7.0) içeren petrielerde incelenmiştir. 28°C'de 4 günlük inkübasyondan sonra, petrieler lügol solüsyonu (Gram iyodür solüsyonu: %0.1 I₂ ve %1.0 KI) ile boyanmış ve koloni etrafında açık zon oluşumunun gözlenmesi, bu suşların amilaz enzim üreticileri olduklarını göstermiştir (Yalçın ve Çorbacı, 2013).

İnkübasyon zamanının amilaz enzim üretimi ve büyüme üzerine etkisinin incelenmesi için her iki aktinomiset suşu, 250 ml erlen içerisinde hazırlanmış sıvı nişasta besiyerine [g/L: nişasta,

10; maya özütü, 3; pepton, 5; NaCl, 3 ve MgSO₄, 0.5, pH 7.0 (Deljou ve Arezi, 2016)] süspansiyon edilmiş ve erlenler 28°C'de 9 günlük inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sırasında her gün fermentasyon sıvısından örnek alınmış ve fermentasyon sıvısı 14000 rpm'de santrifüjlendikten sonra, süpernatant kısmı amilaz aktivite tayininde kullanılmıştır. Santrifüj sonrası çöken pellet kısmı ise 55°C'de 1 gün kurutulduktan sonra kültür ortamının litresi başına kuru biyokütle olarak kullanılmıştır (Bhasin ve Modi, 2012).

2.3. Enzim Üretimi

Hücre dışı amilaz, batık kültür fermentasyon tekniği ile üretilmiştir (Jadoon vd., 2014; Raplong vd., 2014). İlk olarak, aktinomiset suşlarının kullanılan besiyerine adaptasyonu için iki aktinomiset suşu, 100 ml erlen içerisinde hazırlanmış 25 ml sıvı nişasta besiyerine süspansiyon edildikten sonra erlenler 28°C ve 120 rpm'de 4 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrasında, enzim üretimi için kullanılacak taze besiyerinin %5'i olacak şekilde bu fermentasyon sıvısından alınan hücre süspansiyonu, 250 ml erlen içerisinde hazırlanmış 50 ml taze besiyerine aşılanmıştır. Erlenler, 28°C ve 120 rpm'de 4 gün inkübe edildikten sonra hücrelerden arındırma için fermentasyon sıvısı, +4°C ve 6000 rpm'de 15 dakika santrifüjlenmiş ve hücre içermeyen kültür sıvısı sonraki denemeler için kullanılmıştır.

2.4. Aktivite ve Total Protein Tayini

Amilaz enzimi aktivite tayini, Rick ve Stegbauer (1974) tarafından önerilen metot modifiye edilerek spektral yöntemle belirlenmiştir. Kısaca, 0.5 ml örnek, 0.5 ml %1 nişasta solüsyonu ile muamele edilmiş ve 37°C'de 15 dakika inkübasyondan sonra 1 ml dinitrosalisilik asit (DNS; 500 mg 3,5-Dinitrosalisilik asit ve 15 g sodyum potasyum tartarat, 10 ml 2 M NaOH içerisinde çözündürülmüş ve solüsyon distile su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır) reaktifi ilave edilmiştir. Tüpler, kaynayan su içerisinde 5 dakika inkübe edilmiş, sonrasında tüplerin oda sıcaklığına düşmesi beklenmiş ve her bir tüpe 8 ml distile su ilave edilmiştir. Tüpler iyice karıştırıldıktan sonra 546 nm'de spektrofotometrede absorbans ölçümü alınmış ve maltoz standardı kullanılarak elde edilen absorbans değerleri mg maltoza dönüştürülmüştür. Bir amilaz enzim birimi, belirtilen koşullar altında dakikada çözünmüş nişastanın 1.0 mg maltoza dönüşümünü katalizleyen enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.

Örnekleredeki total protein içeriği, standart olarak sığır serum albümini kullanılarak Bradford yöntemi ile belirlenmiştir (Bradford, 1976).

2.5. Optimum Aktivite Koşullarının Belirlenmesi

pH'nin Aktivite Üzerine Etkisinin Saptanması. Enzimlerin en yüksek aktivite gösterdikleri pH koşullarını saptamak için önce nişasta solüsyonu farklı pH değerlerindeki tamponlarda çözündürülmüş ve aktivite ölçümü yukarıda belirtilen şekilde 37°C'de gerçekleştirilmiştir. Bu amaç için, 0.1 M sitrik asit-sodyum sitrat tamponu (pH 5.5 ve 6.0), 0.1 M sitrat fosfat tamponu (pH 6.5 ve 7.0) ve 0.1 M Tris-HCl tamponu (pH 7.5 ve 8.0) kullanılmıştır (Yassien ve Asfour, 2012; Deljou ve Arezi, 2016).

Sıcaklığın Aktivite Üzerine Etkisinin Saptanması. Enzimlerin en yüksek aktivite gösterdikleri sıcaklık koşullarını saptamak için nişasta solüsyonu 0.1 M sitrat fosfat tamponunda (pH 7.0) çözündürülmüş ve yukarıda belirtilen şekilde aktivite ölçümü farklı sıcaklıklarda (25, 30, 37, 40, 50 ve 60°C) gerçekleştirilmiştir (Yassien ve Asfour, 2012; Deljou ve Arezi, 2016).

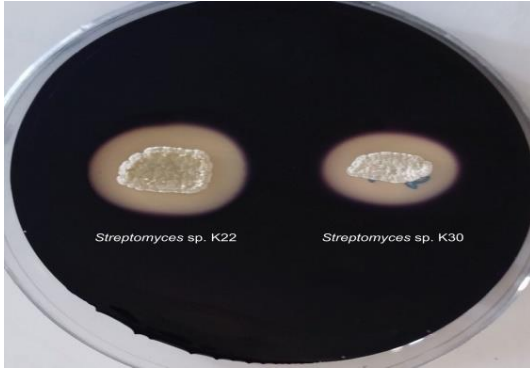
2.6. Stabilite

pH Stabilitesinin Belirlenmesi. Farklı pH derecelerinde amilaz enzim stabilitesinin değerlendirilmesi için fermentasyon sıvıları, uygun miktarda 0.2 M HCl ve 1 M NaOH ilave edilmesi ile 3.0-10.0 arasında değişen pH derecelerine ayarlanmış ve 37°C'de 2 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası aktivite, yukarıda belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir (Yassien ve Asfour, 2012; Deljou ve Arezi, 2016).

Sıcaklık Stabilitesinin Belirlenmesi. Amilaz enzimlerinin sıcaklık stabilitesinin saptanması için fermentasyon sıvıları, 2 saat boyunca 20, 30, 40, 50, 60 ve 70°C'de inkübe edilmiş ve aktivite, yukarıda belirtildiği şekilde gerçekleştirilmiştir (Yassien ve Asfour, 2012; Deljou ve Arezi, 2016).

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmamızda, sediment örneklerinden izole edilmiş *Streptomyces* sp. K22 ve K30 suşlarının amilaz enzimi üretilip üretilmediği nişasta içeren katı besiyerinde incelenmiş ve 28°C'de 4 günlük bir inkübasyon sonrasında her iki suşun da önemli bir hidroliz zonu oluşumuna sebep olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 1). Böylelikle, her iki aktinomiset suşu daha sonraki denemelere alınmıştır.



Şekil 1. Aktinomiset suşları amilaz aktivitesinin petride görünümü.

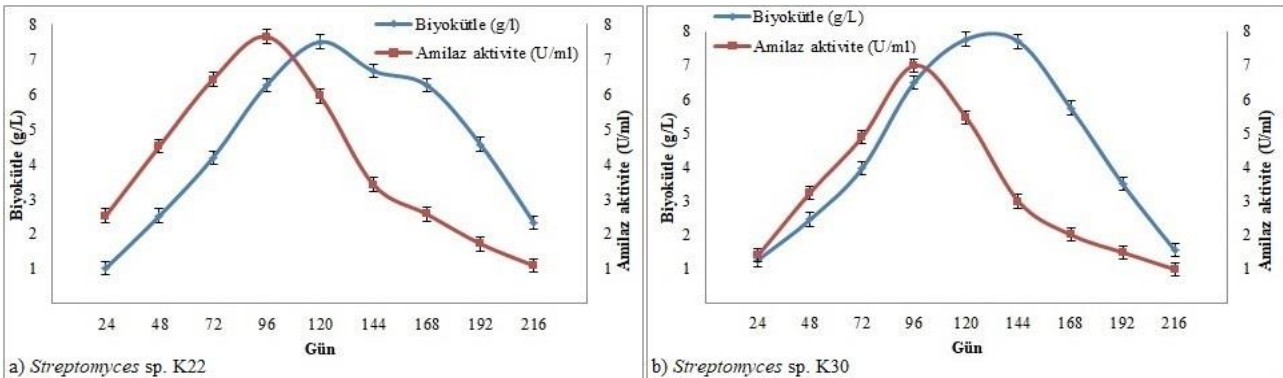
Streptomyces sp. K22 ve K30 suşlarının kullanılan enzim üretim besiyerinde göstermiş oldukları büyüme kinetikleri, Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, enzim üretiminin en iyi 4 günlük bir inkübasyon sonrasında gerçekleştiği saptanmıştır.

Batık kültür fermentasyon tekniği ile çalkalamalı olarak 28°C’de 4 günlük bir inkübasyon sonucunda elde edilen kültür sıvıları ilk olarak santrifüj işlemine tabi tutularak hücrelerden arındırılmış ve hücre içermeyen sıvılar ham enzim preparatları olarak değerlendirilmiştir. Enzim preparatlarının amilaz aktiviteleri, metot kısmında belirtildiği gibi gerçekleştirilmiş ve sonuçta *Streptomyces* sp. K22 ve K30 suşları sırası ile 7.65 ve 6.99 U/ml aktivite göstermişlerdir. Elde edilen sonuçlar çeşitli literatürler ile karşılaştırıldığında, denememizde kullandığımız organizmaların oldukça iyi birer amilaz üreticileri oldukları göze çarpmaktadır. Örneğin, Raplong ve arkadaşları (2014) tarafından *Bacillus cereus* türü kullanılarak batık kültür fermentasyon tekniği ile gerçekleştirilen bir amilaz enzimi üretim çalışmasında araştırmacılar, en yüksek üretim koşullarının pH 6.5 ve 35°C olduğunu bulmuşlar ve neticesinde 2.46 U/ml enzim aktivitesi elde

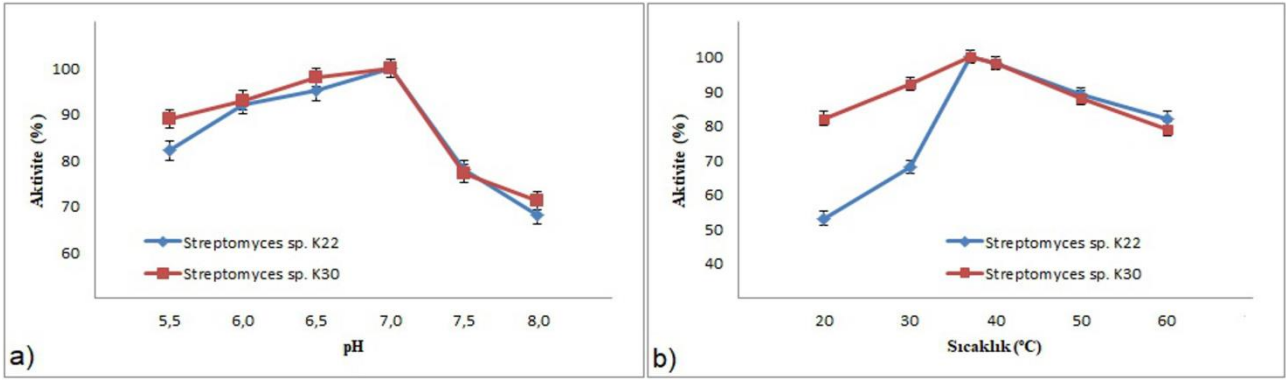
etmişlerdir. Yine aynı şekilde, Tang-um ve Niamsup (2012) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, endofitik *Streptomyces griseoflavus* P4 şusu ile hücre dışı amilaz enzim üretimi gerçekleştirilmiş ve optimizasyon çalışmaları sonucunda araştırmacılar yaklaşık olarak 1.8 U/ml aktivite değerine ulaşabilmişlerdir.

Amilaz aktivitesinin optimal koşullarının değerlendirilmesi için denemeler farklı pH ve sıcaklık derecelerinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaç için ilk olarak, sıcaklık değeri sabit tutulmuş, nişasta solüsyonu farklı pH derecelerine sahip tamponlarda çözündürülmüş ve maksimum aktivite saptanmıştır. Sonuçta, 37°C’de pH 5.5 ile 8.0 arasında amilaz aktivitesinin olduğu belirlenmiş ve en yüksek aktivite pH 7.0’da gözlenmiştir (Şekil 3a). Daha sonra, pH 7.0 değeri sabit tutulup farklı sıcaklık derecelerinin aktivite üzerine etkisi incelenmiştir. Yine, denenen bütün sıcaklık değerleri altında amilaz aktivitesi gözlenmiş olup, en yüksek aktivite 37 ila 40°C’de saptanmıştır (Şekil 3b).

Elde edilen optimal koşullar literatür verileri ile karşılaştırıldığında, sonuçlarımızın literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir. Tang-um ve Niamsup (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada araştırmacılar, *Streptomyces griseoflavus* P4 şusu için maksimal aktivite koşullarının 40°C ve pH 7.0 olduğunu bulmuşlardır. Yine aynı şekilde Hoque ve arkadaşları (2006) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, *Streptomyces clavifer* türü tarafından amilaz aktivite koşulları araştırılmış ve sonuçta, optimum pH ve sıcaklık değerinin sırası ile 7.0 ve 45°C olduğu bulunmuştur. Araştırmacılar, optimum koşullar altında en yüksek aktivitenin yaklaşık olarak 4.0 U/ml değerine karşılık geldiğini belirtmişlerdir.



Şekil 2. İnkübasyon süresinin enzim üretimi ve biyokütle üzerine etkisi

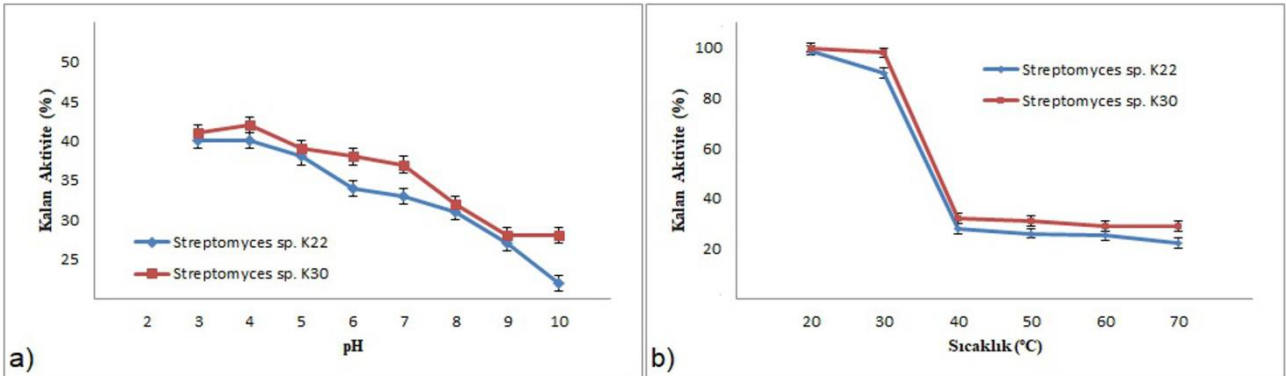


Şekil 3. (a) pH ve (b) sıcaklığın amilaz aktivitesi (%) üzerine etkisi

Çalışmamızın son kısmı, enzim preparatımızın çeşitli pH ve sıcaklık değerlerine karşı göstermiş oldukları stabilitenin saptanmasını içermektedir. Bu amaç doğrultusunda, HCl ve NaOH solüsyonları kullanılarak fermentasyon sıvıları arzu edilen pH değerlerine getirilmiş ve 2 saat 37°C'de inkübe edilmişlerdir. İnkübasyon sonunda aktivite analizi, optimum koşullar altında gerçekleştirilmiş ve her iki suş tarafından üretilen amilaz enzimlerinin geniş bir pH aralığında (pH 3.0-10.0) belirli oranlarda stabil kalabildikleri saptanmıştır (Şekil 4a). Benzer şekilde, farklı sıcaklık değerlerinde 2 saatlik bir inkübasyon sonucunda elde edilen sonuçlar göstermiştir ki her iki suş tarafından üretilen amilaz enzimi geniş bir sıcaklık aralığında da stabil kalabilmektedir (Şekil 4b). Burada önemli bir ayrıntı, pH stabiliteilerinin aksine her iki suş tarafından üretilen enzimler, 20 ve 30°C'de 2 saatlik inkübasyon sonucunda neredeyse hiç aktivite kaybına uğramamışlardır.

Literatürde stabilite çalışmaları ile ilgili birçok farklı yöntem ve sonuç bulunmaktadır. Çalışmamıza benzer şekilde gerçekleştirilmiş çalışmalar değerlendirildiğinde, nispeten benzer sonuçların elde edildiği, bazı durumlarda ise elde ettiğimiz enzimlerin stabiliteilerinin literatüre kıyasla daha iyi oldukları görülmektedir. Örneğin,

Yang ve Wang (1999) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, *Streptomyces rimomus* suşu proteaz ve amilaz enzimlerinin batık ve katı kültürde üretimleri ve stabiliteileri incelenmiştir. Araştırmacılar, amilaz enzimi için 60 dakikalık bir inkübasyon periyodu belirlemişler ve 40, 50, 60 ve 70°C'de stabilite denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Bir saatlik bir inkübasyon sonucunda, 40 ve 50°C'de sırasıyla yaklaşık olarak %20 ve 75 oranında bir aktivite kaybının meydana geldiği gözlemlenmiş ve 60 ila 70°C'de ise aktivitenin 20-30 dakikalık bir inkübasyon sonucunda tamamen kaybolduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde, Kaneko ve arkadaşları (2005) tarafından gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, değirmen fabrikasından izole edilmiş *Streptomyces* sp. suşundan amilaz enziminin saflaştırılması gerçekleştirilmiş ve araştırmacılar enzimin pH stabilitesini de incelenmişlerdir. Farklı pH değerlerinde 50°C'de 1 saatlik bir inkübasyon sonucunda aktivite tayini gerçekleştirilmiş ve sadece pH 6.0 civarında %100'e yakın bir aktivite gözlenmiştir. Onun dışında kalan değerlerden sadece pH 5.0'de hala kayda değer bir aktivite gözlenirken, diğer pH değerlerinde %80'e varan kayıplar dikkat çekmektedir.



Şekil 4. (a) pH ve (b) sıcaklığın amilaz stabilitesi (%) üzerine etkisi

4. Sonuç

Yeni enzimlerin keşfedilmesinde en etkili ve başarılı metotlardan bir tanesi, doğal habitatlardan mikroorganizmaların izolasyonu ve endüstriyel enzim üretimleri açısından araştırılmalarıdır. Bu yüzden, arzu edilen bir metabolitin üretimindeki anahtar basamaklardan bir tanesi, biyoteknolojik öneme sahip olan suşun seçimidir. Enzimler arasından amilazlar, yıllar boyunca hem bilim adamları hem de endüstriyel araştırmacılar tarafından yoğun ilgi görmüşlerdir. Mevcut çalışma, bu açıdan önem arz etmektedir. Araştırmamızda kullanılan *Streptomyces* sp. K22 ve K30 suşlarının amilaz enzimi aktivite ve stabilite sonuçları bir bütün halinde değerlendirildiğinde, bu organizmalar yüksek oranda enzim üretimine sahiptirler. Ayrıca, geniş bir pH ve sıcaklık aralığında hem aktivite hem de stabilite gösterebilmektedirler. Bu açıdan, bu organizmaların endüstriyel olarak kullanılma potansiyeline sahip olabilecekleri düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (Proje no: FEN-BAP-A-220413-59 ve FEN-BAP-A-140316-79) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

Bhasin, S. ve Modi, H.A., 2012. Optimization of fermentation medium for the production of glucose isomerase using *Streptomyces* sp. SB-P1. *Biotechnology Research International*, 1-10.

Bisht, D., Yadav, S.K. ve Darmwal, N.S., 2013. An oxidant and organic solvent tolerant alkaline lipase by *P. aeruginosa* mutant: downstream processing and biochemical characterization. *Brazilian Journal of Microbiology*, 44 (4), 1305-1314.

Bradford, M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72 (1-2), 248-254.

Deljou, A. ve Arezi, I., 2016. Production of thermostable extracellular α -amylase by a moderate thermophilic *Bacillus licheniformis*-AZ2 isolated from Qinarje Hot spring (Ardebil prov. of Iran). *Periodicum Biologorum*, 118 (4), 405-416.

Francis, F., Sabu, A., Namkpothiri, K.M., Ramachandran, S., Ghosh, A., Szakacs, G. ve Pandey, A., 2003. Use of response surface methodology for optimizing process parameters for the production of α -amylase by *Aspergillus oryzae*. *Biochemical and Engineering Journal*, 107, 115-119.

Godfrey, T. ve West, S., 1996. Introduction to industrial enzymology. *Industrial Enzymology*. Godfrey, T. ve West, S. (eds.), 2nd Edition, Stockton Pres, New York, pp.1-8.

Gonzalez, I., Ayuso-Sacido, A., Anderson, A. ve Genilloud, O., 2005. Actinomycetes isolated from lichens: evaluation of their diversity and detection of biosynthetic gene sequences. *FEMS Microbiology Ecology*, 54, 401-415.

Hoque, M.M., Khanam, M. ve Sheekh, M.A., 2006. Characterization and optimization of alpha amylase activity of *Streptomyces clavifer*. *Pakistan journal of Biological Sciences*, 9 (7), 1328-1332.

Jadoon, M.A., Ahmad, T., Rehman, M.M.U., Khan, A. ve Majid, A., 2014. Optimization of the conditions for submerged fermentation (SMF) of the *Thermoactinomyces sacchari* isolated from azad jammu and kashmir pakistan to produce maximum amylase enzyme. *Global Veterinaria*, 12 (4), 491-498.

Kaneko, T., Ohno, T. ve Ohisa, N., 2005. Purification and characterization of a thermostable raw starch digesting amylase from a *Streptomyces* sp. isolated in a milling factory. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 69 (6), 1073-1081.

Kar, S. ve Ray, R.C., 2008. Statistical optimization of α -amylase production by *Streptomyces erumpens* MTCC7317 cells in calcium alginate beads using response surface methodology. *Polish Journal of Microbiology*, 57 (1), 49-57.

Pandey, A., Nigam, P., Soccol, C. R., Soccol, V.T. Singh, D. ve Mohan, R., 2000. Advances in microbial amylases. *Journal of Biotechnology and Applied Biochemistry*, 31, 135-152.

- Ramachandran, S., Patel, A.K., Nampoothiri, K.M., Chandran, S., Szakacs, G., Soccol, C.R. ve Pandey, A., 2004. Alpha amylase from a fungal culture grown on oil cakes and its properties. *Brazilian Archive of Biology Technology*, 47, 309-317.
- Raplong, H.H., Odeleye, P.O., Hammuel, C., Idoko, M.O., Asanato, J.I. ve Odeke, E.H., 2014. Production of alpha amylase by *Bacillus cereus* in submerged fermentation. *Aceh International Journal of Science and Technology*, 3 (3), 124-130.
- Reddy, N.S., Nimmagadda, A. ve Sambasiva Rao, K.R.S., 2003. An overview of the microbial α -amylase family. *African Journal of Biotechnology*, 2 (12), 645-648.
- Rick, W. ve Stegbauer, H.P., 1974. α -amylase measurement of reducing groups. *Methods of Enzymatic Analysis*. Bergmeyer, H.U. (ed.), Academic Press, New York, pp. 55-56.
- Shaw J.F., Lin F.P., Chen S.C. ve Chen H.C., 1995. Characterization and optimization of amylase producing bacteria isolated from solid waste. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 36, 195-200.
- Souza, P.M. ve Magalhaes P.O., 2010. Application of microbial amylase in industry. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41 (4), 850-861.
- Suriya, J., Bharathiraja, S., Manivasagan, P. ve Kim, S. K., 2016. Enzymes from rare actinobacterial strains. *Advances in Food and Nutrition Research*. Se-Kwon, K. ve Fidel, T. (eds.), Volume 79, Academic Press, pp. 67-98.
- Tang-um, J. ve Niamsup, H., 2012. Extracellular amylase activity from endophytic *Streptomyces griseoflavus* P4. *Chiang Mai Journal of Science*, 39 (2), 346-350.
- Tonkova, A., 2006. Microbial starch converting enzymes of the α -amylase family. *Microbial Biotechnology in Horticulture*. Ray, C.R. ve Words, O.P. (eds.), Volume 1, Science Publishers, Enfield, New Hampshire, USA, pp. 421-472.
- Vander, M.M., Vander, V.B., Clitehaag, J.C.M., Leemuhuis, H. ve Dijkhuizen, L., 2002. Properties and application of starch converting enzymes of the alpha amylase family. *Journal of Biotechnology*, 94, 37-55.
- Yalçın, H.T. ve Çorbacı, C., 2013. Isolation and characterization of amylase producing yeasts and improvement of amylase production. *Turkish Journal of Biochemistry*, 38 (1), 101-108.
- Yalçın, H.T., Çorbacı, C. ve Uçar, F.B., 2014. Molecular characterization and lipase profiling of the yeasts isolated from environments contaminated with petroleum. *Journal of Basic Microbiology*, 54, 85-92.
- Yang, S-S. ve Wang, J-Y., 1999. Protease and amylase production of *Streptomyces rimosus* in submerged and solid state cultivations. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 40, 259-265.
- Yassien, M.A.M. ve Asfour, H.Z., 2012. Improved production, purification and some properties of α -amylase from *Streptomyces clavifer*. *African Journal of Biotechnology*, 11(80), 14603-14611.

ZnO/CuO Nanopartiküllerinin Sentezi Karakterizasyonu ve Fotokatalitik Aktivitesinin 2,6-Diklor Fenol Kullanılarak Belirlenmesi

Synthesis, Characterization of ZnO/CuO Nanoparticles and Determination of Its Photocatalytic Activity Using 2,6-Dichlorophenol

Ali İmran VAİZOĞULLAR*

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, 48700, Marmaris, Muğla

• Geliş tarihi / Received: 29.03.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 26.12.2017 • Kabul tarihi / Accepted: 31.12.2017

Öz

Bu çalışmada ekolojik yönden son derece toksik olan 2,6-diklorfenolün (2,6-DKF) farklı katalizörler kullanılarak bozunmasına ait çalışmalar yapılmıştır. SEM analizleri sentezlenen partiküllerin küreselliğe yakın bir morfolojide olduğunu göstermiştir. XRD analizleri kompozit halde iken ZnO ve CuO'nun karakteristik 2θ değerlerinden daha büyük açılara kaymaların olduğu göstermektedir. Kompozit ZnO/CuO partiküllerinin BET yüzey alanının ZnO ve CuO'dan daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Fotokatalitik çalışmalarda elde edilen bulgular kompozit ZnO/CuO partiküllerinin yalnız ZnO ve CuO'ya göre daha etkin olduğu, bu etkinliğin her iki katalizör kompozite halde iken aralarında oluşan sinerjistik etkiden ve yapısal özelliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Diklor fenol, Katalitik bozunma, Küresel ZnO, ZnO/CuO kompozit

Abstract

In this study, The studies on the degradation of 2,6-dichlorophenol (2,6-DKF), which is highly toxic to the ecological direction, were carried out using different catalysts. SEM analyzes showed that the synthesized particles were close to the spherical morphology. XRD analyzes show that the ZnO and CuO have smaller shifts in the characteristic 2θ values in ZnO/CuO composite structure. The BET surface area of composite ZnO/CuO particles was found to be higher than bare ZnO and CuO catalysts. The findings of the photocatalytic studies show that the composite particles are more effective than the pure ones because of the synergistic effect and the structural properties of the two catalysts in the composite structure.

Keywords: Dichloro phenol, Catalytic degradation, Spherical ZnO, ZnO/CuO composite

*Ali İmran VAİZOĞULLAR; aliimran@mu.edu.tr; Tel: (0252) 211 55 30; orcid.org/ 0000-0003-4369-405X

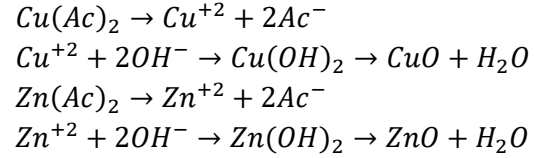
1. Giriş

Fenolik yapıdaki bileşikler son derece toksik bir yapıya sahiptir ve kararlı olmalarından dolayı bu bileşiklerin konsantrasyonlarını minimum düzeye düşürmek oldukça zordur (Seftel vd., 2014). Maalesef, tıbbi ve evsel atıklar fazla miktarlarda nehir sularında ve atık su arıtma tesislerinde ortaya çıkmaktadır. Bu tıbbi kirleticilerden birisi de kozmetik ve gıda endüstrisinde kullanımı olan parabenlerdir. Tolosana-Moranchel vd. (2017) bu kimyasalların meme kanserine yol açabileceğini rapor etmişlerdir. İnsanlar günümüzde geçmişe oranla çok daha fazla atık su oluşumuna neden olmaktadır. İnsansal aktiviteler ile sulara fazla miktarlarda bulunan boyalar, fenolik bileşenler gibi toksik kirleticiler insan ve çevre sağlığı açısından son derece zararlıdır ve bunların doğal olarak bozunmaları oldukça zordur. Kimyasal çöktürme, filtrasyon, elektro-depozisyon, iyon değiştirici adsorpsiyon ve membran sistemleri atık suların arıtımında kullanılan geleneksel yöntemlerden bazılarıdır. Fakat bu metotlar bazı kalıcı organik kirleticilerin bozunmasında çok etkili olamamaktadır. Bunun yanında, bu yöntemlerin büyük ölçekli uygulamaları da pahalı ekipmanları gerektirdiğinden kullanımları sınırlıdır (Teh vd., 2011). Son zamanlarda böyle toksik ve kararlı kirleticilerin ortamdaki uzaklaştırılması için en çok kullanılan yöntem ise ileri oksidasyon yöntemi olan fotokatalitik bozundurma yöntemidir (Ahmet vd., 2014). Bu yöntem bir yarı iletkenin uyarılması sonucu iletkenlik bandına göç eden elektronların ve değerlik bandında oluşan boşlukların meydana getirdiği hidroksi ve süperoksit radikalleri ile gerçekleştirilen oksidasyon yöntemidir. En çok bilinenleri ise TiO_2 , ZnO ve ZrO_2 'dir. Bununla birlikte, ZnO yarı iletken bir metaloksittir. Geniş bant boşluğuna sahip olması, ucuz olması ve UV ışığını yüksek oranda absorplamasından dolayı, organik bileşiklerin bozunmasında önemli yere sahiptir (Li ve Haneda., 2003). ZnO 'nun katalitik aktivitesinin artırılmasında ise bazı metal iyonları ile doplama ya da kompozit halde sentezlenmesi uygulamaları vardır (Peralta-Videa vd., 2011). Kompozit oksitler iki enerji seviyeleri bulundurmaları açısından yük ayırmalarında önemli rol oynamaktadır (Li ve Cao, 2011). Bu yüzden kompozit metal oksitler bir uyarılmış elektron ve uyarılma sonrası oluşan boşluk (hole) arasında etkin bir inhibisyon sağladığından son zamanlarda fotokatalitik uygulamalarda sıkça kullanılmaktadır (Mansournia vd., 2016). Bu çalışmada ZnO ve CuO 'dan oluşan kompozit bir materyal kimyasal çöktürme metodu ile hazırlanmıştır. Elde edilen kompozit malzemeler SEM, XRD ve BET analitik

teknikler ile karakterize edilmiştir. BET yüzey alanı analizleri ile yapısal özellikleri belirlenmiştir. Fotokatalitik aktivitesinin belirlenmesinde 2,6-diklor fenol (2,6-DKF) kullanılmıştır

2. Materyal ve Yöntem

Bütün kimyasallar %99 saflıkta ve Sigma-Aldrich'den temin edildi. Yaklaşık 6,25 mmol bakır asetat ($Cu(CH_3COOH)_2 \cdot 2H_2O$) ve 6,65 mmol çinko asetat ($Zn(CH_3COOH)_2 \cdot 2H_2O$) 50 mL lik saf su içerisinde çözüldü. Bu karışım içerisine 1 ml tergitol (NP-40) eklenerek 45 °C de 30 dk. karıştırıldı. Elde edilen karışıma 0,1M %25'lik NH_3 çözeltisi damla damla eklendi. Çöken hidroksit partikülleri 80 °C de bir etüvde kurutuldu ve 600 °C'de kalsine edildi. Saf ZnO ve CuO partikülleri ise aynı molar konsantrasyonlar kullanılarak sentezlendi (Sharma ve Ghose, 2014).



Kompozit ZnO/CuO partiküllerinin sentezlenmesine ait reaksiyonlar yukarıda verilmiştir.

Partiküllerin kristal yapısı XRD (Rigaku Dmax 350) $Cu-K\alpha$ ışınımı ($\lambda = 0,154056$ nm) ($\lambda = 0,154056$ nm) ile şekil-boyut analizleri ise SEM (JEOL JSM-7600F) cihazı ile belirlendi. BET yüzey alanı, gözenek hacmi ve boyutu ASAP2010 (Micromeritics Instrument Corporation, USA N_2 adsorption at 77.35 K) cihazı kullanılarak belirlendi. Buna ek olarak 2,6-DKF'nin bozunma veriminin ve ürünlerinin belirlenmesinde UV-visible spektroskopisi (Shimadzu 1601 UV-Vis) ve yüksek çözünürlüklü kütle spektroskopisi (Waters SYNAPT G1 MS) kullanıldı.

3. Bulgular ve Tartışma

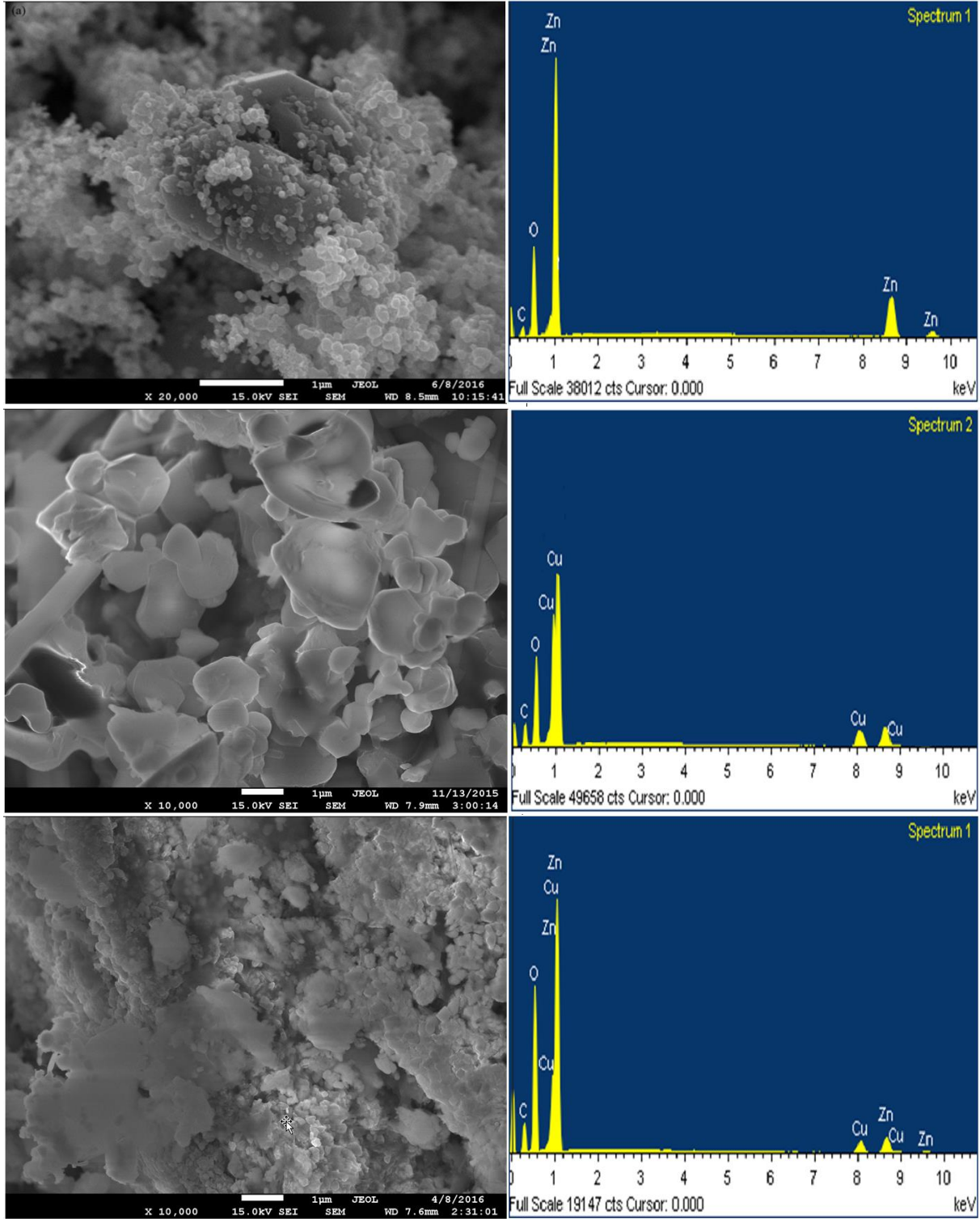
3.1. SEM Analizleri

Şekil 1 sentezlenen ZnO , CuO ve ZnO/CuO materyallerinin SEM görüntülerini göstermektedir. Buna göre saf ZnO ve CuO partikülleri küreselliğe yakın bir morfoloji göstermektedir. Kompozit haldeki partiküllerde ise biraz agregasyon olduğu görülmektedir. Partikül boyutu saf haldeki ZnO ve CuO 'ya göre bir miktar azalmıştır. ZnO partiküllerinin boyutu yaklaşık olarak 2-4 μm aralığında CuO ise 0,1-1 μm aralığındadır. ZnO/CuO partikülleri ise 0,5-1 μm

aralığındadır. ZnO/CuO partiküllerinin boyutlarının küçük olması yüzey enerjisinin artmasına ve agregasyon oluşmasına sebep olmuştur (Gnanaprakasam vd., 2015). EDS analizleri ise partiküllerin yapısında bulunan elementlerin doğruluğunu göstermektedir.

3.2. XRD Analizleri

Şekil 2, sentezlenen partiküllerin XRD analiz sonuçlarını göstermektedir. CuO'ya ait karakteristik $2\theta=32,51^\circ - 35,56^\circ - 38,82^\circ - 48,75^\circ$ ve $53,9^\circ$ değerleri CuO'nun tenorit fazına ait olduğunu göstermektedir (JPDS no 89-5898).



Şekil 1. ZnO, CuO, ve ZnO/CuO partiküllerine ait SEM görüntüleri

ZnO'ya ait karakteristik $2\theta=31,66^\circ - 34,35^\circ - 36,09^\circ - 47,56^\circ$ ve $56,45^\circ$ değerleri ZnO'nun Wurtzite fazına ait değerlerdir (JPDS No 36-1451) (Chow vd., 2013). Şekil 2 incelendiğinde CuO ve ZnO partikülleri keskin piklere sahiptir. Bu sonuç her iki materyalin de yüksek kristal yapısına sahip olduğunu gösterir (Meshram vd., 2011). ZnO/CuO partiküllerinin XRD spektrumu incelendiğinde, çoğunlukla ZnO'ya ait piklerin gözlemlendiği ve CuO'ya sadece 2 ana pikin ait olduğu görülmektedir (Şekil 2a). Bu sonuç ZnO partiküllerinin CuO üzerinde etkin bir şekilde dağılmış olmasından kaynaklanmaktadır (Ye vd., 2015).

Ayrıca, karşılaştırmalı olarak çizilen XRD grafiklerine göre, ZnO/CuO örneğindeki ZnO ve CuO'nun karakteristik 2 teta açılarında bir miktar kayma olduğu görülmektedir (Şekil 2b,c). Bu durum iki metal oksidin birbiri ile kombine olduğunu ve aralarında iç granüller (intragranular) bir lokasyonun bulunduğunu yani tanecikler arasındaki sınırların en zayıf olduğu bölgelerin varlığını göstermektedir (Satihkumar vd., 2001). Bu iç granüller lokasyon her iki metal oksit arasında katalitik aktiviteyi artırmada önemli rol oynamaktadır. Ayrıca ZnO/CuO partiküllerinin XRD spektrumu incelendiğinde bileşenlerin farklı yapısal fazlara ait spektrumları gözlenmemektedir. Bu sonuç yüksek verimde ZnO/CuO kompozit materyalinin sentezlendiğini göstermektedir.

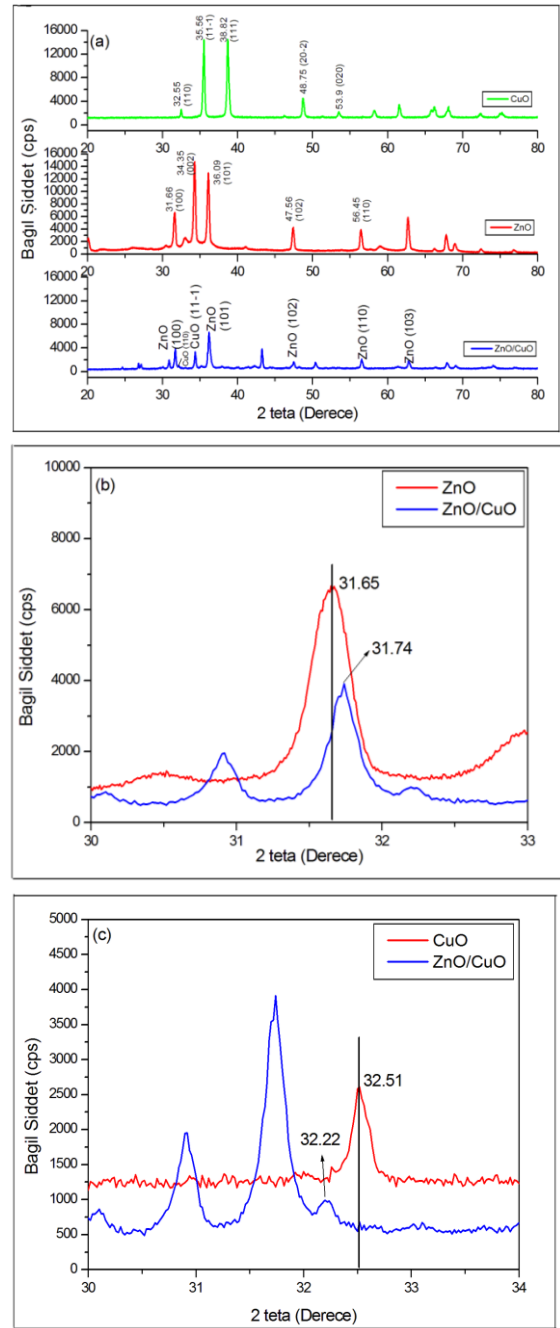
Sentezlenen partiküllerin kristal boyutu ve örgü parametreleri ile ilgili bulgular Tablo 1'de gösterilmiştir. Bu değerler ZnO ve CuO için daha baskın olan (002) ve (111) indisleri kullanılarak aşağıdaki formüller ile hesaplanmıştır.

$$\frac{1}{d^2} = \frac{1}{\sin^2\beta} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2 \sin^2\beta}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} - \frac{2hl \cos\beta}{ac} \right)$$

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2}$$

Burada 1. eşitlik CuO için, 2. eşitlik ise ZnO için kristal örgü parametrelerini hesaplamakta kullanılan eşitliklerdir. ZnO, CuO ve ZnO/CuO partiküllerinin ortalama kristal boyutu en yüksek bağlı şiddete sahip pikler referans alınarak Debye-Scherrer formülü ile hesaplanmıştır. Bu formül aşağıda verilmiştir;

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta}$$



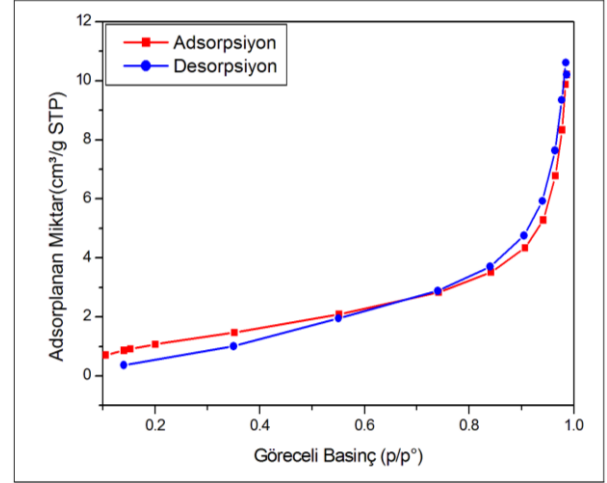
Şekil 2. (a) CuO, ZnO ve ZnO/CuO partiküllerine ait XRD spektrumları. (b) saf ZnO ile. (c) saf CuO ile, kompozit ZnO/CuO'nun XRD spektrumlarındaki kayma açıları.

Burada K, Debye Scherrer sabiti (0,89), λ enerjinin dalga boyu (0.154 nm), β' FWHM değeri ve θ' ise Bragg açısıdır. Partiküllerin örgü parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde ZnO ve CuO'ya ait örgü parametreleri değerlerinde bir miktar sapmalar görülmektedir. XRD spektrumlarında gözlemlenen pik genişlemeleri ise muhtemelen taneciklerin deformasyonundan ya da boyutlarının azalmasından kaynaklanmaktadır (Grain refinement) (Şekil 2b,c). Sentezlenen partiküllerin yapısal parametrelerine ait değerler Tablo 2'de

gösterilmiştir. Burada ZnO'nun 31,65 2θ açısı ile CuO'nun 32,51 2θ açısına ait bağıl şiddet kompozit formda iken azaldığı görülmektedir. Bu sonuç ZnO ve CuO partiküllerinin etkin bir kombinasyon oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Tablo 2'den görüldüğü gibi katalizörlerin 2θ açılarının artması ile bağıl şiddet azalmaktadır. Bunun olası sebebi, açının artması ile kırınım düzlemine dik olan elektron yoğunluğunun değişmesidir.

3.3. BET Analizi

Şekil 3, sentezlenen ZnO/CuO partiküllerinin N₂ adsorpsiyon-desorpsiyon grafiğidir. IUPAC'a göre grafik türünün tip IV izoterm ve histerizenin ise H3 olduğu görülmektedir. Bu bulgular ZnO/CuO partiküllerinin yüksek basınçta (0.6-1) mezo gözeneğe sahip olduğunu göstermektedir (Guo vd., 2016). Sentezlenen katalizörlerin yapısal özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 3. ZnO/CuO partiküllerine ait N₂ adsorpsiyon-desorpsiyon grafiği.

Tablo 1. Sentezlenen partiküllerin hesaplanan kristal örgü parametreleri ve kristal boyutu

Katalizör	Kristal yapı parametreleri (ZnO) ($a=b=0,326$ nm) ($c=0,522$ nm) (ICDD 36-1451)		Kristal yapı parametreleri (CuO) $a=0,468$ nm, $b=0,342$ nm $c=0,513$ nm (ICDD 89-5898)			Kristal Boyutu (nm)	FWHM
	a (nm)	c (nm)	a (nm)	b (nm)	c (nm)		
ZnO	0.324	0.519	-	-	-	~80nm	0.111
CuO	-	-	0.471	0.344	0.517	~60nm	0.175
ZnO/CuO	0.325	0.521	0.467	0.311	0.871	~35nm	0.310

Tablo 3. Katalizörlerin yapısal özellikleri ve korelasyon sabiti değerleri

Katalizör	BET (m ² /g)	Gözenek Boyutu (nm)	Gözenek Hacmi (cm ³ /g)	$k \times 10^{-2}$ (1/min)	R^2
CuO	2.12	8.125	0.0037	0.59	0.94
ZnO	1.48	7.782	0.0028	0.69	0.96
ZnO/CuO	5.22	11.68	0.0154	1.24	0.99

Tablo 3 incelendiğinde, kompozit ZnO/CuO partiküllerinin BET yüzey alanı ZnO ve CuO'dan daha yüksektir. Yüksek yüzey alanı etkili adsorpsiyonu gösterir ve bozunma veriminde artışa sebep olur. Gözenek boyutunun yüksek olması ise yüzeye adsorplanan moleküllerin bozunmaya uğradıktan sonra difüzyon direncinin düşük olmasını sağlar. Bu iki faktör etkili bir bozunmanın oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Hadjltaief vd., 2016).

3.4. Fotokatalitik çalışmalar

Tüm fotokatalitik çalışmalar özel olarak dizayn edilmiş bir UV reaktörde yapılmıştır. Bunun için 0,1 g katalizör 10 mg L⁻¹, 50 ml'lik 2,6-DKF çözeltilisine eklenmiştir. 60 dk. karanlıkta adsorpsiyon-desorpsiyon dengesinin oluşması için karıştırılmıştır. Ardından UV ışığı altında her 30 dk. da bir 1 ml örnek alınıp spektrofotometrede 285 nm de absorbansı ölçülmüştür.

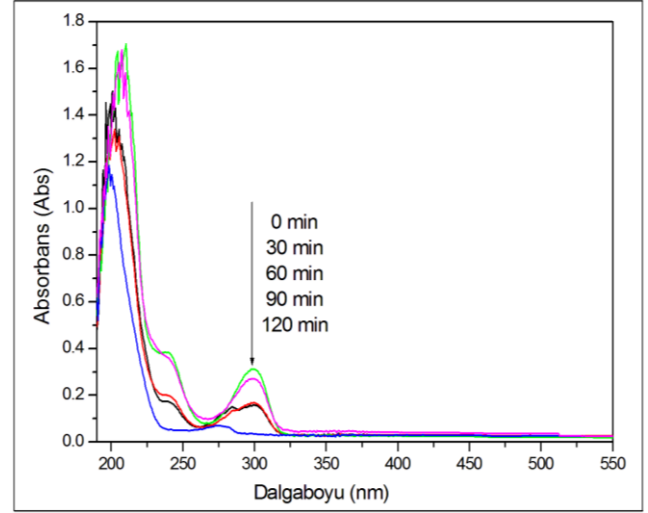
Tablo 2. Sentezlenen katalizörlerin yapısal özellikleri (XRD analizlerinden)

Katalizör	CuO						ZnO						Kompozit ZnO/CuO					
	2θ açısı (hkl) indisleri	32.51	35.56	38.82	48.75	53.9	31.65	34.35	36.09	47.56	56.45	31.74	36.018	47.65	56.54	32.22	35.27	
		110	11-1	111	20-2	020	100	002	101	102	100	101	102	110	110	110	11-1	
Bağlı Şiddet		2722.3	14570.9	14687.4	4965.5	2273.5	6584.3	14780.6	12997.4	4269.3	4066.9	4001.9	6793.74	1542.6	2090.69	977.3	3320.4	

Çünkü 2,6-DKF 285 nm dalga boyunda en yüksek şiddette absorbanı vermiştir (Şekil 4). Bozunma yüzdesi aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$\% \text{Degradasyon} = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100$$

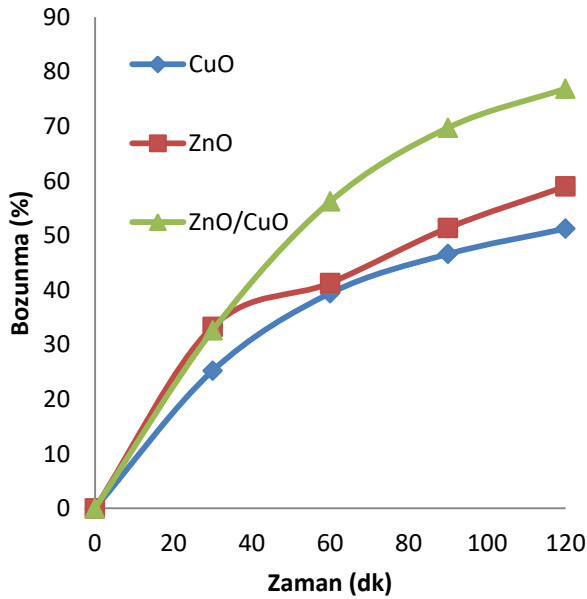
Burada C_0 , başlangıç 2,6-DKF konsantrasyonu ve C , 30 dk. da bir elde edilen konsantrasyondur. Elde edilen bulgular Şekil 4,5 ve 6'da gösterilmektedir.



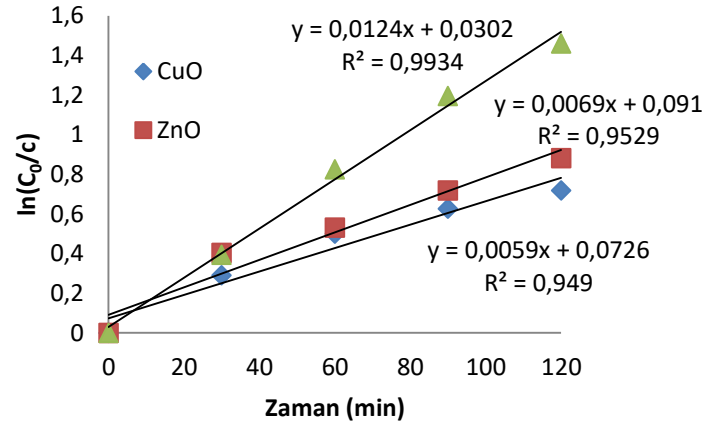
Şekil 4. 2,6-DKF'nin farklı bozunma zamanları sonrası elde edilen UV-Vis spektrumu

CuO düşük bir bant boşluğu enerjisine sahiptir. Bundan dolayı UV altında kolay aktive olmaktadır. Daha dar bant boşluğu enerjisine sahip olması uyarılma sonrası oluşan elektron-boşluk çiftinin daha hızla yeniden birleşmesini ortaya çıkarmaktadır (Soltani vd., 2016). Bundan dolayı, CuO için düşük bozunma verimi elde edilmiştir (Şekil 5). Kompozit ZnO/CuO partiküllerinin bozunma yüzdesi saf haldeki ZnO ve CuO'ya göre daha fazladır. Bu sonuç kompozit haldeki ZnO ve CuO'nun sinerjistik etkisine dayandırılmaktadır. Sherly vd., (2015) CuO'nun iletkenlik ve değerlik bandı sınır potansiyelini -4,96 eV ve 3,26 eV olarak, ZnO'nun ise -4,19 eV ve 0,99 eV olarak rapor etmişlerdir. Kompozit haldeki katalizörler bir UV ışık ile temas ettiğinde her iki metal oksitin de değerlik bandındaki elektronlar iletkenlik bandına uyarılır. Uyarılmış olan elektronlar CuO'nun iletkenlik bandından ZnO'nun iletkenlik bandına daha elektro pozitif olduğu için transfer olur (Sherly vd., 2015). Bu durum fotokatalitik reaksiyonda önemli rol oynayan elektron ve uyarılma sonrası oluşan boşluk (e^-/h^+) çiftinin yeniden birleşmesini engeller. Değerlik bandındaki boşluklar hidroksi (OH^\bullet) radikallerini

iletkenlik bandındaki elektronlar ise süperoksit ($O_2^{\cdot-}$) radikallerini oluşturur. Bu iki oksidatif tür organik moleküllerin dekompozisyonunda önemli rol oynar. Buna ek olarak ZnO/CuO'nun yüksek yüzey alanına ve yüksek kristal yapısına sahip olması da etkin bir şekilde elektron ve uyarılma sonrası oluşan boşluk (e^-/h^+) çiftinin yeniden birleşmesini azaltır. 2,6-DKF'nin fotokatalitik bozunmasında birinci dereceden kinetik izotermi $\ln(C_0/C) = kt$, formülü ile hesaplanmıştır. Burada C_0 başlangıç 2,6-DKF konsantrasyonu ve C her 30 dk. için elde edilen konsantrasyon değeri, t zaman ve k ise hız sabitidir (Li ve Wang, 2010). $\ln(C_0/C)$ değerinin zamana karşı elde edilen grafiğinde eğim hız sabitini vermektedir. Elde edilen doğrusal lineerlik her üç katalizörün de bozunma reaksiyonu sırasında birinci dereceden kinetik izotermiye sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 6). Çok küçük sapmaların olması muhtemelen bozunma sonrasında ortamda meydana gelen ürünlerden (yan ürün, bozunma ürünleri) kaynaklanmaktadır (Ohtani, 2010). CuO, ZnO ve ZnO/CuO katalizörlerinin korelasyon sabiti değerleri sırayla 0,94 - 0,96 ve 0,99 olarak elde edilmiştir. Korelasyon sabiti değeri ne kadar büyükse bozunmanın o kadar verimli olduğu rapor edilmiştir (Xu vd., 2015). Katalizörlerin elde edilen hız sabitleri karşılaştırıldığında en yüksek değerin ZnO/CuO katalizörüne ait olduğu görülmektedir. (Tablo 2). Yüksek hız sabiti yüksek bozunma veriminin olduğunu göstermektedir (Gnanaprakasam vd., 2015).



Şekil 5. 2,6-DKF'nin CuO, ZnO ve ZnO/CuO katalizörleri ile bozunması.

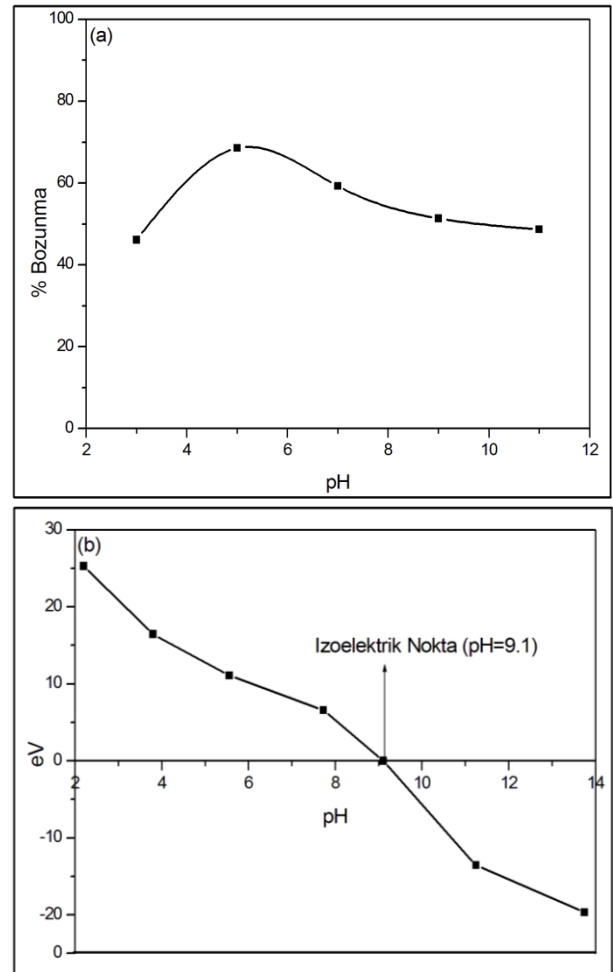


Şekil 6. CuO, ZnO ve ZnO/CuO partiküllerinin birinci dereceden kinetik izotermi

3.5. Optimizasyon Çalışmaları

3.5.1. pH Etkisi

Şekil 7a 2,6-DKF'ün bozunmasında pH değerinin etkisini ve Şekil 7b ise ZnO/CuO katalizörünün izoelektrik pH grafiğini göstermektedir.

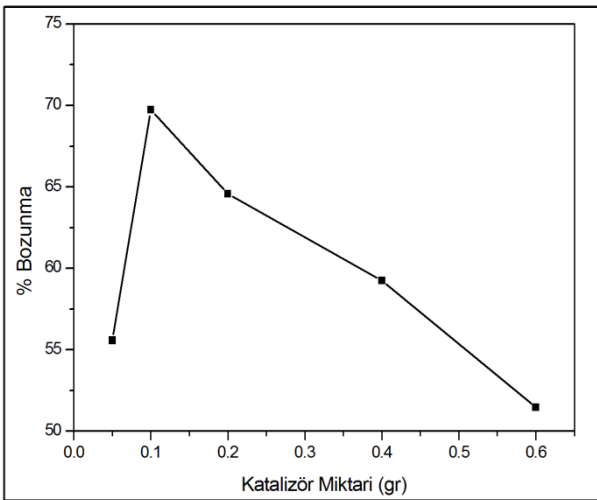


Şekil 7. (a) 2,6-DKF'ün bozunmasına pH'nın etkisi (b) ZnO/CuO katalizörünün izoelektrik noktası

Elde edilen bulgulara göre en fazla bozunma pH=5'de gözlemlenmiştir. ZnO/CuO katalizörünün izoelektrik pH değeri 9,1'dir. Bu değer altında katalizör yüzeyi pozitif üstünde ise negatif yüklüdür. Klorlu fenolik bileşikler genellikle düşük pH aralıklarında negatif ya da nötral yüklüdür (Kansal ve Chopra 2012). Bundan dolayı düşük pH değerinde katalizör ve 2,6-DKF arasındaki elektrostatik çekim yüksek bozunma veriminin oluşmasını sağlamaktadır (Şekil 7a). pH arttıkça nötral ve negatif yük yoğunluğu artmakta ve oluşan elektrostatik itmeler katalizör ve 2,6-DKF arasındaki adsorpsiyonu engellemektedir. Bu durum düşük bozunma veriminin oluşmasına sebep olmaktadır.

3.5.2. Katalizör Miktarı etkisi

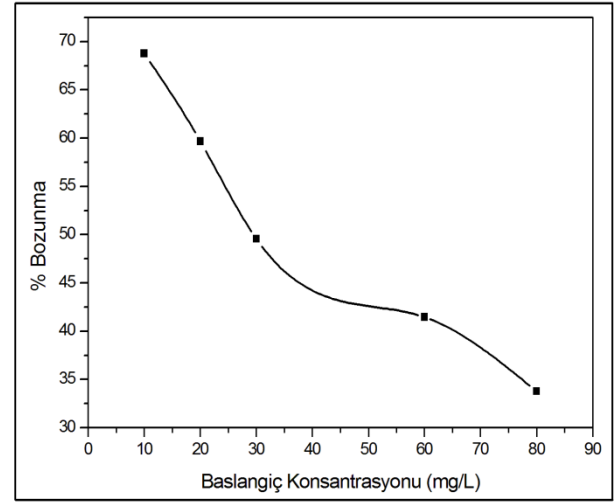
Verimli bir fotokatalitik bozunmanın gerçekleşmesi için en uygun katalizör miktarı katalitik reaksiyonda önemli rol oynamaktadır. Şekil 8 katalizör miktarının 2,6-DKF'nin bozunmasına olan etkisini göstermektedir. Şekilde görüldüğü gibi en yüksek bozunma 0.1 g katalizör kullanıldığında elde edilmektedir. Katalizör miktarı artırıldığında bozunma verimi azalmaktadır (Şekil 8). Bunun sebebi yüksek katalizör konsantrasyonunda maddenin üzerine düşen ışık saçılmalarına sebep olmaktadır. Bundan dolayı yeterince sağlanamayan ışık şiddeti katalitik bozunmada önemli rol oynayan elektron ve boşlukların (e^-/h^+) oluşmasını azaltmaktadır. Bu durum düşük bozunmanın elde edilmesini sağlamaktadır (Kanakaraju vd., 2015).



Şekil 8. 2,6-DKF'nin bozunmasına katalizör miktarının etkisi

3.5.3. 2,6-DKF'nin başlangıç konsantrasyonu etkisi

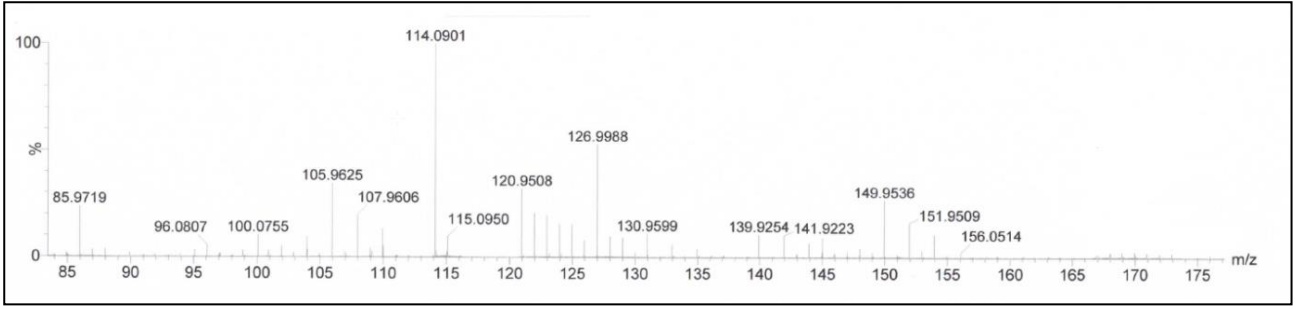
Katalizör miktarı ve pH'nın optimizasyonundan sonra 2,6-DKF'nin katalitik bozunması 10-60 mg/L arasındaki başlangıç konsantrasyonları hazırlanarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 9). Şekilden de görüldüğü gibi en yüksek bozunma 10 mg/L 2,6-DKF konsantrasyonunda gerçekleşmiştir. 2,6-DKF konsantrasyonu arttıkça bozunma yüzdesi de azalmaktadır. Bu durum şöyle açıklanabilir. Yüksek kirletici konsantrasyonunda muhtemelen maddenin üzerine düşen ışık katalizör tarafından değil 2,6-DKF tarafından absorbe edilmektedir. Bu durumda katalizördeki elektronlar yeterince uyarılamamaktadır. Bu sonuç düşük bozunma yüzdesinin oluşumuna yol açmaktadır (Gan vd., 2013).



Şekil 9. 2,6-DKF'nin bozunmasına başlangıç konsantrasyonunun etkisi

3.6. HRMS analizi

Şekil 10, 2,6-DKF moleküllerinin 120 dakika sonundaki bozunma ürünlerine ait HRMS spektrumlarını göstermektedir. Spektrumda 85, 114, 105, 126, 149 m/z değerlerine ait ana pikler gözlemlenmektedir, 114,0901 değeri toksik olmayan maleik aside ait değerdir, 149,9536 değeri (M-OH) yapısını göstermektedir, 85,9719 değeri (M+H⁺-2Cl) yapısını göstermektedir, 126,9968 değeri ise (M-Cl) yapısını göstermektedir, 126,9988 ve 105,9625 değerleri ise açılmış olan benzen halkası yapısına aittir, Bu bulgular kompozit haldeki ZnO/CuO partiküllerinin son derece toksik olan 2,6-DKF'yi 120 dakika sonunda yeterince degrade ettiğini ve büyük oranda maleik aside yükseltgediğini göstermektedir.



Şekil 10. ZnO/CuO katalizörü ile 2,6-DKF'nin bozunmasında HRMS analizi (120 dk.)

4. Sonuçlar

Kompozit ZnO/CuO partikülleri ile yapılan bu bozunma çalışmasında elde edilen bulgular son derece toksik olan klorlu fenolik bileşiklerin bozunmasında ZnO/CuO kompozit partiküllerinin önemli rol oynadığını göstermiştir. Elde edilen bulgular saf ZnO veya CuO'ya göre kompozit halin daha fotoaktif olduğunu ve bu aktivitenin her iki bileşen arasındaki sinerjistik etkiden kaynaklandığını göstermiştir. ZnO/CuO partikülünün gözenek dağılım grafiği bu materyalin mezo gözenek yapısına sahip olduğunu göstermiştir. HRMS analizinde elde edilen bulgular bozunma ürünlerinin birçoğunun maleik asit gibi toksik olmayan ürünlere dönüştüğünü göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada el edilen bulgular, kompozit ZnO/CuO materyalinin ileriye dönük çevresel uygulamalarda geniş bir yer tutacağını göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi bilimsel araştırma projeleri birimi 15/139 No'lu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

Ahmed, A.B., Jibril, B., Danwittayakul, S. ve Dutta, J., 2014. Microwave-enhanced degradation of phenol over Ni-loaded ZnO nanorods catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, 156-157, 456-465.

Chow, L., Lupana, O., Chai, G., Khallaf, H., Onoa, L.K., Cuenyaa, B.R., Tiginyanu, I.M., Ursakif, V.V., Sontea, V. ve Schultea, A., 2013. Synthesis and characterization of Cu-doped ZnO one-dimensional structures for miniaturized sensor applications with faster response. *Sensual Actuators A*, 189, 399-408.

Gan, H., Zhang, G., ve Huang, H. 2013. Enhanced visible-light-driven photocatalytic inactivation of *Escherichia coli* by $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{CO}_3/\text{Bi}_3\text{NbO}_7$ composites. *Journal of Hazardous Materials*, 250-251, 131-137.

Gnanaprakasam, A., Sivakumar V.M., Sivayogavalli, P.L. ve Thirumarimurugan, M., 2015. Characterization of TiO_2 and ZnO nanoparticles and their applications in photocatalytic degradation of azodyes. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 121, 121-125.

Guo, Y., Gong, Z., Li, P., Zhang, W. ve Gao, B., 2016. Preparation, characterization and enhancement of the visible-light photocatalytic activity of $\text{In}_2\text{O}_3/\text{Na-bentonite}$ composite. *Ceramics International*, 42, 8850-8855.

Hadjltaief, H.B., Zina, M.B., Galvez, M.E. ve Da Costa, P., 2016. Photocatalytic degradation of methyl green dye in aqueous solution over natural clay-supported ZnO- TiO_2 catalysts. *Journal of Photochemistry and Photobiology. A: Chemistry*, 315, 25-33.

Kanakaraju, D., Motti, C. A., Glass, B. D. ve Oelgemöller, M., 2015. TiO_2 photocatalysis of naproxen: Effect of the water matrix, anions and diclofenac on degradation rates. *Chemosphere*, 139, 579-588.

Kansal, S. K. ve Chopra, M., 2012. Photocatalytic degradation of 2, 6-Dichlorophenol in aqueous phase using titania as a photocatalyst. *Engineering*, 4, 416-426.

Li, B.J. ve Cao, H., 2011. ZnO@graphene composite with enhanced performance for the removal of dye from water, *Journal of Material Chemistry*, 21(10), 3346-3349.

- Li, B.X. ve Wang, Y. F. 2010. Facile synthesis and photocatalytic activity of ZnO–CuO nanocomposite. *Superlattices Microstructure*, 47, 615-623.
- Li, D. ve Haneda, H., 2003. Morphologies of zinc oxide particles and their effects on photocatalysis. *Chemosphere*, 51, 129-137.
- Mansournia, M. ve Rafizadeh, S., Hosseinpour-Mashkani, S.M., 2016. An ammonia vapor-based approach to ZnO nanostructures and their study as photocatalyst material. *Ceramics International*, 42, 907-916.
- Meshram, S., Limaye, R., Ghodke, S., Nigam, S., Sonawane, S. ve Chikate, R., 2011. Continuous flow photocatalytic reactor using ZnO–bentonite nanocomposite for degradation of phenol. *Chemical Engineering Journal*, 172, 1008-1015.
- Ohtani, B., 2010. Photocatalysis A to Z—What we know and what we do not know in a scientific sense. *Journal of Photochemistry and Photobiology C*, 11, 157-178.
- Peralta-Videa, J.R., Zhao, L., Lopez-Moreno, M.L., de la Rosa, G., Hong, J. ve Gardea-Torresdey, J.L., 2011. Nanomaterials and the environment: a review for the biennium 2008-2010. *Journal of Hazardous Material*, 186, 1-15.
- Sathishkumar, P., Sweena, R., Wu, J. J., ve Anandan, S., 2011. Synthesis of CuO-ZnO nanophotocatalyst for visible light assisted degradation of a textile dye in aqueous solution. *Chemical Engineering Journal*, 171(1), 136-140.
- Seftel, E.M., Puscasu, M.C., Mertens, M., Cool, P. ve Carja, G., 2014. Assemblies of nanoparticles of CeO₂–ZnTi-LDHs and their derived mixed oxides as novel photocatalytic systems for phenol degradation. *Applied Catalysis B Environmental*, 150-151, 157–166.
- Sharma, R. K., ve Ghose, R., 2014. Synthesis of nanocrystalline CuO–ZnO mixed metal oxide powder by a homogeneous precipitation method. *Ceramics International*, 40(7), 10919-10926.
- Sherly, E.D., Vijaya, J.J. ve Kennedy, L.J., 2015. Visible-light-induced photocatalytic performances of ZnO–CuO nanocomposites for degradation of 2,4-dichlorophenol. *Chinese Journal of Catalysis*, 36, 1263-1272.
- Soltani, R.D.C., Jorfi, S., Safari, M. ve Rajaei, M.S., 2016. Enhanced sonocatalysis of textile wastewater using bentonite-supported ZnO nanoparticles: Response surface methodological approach. *Journal of Environmental Management*, 179, 47-57.
- Teh, C. M., ve Mohamed, A. R. 2011. Roles of titanium dioxide and ion-doped titanium dioxide on photocatalytic degradation of organic pollutants (phenolic compounds and dyes) in aqueous solutions: a review. *Journal of Alloys and Compounds*, 509 (5), 1648-1660.
- Tolosana-Moranchel, A., Anderson, J. A., Casas, J. A., Faraldos, M., ve Bahamonde, A., 2017. Defining the role of substituents on adsorption and photocatalytic degradation of phenolic compounds. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(5), 4612-4620.
- Xu, H., Zhang, D., Xu, A., Wu, F., ve Cao, R., 2015. Quantum sized zinc oxide immobilized on bentonite clay and degradation of C.I. acid red 35 in aqueous under ultraviolet light. *International Journal of Photoenergy*, 2015, 1-7.
- Ye, J., Li, X., Hong, J., Chen, J. ve Fan, Q., 2015. Photocatalytic degradation of phenol over ZnO nanosheets immobilized on montmorillonite. *Material Science in Semiconductor Processing*, 39, 17-22.

Endemik Anadolu Sığla Ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) Bitki Ekstraktlarının Bazı Bitki Patojeni Funguslara Karşı Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi

Determination of Antifungal Effects of Endemic Anatolia Sığla Tree (Liquidambar orientalis Mill.) Plant Extracts against Some Plant Pathogenic Fungi

Abdurrahman ONARAN*

Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 60250, Tokat

• Geliş tarihi / Received: 06.06.2017 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 02.01.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 04.01.2018

Öz

Geçmişten günümüze kadar, bitkilerden elde edilen doğal antifungal maddeler alternatif mücadele yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ülkemizde endemik olarak yetişen *Liquidambar orientalis* Mill. bitkisinden elde edilen reçine ve yaprak metanol ekstraktının antifungal etkileri araştırılmıştır. Çalışmamızda, hıyar ve elma bitkilerinde sorun olan fungal hastalık etmenleri *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* (FOC) ve *Monilinia fructigena*'ya karşı agar petri metodu kullanılarak farklı bitki ekstraktlarının farklı konsantrasyonlardaki antifungal etkinlikleri araştırılmıştır. Çalışmalarda bitki ekstraktlarının 0 (negatif kontrol), 5, 10 ve 20 mg/ml konsantrasyonları kullanılmış ve elde edilen veriler sonucunda, miselyum gelişim engellemesi (MGE) ve Letal doz (LD₅₀₋₉₀) değerleri belirlenmiştir. Ekstraktların fungal etmenlere karşı kullanılan her konsantrasyonunda antifungal aktivite göstermiştir. Konsantrasyon miktarı arttıkça MGE değerlerinin (%) arttığı belirlenmiştir. *L. orientalis* reçine ekstraktı için en yüksek MGE oranı, *M. fructigena*'da %100, FOC'da ise %74 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerin, *L. orientalis* yaprak ekstraktı uygulamasında ise *M. fructigena*'da %66 ve FOC'da %51 olarak belirlenmiştir. LD₅₀ değerleri reçine ekstraktında *M. fructigena* için 7.32 mg/ml ve FOC için 4.42 mg/ml, yaprak ekstraktında da *M. fructigena* için 16.98 mg/ml ve FOC için 7.65mg/ml olarak belirlenmiştir. LD₉₀ değerleri ise reçine ekstraktında *M. fructigena* için 7.68 mg/ml ve FOC için 51.48 mg/ml arasında, yaprak ekstraktında ise *M. fructigena* için 121.91 mg/ml ve FOC için 364.59 mg/ml olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, test organizmalarına karşı reçine ekstraktı, yaprak ekstraktından daha etkili bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Antifungal Aktivite, Bitki Ekstraktı, *Liquidambar orientalis*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum*, *Monilinia fructigena*

Abstract

Natural antifungal substances obtained from plants are used as an alternative method of struggle from past to present day. In this study, the antifungal effects of different concentrations of methanol extract obtained from resin and leaves of *Liquidambar orientalis* Mill. plant, endemically grown in Turkey, was investigated by using agar plate method against fungal disease agents *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (FOC) and *Monilinia fructigena* plant pathogens causing damage cucumber and apple plants, respectively were used. Mycelial growth inhibition (MGI) and lethal doses (LD₅₀₋₉₀) were obtained by using concentrations of plant extracts at 0 (negative control), 5, 10 and 20 mg/ml. Plant extract showed antifungal effects at the all concentrations used. MGI (%) values increased as the amount of concentration increased. Thus, the highest MGI ratio for *L. orientalis* resin is calculated 100% against *M. fructigena* and 74% for FOC. These values were 66% for *M. fructigena* and 51% for FOC for *L. orientalis* leaf extract. In addition, LD₅₀ values were 7.32 mg/ml for *M. fructigena*, 4.42 mg/ml for FOC in case of resin extract and 16.98 mg/ml for *M. fructigena*, 7.65 mg/ml for FOC in case of leaf extract. LD₉₀ values were found between 7.68 mg/ml for *M. fructigena* to 51.48 mg/ml for FOC in resin extract and 121.91 mg/ml for *M. fructigena* to 364.59 mg/ml for FOC in leaf extract. As a result, the resin extract against the test organisms was found to be more effective than the leaf extract.

Keywords: Antifungal effects, Plant extracts, *Liquidambar orientalis*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum*, *Monilinia fructigena*

*Abdurrahman ONARAN; abdonaran@hotmail.com; Tel: (0356) 252 16 16; orcid.org/0000-0003-0665-8535

1. Giriş

Dünya’da ve ülkemizde, sebze ve meyvelerde ekonomik anlamda ürün kayıplarına neden olan pek çok hastalık etmeni bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan fungal hastalık etmenlerinden, *Fusarium solgunluk* hastalığı Dünya’nın birçok yerinde hıyarda *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* tarafından ciddi ekonomik kayıplara neden olan bir patojendir. Bu patojen hıyar bitkisine özelleşmiştir (Ahn vd., 1997; Owen, 1955). *Monilinia fructigena* elmalarda mumyalaşma hastalığının etmeni olup, yumuşak ve sert çekirdekli meyve ağaçlarında meyvenin mumyalaşarak dalda asılı kalması şeklinde görülmektedir (Van vd., 2000).

Türkiye’de Aydın ve Muğla civarında (Köyceğiz) yetişen, bu bölgede günlük ağacı olarak bilinen Anadolu sığla ağacı, (*Liquidambar orientalis* var. *orientalis* Mill.) endemik bir ağaçtır. Bu ağaç türü, 20 metreye kadar boylanabilmekte ve görünüş olarak çınara benzemektedir. Ege ve Akdeniz Bölgelerinin doğal sınırı olan Dalaman çayı boyunca yayılım göstermektedir. Subtropikal iklim özellikleri görülen sıcak, nemli ve suyu bol yerlerde yetişen uzun ömürlü bir ağaçtır (Hill, 1952; Günel, 1994).

Bitkilerden elde edilen, bitkisel kaynaklı ürünlerin antifungal etkileri her geçen gün önem kazanmaktadır. Bu antifungal maddeler genellikle hiçbir yan etkisi olmayan, benzersiz özellikte bir avantaj sağlamaktadır. Günümüzde bitki patojenlerine karşı kullanılan pestisitler yan etkileri sebebiyle çevre ve insan sağlığını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu nedenle, pestisit kullanımını en aza indirecek alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması önem arz etmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda bitkilerden elde edilen ekstraktların antifungal (Dülger ve Hacıoğlu, 2008; Erdoğan vd., 2016; Kalkışım, 2012; Şin vd., 2017), antibakteriyel (Basım vd., 2000; Baydar vd., 2004; Kalhora vd., 2014), nematisidal (Hatipoğlu ve Kaşkavalcı, 2007; Kaşkavalcı ve Civelek, 2009; Tan, 2011), herbisidal (Kordali vd., 2009; Yılar vd., 2012; Özcan vd., 2013) ve insektisidal (Aslan vd., 2005; Gökçe vd., 2006; Karakoç vd., 2013) etkiye sahip olduğu bir çok araştırıcı tarafından belirlenmiştir. Sığla ağacından elde edilen bitki ekstraktlarının antifungal etkinliğinin belirlenmesi üzerine oldukça kısıtlı sayıda araştırma bulunmaktadır (Lee vd., 2009; Onaran ve Bayan, 2016).

Bu çalışmada, ülkemiz florasında endemik olarak yetişen *Liquidambar orientalis* L. bitkisinden elde

edilen reçine ve yaprak metanol ekstraktının, hıyar’da *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* (FOC) ve elma’da *Monilinia fructigena* bitki fungal patojenlerine karşı antifungal etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Bitki Materyali

Çalışmada kullanılan *Liquidambar orientalis* Mill. bitkisine ait yaprak kısımları 2016 yılında gelişme dönemlerine göre Muğla İli’nden toplanmıştır. Toplanan bitki kısmı steril saf suyla yıkanmış ve oda sıcaklığında gölgede kurutulmuş, daha sonra her bitki kısmı öğütücünden geçirilerek küçük parçalara ayrılması sağlanmıştır. Sığla bitkisine ait reçine kısmı ise Muğla İli’nin Köyceğiz İlçesi’nden köylülere temin edilmiştir. Reçine elde etmek için bahar aylarında ağacın gövdesine çizikler çizilerek, temmuz ayından itibaren gövde üzerinde biriken salgı ve kabuklar özel bıçaklar ile kazınarak toplanmış ve bu salgı ve kabuklar sıcak su ile kaynatıldıktan sonra özel preslerde sıkılarak sığla reçinesi elde edilmiştir.

2.2. Bitki Ekstraktı

Öğütülmüş bitki materyalinden 100 gr tartılarak 1L cam kaplara konulmuş ve bitki örneğinin üzerini kapatacak kadar organik çözücü metanol (gr/mL) ilave edilmiştir. Çözelti, 72 saat oda sıcaklığında (25±2°C) inkubatörlü orbital çalkalayıcıda (Lab. corporation Group, Model-SI-300) 120 rpm de karıştırılmış ve ekstraktlar kaba filtre kağıdından geçirilerek, organik çözücü ratory evaporator (Heildolph Group, Model-Hei-Vap Presicion) ile 40°C’de buharlaştırılarak uzaklaştırılmıştır. Elde edilen kuru ekstrakt ve reçine %50 sulu aseton ile çözülmüştür (Kalkışım, 2012).

2.3. Bitki Patojenleri

Çalışmada, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarı stok kültürlerinde yer alan ve hıyardan izole edilen *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* ile elmadan izole edilen *Monilinia fructigena* bitki patojeni funguslar kullanılmıştır. Fungus kültürleri, 20 ml potato dextrose agar (PDA) içeren 90 mm petri kaplarında 25±2°C’de 7 gün geliştirildikten sonra çalışmada kullanılmıştır.

2.4. Besi Ortamı

Patojen fungusların çoğaltılmasında ve antifungal etkinin saptanmasında standart besiyeri olan

Patates Dekstroz Agar (PDA; Merck) (40 g PDA, 1000 ml saf su) besiyeri kullanılmıştır.

2.5. Antifungal Etki Çalışmaları

Sıgla ağacı yaprak ekstraktının ve reçinesinin antifungal etkisini belirlemek amacıyla agar plate metodu uygulanmıştır (Nwosu ve Okafor, 1995). Otoklavda 121°C'de 20 dakika sterilize edilen ve 40°C'ye kadar soğutulan PDA besi yerine sıgla ağacının yaprak ekstraktı ve reçinenin son konsantrasyonları 0 (negatif kontrol), 5, 10 ve 20 mg/ml olacak şekilde dozlar ilave edilmiştir. Sterilize edilen karışımdan her bir steril petriye (6 cm çap) 10 ml dökülmüştür. Petriyerler oda şartlarında bir gece bekletildikten sonra, daha önceden PDA besi yerinde geliştirilen yedi günlük patojen kültürlerinin büyümenin devam ettiği uç kısımlarından 5 mm çaplı mantar delici ile diskler alınarak PDA besi ortamının ortasına fungusun bulunduğu besin ortamına temas edecek şekilde birer adet disk aktararak 23±2°C'de 7 gün boyunca inkübasyona bırakılmıştır. Fungal gelişimler her günün sonunda kayıt edilmiş ve 7 gün boyunca devam edilmiştir (Onaran ve Yılar, 2012). Koloni çapının ölçümü fungus koloni çapının birbirine dik ayrı yönde ölçülmesi şeklinde yapılmıştır (Benjilali vd., 1984). Pozitif kontrol olarak standart bir fungus olan thiram %80 ticari firmanın önerdiği dozda kullanılmıştır. Negatif kontrol olarak ise %50 aseton kullanılmıştır. Deneme 4 tekerrürlü ve 2 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre yüzde miselyum gelişim engellemesi (MGE) ise aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Pandey vd., 1982).

$$MGE = \frac{dc-dt}{dc} \times 100 \quad (1)$$

MGE (%): Miselyum gelişim engellemesi

dc: Kontroldeki miselyum gelişmesi

dt: Uygulamadaki miselyum gelişmesi

2.6. İstatistiksel Analiz

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, SSPS istatistik paket programı kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar arasındaki farklar DUNCAN testi ile belirlenmiştir. Lethal dozlar (LD₅₀₋₉₀) Polo 1.0 programı kullanılarak belirlenmiştir.

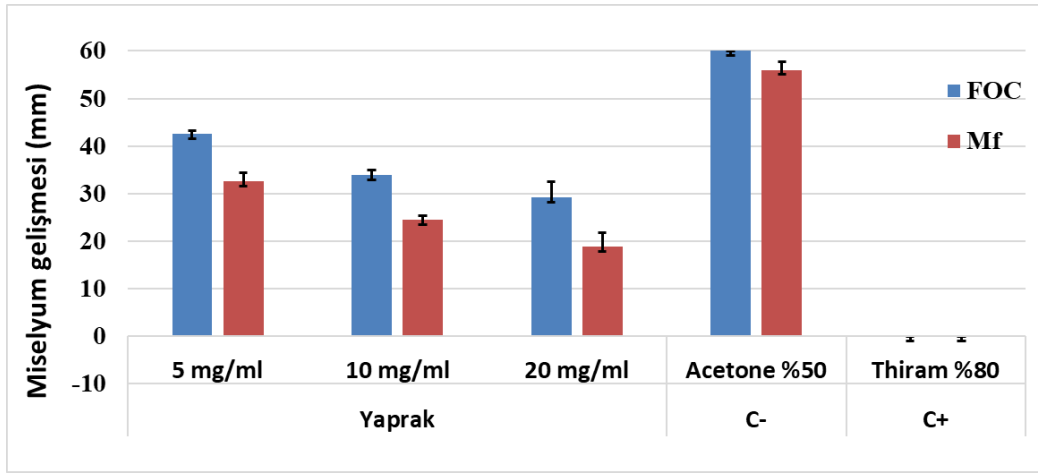
3. Bulgular ve Tartışma

Çalışmada, sıgla bitkisinin reçine ve yaprak methanol ekstaktlarının önemli bitki patojenlerinden *F. oxysporum f.sp. cucumerinum* (FOC) ve *M. fructigena*'ya karşı antifungal etkileri araştırılmıştır. Bitki patojenlerinin sıgla ağacının yaprak ve reçine ekstaktlarına karşı göstermiş oldukları miselyum gelişmeleri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. Sıgla ağacının yaprak ve reçine ekstaktları değişen oranlarda istatistiki olarak (P=0.05) antifungal etki göstermiştir.

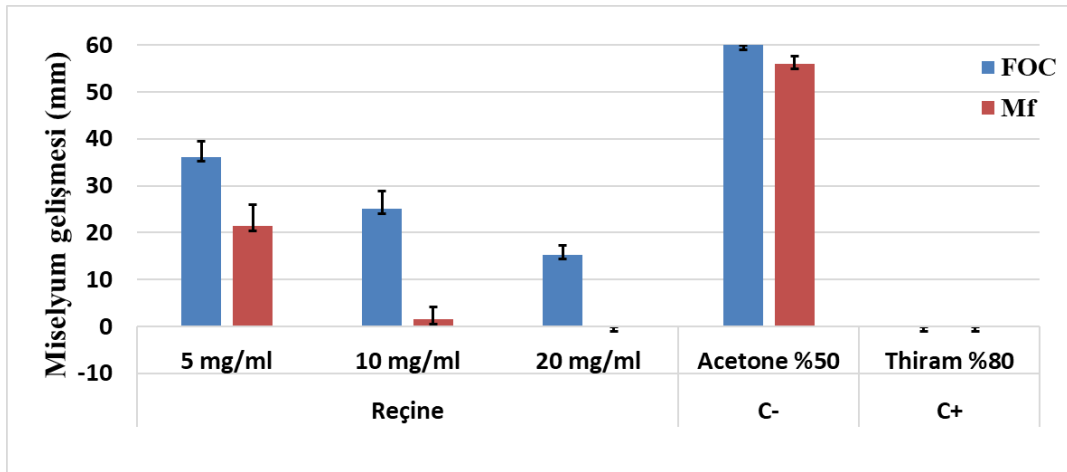
L. orientalis'in yaprak ekstraktının üç dozunda da bitki patojenlerinin gelişimini engellediği belirlenirken, her patojen için antifungal etki değerleri farklı bulunmuştur. Her iki patojen için en yüksek miselyum gelişimi 5mg/ml dozunda saptanırken, en düşük miselyum gelişimi 20 mg/ml dozunda saptanmıştır. *M. fructigena* FOC'a göre yaprak ekstraktından daha fazla etkilenmiştir. Yaprak ekstraktının dozu arttıkça antifungal etkisi de artmıştır. Her iki patojen grubu içinde pozitif kontrolde miselyum gelişmesi olmamıştır (Şekil 1).

L. orientalis'in reçine ekstraktının üç dozu benzer şekilde bitki patojenlerinin gelişimini engellerken, her patojen için antifungal etki değerleri de farklı bulunmuştur. Yine benzer şekilde her iki patojen için en yüksek miselyum gelişimi 5mg/ml dozunda saptanırken, en düşük miselyum gelişimi 20 mg/ml dozunda saptanmış ve *M. fructigena*'da miselyum gelişmesi olmamıştır. Reçine ekstraktında *M. fructigena* FOC'a göre daha fazla etkilenmiştir. Yaprak ekstraktında olduğu gibi doz arttıkça antifungal etkide artmıştır. Test mikroorganizmaları pozitif kontrolde gelişme göstermemiştir. Bitki patojenlerine karşı reçine ekstraktı yaprak ekstraktından daha fazla etkili bulunmuştur (Şekil 2).

Test edilen mikroorganizmalara karşı yaprak ve reçine ekstaktlarının yüzde miselyum gelişim engellemeleri (MGE) Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, doz artışına bağlı olarak miselyum gelişiminin tamamen durduğu, hatta %100 engellemenin olduğu belirlenmiştir. En yüksek yüzde miselyum gelişim oranı reçine ekstraktında 10 mg/ml ve 20 mg/ml dozlarında *M. fructigena* (%100 ve %97) hastalık etmenine karşı gözlenmiştir. Yaprak ekstraktında ise en yüksek etki *M. fructigena*'ya karşı 20 mg/ml dozunda %66 oranında gerçekleşmiştir. Her iki patojene karşı yaprak ekstraktının miselyum gelişim engelleme oranı reçine ekstraktına göre daha düşük saptanmıştır.



Şekil 1. *L. orientalis* yaprak ekstraktının test mikroorganizmalarının miselyum gelişimi üzerine etkileri. **FOC:** *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, **Mf:** *Monilinia fructigena*, **C-:** Negatif kontrol, **C+:** Pozitif kontrol



Şekil 2. *L. orientalis* reçine ekstraktının test mikroorganizmalarının miselyum gelişimi üzerine etkileri. **FOC:** *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, **Mf:** *Monilinia fructigena*, **C-:** Negatif kontrol, **C+:** Pozitif kontrol

Tablo 1. Test mikroorganizmalarına karşı *L. orientalis* ekstraktlarının miselyum gelişim engellemesi (%).

Bitki kısımları	Dozlar (mg/ml)	*FOC	*Mf
Reçine	5	40	62
	10	58	97
	20	74	100
Yaprak	5	29	42
	10	43	56
	20	51	66
C-	Aseton %50	0	0
C+	Thiram %80	100	100

FOC: *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*, **Mf:** *Monilinia fructigena*

C-:Negatif kontrol (Patojen+Aseton), **C+:** Pozitif kontrol (Patojen+Thiram)

Test edilen mikroorganizmalara karşı kullanılan sığla ağacının ekstraktlarının LD₅₀ (Test organizmalarının %50'sini öldüren doz) ve LD₉₀ (Test organizmalarının %90'nını öldüren doz) değerleri hesaplanmıştır (Tablo 2). Elde edilen sonuçlara göre; reçine ekstraktında LD₅₀ değeri FOC'da 7.32 mg/ml, *M. fructigena*'da 4.42 mg/ml olarak belirlenirken, yaprak ekstraktında bu oran 16.98 mg/ml ve 7.66 mg/ml olarak belirlenmiştir.

Reçine ekstraktında LD₉₀ değeri FOC'da 51.48 mg/ml, *M. fructigena*'da 7.68 mg/ml olarak saptanırken, yaprak ekstraktında bu oran 364.59 mg/ml ve 121.91 mg/ml olarak saptanmıştır. *L. orientalis*'in ekstraktlarına en duyarlı hastalık etmeninin *M. fructigena* olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Test mikroorganizmalarına karşı *L. orientalis*'in ekstraktlarının lethal doz değerleri (mg/ml)

Test Mikroorganizmaları	Reçine (mg/ml)	Yaprak (mg/ml)	
*FOC	LD ₅₀	7.32	16.98
	LD ₉₀	51.48	364.59
	Slope	1.513±0.230	0.962±0.225
	Heterojenite	0.58	0.35
	Ki-Kare	4.75	2.42
*Mf	LD ₅₀	4.42	7.66
	LD ₉₀	7.68	121.91
	Slope	5.346±0.699	1.066±0.232
	Heterojenite	1.99	0.31
	Ki-Kare	13.96	2.17

*FOC= *Fusarium oxysporum f.sp. cucumerinum* Mf=*Monilinia fructigena*

Daha önce yapılan bir başka çalışmada, *L. orientalis*'in reçine ekstraktının 13 adet ekonomik önemi olan bitki bakteri hastalığına karşı %1, 2.5, 5, 10 ve 20 konsantrasyonlarında antibakteriyel özelliği araştırılmış, en yüksek antibakteriyel etki %20'lik konsantrasyonda bulunmuştur. Uygulamanın hem *in vitro* hem de *in vivo* çalışmalarda *Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*, *Pseudomonas syringae pv. tomato* ve *Xanthomonas axonopodis pv. Vesicatoria*'nın gelişimini tamamen engellediği bildirilmiştir (Basım ve Basım, 2013). Bir diğer çalışmada, aralarında *L. orientalis*'de bulunduğu ticari olarak satılan 40 adet bitki yağının, *Phytophthora cactorum*, *Cryphonectria parasitica* ve *Fusarium circinatum* bitki patojenlerine karşı antifungal etkisi belirlenmiş, en yüksek antifungal etkinin *L. orientalis*'in reçine ekstraktında *Phytophthora cactorum*'a karşı gerçekleştiği tespit edilmiş ve ekstraktın güçlü şekilde spor ve miselyum gelişimini engellediği vurgulanmıştır (Lee vd, 2009). Onaran ve Bayan (2016)'da *L. orientalis*'in yaprak ve reçine ekstraktlarının antifungal etkinliğini bir başka önemli bitki fungal hastalık etmenlerinden olan *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*, *Alternaria solani*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, ve *Sclerotinia sclerotiorum*'a karşı araştırmışlardır. Yapılan literatür taramalarında, fungal hastalık etmenlerinden *Fusarium oxysporum f.sp. cucumerinum* ve *Monilinia fructigena* karşı *L. orientalis*'in etkinliğinin belirlendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma sonucunda sığla ağacından elde edilen reçine yağından ümitvar sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca, çeşitli araştırmacılar tarafından *L. orientalis*'den elde edilen yaprak ve reçine ekstraktlarının antibakteriyel (Sağdıç vd., 2005), nematocidal (Kim vd., 2008) ve insektisidal (Kanat ve Alma, 2004) etkinliklerinin olduğu da belirlenmiştir.

4. Sonuç

Geçmişten günümüze kadar, bitkilerin bünyelerinde bulunan antifungal maddelerin belirlenerek kullanımının artırılmasına yönelik birçok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda, yeni doğal antifungal maddeler bulunmuş ve bulunmaya devam edilmektedir. Doğal antifungal maddelerin kullanımı sonucunda, bitki hastalıklarının mücadelesinde kullanılan kimyasalların daha az kullanımına olanak sağlamıştır.

Yapılan bu çalışmada, *L. orientalis* ekstraktları *F. oxysporum f.sp. cucumerinum* ve *M. fructigena*'a ait izolatlarla *in vitro* şartlarda etkili bulunmuştur. Bu etkinin farklı sıcaklık ve nem değerlerine sahip olan arazi koşullarında değişiklik gösterebileceği muhtemeldir. Gelecekte bu hastalık etmenlerine karşı etkili olan bu ekstraktları da içine alacak şekilde çalışmaların yapılması önemlidir. *L. orientalis* ekstraktlarının madde tayin çalışmalarına öncülük edeceği ve bitki patojenlerinin kontrolünde kullanılan pestisitlerin yerini alabilecek alternatif mücadele yöntemlerinin geliştirilmesi açısından olanak sağlayacağı ön görülmektedir.

Kaynaklar

- Ahn I.P, Chung H.S., ve Lee Y.H., 1997. Vegetative compat-ibility groups and pathogenicity among isolates of *Fusarium oxysporum f. sp. cucumerinum*. Plant Disease, 82, 244–246.
- Aslan, İ. Çalmaşur, Ö., Şahin, F. ve Çağlar, Ö., 2005. Insecticidal effects of essential plant oils against *Ephestia kuehniella* (Zell.), *Lasioderma serricorne* (F.) and *Sitophilus granarius* (L.). Journal of Plant Diseases and Protection, 112, 257-267.
- Basım, E. ve Basım, H., 2013. Antibacterial activity of Turkish endemic sığla (*Liquidambar orientalis* Mill. var. *orientalis*) storax against agricultural plant pathogenic bacteria and its use as a seed protectant. Journal of Food, Agriculture & Environment, 11(3&4), 2447-2450.
- Basım, H., Yeğen, O. ve Zeller, W., 2000. Antibacterial effect of essential oil of *T. Spicata* L. var. *spicata* on some plant pathogenic bacteria. Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 107, 279-284.

- Baydar, H., Sağdıç, O., Ozkan, G. ve Karadoğan, T., 2004. Antibacterial activity and composition of essential oils from *Origanum*, *Thymbra* and *Satureja* species with commercial importance in Turkey. *Food Control*, 15, 169-172.
- Benjlali, B., Tantadui-Elaraki, A., Ayadi, A. ve Ihlal, M., 1984. Method to Study Antimicrobial Effects of Essential Oils: Application to the Antifungal Activity of Six Moroccan Essences. *Journal of Food Protection*, 47, 748-752.
- Dülger, B. ve Hacıoğlu, N., 2008. Antifungal Activity of Endemic *Salvia tigrina* in Turkey. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 7(3), 1051-1054.
- Erdogan, O., Celik, A. ve Zeybek, A., 2016. *In Vitro* Antifungal Activity of Mint, Thyme, Lavender Extracts and Essential Oils on *Verticillium dahliae* Kleb. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11), 4856-4862.
- Gökçe, A., Whalon, M.E., Çam, H., Yanar, Y., Demiştaş, İ. ve Gören, N., 2006. Plant extract contact toxicities to various developmental stages of Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of applied Biology*, 149, 197-202.
- Günel, N., 1994. *Liquidambar orientalis* (Anadolu Sığla Ağacı)'in Güneybatı Anadolu'daki Yayılışında Relief -İklim İlişkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 29, 175- 190.
- Hatipoğlu, A. ve Kaşkavalcı, G., 2007. Kök-ur nematodları [*Meloidogyne incognita* (Kofoid&White) Chitwood]'na karşı savaşta bazı bitki kısımlarının etkileri üzerine araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 31 (2), 139-151.
- Hill, A. F., 1952. *Economic Botany: A Textbook of Useful Plants and Products*. Vol. 2. New York: McGraw Hill; 560 p.
- Kalhoru, M. A., Farheen, S. ve Aqsa, N.U., 2014. The Antimicrobial activity of ethanol extract of *Vitex agnus castus*. *American International Journal of Contemporary Research*, 1(1), 47-50.
- Kalkışım, Ö., 2012. *In vitro* antifungal evaluation of various plant extracts against walnut anthracnose (*Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces et de Not.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(3&4), 309-313.
- Kanat, M. ve Alma, M.H., 2004. Insecticidal effects of essential oils from various plants against larvae of pine processionary moth (*Thaumetopoea pityocampa* Schiff) (Lepidoptera: Thaumetopoeidae). *Pest management science*, 60(2), 173-177.
- Karakoç, Ö. C., Tüfekçi, A.R., Demirtaş, İ. ve İpek, A., 2013. *Salvia tchihatcheffii* ve *Salvia cryptantha* Uçucu Yağlarının ve Ekstraktlarının İki Önemli Depo Zararlısı Üzerindeki İnektisidal Aktiviteleri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6 (1), 155-158.
- Kaşkavalcı, G. ve Civelek, H.S., 2009. Effects of Two Plant Extracts on the Damage of *Meloidogyne incognita* in Tomato Plants. *Ekoloji*, 18 (72), 16-22.
- Kim, J., Seo, S.M., Lee, S. G., Shin, S. C. ve Park, I.K., 2008. Nematicidal activity of plant essential oils and components from coriander (*Coriandrum sativum*), oriental sweetgum (*Liquidambar orientalis*), and valerian (*Valeriana wallichii*) essential oils against pine wood nematode (*Bursaphelenchus xylophilus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 7316-7320.
- Kordali, ř., Çakır, A., Akcin, T.A., Mete, E., Akcin, A., Aydın, T. ve Kılıç, H., 2009. Antifungal and herbicidal properties of essential oils and n-hexane extracts of *Achillea gypsicola* Hub-Mor. and *Achillea biebersteinii* Afan. (Asteraceae). *Industrial Crops and Products*, 29, 562-570.
- Lee, Y. S., Kim, J., Lee, S. G., Oh, E., Shin, S. C. ve Park, I. K., 2009. Effects of plant essential oils and components from Oriental sweetgum (*Liquidambar orientalis*) on growth and morphogenesis of three phytopathogenic fungi. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 93(3), 138-143.
- Nwosu, M. O. ve Okafor, J. I., 1995. Preliminary studies of the antifungal activities of some medicinal plants against *Basidiobolus* and some other pathogenic fungi. *Mycoses*, 38, 191-195.

- Onaran, A., Bayan, Y. 2016. Antifungal Activity of *Liquidambar orientalis* L., and *Myrtus communis* L. Against some Plant Pathogenic Fungi. Scientific papers-series a-agronomy, 59, 360-364.
- Onaran, A., ve Yılar, M., 2012. Antifungal activity of *Trachystemon orientalis* L. aqueous extracts against plant pathogens. Journal of Food, Agriculture & Environment, 10(3&4), 287-291.
- Owen, J. H., 1955. Fusarium wilt of cucumber. Phytopathology, 45, 435-439.
- Özcan, S., Yılar, M., Belgüzar, S. ve Önen, H., 2013. *Teucrium polium* L. Uçucu Yağının Herbisidal ve Antifungal Etkileri ile Kimyasal İçeriğinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi, 5, 94-103.
- Pandey, D.K., Tripathi, N.N., Tripathi, R.D. ve Dixit, S.N., 1982. Fungitoxic and phytotoxic properties of essential oil of *Hyptis suaveolens*. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 89(6), 344-349.
- Sağdıç, O., Özkan, G., Özcan, M. ve Özçelik, S., 2005. A study on inhibitory effects of sığla tree (*Liquidambar orientalis* Mill. var. *orientalis*) storax against several bacteria. Phytotherapy Research, 19(6), 549-551.
- Şin, Bahadır, Kadioğlu, İ. ve Onaran, A., 2017. Parazit bitkilerden (*Orobancha ramosa* L., *Cuscuta campestris* Yunck. ve *Viscum album* L.) elde edilen ekstratların bazı bitki patojeni funguslara karşı antifungal etkileri. Turkish Journal of Weed Science, 20(1), 61-69.
- Tan, A.N., 2011. Nematisit Etkili Bitkiler ve Bitki Ekstraktları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48(2), 165-173.
- Van Leeuwen, G.C.M., Stein, A., Holb, I. ve Jeger, M.J., 2000. Yield loss in apple caused by *Monilinia fructigena* (Aderh. & Ruhl.) Honey, and spatio-temporal dynamics of disease development. European Journal of Plant Pathology, 106(6), 519-528.
- Yılar, M., Bayan, Y., Özcan, S., Akşit, H. ve Kadioğlu, İ., 2012. *Artemisia scoparia* Waldst. et Kit. Uçucu Yağının Biyoherbisidal Etkisi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2(1), 11-20.

Kontrollü Doğrusal Katılaştırılan Al-Cu Alaşımının Mikroyapısı, Mekanik ve Elektriksel Özelliklerinin Katılaştırma Hızına Bağlı Değişimi

Variations with Growth Rate of the Microstructural, Mechanical and Electrical Properties of Directionally Solidified the Al-Cu Alloy

Sevda ENGİN^{*1,a}, Uğur BÜYÜK^{2,b}

¹Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, 43500, Simav, Kütahya

²Erciyes Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 38039, Kayseri

• Geliş tarihi / Received: 08.11.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 18.01.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 25.01.2018

Öz

Al-Cu alaşımı temel alaşımlar içinde tanımlanması nedeniyle endüstride oldukça fazla kullanım alanı bulmasına rağmen elde edilen alaşımın kontrolsüz döküm hali her zaman istenilen özellik ve performansa sahip değildir. İstenilen özellik ve performansta üretim için katılaştırma koşulları değiştirilir ve bu değişime bağlı olarak elde edilen sonuçların değerlendirilmesi yapılır. Katılaştırma koşullarından katılaştırma hızının etkisi ile mikroyapı özelliklerinin değişimi; malzemelerin mekanik, elektriksel ve ısısal özelliklerini de etkilediği bilinmektedir. Bu nedenle mikroyapı değerlendirmesinin en doğru şekilde yapılabileceği ötektik Al-%33ağ. Cu bileşeninin faz diyagramı yardımıyla belirlenmesinden sonra Bridgman tipi fırın vasıtasıyla sabit sıcaklık gradyenti ($G = 8.50$ K/mm) ve beş farklı katılaştırma hızında ($V = 8.25-164.80$ $\mu\text{m/s}$) kontrollü doğrusal katılaştırma deneyleri yapılmıştır. Böylece katılaştırma hızının mikroyapı üzerine etkisi ve mikroyapıdaki değişimin etkisiyle mekanik özelliklerden mikrosertlik, çekme-dayanım ve elektriksel özdirenç değerlerinin değişimi araştırılmıştır. Mikroyapı, katılaştırma hızı, mikrosertlik, çekme-dayanım ve elektriksel özdirenç değerleri arasındaki ilişkileri ortaya koyabilmek için lineer regresyon analizi ve Hall-Petch tipi bağlantılar kullanılmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar benzer deneysel sonuçlarla kıyaslanmıştır.

Anahtar kelimeler: Alüminyum alaşımları, Çekme-dayanım, Elektriksel özdirenç, Kontrollü doğrusal katılaştırma, Mikrosertlik, Mikroyapı

Abstract

Although it has a lot of usage area in the industry because the Al-Cu alloy is defined among the base alloys, the uncontrolled solidified casting of this alloy does not always have the desired properties and performance. For the production of Al-Cu alloys with superior properties, the solidification parameters known as the solidification rate, temperature gradient and composition ratio are changed and the results of this change are evaluated. It is known that changing the properties of the microstructure by growth rate affects the mechanical, electrical and thermal properties of the materials. For this reason, Al-%33 wt. Cu eutectic composition to carrying out correctly microstructure evaluation was prepared, then controlled solidification experiments were carried out by a Bridgman type furnace at a constant temperature gradient ($G = 8.50$ K/mm) and at five different growth ratios ($V = 8.25-164.80$ $\mu\text{m/s}$). Thus, the effect of the growth rate on the microstructure was investigated and values of microhardness, tensile strength and electrical resistivity were investigated with the effect of change in the microstructure. Both linear regression analysis and Hall-Petch type correlations were used to determine the relationship between microstructure, microhardness, tensile strength and electrical resistivity values. The results obtained in this work were compared with the previous similar experimental results.

Keywords: Aluminum alloys, Tensile-strength, Electrical resistivity, Controlled directionally solidification, Microhardness, Microstructure

*^a Sevda ENGİN; sevda.engin@dpu.edu.tr; Tel: (0274) 513 79 17/1058; orcid.org/0000-0001-8746-8770

^b orcid.org/0000-0002-6830-8349

1. Giriş

Malzemeyi oluşturan alaşım elementleri ve buna bağlı olarak elde edilen mikroyapı, malzeme bilimi ve mühendisliğinin merkezinde yer alıp malzeme işleme ve performansı arasındaki stratejik bağı oluşturmaktadır (Boettinger vd., 2000; Jones, 2005). Bu nedenle malzemelerin işlenmesi sürecinde meydana gelebilecek mikroyapısal hataları en alt seviyelere indirmek ve yüksek performansa sahip malzeme üretimini gerçekleştirebilmek için malzemelerin mikroyapısını kontrol etmek her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. Mikroyapı konusunda elde edilen bilimsel veriler yardımıyla malzemelerin özelliklerini ve performansını tahmin edebileceğimiz, simülasyonlar ve teorik modeller geliştirilmektedir. Ayrıca uygun veri tabanları sayesinde özel uygulamalar için mikroyapı şartlarının ve buna bağlı olarak performansın önceden belirlenmesiyle de endüstride zaman ve maliyet kazanımı sağlanmaktadır. (Hecht vd., 2004).

Malzemelerin mikroyapısını en çok etkileyen hususlar ise malzemelerin üretildiği bileşim (C_0) ve katılaştırma sürecidir (Hecht vd., 2004). Katılaştırma, malzemenin bileşiminin (C_0), sıcaklık gradyentinin (G) ve katılaştırma hızının (V) birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebildiği süreçtir. Katılaştırma parametrelerine (C_0 , G , V) bağlı olarak, malzemelerin mikroyapı değerleri (ötektik mesafe, lameller arası mesafe veya lamelsel mesafe, dendiritler arası mesafe) ve buna bağlı olarak da malzemelerin mekanik, elektriksel ve ısıl özellikleri değişmektedir (Engin, 2013).

Katılaştırma parametrelerinin malzemenin mikroyapısı üzerindeki etkin sonucunu belirlemek amacıyla birçok araştırmacı tarafından çeşitli deneysel çalışmalar yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir (Engin, 2013; Min vd., 2015; Miller ve Pollock, 2014; Du vd., 2014; Li vd., 2006; Paliwal ve Jung, 2013; Walker vd., 2007; Kaya vd., 2009; Jones, 2005; Çadırılı vd., 1999; Li vd., 2007). Bu çalışmaların pek çoğunda sıcaklık gradyentinin veya katılaştırma hızının birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmesi nedeniyle *Bridgman Tipi Katılaştırma Fırını* kullanılmaktadır (Engin 2013, Min vd., 2015; Miller ve Pollock, 2014; Du vd., 2014; Li vd., 2006; Paliwal ve Jung, 2013; Walker vd., 2007; Kaya vd., 2009; Jones 2005; Çadırılı vd., 1999; Li vd., 2007).

Bu yöntem, özellikle otomotiv ve uçak sanayinde kullanılan metalik alaşımlar için, istenilen

bileşimlerde hazırlanan numunelerde değişken sıcaklık gradyentinde ve katılaştırma hızlarında kontrollü katılaştırma yapılarak alaşımların mikroyapısına bağlı olarak mekanik özelliklerindeki değişimi inceleyebileceğimiz güvenilir yöntemlerden biridir.

Alüminyum ve alüminyum alaşımları, özgül ağırlığının düşük olması, elektriği ve ısıyı iyi iletmesi ve kolay biçimlendirilebilirlik gibi özelliklerinden dolayı günümüz endüstrisinde son yıllarda artan kullanım alanına sahip malzemeler konumuna gelmişlerdir. Alüminyum ve alüminyum alaşımları için her geçen gün yeni kullanım alanları açılmakta olup bu kullanım alanları; ev eşyalarından uzay teknolojisine kadar geniş bir alana yayılmıştır. Bununla birlikte saf alüminyum ve alüminyum alaşımlarının düşük mukavemeti ve kararsız mekanik özellikleri gibi problemleri de baş göstermektedir (Rana vd., 2012).

Bu çalışmada, bu tür problemlerin üstesinden gelebilmek için, mekanik, fiziksel ve tribolojik kombinasyonlarından dolayı endüstride temel alaşımlar arasında kabul edilen Al-Cu alaşımı (Jones 2005; Çadırılı vd., 1999; Li vd., 2007; Rana vd., 2012; Das vd., 2008) seçilerek Bridgman tipi fırın vasıtasıyla sabit sıcaklık gradyentinde beş farklı hızda kontrollü doğrusal katılaştırılma deneyleri yapılmıştır. Özellikle Al-Cu alaşımı mukavemetinin iyi olması nedeniyle otomotiv sanayinde gövde elemanı olarak kullanılır ve alüminyum içine katılan bakır elementi alaşımı gevrekleştirmeden dayanımını artırdığı için yine otomotiv sanayinde zora dayanıklı parçaların yapımında tercih edilmektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında Al-Cu alaşımının mekanik özelliklerinin ve elektriksel özdirenç değerinin katılaştırma koşullarına bağlılığını net bir şekilde belirleyebilmek için ötektik kompozisyon tercih edilmiştir. Çünkü ötektik alaşım, alaşımı oluşturan elementlerin erime noktasından daha düşük erime sıcaklığına sahip olup, bu bileşimde alaşımın akıcılığının çok yüksek olmasının yanı sıra, tek bir sıvı fazdan iki ayrı faz elde edilmesi nedeniyle endüstriyel uygulama alanlarına sahiptir ve mikroyapının en düzenli bulunduğu durumdadır. Yapılan deneyler neticesinde Al-%33ağ. Cu ötektik alaşımının mikroyapı (λ), mikrosertlik (HV), çekme dayanım (σ_{uts}) ve elektriksel özdirenç (ρ) değerlerinin katılaştırma hızına bağlı olarak değişimi bir bütün halinde belirlenmiştir. Ayrıca deneysel veriler arasındaki ilişki hem lineer regresyon analizi kullanılarak hem de Hall-Petch tipi bağıntılarla ortaya çıkarılmış ve benzer deneysel çalışmalarla kıyaslanmıştır.

2. Deneysel Süreç

2.1. Alaşımın Hazırlanması Doğrusal Katılaştırma ve Metalografi

Faz diyagramından elde edilen Al-%33ağ.Cu ötektik bileşimi için stokiyometrik hesaplamalar yapılarak elementlerin miktarları belirlendi. Miktarı belirlenen %99.99 saflıklardaki alüminyum ve bakır elementleri hassas terazi ile tartıldıktan sonra sırayla vakumlu eritme fırını içindeki grafit potaya yerleştirildi. Fırın içinde alüminyum ve bakır elementlerinin vakumlanarak oksitlenmeden eritilmesi sağlandıktan sonra belirli aralıklarla grafit çubuk yardımıyla karıştırılarak alaşımın homojen hale gelmesi sağlandı. Döküm fırını içindeki grafiten yapılmış 200 mm uzunluğunda 4 mm iç çapa ve 6.35 mm dış çapa sahip 10 adet silindir şeklindeki numune kalıpları içine homojen hale getirilen alaşımın dökümü yapıldı. Döküm fırını yardımıyla eriyik haldeki alaşımın özel numune kalıpları içerisine dökümünün yapılması ve alaşımın kalıpların içerisinde alttan üste doğru kontrolsüz katılaştırılarak numune kalıbının içinde hava boşluğu kalmasına izin verilmeden tamamen doldurulması sağlandı. Hazırlanan numune kalıplarının her biri sabit sıcaklık gradyentinde ($G = 8.50 \text{ K/mm}$) beş farklı katılaştırma hızında ($V = 8.25\text{-}164.80 \text{ } \mu\text{m/s}$) tek yönlü kontrollü katılaştırılmak üzere Şekil 1'de şematik gösterimi verilen Bridgman tipi fırın içine yerleştirildi. Bridgman tipi fırın içindeki numune üzerinde sabit sıcaklık gradyentini sağlayabilmek için yeterli süre beklenildikten sonra kontrollü katılaştırmayı gerçekleştirmek üzere sekronize motorlar vasıtasıyla her bir numune ayrı ayrı Şekil 1b'de tanımlanan sıcak bölgeden soğuk bölgeye doğru çekildi.

Her bir numunenin yaklaşık 100-120 mm kontrollü katılaşması sağlandıktan sonra numuneler senkronize motordan bağımsız olarak çok hızlı bir şekilde soğuk bölgeye çekilerek hızlı soğutma (quench) işlemi gerçekleştirildi. Kontrollü katılaştırma deneyleri tamamlanan her bir numunenin 10-12 mm uzunluğunda katı-sıvı arayüzeyine en yakın kısımları kesilerek epoxy-resin ile kalıplandı. Numunelerin mikroskop altında mikroyapılarını tayin edebilmek ve fotoğraflarını alabilmek için sırasıyla *Struers TegraPol-15* cihazından faydalanılarak zımparalama ve parlatma metalografik işlemleri yapıldı. Numuneler üzerindeki mikroyapıları tam olarak ortaya çıkarabilmek için ise 5 ml hidroflorik asit + 95 ml

su ile hazırlanan çözeltiliyle 10-15 saniye kadar dağlandı.

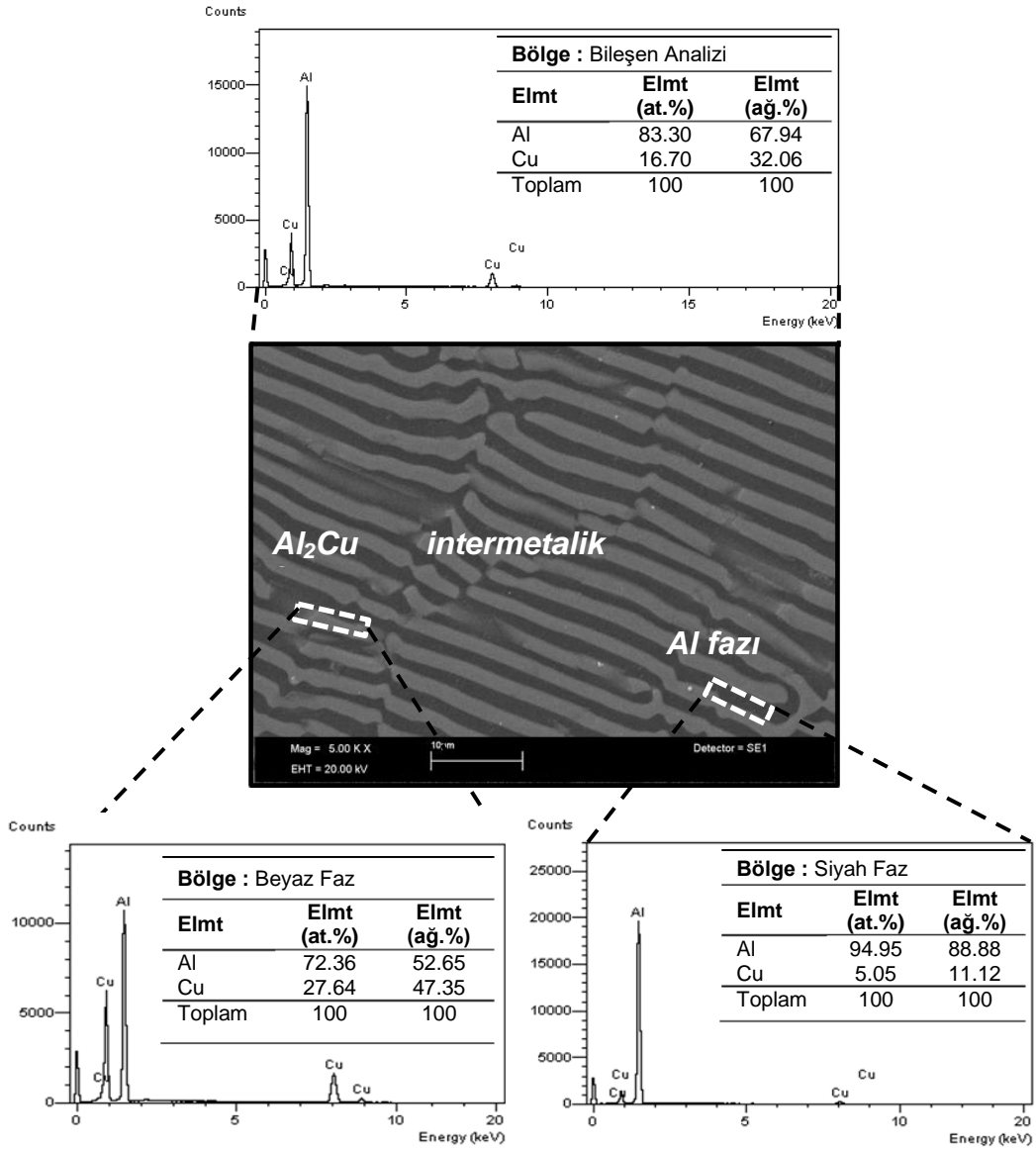
2.2. Katılaştırma Parametrelerinin Ölçümü ve Mikroyapının Gözlenmesi

Numunelerin Bridgman tipi fırınında katılaştırma işlemine geçilmeden önce K-tipi 0.25 mm çapındaki üç termal çift numune içine 10 mm aralıklarla yerleştirilerek deney süresince numune üzerindeki sıcaklık gradyenti ve katılaştırma hızları belirlendi (Şekil 1c). Sıvı fazın sıcaklık gradyenti ($G = \Delta T/\Delta X$) ve katı-sıvı arayüzeyinin katılaştırma hızı ($V = \Delta X/\Delta t$) her bir numune için ΔT , ΔX ve Δt değerlerinin belirlenmesiyle hesaplandı. ΔT , ΔX ve Δt değerleri sırasıyla termalçiftlerin ölçtüğü sıcaklık, termalçiftler arası mesafe ve katı-sıvı arayüzeyinin iki termal çift aralığını tamamlama süresidir. Katılaştırma parametrelerinin ölçümünün ayrıntılı bilgisi Engin (2013) ve Büyük (2009)'de verilmektedir.

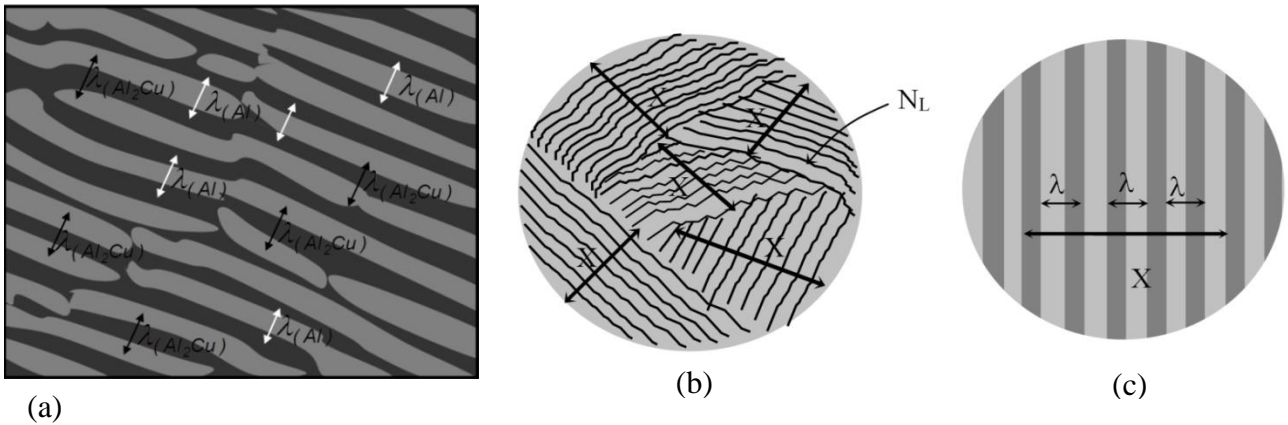
Bridgman fırınında kontrollü doğrusal katılaştırmaları yapılan ve metalografi işlemleri tamamlanan her bir numunenin hem enine hem de boyuna kesitlerinden *LEO* model SEM (Scanning Electron Microscope) cihazıyla fotoğraflanarak mikroyapıları belirlendi. Mikroskop altında ötektik bir mikroyapıya sahip olduğu belirlenen numunelerde gözlemlenen her bir fazı belirlemek için ise EDX (Energy Dispersive X-Ray) analizleri yapıldı (Şekil 2). Her bir numune için farklı büyütme oranlarında çekilen fotoğraflardan Image ProPlus programı yardımıyla yan yana dizilen düzenli yapılardan tekrar eden fazların toplam genişliği olarak tanımlanan ötektik mesafeler (λ) Şekil 3'te gösterildiği gibi ölçüldü. Bu yöntem "*linear intercept*" metodu olarak tanımlanır (Ourdjini vd., 1994) ve ölçme işlemi en az 30 kez tekrarlanıp ortalama değer alınarak ölçümün güvenilirliği sağlandı.

2.3. Mikrosertlik ve Çekme Dayanım Değerinin Ölçülmesi

Bu çalışmanın amaçlarından biri de katılaştırma hızına bağlı olarak değişen mikroyapının mekanik özelliklere etkisini ortaya koymaktır. Bu nedenle ötektik bileşimde hazırlanan Al-Cu alaşımının kontrollü katılaştırılması ve metalografi işlemleri yapıldıktan sonra *Future-Tech FM-700* model Vickers sertlik ölçüm cihazı kullanılarak numune üzerine 500 g'lık yükün 10 s uygulanmasıyla meydana gelen 40-60 μm 'lik iz yardımıyla her bir numunenin mikrosertlik değeri belirlendi.



Şekil 2. Al-33Cu ötektik alaşımının kimyasal bileşim analizi (EDX), ana faz, beyaz ve siyah lamelsel fazlar.



Şekil 3. (a) Doğrusal katılaştırılmış Al-33Cu ötektik alaşımı için lamelsel mesafelerin ölçümü. (b) şematik geniş bölge görüntüsü. (c) şematik dar bölge görüntüsü (linear intercept metodu: $\lambda = X/(N_L - 1)$). Burada X, lamellerin toplam genişliği, N_L ise toplam lamel sayısıdır.

Bu işlem en az 10 kez tekrarlanıp ortalama değer alınarak ölçümün güvenilirliği sağlandı.

Beş farklı hızda kontrollü doğrusal katılaştırılan ve 4 mm çapında ve 50 mm uzunluğunda hazırlanan numuneler için *Shimatzu Universal Testing Instrument* yardımıyla 10^{-3} s gerilim uygulanarak maksimum çekme–dayanım değerleri belirlendi. Bu işlem en az 3 kez tekrarlanıp ortalama değer alınarak ölçümün güvenilirliği sağlandı.

2.4. Elektriksel Özdirenç Değerinin Ölçülmesi

Kontrollü katılaştırmaları yapılan 4 mm çapında 20 mm uzunluğundaki her bir numunenin *dört nokta uç (four-point)* yöntemi kullanılarak elektriksel özdirenç değerleri ölçüldü. Bu yöntemin kullanımı ve ölçümü ile ilgili ayrıntılı bilgisi Smiths (1958)'de verilmektedir. 0.5 mm çapındaki 4 adet platin tel vasıtasıyla numune üzerine uygulanan akıma karşı voltaj değerinin ölçülerek elektriksel özdirenç değerinin belirlenmesi esasına dayanan bir yöntemdir. Elektriksel özdirenç değerinin belirlenmesi için aynı numune üzerinden 50 ölçüm yapılarak ortalama değer alınıp sonucun güvenilirliği sağlandı.

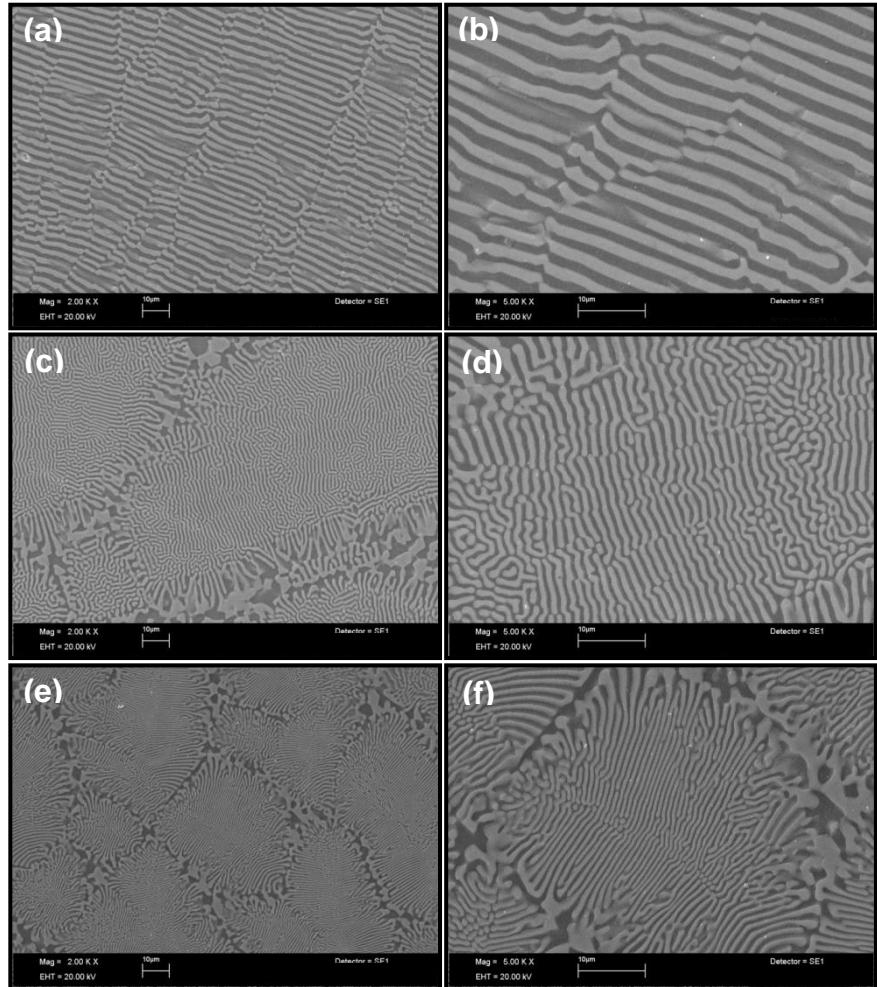
3. Sonuç ve Tartışmalar

3.1. Katılaştırma Hızının Ötektik Mikroyapı (λ) Üzerine Etkisi

Şekil 3-4'te gösterildiği gibi Al-%33ağ. Cu ötektik alaşımı ana (matrix) Al ve beyaz lamelsel Al_2Cu intermetalik fazların düzenli sıralandığı mikroyapıya sahip olduğu gözlemlendi. Bu tür düzenli bir yapı için her iki fazın da katı–sıvı arayüzey yakınlarında düşük entropiye sahip olması ve çekirdeklenme başladıktan sonra çok az bir alt soğuma yardımıyla her iki fazın eş zamanlı büyümesini gerektirir. Katılma süresince katı–sıvı arayüzeyi önündeki sıvı faz içinde oluşan sıcaklık gradyenti ise kristaller boyunca oluşan mikroyapının korunmasını ya da sürekliliğini sağlar (Hecht vd., 2004; Çadırılı vd., 1999).

Yapılan kontrollü katılaştırma deneyleri neticesinde Şekil 4'te de görüldüğü gibi katılaştırma hızı arttıkça lameller arası mesafe λ değerinin azaldığı hatta yüksek hızlarda tane sınırlarının ortaya çıktığı ve bu sınır etrafında lamellerin kalınlaşarak düzensiz hale geldikleri görülmektedir.

Şekil 4. Doğrusal katılaştırılmış Al–33Cu ötektik alaşımı için sabit sıcaklık gradyenti ($G=8.50$ K/mm) farklı katılaştırma hızlarında ($V=8.25-164.80$ $\mu\text{m/s}$) oluşan mikroyapıların bazı enine kesit SEM fotoğrafları (a) – (b) $V=8.25$ $\mu\text{m/s}$, (c) – (d) $V=41.65$ $\mu\text{m/s}$, (e) – (f) $V=164.80$ $\mu\text{m/s}$.



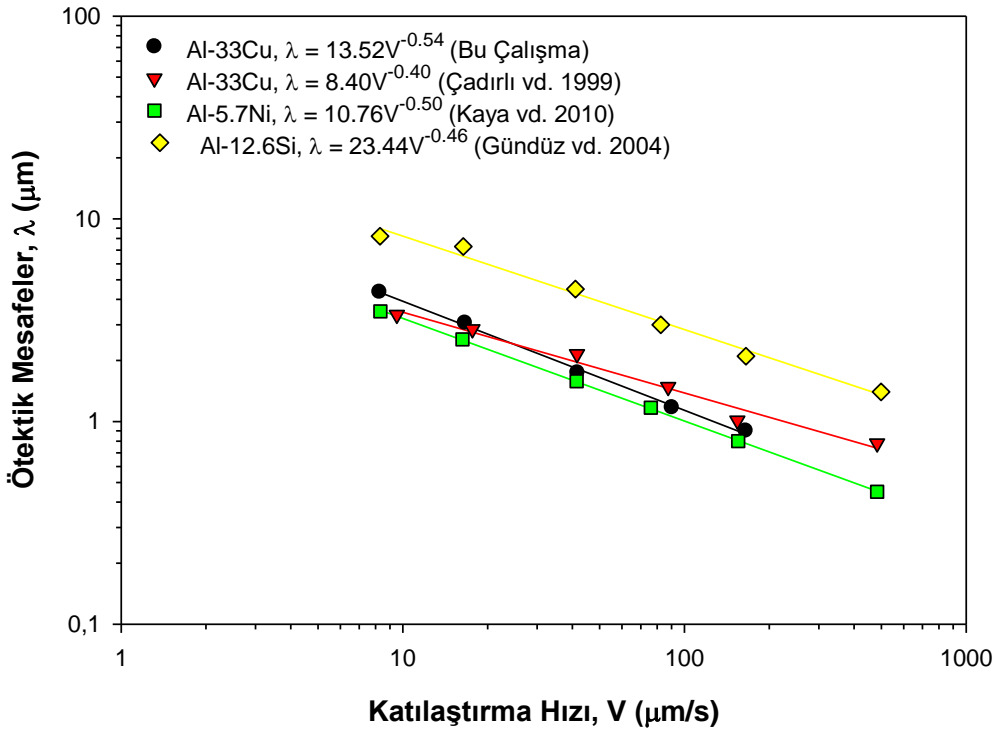
Bu nedenle yüksek hızlarda lameller arası mesafe ölçümleri tanelerin içindeki düzenli bölgelerden yapıldı. En büyük mikroyapı değeri en düşük katılaştırma hızında ($V = 8.25 \mu\text{m/s}$) ve en küçük mikroyapı değeri ise en yüksek katılaştırma hızında ($V = 164.80 \mu\text{m/s}$) elde edildi. Elde edilen sonuçlar neticesinde mikroyapı ve katılaştırma hızı arasındaki ilişkiyi tam olarak ortaya çıkarabilmek için lineer regrasyon analizinden faydalanıldı. Şekil 5'te belirtildiği gibi mikroyapı ve katılaştırma hızını ifade eden lineer regrasyon analizi;

$$\lambda = k_1 V^{-n_1} \quad (1)$$

şeklinde tanımlanır. Burada k_1 denklem sabiti (SigmaPlot 11 programı yardımıyla çizdirilen lineer regrasyon grafiğinin eğimini ifade eder), n_1 ise katılaştırma hızının üstel değeridir. Mikroyapı için elde edilen ölçüm sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlarda dikkat edilmesi gereken husus oluşturulan logaritmik grafik vasıtasıyla elde edilen n_1 üstel değeri olup Jacson–Hunt teorik modeline göre düzenli mikroyapı gözlenen alaşımlar için bu değer 0.50 olması gerekmektedir (Jackson ve Hunt, 1966).

Al–Cu ötektik alaşımı için bu değer Jacson–Hunt teorik modeline oldukça yakın değer olan 0.54 olarak hesaplandı. Elde edilen bu değer literatürdeki Al esaslı benzer çalışmalarla kıyaslandığında Kaya vd. (2010) tarafından yapılan Al–Ni ötektik alaşımı için elde edilen değer 0.50 değeri ve Gündüz vd. (2004) tarafından yapılan Al–Si ötektik alaşımı için elde edilen 0.46 değerleriyle de uyum içindedir.

Fakat bu çalışmada elde edilen değer Çadırılı vd. (1999) tarafından yapılan Al–Cu alaşımı, Kaya vd. (2013) tarafından yapılan Al–Ni alaşımı ve Goulart vd. (2006), Peres vd. (2004) tarafından yapılan Al–Si alaşımları için elde edilen sırasıyla 0.40 0.26, (2/3) ve (2/3) değerlerinden oldukça farklıdır. Çünkü elde edilmesi gereken 0.50 değeri düzenli ötektik yapılar için belirlenmiş teorik sonuç olup, dendiritik mikroyapı ve düzensiz ötektik mikroyapılar için geçerli değildir. Özellikle Goulart vd. (2006) tarafından elde edilen değerler için Al–Si alaşımının ötektik bileşende hazırlanmadığı ve bu nedenle mikroyapıların dendiritik elde edilmesi nedeniyle teorik modelden saptığını net bir şekilde söyleyebiliriz.



Şekil 5. Doğrusal katılaştırılmış Al–33Cu ötektik alaşımı için ötektik mesafelerin katılaştırma hızı ile değişimi ve lineer regrasyon bağıntısı ve literatürdeki benzer çalışmalarla kıyaslanması.

Tablo 1. Al-33Cu alaşımı için elde edilen ötektik mesafeler, mikrosertlik, çekme-dayanım ve elektriksel özdirenç değerleri.

Alaşım (% ağı.)	Katılaştırma Parametreleri		Ötektik Mesafeler λ (μm)	Mikrosertlik HV (kg/mm^2)	Maksimum Çekme- Dayanım σ_{uts} (N/mm^2)	Elektriksel Özdirenç $\rho \times 10^{-8}$ (Ωm)
	G (K/mm)	V ($\mu\text{m}/\text{s}$)				
Al-33Cu	8.50	8.25	4.36	143.48	45.62	4.13
		16.60	3.07	155.96	46.05	4.56
		41.65	1.74	162.96	52.63	4.85
		90.05	1.17	175.88	57.42	5.40
		164.80	0.90	185.19	59.16	6.04

3.2. Katılaştırma Hızının Mikrosertlik ve Çekme-Dayanım Üzerine Etkisi

Şekil 6 ve Şekil 7’de katılaştırma hızı arttıkça mikrosertlik ve çekme-dayanım değerlerinin de arttığı görülmektedir. Mikrosertlik değerinin, mikroyapı ve katılaştırma hızı ile aralarındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için kullanılan lineer regrasyon analizleri;

$$HV = k_2 V^{-n_2} \quad (2)$$

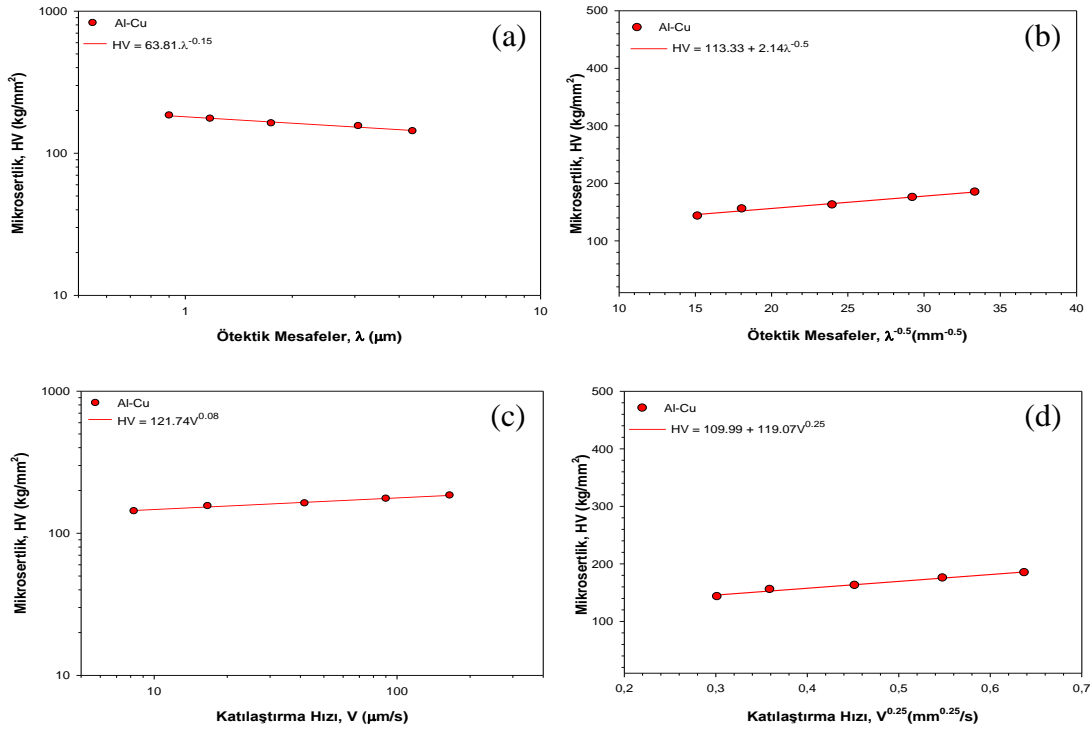
$$HV = k_3 \lambda^{n_3} \quad (3)$$

ve çekme-dayanım değerinin, mikroyapı ve katılaştırma hızı ile aralarındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için kullanılan lineer regrasyon analizleri;

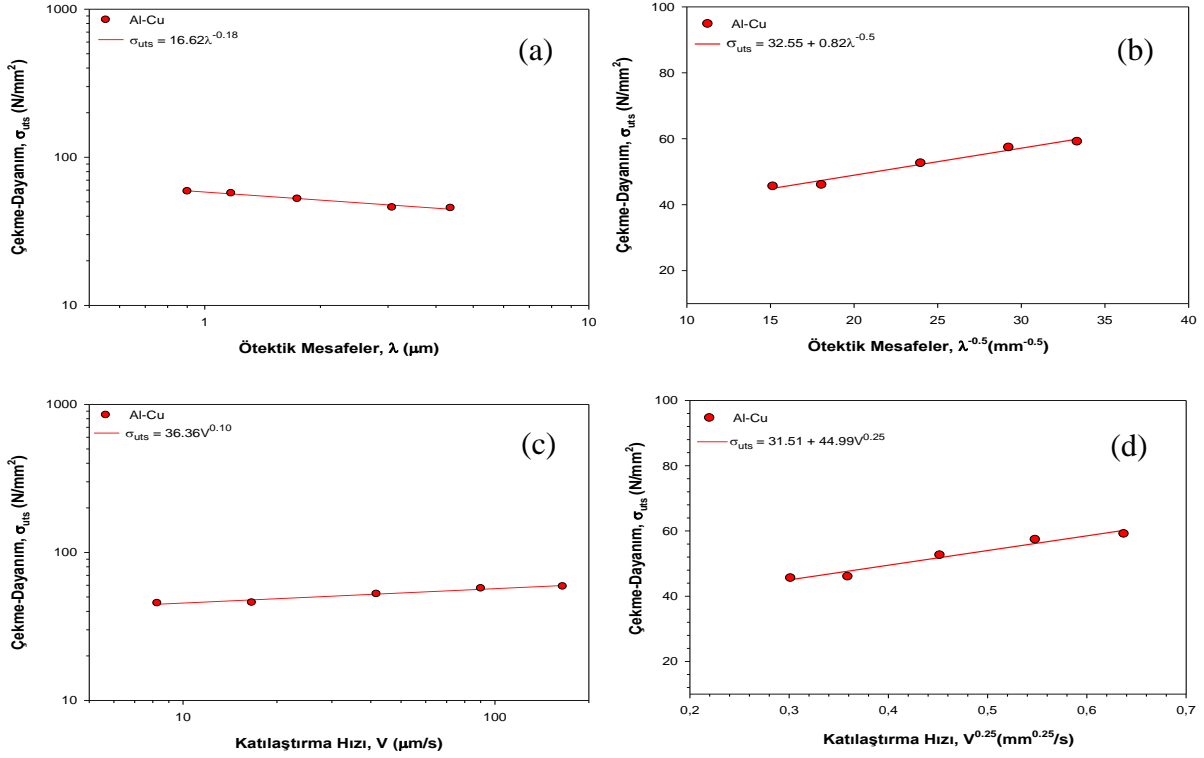
$$\sigma_{\text{uts}} = k_4 V^{-n_4} \quad (4)$$

$$\sigma_{\text{uts}} = k_5 \lambda^{n_5} \quad (5)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada k_2 , k_3 , k_4 ve k_5 denklem sabitleri, n_2 , n_3 , n_4 ve n_5 ise mikroyapı ve katılaştırma hızının üstel değerleridir.



Şekil 6. Doğrusal katılaştırılmış Al-33Cu ötektik alaşımı için; (a) mikrosertlik değerlerinin mikroyapı ile değişimi ve lineer regrasyon bağıntısı. (b) mikrosertlik değerlerinin mikroyapı ile değişimi ve Hall-Petch tipi bağıntısı. (c) mikrosertlik değerlerinin katılaştırma hızı ile değişimi ve lineer regrasyon bağıntısı. (d) mikrosertlik değerlerinin katılaştırma hızı ile değişimi ve Hall-Petch tipi bağıntısı.



Şekil 7. Doğrusal katılaştırılmış Al-33Cu ötektik alaşımı için; **(a)** çekme–dayanım değerlerinin mikroyapı ile değişimi ve lineer regrasyon bağıntısı. **(b)** çekme–dayanım değerlerinin mikroyapı ile değişimi ve Hall–Petch tipi bağıntısı. **(c)** çekme–dayanım değerlerinin katılaştırma hızı ile değişimi ve lineer regrasyon bağıntısı. **(d)** çekme–dayanım değerlerinin katılaştırma hızı ile değişimi ve Hall–Petch tipi bağıntısı.

Tablo 2’de verilen değerlerden de anlaşıldığı üzere katılaştırma hızı ile mikrosertlik değeri arasındaki ilişkiyi veren lineer regrasyon analizi ile elde edilen üstel değerler 0.05 ve 0.11 aralığındadır (Kaya vd., 2013; Kaya vd., 2012; Kaya vd., 2003; Kaya vd., 2009). Bu çalışmada katılaştırma hızı için elde edilen üstel değer Şekil 5’te verildiği gibi 0.08 olup yapılan benzer çalışmalarla uyum içerisindedir. Benzer şekilde mikroyapı ile mikrosertlik değeri arasındaki ilişkiyi veren lineer regrasyon analizi ile elde edilen üstel değerler 0.23 ve 0.30 aralığındadır (Kaya vd., 2012; Kaya vd., 2003; Kaya vd., 2009). Bu sonuçlardan da görüldüğü üzere yapılan çalışmalarda yaklaşık aynı katılaştırma hızları kullanılsa da elde edilen mikroyapı alaşımın bileşimine göre (ötektik ötektik altı ve ötektik üstü gibi) ve ortaya çıkan mikroyapı özelliğine göre (lamelsel, çubuksal, hücrel, flake gibi) değiştiği için elde edilen değerler birbirlerinden oldukça farklı olmuştur.

Mikrosertlik sonuçlarına benzer sonuçlar çekme–dayanım değeri için de görülmektedir. Son yıllarda mekanik özelliklerin incelemesi başlığı altında mikrosertliğin yanı sıra çekme–dayanım

özelliklerine de yer verilmektedir. Çekme–dayanım değerinin de katılma hızı arttıkça arttığı Şekil 6’da net bir şekilde görülmektedir. Çekme–dayanım ve katılaştırma hızı arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan lineer regrasyon analizine göre üstel değer 0.10 ve çekme–dayanım ve mikroyapı arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan lineer regrasyon analizine göre üstel değer ifadesi 0.18 olarak elde edilmiştir. Fakat bu konuda yapılan çalışmalarda daha çok Hall–Petch tipi bağıntı tercih edilmesi nedeniyle sonuçlar lineer regrasyon analiziyle yapılanlarla kıyaslanamamıştır.

Mikroyapı ve katılaştırma hızı ile mikrosertlik değerleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir başka analiz ise Hall–Petch tipi bağıntılardır. Mikrosertlik değerinin mikroyapı ve katılaştırma hızı ile aralarındaki ilişkiyi ortaya koyan Hall–Petch tipi bağıntılar;

$$HV = HV_0 + k_6 V^{0.25} \quad (6)$$

$$HV = HV_0 + k_7 \lambda^{-0.50} \quad (7)$$

ve çekme-dayanım değerinin mikroyapı ve katılaştırma hızı ile aralarındaki ilişkiyi ortaya koyan Hall–Petch tipi bağıntılar;

$$\sigma_{uts} = \sigma_{uts_0} + k_8 V^{0.25} \quad (8)$$

$$\sigma_{uts} = \sigma_{uts_0} + k_9 V^{-0.50} \quad (9)$$

şeklinde tanımlanır. Burada HV_0 erime sıcaklığındaki sıvı faz ile dengede bulunan katı fazın başlangıç mikrosertlik değeri, benzer şekilde σ_{uts_0} erime sıcaklığındaki sıvı faz ile dengede bulunan katı fazın başlangıç çekme-dayanım değeri ve k_6, k_7, k_8 ve k_9 denklem sabitleridir.

Mikroyapı, katılaştırma hızı, mikrosertlik ve çekme-dayanım değerleri aralarındaki ilişkiyi Hall–Petch tipi bağıntılar da net bir şekilde ortaya koymaktadır. Tablo 2’de verilen bu çalışmada elde edilen mikroyapı ve katılaştırma hızı ile mikrosertlik arasındaki ilişkiyi tanımlamamıza yarayan sırasıyla 113.33 ve 109.99 değerleri Kaya vd. (2012) tarafından Al–Ni ötektik alaşımı için elde edilen 31.58 ve 29.39 ve Kaya vd. (2003) tarafından Al–Si ötektik alaşımı için elde edilen 47.16 değerlerinden oldukça büyüktür. Benzer şekilde Silva vd. (2011) tarafından Al–Ni ve Al–Fe (Silva vd., 2012) alaşımları için elde edilen sırasıyla 27, 44.8 ve 31 değerleri de bu çalışmada elde edilen 113.33 ve 109.99 değerlerinden küçüktür. Bu çalışmadaki Cu elementinin alaşımın bileşimindeki oranının Al–Ni, Al–Si ve Al–Fe

için yapılan çalışmalardaki bileşimlerindeki Ni, Si ve Fe elementlerine göre daha fazla orana sahip olmasının da etkisiyle alüminyum esaslı alaşımların mikrosertliğini Cu elementinin Ni, Si ve Fe elementlerine göre çok daha fazla etkilediği görülmektedir.

Tablo 2’de verilen katılaştırma hızı ve çekme-dayanım değerleri aralarındaki ilişkiyi tanımlamamıza yarayan 31.51 ve 32.55 değerleri Cante vd. (2010) tarafından Al–Ni alaşımı için elde edilen 71.3, 73.2, 74.1 değerlerinden, Goulart vd. (2010) tarafından Al–Fe alaşımı için elde edilen 62.8, 60.2, 57.6 değerlerinden ve Goulart vd. (2006) tarafından Al–Si alaşımı için elde edilen 93, 111 değerlerinden, oldukça küçüktür. Bu çalışmadaki Cu elementinin Ni, Si ve Fe elementlerine göre alaşımdaki ağırlıkça oranı daha fazla olmasına rağmen çekme-dayanım değerlerini Ni, Si ve Fe elementlerine göre çok etkilemediği görülmektedir.

3.3. Katılaştırma Hızının Elektriksel Özdirenç Üzerine Etkisi

Mikroyapı, katılaştırma hızı ve elektriksel özdirenç arasındaki ilişkiyi tanımlayan literatürde çok fazla çalışma yoktur. Genellikle elektriksel özdirenç değerinin sıcaklıkla ilişkisi araştırılmıştır. Mikroyapı, katılaştırma hızı ve elektriksel özdirenç arasındaki ilişkiyi tanımlamak için kullanılan lineer regresyon analizi;

Tablo 2. Al-% 33 ağırlıkta Cu ötektik bileşimi için elde edilen sonuçlar ve literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları.

Alaşım (%ağırlık)	Mikroyapı	Mikrosertlik	Maksimum Çekme-Dayanım	Elektriksel Özdirenç	Referans
Al-33Cu	$\lambda = 13.52V^{-0.54}$	$HV = 63.81\lambda^{-0.15}$ $HV = 113.33 + 2.14\lambda^{-0.5}$ $HV = 121.74V^{0.08}$ $HV = 109.99 + 119.07V^{0.25}$	$\sigma_{uts} = 16.62\lambda^{-0.18}$ $\sigma_{uts} = 32.55 + 0.82\lambda^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 36.36V^{0.10}$ $\sigma_{uts} = 31.51 + 44.99V^{0.25}$	$\rho = 0.72 \times 10^{-8}\lambda^{-0.22}$ $\rho = 3.19 \times 10^{-8}V^{0.12}$	(Bu çalışma)
Al-33Cu	$\lambda = 8.40V^{-0.40}$				(Cadırlı 1999)
Al-5.7Ni	$\lambda_T = 10.76V^{-0.50}$ $\lambda_L = 11.61V^{-0.51}$				(Kaya 2010)
Al-5.7Ni		$HV = 66.13V^{0.10}$ $HV = 52.95(\lambda_T)^{-0.23}$ $HV = 48.08(\lambda_L)^{-0.20}$ $HV = 29.39 + 41.83V^{0.25}$ $HV = 31.58 + 0.654(\lambda)^{-0.5}$ $HV = 31.25 + 37.36V^{0.25}$		$\rho = 1.36 \times 10^{-5}V^{0.07}$ $\rho = 4.77 \times 10^{-6}(\lambda_T)^{-0.13}$	(Kaya 2012)
Al-7Ni	$\lambda_1 = 851.1V^{-0.26}$ $\lambda_2 = 124.2V^{-0.48}$	$HV = 66.1V^{0.11}$ $HV = 309.0(\lambda_1)^{-0.35}$ $HV = 114.8(\lambda_2)^{-0.24}$		$\rho = 1.4 \times 10^{-5}V^{0.07}$ $\rho = 6.9 \times 10^{-6}(\lambda_1)^{-0.22}$ $\rho = 6.2 \times 10^{-6}(\lambda_2)^{-0.14}$	(Kaya 2013)
Al-1Ni Al-3Ni Al-5Ni			$\sigma_{uts} = 71.3 + 200.2(\lambda_1)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 52.3 + 188.3(\lambda_2)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 73.2 + 325.6(\lambda_1)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 57.5 + 221.7(\lambda_2)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 74.1 + 468.5(\lambda_1)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 58.3 + 228.6(\lambda_2)^{-0.5}$		(Cante 2010)

Tablo 2'nin devamı

Alaşım (%ağ.)	Mikroyapı	Mikrosertlik	Maksimum Çekme–Dayanım	Elektriksel Özdirenç	Referans
Al-3Ni Al-5Ni		$HV = 27 + 104.1(\lambda)^{-0.5}$ $HV = 44.8 + 52.3(\lambda)^{-0.5}$			(Silva 2011)
Al-1Fe Al-1.5Fe		$HV = 31 + 13.1(\lambda)^{-0.5}$ $HV = 31 + 33.1(\lambda)^{-0.5}$			(Silva 2011)
Al-1.5Fe Al-1.0Fe Al-0.5Fe			$\sigma_{uts} = 62.8 + 98.3(\lambda_c)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 60.2 + 90.5(\lambda_c)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 57.6 + 65.4(\lambda_c)^{-0.5}$		(Goulart 2010)
Al-12.6Si	$\lambda = 23.44V^{-0.46}$				(Gündüz 2004)
Al-12Si		$HV = 82.79V^{0.11}$ $HV = 47.16 + 41.37V^{0.25}$			(Kaya 2012)
Al-5Si Al-9Si	$\lambda_2 = 45V_L^{-2/3}$		$\sigma_{uts} = 93 + 45(\lambda_2)^{-0.5}$ $\sigma_{uts} = 111 + 146(\lambda_2)^{-0.5}$		(Goulart 2006)
Al-3Si Al-5Si Al-7Si Al-9Si	$\lambda_2 = 32V_L^{-2/3}$ $\lambda_2 = 32V_L^{-2/3}$ $\lambda_2 = 26V_L^{-2/3}$ $\lambda_2 = 22V_L^{-2/3}$				(Peres 2004)
Al-0.TSi Al-0.5Ti Al-2Li		$HV = 46.45V^{0.06}$ $HV = 18.28\lambda^{-0.25}$ $HV = 54.95V^{0.07}$ $HV = 18.03\lambda^{-0.30}$ $HV = 37.49V^{0.05}$ $HV = 16.37\lambda^{-0.24}$			(Kaya 2009)

$$\rho = k_{10}V^{-n_{10}} \quad (10)$$

$$\rho = k_{11}\lambda^{n_{11}} \quad (11)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada k_{10} ve k_{11} denklem sabitleri, n_{10} ve n_{11} ise mikroyapı ve katılaştırma hızının üstel değerleridir. Şekil 7'de görüldüğü gibi katılaştırma hızı arttıkça elektriksel özdirenç değeri de artmıştır. Bu çalışmada elde edilen katılaştırma hızına ve mikroyapıya ait 0.12 ve 0.22 üstel değerleri Tablo 2'de verilen benzer çalışmalarla uyum içerisinde (Kaya vd., 2013; Kaya vd., 2012).

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Al-%33ağ. Cu ötektik alaşımı, Bridgman tipi kontrollü katılaştırma fırını yardımıyla, sabit sıcaklık gradyenti (G), farklı katılaştırma hızlarında (V), doğrusal olarak katılaştırılmış, katılaştırma parametresi (V)'ne bağlı olarak mikroyapı parametresi (λ), mikrosertlik (HV), çekme–dayanım (σ_{uts}), elektriksel özdirenç (ρ) değerlerinin nasıl değiştiği incelenmiştir. Yapılan araştırmalardan aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada Al-%33ağ. Cu ötektik alaşımının kontrollü katılaştırma deneyleri neticesinde lamelsel mikroyapı özellikleri göstermiştir. Analizler sonucunda ise katılaştırma hızının yaklaşık 20 kat artmasıyla mikroyapı değerlerinin yaklaşık 5 kat azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca katılaştırma hızındaki 20 kat artış ve buna bağlı olarak mikroyapıdaki 5 kat azalış alaşımın mikrosertlik ve çekme–dayanım değerini yaklaşık 1.3 kat artırırken, elektriksel özdirenç değerini ise yaklaşık 1.5 kat artırmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 112T588 kodu ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Boettinger, W.J., Coriell, S.R., Greer, A.L., Karma, A., Kurz, W., Rappaz, M. ve Trivedi, R., 2000. Solidification Microstructures: Recent Developments. Future Directions. Acta Mater, 48, 43–70.

Böyük, U., 2009. Üçlü Metalik Alaşımların Kontrollü Doğrusal Katılaştırılması ve

- Mikrosertliğinin İncelenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Katıhal Fiziği Kayseri.
- Çadırlı, E., Ülgen, A. ve Gündüz, M., 1999. Directional Solidification of the Aluminium-Copper Eutectic Alloy. *Materials Transactions JIM*, 40(9), 989–996.
- Cante, M.V., Spinelli, J.E., Cheung, N., ve Garcia, A., 2010. The Correlation Between Dendritic Microstructure and Mechanical Properties of Directionally Solidified Hypoeutectic Al-Ni Alloys. *Met Mater-Int*, 16, 39.
- Das, S., Mondal, D.P., Sawla, S. ve Ramkrishnan, N., 2008. Synergic effect of reinforcement and heat treatment on the two body abrasive wear of an Al-Si alloy under varying loads and abrasive sizes. *Wear*, 264, 47–59.
- Du, D.F., Hou, L., Gagnoud, A., Ren, Z.M., Fautrelle, Y., Cao, G.H. ve Li, X., 2014. Effect of an axial high magnetic field on Sn dendrite morphology of Pb-Sn alloys during directional solidification. *Journal of Alloys and Compounds*, 588, 190–198.
- Engin, S., 2013. Kontrollü Katılaştırılan Çok Bileşenli Ötektik Alaşımların, Mekanik ve Elektriksel Özelliklerinin Katılaştırma Parametrelerine Bağlılığının İncelenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Katıhal Fiziği, Kayseri.
- Goulart, P.R., Spinelli, J.E., Cheung, N. ve Garcia, A., 2010. The effects of cell spacing and distribution of intermetallic fibers on the mechanical properties of hypoeutectic Al-Fe alloys. *Mater Chem Phys*, 119, 272.
- Goulart, P.R., Spinelli, J.E., Os'orio, W.R. ve Garcia, A. 2006. Mechanical properties as a function of microstructure and solidification thermal variables of Al-Si castings. *Materials Science and Engineering A*, 421, 245–253.
- Gündüz, M., Kaya, H., Çadırlı, E. ve Özmen, A., 2004. Interflake spacings and undercoolings in Al-Si irregular eutectic alloy. *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties. Microstructure and Processing*, 369, 215–229.
- Hecht, U., Granasy, L., Pusztai, T., Böttger, B., Apel, M., Witusiewicz, V., Ratke, L., De Wilde, J., Froyen, L., Camel, D., Drevet, B., Faivre, G., Fries, S.G., Legendre, B. ve Rex, S., 2004. Multiphase solidification in multicomponent alloys. *Materials Science and Engineering, R* 46, 1–49.
- Jackson, K.A. ve Hunt, J.D., 1966. Lamellar and Rod Eutectic Growth, *Trans. Metall. Soc. A.I.M.E.*, 236, 1129.
- Jones, H. 2005. Some effects of solidification kinetics on microstructure formation in aluminium-base alloys. *Materials Science and Engineering A*, 413–414,165–173.
- Kaya, H., Büyük, U., Çadırlı, E. ve Maraşlı, N. 2013. Influence of growth rate on microstructure, microhardness, and electrical resistivity of directionally solidified Al-7 wt% Ni hypo-eutectic alloy. *Met Mater-Int*, 19(1), 39.
- Kaya, H., Büyük, U., Çadırlı, E. ve Maraşlı, N., 2010. Unidirectional solidification of aluminium-nickel eutectic alloy. *Kovove Mater*, 48(5), 291.
- Kaya, H., Büyük, U., Çadırlı, E. ve Maraşlı, N., 2012. Measurements of the microhardness, electrical and thermal properties of the Al-Ni eutectic alloy. *Mater Design*, 34, 707.
- Kaya, H., Cadirli, E., Gündüz, M. ve Ülgen, A. 2003. Effect of the temperature gradient, growth rate, and the interflake spacing on the microhardness in the directionally solidified Al-Si eutectic alloy. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 12(5), 544–551.
- Kaya, H., Gündüz, M., Çadırlı, E. ve Maraşlı, N., 2009. Dependency of microindentation hardness on solidification processing parameters and cellular spacing in the directionally solidified Al based alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, 478, 281–286.
- Li, X., Fautrelle, Y. ve Ren, Z., 2007. Influence of thermoelectric effects on the solid-liquid interface shape and cellular morphology in the mushy zone during the directional solidification of Al-Cu alloys under a magnetic field. *Acta Materialia*, 55, 3803–3813.

- Li, X., Ren, Z. ve Fautrelle, Y., 2006. Effect of a high axial magnetic field on the microstructure in a directionally solidified Al–Al₂Cu eutectic alloy. *Acta Materialia*, 54, 5349–5360.
- Miller, J.D. ve Pollock, T.M., 2014. Stability of dendrite growth during directional solidification in the presence of a non-axial thermal field. *Acta Materialia*, 78, 23–36.
- Min, Q.U., Lin, L.I.U., Yan, C.U.I. ve Feng-bin, L.I.U., 2015. Interfacial morphology evolution in directionally solidified Al–1.5 % Cu alloy, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 25, 405–411.
- Ourdjini, A., Liu, J. ve Elliott, R., 1994. Eutectic Spacing Selection in Al-Cu System. *Mater Sci Tech-Lond*, 10, 312.
- Paliwal, M. ve Jung, I., 2013. The evolution of the growth morphology in Mg–Al alloys depending on the cooling rate during solidification. *Acta Materialia*, 61, 4848–4860.
- Peres M.D., Siqueira C.A. ve Garcia A., 2004. Macrostructural and microstructural development in Al–Si alloys directionally solidified under unsteady-state conditions. *Journal of Alloys and Compounds*, 38, 168–181.
- Rana R.S., Purohit R. ve Das S., 2012. Reviews on the Influences of Alloying Elements on the Microstructure and Mechanical Properties of Aluminum Alloys and Aluminum Alloy Composites. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2, 1–7.
- Silva B.L., Araujo I., Silva W.S., Goulart P.R., Garcia A. ve Spinelli J.E., 2011. Correlation between dendrite arm spacing and microhardness during unsteady-state directional solidification of Al-Ni alloys. *Phil Mag Lett* 91, 337.
- Silva B.L., Garcia A. ve Spinelli J.E., 2012. The effects of microstructure and intermetallic phases of directionally solidified Al-Fe alloys on microhardness. *Mater Lett*, 89, 291.
- Smiths F.M., 1958. Measurement of Sheet Resistivities with the Four-Point Probe. *The Bell Sys. Tech. J*, 37, 711.
- Walker H., Shan Liu, Lee J.H. ve Trivedi R., 2007. Eutectic Growth in Three Dimensions. *Metallurgical And Materials Transactions A*, 38A, 1417–1425.

Nano Sensörlerin Farklı Gaz Ortamlarında Geçiş Pencerelerinin Hesaplanması

Calculating of Nano Sensor's Transmission Window According to the Different Gas Environments

Mustafa Alper AKKAŞ*

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 14280, Bolu

• Geliş tarihi / Received: 15.08.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 15.01.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 27.01.2018

Öz

Nano ve Terahertz terimlerini her geçen gün daha çok duymaktayız. Nano teknolojisi adından da anlaşılacağı gibi nano boyutta materyal yapımı ve tasarlanmasını inceler. Nano teknolojisi birçok sektörde devrim niteliğinde değişiklikler meydana getirmiştir. Bunlardan bir tanesi ise nano boyutta sensörlerin tasarlanıp kullanılmasıdır. Nano sensörlerin tasarlanması ve kullanılabilmesinde bazı noktalara dikkat edilmesi gerekmektedir. Nano ölçekli makineler boyutları itibarıyla nano boyutlu antenlere ihtiyaç duyar, bu nedenledir ki nano boyutlu antenler Terahertz frekanslarında çalışır. Terahertz frekansları ortamı oluşturan atomların titreşimlerinden etkilenir. Terahertz frekansları titreşimlerin olduğu bölgelerden geçmekte zorlanır bunun için elektromanyetik dalgaların rahat geçebileceği geçiş pencereleri bulunmalıdır. Bu yüzden bu çalışmada farklı gazların geçiş pencerelerinin nasıl bulunduğunu anlatılacaktır.

Anahtar kelimeler: Elektromanyetik modelleme, Geçiş penceresi, Nano-sensör, Sensör tasarımı, Terahertz

Abstract

We hear the Terahertz and Nano term more every passing days. As we understood from its name nano technology investigates production and design of nano sized material. Nanotechnology has brought revolutionary changes in many sectors. One of these is designing and using nano sensors in nano dimensions. It should considered some points while designing and using nano sensors. Nano sensors need nano antennas because of their size limitations that is why nano sensors work on Terahertz frequencies. Terahertz frequencies affected from the environment's vibration atoms. Terahertz frequencies cannot pass from the vibration atom's environments that is why the transmission windows which the electromagnetic frequencies could easily pass need to be found. That is why in this paper it will be described that how the transmission windows would be founded in different gasses environments.

Keywords: Electromagnetic modelling, Nano sensor, Sensor design, Terahertz, Transmission window

*Mustafa Alper AKKAŞ; m_alperakkas82@yahoo.com; Tel: (0374) 254 10 00/4893; orcid.org/ 0000-0003-0185-0464

1. Giriş

Nano teknoloji terimi 1959 yılında Nobel ödüllü fizikçi Richard Feynman ‘Aşağıda Oldukça Fazla Yer Var!’ (There’s Plenty of Room at the Bottom!) başlıklı konuşmasında yer almıştır. Aslında Feynman bir cümle ile nano teknolojinin nasıl geniş bir alanda kullanılabileceğini ifade etmiştir. Feynman bu konuşması nano teknolojinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Feynman, 1960). Feynman’ın bu konuşmasında çalışmayla ilgili önemli noktaları özetleyecek olursak: 24 ciltlik Brittanica Ansiklopedisini bir toplu iğne başına yazılabileceğini, küçük boyutu nasıl tanımlamamız gerektiğini, küçük boyuttaki bilgiyi nasıl analiz edebileceğimizi, atomları yeniden düzenleme, bilgisayarların minyatürleştirme gibi başlıklar altında toplanır.

Yıllar geçtikçe daha küçük bilgisayarlar ve birimleri yapılmaktadır. Bu küçülme ihtiyacı uygulamalara yöneliktir. Örneğin telsiz duyurga ağlarında, duyurga ağlarının nano boyutuna indirilme çalışmaları vücut içi haberleşme için gereklidir. Vücut içi haberleşmede, telsiz duyurga ağlarının, tıpkı yeryüzünde kullanıldıkları gibi, vücut içinde haberleşmede kullanmaları hedeflenmektedir. Uygulama alanı ise oldukça geniştir, tıpkı vücut hücreleri gibi savunma amaçlı kullanılması hedeflenmektedir. Bunlar birçok uygulama ile genişletilebilir. Sadece haberleşme teknolojisinde değil birçok alanda nano teknolojisi ve türevleri kullanılmaktadır (Akkaş, 2016; Akyildiz ve Jornet, 2010; Federici ve Lothar, 2010).

Nano sensörler tasarlanırken çalıştığı frekans ve kullanacağı haberleşme frekansı oldukça önemlidir. Terahertz (THz) frekansları ortama göre farklı davranırlar, bu yüzden iletişim mesafeleri değişir. Ortamı oluşturan atomlar THz ortamında farklı titreşimler gösterirler. Bu çalışmada nano sensörler tasarlanırken özellikle gaz ortamdan nasıl etkilenir ve frekans spektrumu açısından nelere dikkat edilmelidir konuları üzerinde durulacaktır (Akkaş ve Sokullu, 2015; Kutlu, 2012; Sullivan ve Murphy, 2012).

Literatürde farklı ortamların farklı frekanslarda elektromanyetik modellenmesi mevcuttur. Bunlardan bazıları listelenecek olursa: Toprak ortamını elektromanyetik dalga tabanlı inceleyen çalışmaların varlığı başta gelmektedir (Vuran ve Akyildiz, 2010). Bu çalışmalarda ise TDYA (Telsiz Duyurga Yeraltı Ağları)’da iletişim incelenmiştir. Ayrıca TDYA’larının toprak ortamı için yol kaybını ve BHO’ları incelenmiş ve geçiş

penceresi araştırılmıştır. THz bantlarında, benzer çalışmalardan bir tanesi ise Jornet ve Akyildiz (2013)’nin çalışmasıdır. Bu çalışmada 0,1 THz ile 10 THz bant aralığı incelenerek, bu aralığın vücut içi haberleşme tekniklerinde nasıl kullanılabileceği araştırılmıştır. Çalışmada THz bantlarının birçok uygulamalarda kullanılabileceği teorik olarak gösterilmiş ve elektromanyetik dalgaların vücut içerisinde nasıl modellenilebileceği anlatılmıştır.

Elrashidi vd. (2012) su ortamında yeraltı duyurga ağlarının davranışları 2.4 GHz’ de incelemiştir. Akkaş ve Sokullu (2015) ise yine su ortamını 300 ile 700 MHz bantları arasındaki soğurma özellikleri, grafik sonuçlarının daha az yol kaybına neden olduğunu, bu sebepten dolayı daha çok iletişim mesafesine sahip olduğunu göstermiştir.

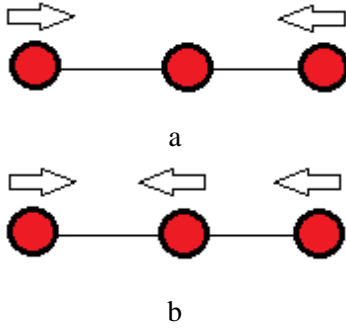
Makalede sırasıyla 2. bölümde THz dalgalarının ortama göre davranışının nasıl olduğu anlatılmakta, 3. bölümde ise THz dalgalarının nasıl teorik olarak modellendiği, 4. bölümde ise 3. bölümde elde edilen teorik sonuçlara göre grafiksel sonuçlar verilmiştir. En son bölümünde ise çalışma toparlanarak elde edilmesi gereken sonuç verilmiştir.

2. Terahertz Dalgalarının Ortama Göre Davranışı

THz dalgalarında atomlar farklı titreşimler gösterir. Örnek vermek gerekirse N atomlu kapalı halka oluşturan bir molekül, N-1 bağa sahiptir. Böyle bir molekülün 3N-6 titreşiminden N-1’i bağ gerilme titreşimi geri kalan 2N-5 tanesi ise açılı bükülme titreşimidir. Molekül titreşimlerini gerilme titreşimleri, açılı bükülme titreşimleri ve düzlem dışı açılı bükülme titreşimi olarak 3’e ayrılabilir (Yalçın ve Atış, 2015).

2.1 Gerilme Titreşimi

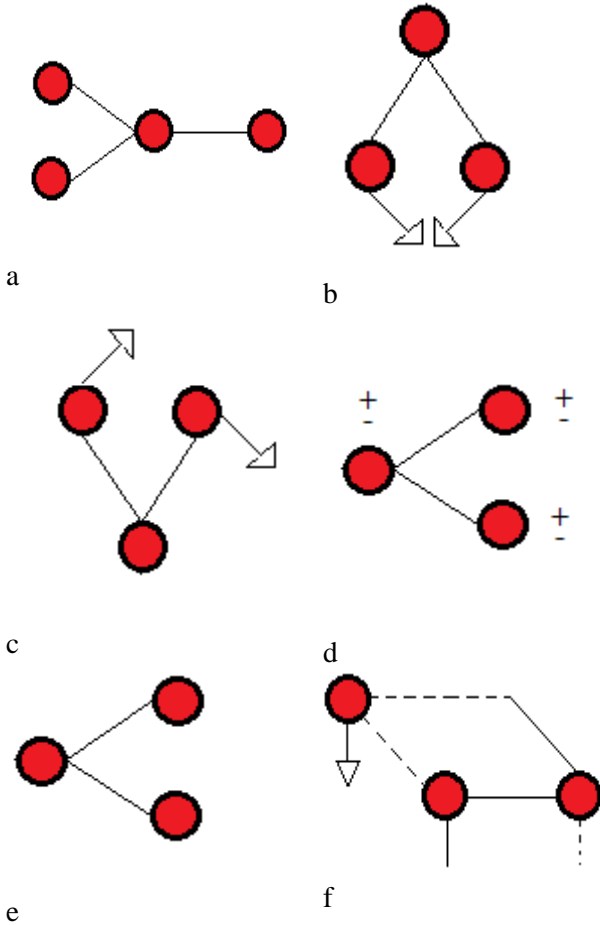
Gerilme titreşimi, molekül gruplarının yer değiştirmesidir. Vektörlerin uzunluğu bu yer değiştirmeye göre belirlenir. Bağların senkron olarak aynı anda hareket etmesine simetrik gerilme titreşimi, asenkron olarak hareket etmesine ise asimetrik titreşimi denir. Asimetrik titreşimli moleküller asenkron hareket ettiği için frekans artar. Frekans ile enerji ise doğru orantılıdır. Şekil 1 de gerilme titreşimleri çeşitleri olan simetrik ve asimetrik gerilme şekilleri verilmiştir (Takahashi, 2014).



Şekil 1. Gerilme titreşimi (a) Simetrik Gerilme. (b) Asimetrik Gerilme.

2.2 Açık Bükülme Titreşimi

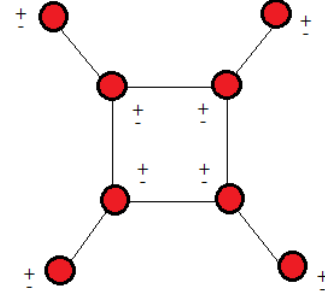
Açık bükülme titreşimleri, iki bağ arasındaki açının periyodik olarak değişim hareketidir. Yer değiştirme vektörleri bağ doğrultusuna diktir. Açık bükülmenin özel şekilleri ise: Makaslama, Sallanma, Dalgalanma, Kıvrılma, Burulma titreşimidir. Şekil 2'de açık bükülme, makaslama, sallanma, dalgalanma, kıvrılma ve burulma açık bükülme titreşim türleri verilmiştir (Takahashi, 2014).



Şekil 2. Açık bükülme titreşimi. (a) Açık Bükülme. (b) Makaslama. (c) Sallanma. (d) Dalgalanma. (g) Kıvrılma. (h) Burulma.

2.3 Düzlem Dışı Açık Bükülme Titreşimi

Hareket biçimi şemsiye şeklinde olan kapalı halka moleküllerinde oluşan titreşim şeklidir (Howard ve Schlegel, 2006). Şekil 3'te düzlem dışı açık bükülme şekli verilmiştir.



Şekil 3. Düzlem dışı açık bükülme titreşimi

Elektromanyetik dalgalar THz frekansında bir noktadan diğer bir noktaya hareket ederken, moleküllerin titreşimlerinden etkilenir. Tasarımcı THz frekanslarında elektromanyetik dalgaları iletmek istiyorsa, titreşimsiz bölgeleri tercih etmelidir. Bu çalışmada amaç, özellikle gaz ortamında çalışacak araştırmacılara titreşimlerin en az olduğu bölgeleri göstermektir. Örnek vermek gerekirse kalabalık bir ortamda bir noktadan başka bir noktaya gitmek ne kadar zor olursa, THz frekanslarda titreşimli bölgelerde elektromanyetik dalgalarını iletimi de o kadar zordur. Kalabalık olmayan ya da düzgün dizilmiş insanlar arasında yürümenin basit olduğu titreşimsiz bölgelerde elektromanyetik dalgalar daha basit hareket etmektedirler.

THz teknolojisinin aynı zamanda görüntüleme teknolojisi, spektroskopi, MEMS (Mikro Elektrik-Mekanik Sistemler), iletişim sistemleri, Telsiz duyurğa ağları gibi farklı uygulama alanları vardır. Bu uygulama alanlarının hemen hemen hepsinde ilgili ortamın THz frekanslarında nasıl davrandıkları bilinmelidir. Bu çalışma, gaz ortamında ortamın nasıl modellendiği hakkında teorik bilgi vererek, farklı gaz ortamlarından örnekler vermiştir.

3. Terahertz Dalgalarının Teorik Modellemesi

Elektromanyetik dalgalar modellenirken başlangıçta genellikle Friss denklemi kullanılır. Friss denkleminin gürültü kaybı ve ortamdaki meydana gelen kaybı eklenmiş şekilde denklem (1)'de gösterilmiştir. Formül 1'de boşluk ortamında P_t verici antenin taşıma gücünü, d uzaklık, G_r ve G_t alıcı ve verici antenlerin kazancı, L_0 ise boş alan yol kaybı olan $L_0 = 32.4 + 20 \log$

(d) + 20log (f)'e eşittir. d uzaklığın birimi km ve frekans değeri ise MHz'dir.

$$P_r (dBm) = P_t (dBm) + G_r (dB) + G_t (dB) - L_0 (dB) - L_{gürültü} (dBm) - L_{ortam} (dB) \quad (1)$$

THz dalgalarının yayılımı her ortamda frekansa göre doğrusal değişmez ortama göre farklılıklar gösterir. THz dalgalarının değeri oldukça yüksek olduğu için yol kaybını büyük bir şekilde artırmaktadırlar. Zaten yüksek frekanstan dolayı artın toplam kayıp, ortam kaybının eklenmesiyle daha çok artar (Mao ve Anderson, 2007), (Rothman ve Gordon, 2008). Bu yüzden THz dalgalarının rahat geçtiği ortam kaybının minimize edildiği dalga aralıkları geçiş pencereleri hesaplanmalıdır. Bunu hesaplarken özellikle gazlarda HITRAN parametrelerinden faydalanılır (Rothman ve Rinslan, 1998). Ortamdan meydana gelen soğurma kaybı formülü açılacak olursa, denklem (2) elde edilmektedir.

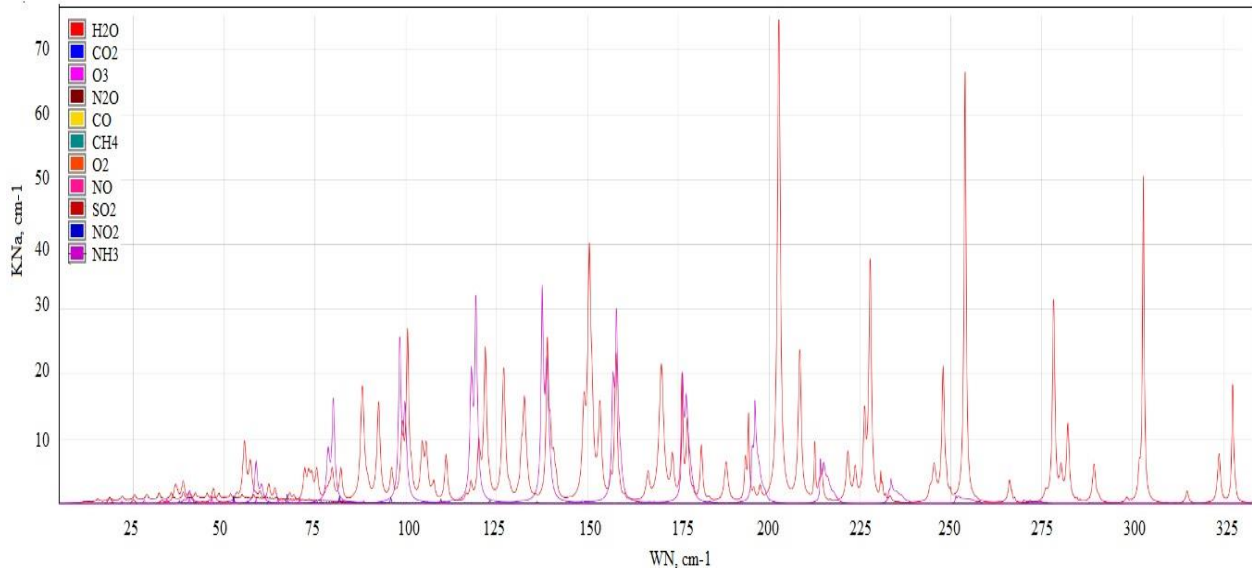
$$L_{ortam} (f,d) = k(f)_{gaz} * d * 10 * \log_{10} e \text{ (dB)} \quad (2)$$

Denklem (2)'deki k(f) katsayısı gaz ortamının frekansa göre değişen soğurma katsayısını vermektedir. Bu soğurma katsayısının değeri ise HITRAN parametrelerinden elde edilmiştir. k(f) katsayısı modellenecek ortama göre değişmekte ve modellenecek ortamın bileşenleri ne ise o değeri almaktadır. Şekil 4'de çalışmada kullanılan gazların HITRAN parametrelerine göre k(f) katsayısını vermektedir (<http://hitran.iao.ru/>).

HITRAN parametrelerinde k(f) soğurma katsayısının büyüklüğü denklem 3'te gösterilmiştir.

$$k(\omega) = N(p,T) \sum_{i=1}^q n^{(i)} \sum_{j=1}^{s(i)} I^{(ij)}(T) \Phi(\omega, \omega^{(ij)} - \omega, \omega^{(ij)} + \omega; p, T) \quad (3)$$

Denklem (3)'te $\omega = 2\pi f$ dir. $I_{(ij)}$ ise i_{th} izotop türlerinin j_{th} çizgisine göre integralidir. $\Phi_{(ij)}$ ise j_{th} çizgisinin çizgi şeklidir. N ise gaz moleküllerinin p basıncı ve T sıcaklığı altında hacim yoğunluğudur. Bu çalışmada 1 atm, T ise 296 Kelvin alınmıştır. $N(p,t) = p/(kT)$ eşittir, k ise Boltzmann sabitidir. N(i), i_{th} izotop türlerinin karışım oranıdır. $\Omega(i,j)$ ise j_{th} çizgisinin orta noktasıdır (Rothman ve Gordon, 2008; Rothman ve Rinslan, 1998)

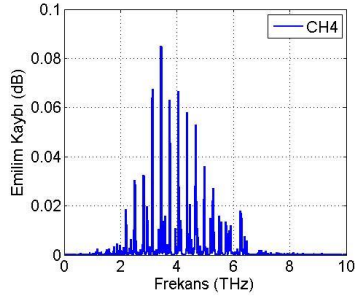
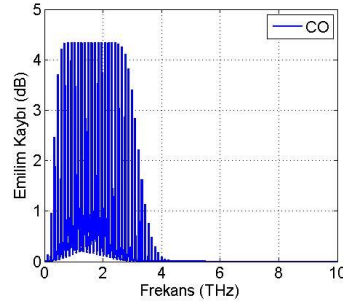


Şekil 4. HITRAN parametrelerine göre k(f) soğurma katsayısı değerleri (<http://hitran.iao.ru/>)

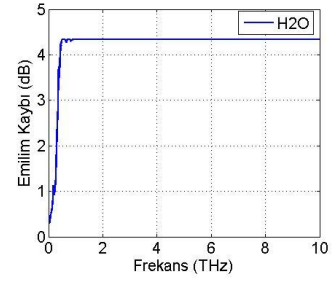
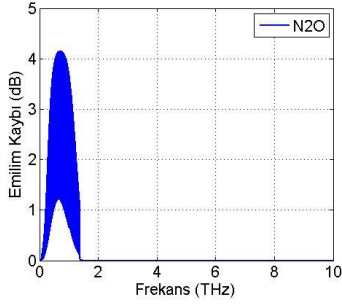
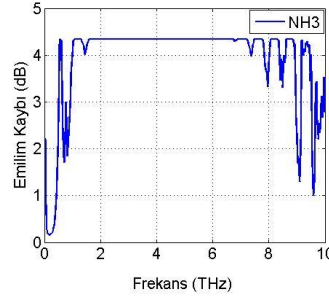
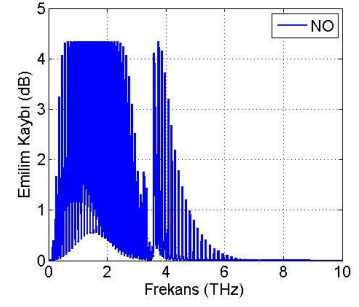
4. Grafikselle Sonuçlar

Şekil 5'de 0.01 THz ile 10 THz aralığında farklı gazların soğurma kaybı büyüklükleri verilmiştir. X eğrisi frekans olarak 0.01 THz – 10 THz aralığını, Y eğrisi dB cinsinden 1 cm genişliğindeki soğurma kaybını vermektedir. Grafikteki soğurma kayıpları denklem 2'den elde

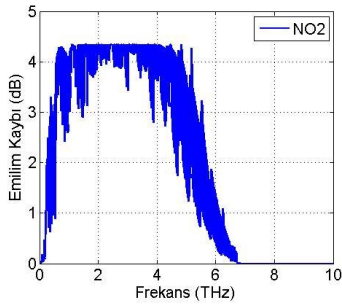
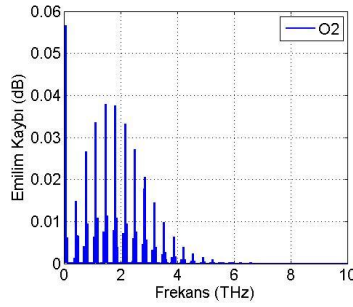
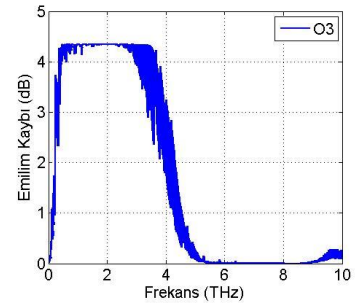
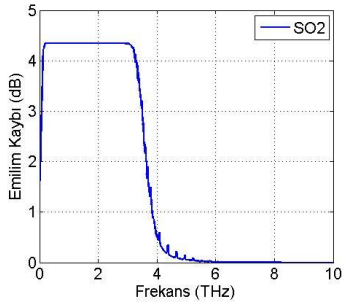
edilmiştir. k(f) soğurma katsayısının büyüklüğü HITRAN parametrelerinden elde edilmiştir. k(f) katsayısı denklem 3'ten elde edilmiştir. Gazların basıncı 1 atm, sıcaklığı ise 296 Kelvin olarak alınmıştır. Şekil 4'den de anlaşılacağı gibi her gaz bileşiği THz ortamında farklı davranışlar sergilemektedir.

a) CH₄'ün frekansa göre emilim kaybı

b) CO'nun frekansa göre emilim kaybı

c) H₂O'nun frekansa göre emilim kaybıd) N₂O'nun frekansa göre emilim kaybıe) NH₃'ün frekansa göre emilim kaybı

f) NO'nun frekansa göre emilim kaybı

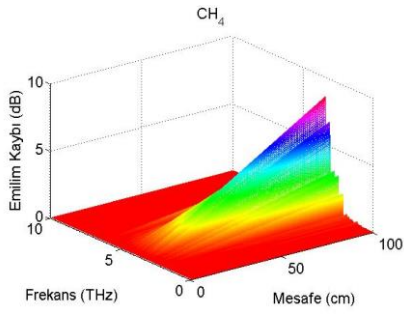
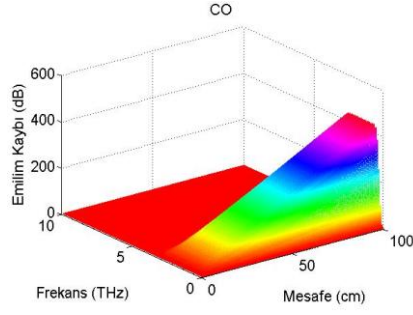
g) NO₂'nin frekansa göre emilim kaybıh) O₂'nin frekansa göre emilim kaybıi) O₃'ün frekansa göre emilim kaybıj) SO₂'nin frekansa göre emilim kaybı

Şekil 5. 1 cm genişliğinde ki gazların frekansa göre emilim kaybı

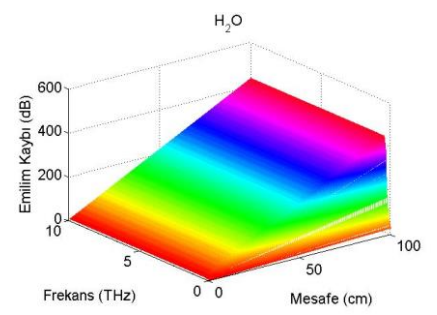
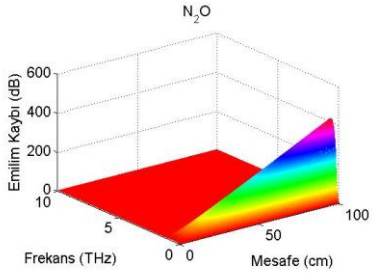
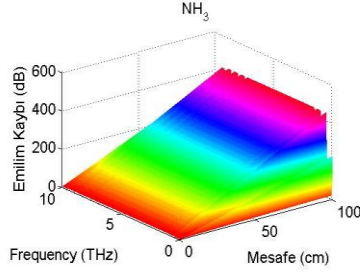
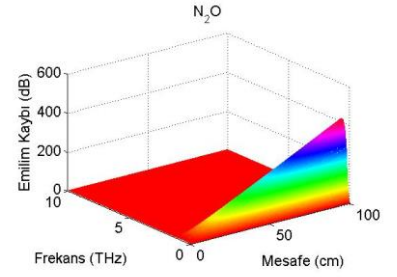
Örneğin CH₄ bileşeni 6 THz'den sonra titreşimler azalırken CO'de 4 THz den sonra titreşimler durmuştur. CO₂'de ise 0.01 THz ile 10 THz aralığında hiçbir titreşim olmadığı için grafiği verilmemiştir. Bu çalışmada üzerinde durulan nokta budur. Örneğin sadece CO'ü algılayacak ya da CO ortamında haberleşecek sensörler tasarlanırken ve de haberleşirken, THz ortamındaki grafikleri dikkate alınmalıdır. Yine CO bileşiği olarak düşünürsek CO ortamı için en ideal

haberleşme aralığı 4 THz den sonra başlar. THz ortamında CO bileşiği sensörü tasarlanmak için ise 0.01 THz – 4 THz aralığı emilimin en fazla olduğu bölgeyi gösterir.

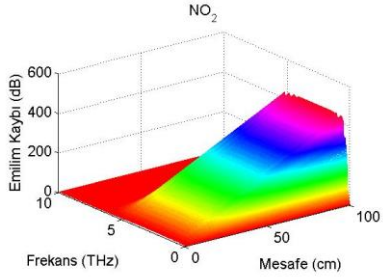
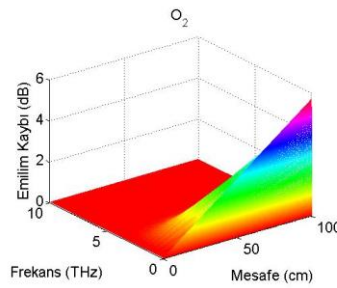
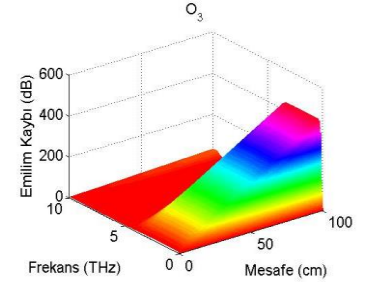
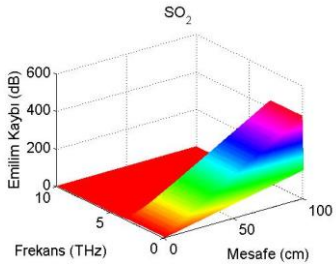
Şekil 6 te ise 100 cm'ye kadar 0.01 THz 10 THz frekans aralığında Şekil 5'de 2 boyutlu gösterilmiş olan grafiklerin mesafede eklenerek 3 boyutlu gösterilmiş halleri verilmektedir.

a) CH₄'ün frekansa ve mesafeye göre emilim kaybı

b) CO'nun frekansa ve mesafeye göre emilim kaybı

c) H₂O'nun frekansa ve mesafeye göre emilim kaybıd) N₂O'nun frekansa ve mesafeye göre emilim kaybıe) NH₃'ün frekansa ve mesafeye göre emilim kaybı

f) NO'nun frekansa ve mesafeye göre emilim kaybı

g) NO₂'nin frekansa ve mesafeye göre emilim kaybıh) O₂'nin frekansa ve mesafeye göre emilim kaybıI) O₃'ün frekansa ve mesafeye göre emilim kaybıi) SO₂'nin frekansa ve mesafeye göre emilim kaybı

Şekil 6. Gazların frekans ve mesafeye göre emilim kaybı

X eğrisi 0.01 THz – 10 THz aralığını, Y eğrisi dB cinsinden soğurma kaybını, z eğrisi ise 100 cm'ye kadar olan mesafeyi göstermektedir. Mesafe arttıkaça kayıpta artmaktadır. Bazı gazlarda emilim

kaybı 500 dB'ye kadar çıkmaktadır. 100 cm 'de emilim kaybının bu derece artması geçiş pencerelerinin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha vurgulamaktadır.

5. Sonuçlar

THz dağlarının iletimi frekans aralığına göre farklılık gösterir THz dalgalarının bu davranışı oldukça önemlidir. THz dalga aralığında çalışacak olan sensör yâda haberleşme ortamı THz dalgaların davranışlarından etkilenirler bu yüzden ortama göre THz dalgalarının nasıl davrandığı hesaplanmalıdır. Bu çalışma, THz dalgalarının teorik olarak nasıl hesaplandığını göstermektedir. Hesaplama metodu dışında farklı moleküllerin soğurma grafikleri örnek olarak verilmiştir. En son olarak da birden fazla bileşenin olması durumunda soğurma kaybının nasıl hesaplanması gerektiği anlatılmıştır. Çalışma, nano teknolojinin kılavuzlarından olan nano sensörlerin tasarlanmasını ve nano telsiz duyarga ağlarının haberleşmesi için geçiş pencerelerinin nasıl hesaplandığını göstermektedir. Bu sayede, bu çalışma nano sensör tasarımında ve nano telsiz duyarga haberleşmesinde bir kılavuz niteliğindedir.

Kaynaklar

Akkaş, M.A. ve Sokullu, R., 2015. Wireless underground sensor networks: channel modeling and operation analysis in the terahertz band. *International Journal of Antennas and Propagation*, 1-12.

Akkaş, M. A., 2016. Terahertz channel modelling of wireless ultra-compact sensor networks using electromagnetic waves. *IET Communications*, 10(13), 1665-1672.

Akyildiz, I. F. ve Jornet, J. M., 2010. Electromagnetic wireless nanosensor networks. *Nano Communication Networks*, Cilt 1.1, 3-19.

Elrashidi, A., Elleithy, A., Albogame, M. ve Elleithy, K., 2012. Underwater wireless sensor network communication using electromagnetic waves at resonance frequency 2.4 GHz. In *Proceedings of the 15th Communications and Networking Simulation Symposium*, Society for Computer Simulation International. p. 13.

Federici, J. ve Lothar, M., 2010. Review of terahertz and subterahertz wireless communications. *Journal of Applied Physics*, Cilt 107.11, 111101.

Feynman, R. P., 1960. There's plenty of room at the bottom. *Engineering and science*, 23(5), 22-36.

Howard, S. L., Schlegel, C. ve Iniewski, K., 2006. Error control coding in low-power wireless sensor networks: When is ECC energy-efficient?. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, (2), 29-29.

Jornet, J. M. ve Akyildiz, I. F., 2013. Fundamentals of electromagnetic nanonetworks in the terahertz band. *Foundations and Trends® in Networking*, Now Publishers Inc, 7(2-3), 77-233.

Kutlu, N., 2012. 4-Amino-1H-Benzo [4, 5] İmidazo [1, 2, α] Primidin-2-One Bileşiğinin Koordinasyon Modları ve Titreşim Frekanslarının Gaussian 03 ile İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 61s.

Mao, G., Anderson, B. D. ve Fidan, B., 2007. Path loss exponent estimation for wireless sensor network localization. *Computer Networks*, 51(10), 2467-2483.

O'Sullivan C.M.M. ve Murphy J. A., 2012. Field guide to terahertz sources, detectors, and optics. SPIE Press, Bellingham, Washington.

Rothman, L. S., Gordon, I. E., Barbe, A., Benner, D. C., Bernath, P. F., Birk, M. ve Chance, K., 2009. The HITRAN 2008 molecular spectroscopic database. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 110(9), 533-572.

Rothman, L. S., Rinsland, C. P., Goldman, A., Massie, S. T., Edwards, D. P., Flaud, J. M. ve Schroeder, J. , 1998. The HITRAN molecular spectroscopic database and HAWKS (HITRAN Atmospheric Workstation): 1996 edition. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 60(5), 665-710.

Takahashi, M. 2014. Terahertz Vibrations and Hydrogen-Bonded Networks in Crystals. *Crystals*, 4(2), 74-103.

Vuran, M. C. ve Akyıldız, I. F., 2010. Channel model and analysis for wireless underground sensor networks in soil medium. *Physical Communication*, 3(4), 245-254.

spektrumlarının deneysel ve teorik yöntemlerle incelenmesi. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir, 65s.

Yalçın, Y., ve Atış, M., 2015. 4-(Metilsülfanil) fenilboronik asit molekülünün titreşim

URL-1, <http://hitran.iao.ru/> erişim tarihi: 18.07.17

***Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* Ekstresinin Antioksidan, Antimikrobiyal, Tirozinaz İnhibitor Aktiviteleri ve RP-HPLC ile Fenolik Bileşiklerinin Araştırılması**

Investigation of Phenolic Compounds by RP-HPLC and Antioxidant, Antimicrobial, Tyrosinase Inhibitor Activities of Clinopodium vulgare L. subsp. vulgare Extract

Sıla Özlem ŞENER^{1,a}, Nuriye KORKMAZ^{2,b}, Şeyda AKKAYA^{2,c}, Merve BADEM^{2,d}, Rezzan ALİYAZICIOĞLU*^{2,e}, Ufuk ÖZGEN^{1,f}, Şengül ALPAY KARAOĞLU^{3,g}

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Farmakognozi A.B.D., 61080, Trabzon

²Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi, Biyokimya A.B.D., 61080 Trabzon

³Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 53100 Rize

• Geliş tarihi / Received: 18.04.2017 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 01.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 16.02.2018

Öz

Clinopodium vulgare L. subsp. *vulgare*, *Clinopodium* cinsine ve Lamiaceae familyasına mensup çok yıllık aromatik otsu bir bitkidir. Bu cins bitkiler sıklıkla geleneksel tedavide kullanılmaktadır. Farklı *Clinopodium* türlerinin farklı ekstrelerinin antioksidan, antimikrobiyal, tirozinaz inhibitör etkilerini ve HPLC ile fenolik bileşenlerinin analizini konu alan çalışmalar olmasına rağmen, *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* ekstresinin bu özelliklerinin tümünü içeren herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı *C. vulgare* subsp. *vulgare* metanol ekstresinin antioksidan, antimikrobiyal, tirozinaz inhibitör aktivitelerini ve HPLC analizi ile fenolik madde içeriğini belirlemektir. Ekstrenin fenolik bileşenleri ters faz yüksek performanslı sıvı kromatografisi (RP-HPLC) ile belirlendi. Antioksidan, tirozinaz inhibitör aktivite spektrofotometrik yöntemlerle ve antimikrobiyal aktivite disk difüzyon metodu ile incelendi. Ekstrenin toplam fenolik madde miktarı 27.9±0.4 mg gallik asit eşdeğeri/g numune, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikal süpürme kapasitesi IC₅₀ değeri 0.114±0.0004 mg/mL ve ferrik indirgeyici antioksidan güç (FRAP) değeri 1556±3 µM troloks eşdeğeri/g numune olarak hesaplandı. Tirozinaz inhibisyon çalışma sonucuna göre ekstrenin IC₅₀ değeri kojik asit standardından yüksek bulundu. HPLC ile analiz sonucunda protocatekuik asit, klorojenik asit, vanilin, sinapik asit ve benzoik asit tespit edildi. Ekstre, asid-hızlı bakteri (*M. smegmatis*), bazı gram pozitif (*S. aureus* ve *B. cereus*) ve bazı gram negatif (*Y. pseudotuberculosis*) bakterilere karşı ılımlı antibakteriyel aktivite gösterdi. Ancak *C. albicans* and *S. cerevisiae* türlerine karşı hiçbir antifungal aktivite göstermedi. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, *C. vulgare* subsp. *vulgare* yeni farmasotiklerin geliştirilmesinde potansiyel bir kaynak olarak düşünülebilir.

Anahtar kelimeler: Antioksidanlar, Antimikrobiyal, HPLC, Tirozinaz İnhibitor Aktivite

Abstract

Clinopodium vulgare L. subsp. *vulgare* is a perennial aromatic herbaceous plant belonging to *Clinopodium* genus and Lamiaceae family. This genus plants are often used in traditional therapy. There are no studies involving the whole of these properties of the *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* extract, although there are studies about antioxidant, antimicrobial, tyrosinase inhibitor effects and analysis of phenolic compounds by HPLC of different extracts of different *Clinopodium* genus. The purpose of this study was to determine the phenolic composition by HPLC, and antioxidant, antimicrobial, and tyrosinase inhibitor activity of methanolic extract of *C. vulgare* subsp. *vulgare*. The phenolic compounds were determined by reverse phase high performance liquid chromatography (RP-HPLC). The antioxidant, tyrosinase inhibitor, and antimicrobial activities of the extract were examined by spectrophotometric methods, and disc diffusion method, respectively. The total phenolic content (TPC), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical scavenging activity (DPPH), and ferric reducing antioxidant power (FRAP) values of the extract were found 27.9±0.4 mg gallic acid equivalents per g sample, 0.114±0.0004 mg/mL, and 1556±3 µM trolox equivalents per g sample, respectively. IC₅₀ value of the extract according to the tyrosinase inhibition study results was found higher than kojic acid standard. The protocatechuic acid, chlorogenic acid, vanillin, sinapic acid, benzoic acid were detected by HPLC analysis. The extract exhibited while moderate antibacterial activity against an acid-fast bacterium (*M. smegmatis*), some gram positive (*S. aureus* and *B. cereus*) and gram negative (*Y. pseudotuberculosis*) bacteria. But, antifungal activity was not showed against *C. albicans* and *S. cerevisiae* species. According to the results of this study, *C. vulgare* subsp. *vulgare* can be considered as a potential source for developing new pharmaceuticals.

Keywords: Antioxidants, Antimicrobial, HPLC, Tyrosinase inhibition

* Rezzan ALİYAZICIOĞLU; rezzanaoglu@mynet.com; Tel: (0462) 377 88 19; orcid.org/0000-0003-0143-8795

^a orcid.org/0000-0001-7679-7165

^b orcid.org/0000-0003-3370-4787

^c orcid.org/0000-0001-7261-7067

^d orcid.org/0000-0002-1265-5616

^f orcid.org/0000-0001-9839-6717

^e orcid.org/0000-0003-1047-8350

1. Giriş

Tıbbi bitkiler halk ilacı olarak ilk çağlardan günümüze kadar yaygın olarak kullanılmaktadır. (Tosun vd., 2016). Bitkilerin birkaç etkiye birden sahip olması, uzun yıllardır kullanımı sonucunda yan etkilerinin bilinmesi, sentetik ilaçlara göre daha az yan etkiye sahip olması, bitkiye ulaşımın kolay olması ve tedavide kullanım formunun kolay hazırlanması gibi nedenlerden dolayı bitkiye ilgi her zaman yoğun olmaktadır (Birinci, 2008). Bitkilerden modern ilaç formları kullanılarak preparatlar hazırlanmakta ve bu preparatlara günümüzde farklı ülkelerde bitkisel, bitkisel ilaçlar, fitofarmasötikler, fitoterapötikler ve geleneksel ilaçlar gibi farklı isimler verilmektedir. (Erugur, 2014). Doğal florada bulunan bitkiler halk arasında ilaç, boya, baharat ve gıda olarak da kullanımı uzun yıllardan beri süren bir kültür zenginliğimiz olmuştur (Çelikel, 2015).

Clinopodium vulgare cinsi *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* ve *Clinopodium vulgare* subsp. *arundanum* olmak üzere iki alt türe ayrılmıştır (Kokdil, 1998). *Clinopodium vulgare* Lamiaceae familyasına ait çok yıllık aromatik otsu bir bitkidir. Kuzey yarım kürenin ılıman bölgelerinde yaklaşık 2000-2500 m yükseklikte doğal olarak yetişmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda bitkinin etanol ve propilen glikol ekstresinin antitümoral (Dzhambazov vd., 2002) ve antibakteriyel etkisinin (Opalchenova ve Obreshkova, 1999) olduğu belirtilmiştir. *Clinopodium* cinsine ait bazı türlerle ilgili yapılan çalışmalarda *Clinopodium bolivianum* bitkisinin anti-enflamatuvar etkisinin (Soumitra vd., 2017), *Clinopodium macrostemum* var. *laevigatum* bitkisinin DPPH radikalini süpürücü etkisinin (Turner, 2008; Villa-Ruano vd., 2013) olduğu, *C. macrostemum* var. *macrostemum* ise antioksidan, hepatoprotektif ve nöroprotektif etkili olduğu bulunmuştur (Perez, 2013).

Sağlıklı ve zinde bir yaşam sürdürebilmenin arka planında hem hücrel ve hem de organizmanın oksidan-antioksidan dengesi öne çıkmaktadır. Serbest radikal oluşumundaki artışa veya antioksidan sistemdeki yetersizliğe bağlı olarak organizmada oksidatif stres gelişmektedir. Serbest radikaller yiyeceklerde lipid peroksidasyonuna neden olmakta, bu da yiyeceklerin bozulmasına yol açmaktadır. Reaktif oksijen (ROS) ve reaktif azot türleri DNA hasarına da neden olabilmekte ve mutasyon meydana gelebilmektedir. Buna ek olarak reaktif oksijen ve reaktif azot türleri sıtma, kalp hastalıkları, ateroskleroz, diyabet ve kanser

gibi birçok hastalığa yol açmaktadırlar. Antioksidanlar, hücrelere zarar veren bu prooksidanları (reaktif oksijen ve azot türleri, serbest radikaller) etkin bir şekilde indirgeyerek az zararlı veya zararlı olmayan ürünlere dönüştürürler. Bu tehlikeli bileşiklerin varlığı sağlıklı bir yaşam için antioksidanları gerekli kılmaktadır (Cao vd., 1999). Bu nedenle doğal kaynaklardan, sentetik antioksidanların yerini tutabilecek yeni antioksidanların bulunması için yapılan çalışmalar giderek önem kazanmaktadır ve bu alanda yapılan araştırmalar artmaktadır.

Bitkilerin antimikrobiyal bileşikleri genellikle esansiyel yağ kısmında bulunmaktadır. Bu bileşikler bitkinin karakteristik aromasından sorumludurlar ve genellikle bitkilerden su buharı distilasyonu ile elde edilirler. Antimikrobiyal aktivite; bitkinin türüne, kompozisyonuna ve konsantrasyonuna, hedef mikroorganizmanın türüne ve yüküne, gıdanın kompozisyonuna, işleme ve depolama koşullarına bağlıdır. Proteinler, lipitler, tuzlar, pH ve sıcaklık fenolik maddelerin antimikrobiyal aktivitelerini etkileyen faktörlerdir (Sağdıç, 2003). Bitkinin antimikrobiyal etkinliğini belirlemek için çeşitli mikroorganizmalar kullanılarak inhibisyon analizleri yapılmıştır.

Tirozinaz, melanin biyosentezinin özellikle ilk basamağında L-tirozinin L-dopakinon ve L-dopakrom'a dönüşümünden sorumlu bir enzimdir. Tirozinaz memelilerde, omurgasızlarda, bitkilerde, mikroorganizmalarda bulunur ve bu yapılarda birçok biyolojik fonksiyona sahiptir (Soliver-Rivas vd., 1999). Polifenoller enzim inhibitörleri arasında en yaygın olanlarıdır. Özellikle flavanoidler (stilbenler, kalkanlar, izoflavonoidler, izoflavonlar), uzun zincirli lipitler, steroidler bilinen inhibitörlerdir. Kojik asit tirozinazın en çok çalışılmış inhibitörüdür, aynı zamanda kozmetik alanında cilt beyazlatıcı ve gıda endüstrisinde enzimatik kararmayı önleyici gıda katkıları olarak kullanılmaktadır (Chen vd., 1991). Birçok bitkinin yaprak, tohum çiçek ve kabuklarında yaygın olarak buldukları için tirozinaz enzim aktivitesinin incelenmesi oldukça önemlidir.

Bu çalışmada ülkemizde ve dünyada halk ilacı olarak kullanılan *C. vulgare* L. subsp. *vulgare* metanol ekstresinin çeşitli metodlarla antioksidan, antimikrobiyal, tirozinaz inhibitör aktivitelerinin ve fenolik bileşenlerin belirlenmesi ve yeni farmasötiklerin geliştirilmesinde potansiyel bir kaynak olarak kullanılabilirliğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Bitkisel Materyalin Temini

C. vulgare L. subsp. *vulgare* 2014 yılının Mayıs ayında Sinop ilinden toplandı. Bitkinin botanik tanımlanması Karadeniz Teknik Üniversitesi Eczacılık Fakültesi'nde Prof. Dr. Ufuk Özgen tarafından yapıldı. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi'nde AEF 26697 herbaryum numarası ile saklandı.

2.1.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Asetik asit, hidrojen klorür Merck (Darmstadt, Germany) firmasından; folin reaktifi, metanol, 2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazin (TPTZ), demir (III) klorür, sodyum asetat, troloks, 2,2-difenil-2-pikrilhidrazil hidrat (DPPH), bütillenmiş hidroksi toluen (BHT), gallik asit, protokatekuik asit, protokatekul aldehyd, p-hidroksi benzoik asit, klorogenik asit, vanilik asit, kafeik asit, vanilin, şiring aldehyd,, p-kumarik asit, ferulik asit, tirozinaz, L-dopa, kojik asit ve DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) Sigma-Aldrich firmasından temin edildi (St. Louis, MO, USA).

2.1.3. Kullanılan Laboratuvar Cihazları

Çalışmamızda HPLC (Agilent 1100, DAD 1200 Agilent Technologies, Waldbronn, Germany) cihazı, UV-VIS spektrofotometre (Spectro UV-VIS Double PC-8 auto cell, Labomed), rotary evaporator sistemi (IKA®, Werke, USA), çalkalayıcı (Heidolph Promax 2020), pH metre (Hanna pH 213, Romania), magnetik karıştırıcı (Heidolph MR 3001, Germany), su banyosu (Nüve, ST 402) kullanıldı.

2.2. Metot

2.2.1. Ekstraksiyon

Bitki numunesi toplanarak gölgede kurutuldu ve kurutulan kısımlar değirmen yardımıyla toz haline getirildi. Toz haline getirilen bitki numunesinin konsantrasyonu 10 mg/mL olacak şekilde metanol ile ekstrakte edildi. Ekstraksiyon işlemi 24 saat boyunca 30 °C'de ısıtıcı karıştırıcıda yapıldı. Biyolojik aktivite tayinlerinde kullanılmak üzere bitki ekstresi 0-4 °C saklandı.

2.2.2. Toplam Fenolik Madde Miktarı Tayini

Metanolik bitki ekstresinin toplam fenolik madde tayini Slinkard ve Singleton metoduna göre spektrofotometrik olarak belirlendi (Slinkard ve

Singleton, 1977). İlk olarak, deney tüplerine bitki ekstresinden (10 mg/mL) 50 µL ve standart olarak gallik asitten (31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1000 µg/mL) 50'şer µL pipetlendi. Ardından her bir tüpe 2.5 mL saf su ve 250 µL Folin-Ciocalteu reaktifi (1:10 saf su ile seyreltilmiş) eklendi. Tüm tüpler vortekslendikten sonra, oda sıcaklığında 3 dakika inkübe edildi. İnkübasyon sonrası tüm tüplere 750 µL % 7.5'lik Na₂CO₃ eklendi ve vortekslendi. Karışımlar oda sıcaklığında 2 saat bekletildi ve 765 nm'de absorbans değerleri ölçüldü. Toplam fenolik madde miktarı gram numune başına mg gallik asit eşdeğeri olarak verildi.

2.2.3. Antioksidan Aktivite Çalışmaları

2.2.3.1. 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) Radikal Süpürme Kapasitesi Yöntemi

DPPH radikal süpürücü aktivite yöntemi Blois'in metoduna göre yapıldı (Blois, 1958). Metanolik bitki ekstresinin (100, 250, 500, 750, 1000 µg/mL) ve bütillenmiş hidroksi toluen (BHT) standardın (0.01, 0.005, 0.025, 0.0125, 0.00625 mg/mL) farklı konsantrasyonları hazırlandı. DPPH çözeltisi ise 100 µM olacak şekilde metanolde çözülerek hazırlandı. 750 µL DPPH çözeltisi, 750 µL metanolik bitki ekstresi çözeltileri üzerine eklenerek vortekslendi ve oda sıcaklığında 50 dakika inkübe edildi. 517 nm'de absorbanslar spektrofotometrik olarak okundu. Elde edilen sonuçlar grafiğe geçirildi ve IC₅₀ değerleri (mg/mL) hesaplandı. Bu çalışmada standart olarak kullanılan BHT için aynı işlemler uygulandı.

2.2.3.2. Ferrik İndirgeyici Antioksidan Güç (FRAP) Yöntemi

Ferrik indirgeyici gücün belirlenmesi için Benzie ve Strain'in geliştirdiği yöntem modifiye edilerek kullanıldı (Benzie ve Strain, 1999). FRAP reaktifi 2.5 mL, 300 mM (pH:3.6) asetat tamponu ile 40 mM HCl ile hazırlanan 0.25 mL, 10 mM TPTZ ve 0.25 mL, 20 mM demir (III) klorür çözeltileri karıştırılarak hazırlandı. Tüplere test numunesinden 50 µL (100 µg/mL) ve 1.5 mL FRAP reaktifi eklenerek vortekslendi. 30 dakika inkübasyondan sonra 593 nm'de absorbans ölçümü gerçekleştirildi. FRAP değeri gram numune başına µM troloks eşdeğeri olarak verildi.

2.2.4. Antimikrobiyal Aktivite Tayini

Antimikrobiyal aktivite tayinleri agar kuyucuk difüzyon yöntemi kullanılarak yapıldı (Woods vd., 2003). Çalışmamızda kullanılan test

mikroorganizmaları şunlardır: *Escherichia coli*, *Yersinia pseudotuberculosis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Mycobacterium smegmatis* bakterileri, *Candida albicans* mantarı ve *Saccharomyces cerevisiae* mayası.

2.2.4.1. Agar kuyucuk difüzyon metodu

Test edilecek bakterilerin bir gecelik kültürlerinden, sıvı besiyeri içinde yaklaşık olarak 10^6 kob/mL şeklinde dilüsyonlar hazırlanarak katı besiyerlerine yaygın ekimleri yapıldı. Ardından, steril cam boru ile besiyerleri üzerinde 2 cm aralıklarda, 5 mm çapında kuyucuklar açıldı. Ekstrenin 1 mL'de hazırlanmış stok çözeltilerden her bir kuyucuğa 50 µL damlatıldı. İnkübasyon işlemi bakteriler için 24 saat, mayalar için 48 saat olacak şekilde 36 °C'de petrielerde yapıldı ve inhibisyon zonları bir cetvel yardımı ile ölçüldü. Standard kontrol ilaç olarak bakteriler için Ampisilin (10 µg), mayalar için flukonazol (5 µg), *M. smegmatis* için Streptomycin ve standart çözücü kontrolü olarak metanol kullanıldı.

2.2.5. Tirozinaz Enzim Aktivitesi Yöntemi

Metanolik bitki ekstresinin tirozinaz enzim inhibisyonu aktivitesi standart olarak kojik asit kullanılarak Masuda yöntemine göre belirlendi (Masuda vd., 2005). 100 µL fosfat tamponu (pH 6.8) 96 kuyucuklu mikropalakaya aktarılarak üzerine 25, 50, 100, 500 µL bitki ekstraktları ve 40 µL tirozinaz çözeltilerinden eklendi. Oluşan karışım 25°C'de 15 dakika inkübe edildi ve 40 µL L-dopa ile muamele edildi. Ayrıca, tirozinaz enzim çözeltileri olmadan hazırlanmış tepkime reaktiflerine bitki ekstresinden ilave edilerek kör çözeltileri hazırlandı. Absorbansları 10 dakikalık inkübasyonun ardından 492 nm'de okundu. Körlerin absorbansları bitki ekstresinden çıkarılarak gerçek absorbanslar elde edildi ve IC_{50} değerleri hesaplandı.

2.2.6. HPLC

Gallik asit, protokatekuik asit, protokatekul aldehit, *p*-hidroksi benzoik asit, klorojenik asit, vanilil asit, kafeik asit, vanilin, şiringaldehit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, sinapik asit ve benzoik asit standart olarak kullanılan fenolik bileşiklerdir. İlk olarak, her standartı içeren stok çözeltileri 100 µg/mL konsantrasyonda hazırlandı ve 0.45 µm membran filtreden geçirildi. Stok çözeltileri, 5-100 µg/mL konsantrasyon aralığında seyreltilerek kalibrasyon eğrisi oluşturuldu. Fenolik bileşiklerin HPLC analizi [A: 2% asetik asit: su; B: 0.5%

asetik asit asetonitril: su (1:1)], bir HPLC sistemi (Shimadzu Corporation, LC 20AT, Kyoto, Japonya) üzerinde 1.2 mL/dakika sabit bir çözücü akış oranında bir ters faz kolon kullanılarak gerçekleştirildi. Enjeksiyon hacmi 20 µL olarak belirlendi. Sinyaller; 232, 246, 260, 270, 280, 290, 308 ve 328 nm'de, oda sıcaklığında DAD dedektörü kullanılarak kaydedildi. Aliyazicioglu vd. (2017) metoduna göre uygulanan çözücü gradientleri şu şekildedir: %5 çözücü B ve %95 çözücü A (gradient uygulanmayan çözücü) oranlarında başlanan gradient 41. dakikaya kadar belirli oranlarda çözücü B (% 65) gradienti artırılarak devam edildi. 270 nm ve 340 nm'de kromatogramlar incelenerek fenolik asitlerin tanınması ve miktarının belirlenmesi için UV spektrumları ve alıkonma zamanları standartlarla karşılaştırıldı.

3. Bulgular ve Tartışma

ROS, yaşayan normal hücrel metabolizmanın bir sonucu olarak yaşamını sürdüren organizmalar tarafından üretilmektedir (Halliwell ve Gutteridge, 1999). Miktarları düşük ya da orta düzeyde olduklarında fizyolojik olarak işlev görüp organizmaya zarar vermemektedirler; fakat düzeyleri arttığında DNA, protein, lipit gibi hücre bileşenleri üzerinde yan etki oluşturmaktadırlar (Valko vd., 2006; Marnett, 1999). Oksidan/antioksidan dengenin oksidanlar yönüne kayması ile 'oksidatif stres' oluşmaktadır. Oksidatif stres; kanser, nörolojik bozukluklar (Lyras vd., 1997; Sayre vd., 2001), ateroskleroz, hipertansiyon, iskemi/perfüzyon (Dhalla vd., 2000; Kasparova vd., 2005), diyabet, çeşitli akciğer hastalıkları (pulmoner rahatsızlıklar, kronik obstrüktif akciğer hastalığı) (Asami vd., 1997) gibi birçok hastalığa sebep olmaktadır. Çalışmamızda antioksidan aktivitenin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan *in vitro* yöntemlerden toplam fenolik madde miktarının belirlenmesine dayanan Folin yöntemi, ferrik indirgeyici antioksidan güç (FRAP) ve 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) radikali temizleme yöntemleri (Lu vd., 2011) kullanılmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Yapılan literatür taramalarına göre, *C. vulgare* L. subsp. *vulgare*'nin antioksidan aktivitesi ile ilgili Tepe vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada, *C. vulgare* uçucu yağının antioksidan aktivitesi, DPPH serbest radikal süpürme aktivitesi ile değerlendirilmiştir. Bu rapora göre, uçucu yağ fraksiyonunun serbest radikal temizleme potansiyeli 63.0 µg/mL (IC_{50}) olarak tespit edilmiştir. Villa-Ruano vd. (2013) *Clinopodium macrostemum* var. *laevigatum* ile yaptığı bir

çalışmada DPPH yöntemine göre IC₅₀ değerini 0.92–1.46 g/L olarak rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada *C. vulgare* aseton, metanol ve su ekstralarının total fenolik içeriği sonuçlarına baktığımızda en yüksek değer metanol ekstresinde (44.4 ± 1.75 mg GAE/g ekstre) olduğu, DPPH sonuçlarına baktığımızda ise en yüksek değer su ekstresinde (82.56 ± 1.64 mg TE/g ekstre) olduğu bulunmuştur (Sarıkurkcu vd., 2015). Çalışmamızda elde edilen antioksidan aktivite değerlerinin literatür verileriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Kullanılan bitkinin yetiştiği toprak içeriğinin, bitkinin toplandığı bölgenin iklimsel özelliklerinin, kullanılan çözücü türünün

farklı olmasından dolayı farklılıkların görülebileceği düşünülmektedir. Mevcut çalışmada *C. vulgare* L. subsp. *vulgare*'nin metanol ekstresinde gallik asit, protokatekuik asit, protokatekul aldehit, *p*-hidroksi benzoik asit, klorojenik asit, vanilik asit, kafeik asit, vanilin, şiringaldehit, *p*-kumarik asit, ferulik asit, sinapik asit ve benzoik asiti içeren 13 fenolik bileşenin varlığı (Şekil 1) ve miktarları araştırılmış, elde edilen bulgular Tablo 2'de verilmiştir. Bu verilere göre araştırılan ekstre bileşiminde bu bileşenlerden protokatekuik asit, klorojenik asit, vanilin, sinapik asit ve benzoik asit bulunmuştur (Şekil 2).

Tablo 1. *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* ekstresinin antioksidan aktivitesi

Test bileşikleri	TPC ¹	FRAP ²	DPPH ³
Ekstre	27.9 ± 0.4	1556 ± 3	0.114 ± 0.0004
BHT			0.009 ± 0.0001

¹Total fenolik içeriği (TPC) değeri (mg gallik asit eşdeğeri/gram), ²FRAP değeri (µM troluks eşdeğeri/gram), ³DPPH IC₅₀ değeri (mg/mL).

Tablo 2. *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* ekstresinde bulunan fenolik bileşikler

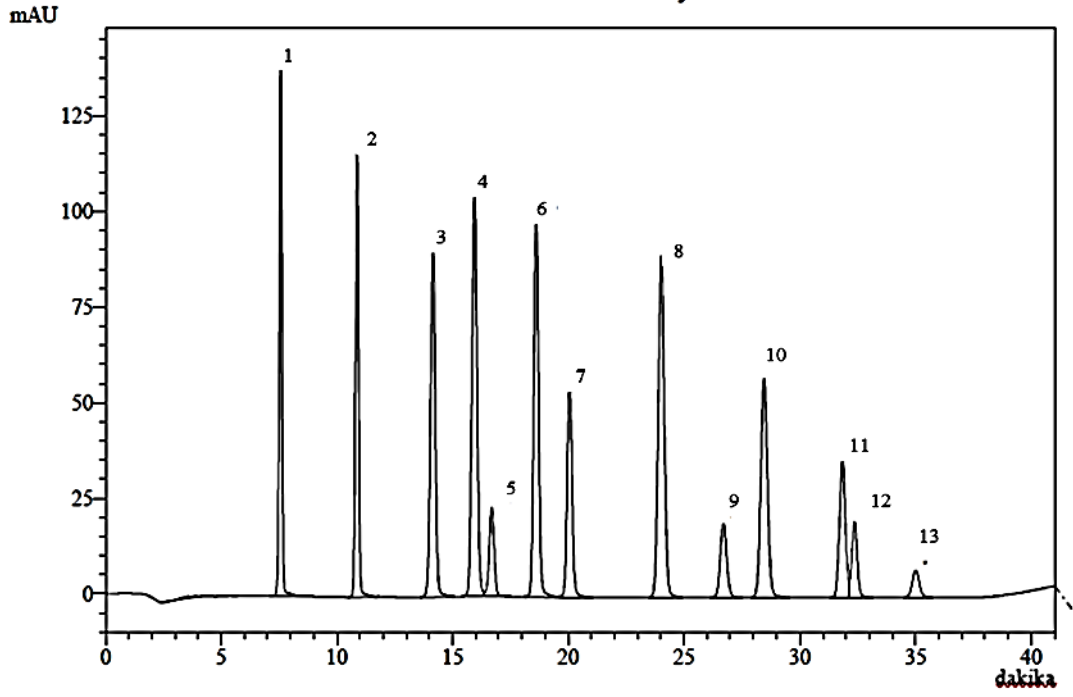
Bileşik	Alınma zamanı	Alan	Konsantrasyon (mg/L)
1 Gallik asit	-	-	-
2 Protokatekuik asit	10.457	23114	0.918
3 Protokatekul aldehit	-	-	-
4 <i>p</i> -hidroksi benzoik asit	-	-	-
5 Klorojenik asit	17.089	15104	1.508
6 Vanilik asit	-	-	-
7 Kafeik asit	-	-	-
8 Vanilin	23.944	61602	1.323
9 Şiringaldehit	-	-	-
10 <i>p</i> -kumarik asit	-	-	-
11 Ferulik asit	-	-	-
12 Sinapik asit	32.410	87663	6.726
13 Benzoik asit	34.416	198778	32.079

Sarıkurkcu vd. (2015)'nin yaptığı çalışmada *C. vulgare*'nin metanol ekstresinde protokatekuik asit, (+)-kateşin, *p*-hidroksi benzoik asit, klorojenik asit, kafeik asit, (-)-epikateşin, ferulik asit, benzoik asit, rutin, rosmarinik asit, apigenin tespit edilmiştir.

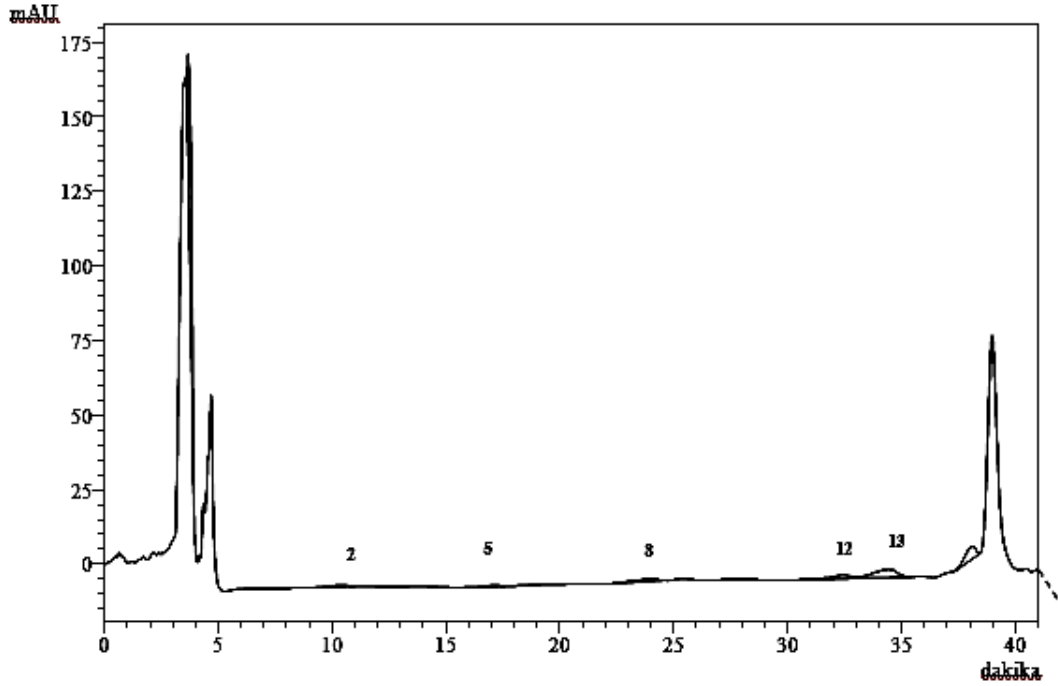
Fenolik bileşikler antioksidan etkili olduklarından bitkisel ağırlıklı beslenme ile bu bileşiklerin alımı vücutta radikal oluşumunu azaltarak kanser, damar hastalıkları gibi hastalıkların riskini düşürmektedirler. (Halliwell, 2007). Bitkinin

fenolik içeriğinin yüksek çıkması çeşitli hastalıkların tedavisinde bu bitkinin ilaç hammaddeleri kaynağı oluşumuna katkısı bakımından önem arz etmektedir.

Mikroorganizmaların gelişmesini durdurabilen veya onları öldürebilecek ajanlara antimikrobiyal maddeler adı verilmektedir. Son yıllarda, antibiyotik direncine sahip mikroorganizmaların giderek artış göstermesi ile bu mikropların neden olduğu enfeksiyonların tedavisini zorlaşmaktadır.



Şekil 1. Standart RP-HPLC kromatogramı. Pikler: (1) gallik asit, (2) protokatekuik asit, (3) protokatekul aldehid, (4) *p*-hidroksi benzoik asit, (5) klorojenik asit, (6) vanilik asit, (7) kafeik asit, (8) vanilin, (9) şiringaldehid, (10) *p*-kumarik asit, (11) ferulik asit, (12) sinapik asit, (13) benzoik asit.



Şekil 2. *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* HPLC kromatogramı. Pikler: (2) protokatekuik asit, (5) klorojenik asit, (8) vanilin, (12) sinapik asit, (13) benzoik asit.

Ayrıca antibiyotiklere direnç geliştiren bakterilerin varlığı, ilaç dirençliliğini artırmaktadır. Bu nedenler göz önüne alındığında, ilaçlara alternatif olarak tıbbi bitkilerin kullanılmasına ihtiyaç da artmaktadır (Yarnell ve Abascal, 2004). Bu amaçla, çalışmamızda *C.*

vulgare L. subsp. *vulgare*'nin antimikrobiyal aktivitesi incelendi. Çalışılan mikroorganizmalar arasında bu bitkinin, en iyi etkisinin akciğer enfeksiyonu etkenleri olabilen grubu temsil eden *Y. pseudotuberculosis* (ATCC 911) üzerinde olduğu belirlendi (Tablo 3). Ayrıca, *S. aureus*, *B.*

cereus ve *M. smegmatis* üzerinde de etki gözlemlendi. *Clinopodium* cinsinin başka bir türü olan *C. bolivianum* bitkisi ile Mohanty vd. (2017) *E. coli* üzerinde yapmış olduğu bir çalışmada bitkinin bakterinin yayılmasını engellediği fakat üremesini inhibe etmediğini bildirmişlerdir.

Saç rengini sağlayan faktörlerden biri olan melaninin görevi, deriyi UV ışınlarından korumak ve reaktif oksijen türlerini gidermektir. Tirozinaz enzimi, L-tirozinin monofenolaz ile hidrosilasyonunu ve L-dopanın difenolaz ile o-dopakinona oksidasyonunu katalizlemektedir (Chan vd., 2008). Tirozinaz, vücutta melanin sentezinin aşırı olmasından kaynaklanan cilt lekeleri gibi hiperpigmentasyon ve sentezinin yeterli olmamasından kaynaklı hipopigmentasyon problemlerinde rol oynayan bir enzimdir. Bu enzimi inhibe eden ajanlar hiperpigmentasyon ve aktive eden ajanlar ise hipopigmentasyon

problemlerinin tedavisinde kullanılabilir (Gholamhoseinian ve ZohreRazmi, 2012). *C. vulgare*'nin aseton ekstresinde tirozinaz inhibitör aktivitesinin 1.85 ± 0.40 mg galantamin eşdeğeri/g ekstre olarak bulunduğu belirtilirken metanol ekstresinde hiçbir aktivitenin olmadığı belirtilmiştir (Sarikurkcu vd., 2015). Bizim çalışmamızda ise Sarikurkcu'nun çalışmasıyla uyumlu olarak *C. vulgare* L. subsp. *vulgare* metanol ekstresinde IC₅₀ değeri (>1000 µg/mL) standart olarak kullanılan kojik aside (63.095 µg/mL) göre oldukça yüksek bulunmuştur.

Bu çalışma sonucunda elde edilen verilere bakıldığında *C. vulgare* L. subsp. *vulgare* metanol ekstresinin iyi bir antioksidan ve antimikrobiyal kaynağı olduğu ve faydalı fenolik bileşime sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışılan tür doğal antioksidanların ve antimikrobiyallerin önemli bir kaynağı olarak düşünülebilir.

Tablo 3. *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* ekstresinin antimikrobiyal aktivitesi (50 µL)

	Mikroorganizmalar ve inhibisyon çapı (mm)								
	Ec	Yp	Pa	Sa	Ef	Bc	Ms	Ca	Sc
Ekstre	-	12	-	6	-	8	6	-	-
Ampisilin	10	10	18	10	35	15	-	-	-
Streptomisin							35		
Flukonazol	-	-	-	-	-	-	-	25	25

Ec: *E. coli*, Yp: *Y. pseudotuberculosis*, Pa: *P. aeruginosa*, Sa: *S. aureus*, Ef: *E. faecalis*, Bc: *B. cereus*, Ms: *M. smegmatis*, Ca: *C. albicans*, Sc: *S. cerevisiae*, (-): aktivite yok.

Teşekkür

Sıla Özlem ŞENER ve Merve BADEM lisansüstü eğitimlerine destekleri için Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

Aliyazicioğlu, R., Demir, S., Badem, M., Sener, S.O., Korkmaz, N., Demi, E.A., Ozgen, U., Karaoglu, S.A., Aliyazicioğlu, Y., 2017. Antioxidant, Antigenotoxic, Antimicrobial Activities and Phytochemical Analysis of *Dianthus carmelitarum*. *Records of Natural Products*, 11, 3, 270-284.

Asami, S., Manabe, H., Miyake, J., Tsurudome, Y., Hirano, T., Yamaguchi, R., Itoh, H. Ve Kasai, H., 1997. Cigarette smoking induces an increase in oxidative DNA damage, 8-hydroxydeoxyguanosine, in a central site of the human lung. *Carcinogenesis*, 18, 9, 1763–1766.

Benzie, I.F.F. ve Strain, J.J., 1996. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70–76.

Birinci, S., 2008. Doğu Karadeniz Bölgesinde Doğal Olarak Bulunan Faydalı Bitkiler ve Kullanım Alanlarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, 181s.

- Blois, M.S., 1958. Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- Cao, G. ve Prior, R.I., 1999. The Measurement of Oxygen Radical Absorbance Capacity in Biological Samples. *Methods in Enzymology*, 299, 50-62.
- Chan, E.W.C., Lim, Y.Y., Wong, L.F., Lianto, F.S., Wong, S.K., Lim, K.K., Joe, C.E. ve Lim, T.Y., 2008. Antioxidant and tyrosinase inhibition properties of leaves and rhizomes of ginger species. *Food Chemistry*, 109, 477-483.
- Chen, J.S., Wei, C. ve Marshall, M.R., 1991. Inhibition mechanism of kojic acid on polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39, 1897-1901.
- Çelikel, D., 2015. *Hypericum perforatum* bitkisinden elde edilen kantaron yağının yara iyileşmesi üzerine etkilerinin deneysel olarak incelenmesi. Doktora tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Ağız Diş ve Çene Cerrahisi Anabilim Dalı, Sivas, 196s.
- Dhalla, N.S., Temsah, R.M. ve Neticadan, T., 2000. Role of oxidative stress in cardiovascular diseases. *Journal of Hypertension*, 18, 655-673.
- Dzhambazov, B., Daskalova, S., Monteva, A., Popov, N., 2002. In vitro screening for antitumour activity of *Clinopodium vulgare* L. (Lamiaceae) extracts. *Biological and Pharmaceutical Bulletin Journal*, 25, 499-504.
- Eruygur, N., 2014. Türkiye’de yetişen bazı *Echium* türlerinin yara iyileştirici aktivitesinin araştırılması. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Farmakognozi Ana Bilim Dalı, Ankara, 176s.
- Gholamhoseinian A., ZohreRazmi Z., 2012. Screening the methanolic extracts of some plants for tyrosinase inhibitory activity. *Toxicology Environment Chemistry*, 94, 310-318.
- Halliwel, B., 2007. Dietary polyphenols: Good, bad or indifferent for your health?. *Cardiovascular Research*, 73, 341-347.
- Kasparova, S., Brezova, V., Valko, M., Horecky, J., Mlynarik, V., Liptaj, T., Vancová, O., Ulicná, O. ve Dobrota, D., 2005. Study of the oxidative stress in a rat model of chronic brain hypoperfusion. *Neurochemistry International*, 46, 601-611.
- Kaur, C. and Kapoor, H.C., 2001. Antioxidants in fruits and vegetables-the millennium’s health. *International Journal of Food Science & Technology*, 36, 703-725.
- Kokdil, G., 1998. Composition of the essential oil of *Clinopodium vulgare* ssp. *arundanum* (Boiss.) from two different localities in Turkey. *Flavour and Fragrance Journal*, 13, 170-172.
- Lu, X., Wang, J., Al-Qadiri, H.M., Ross, C.F., Powers, J.R., Tang, J. ve Rasco, B.A., 2011. Determination of total phenolic content and antioxidant capacity of onion (*Allium cepa*) and shallot (*Allium oschaninii*) using infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 129, 2, 637-644.
- Lyras, L., Cairns, N.J., Jenner, A., Jenner, P. ve Halliwel, B., 1997. An assessment of oxidative damage to proteins, lipids, and DNA in brain from patients with Alzheimer’s disease. *Journal of Neurochemical Research*, 68, 2061-2069.
- Marnett, L.J., 1999. Lipid peroxidation DNA damage by malondialdehyde. *Mutation Research*, 424, 83-95.
- Martos, I., Cosentini, M., Ferreres, F. ve Tomas-Barberan, F.A., 1997. Flavonoid Composition of Tunisian Honeys and Propolis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2824-2829.
- Masuda, T., Yamashita, D., Takeda, Y. ve Yonemori, S., 2005. Screening for tyrosinase inhibitors among extracts for of seashore plants and identification of potent inhibitors from *Garcinia subelliptica*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 69, 197-201.
- Mohanty, S., Kamolovit, W., Zambrana, S., Sandström, C., Gonzales, E., Ostenson, C.G. ve Braunerf, A., 2017. Extract of *Clinopodium bolivianum* protects against *E. coli* invasion of uroepithelial cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 198, 214-220.

- Opalchenova, G. ve Obreshkova, D., 1999. Antibacterial action of extracts of *Clinopodium vulgare* L. curative plant. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 25, 323–328.
- Perez, G.R.M., 2013. Antihepatotoxic, nephroprotective, and antioxidant activities of phenolic compounds from *Satureja macrostema* leaves against carbon tetrachloride-induced hepatic damage in mice. *Medicinal Chemistry Research*, 22, 1846–1855.
- Sagdıç, O., Kuscu, A., Ozcan, M. ve Ozcelik, S., 2002. Effects of Turkish spice extracts at various concentrations on the growth *E. coli* O157:H7. *Food Microbiology*, 19, 473-480.
- Sarikurkcu, C., Ozer, M.S., Tepe, B., Dilek, E. ve Ceylan, O., 2015. Phenolic composition, antioxidant and enzyme inhibitory activities of acetone, methanol and water extracts of *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* L.. *Industrial Crops and Products*, 76, 961–966.
- Sayre, L.M., Smith, M.A. ve Perry, G., 2001. Chemistry and biochemistry of oxidative stress in neurodegenerative disease. *Current Medicinal Chemistry*, 8, 721–738.
- Slinkard, K. ve Singleton, V.L., 1977. Total Phenol Analysis: Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49-55.
- Soler-Rivas, C., Jolivet, S., Arpin, N., Olivier, J.M. ve Wihers, H.J., 1999. Biochemical and physiological aspects of Brown blotch disease of *Agaricus bisporus*. *FEMS Microbiology Reviews*, 23, 591-614.
- Soumitra, M., Witchuda, K., Silvia, Z., Corine, S., Eduardo, G., Claes-Goran, O. ve Annelie, Br., 2017. Extract of *Clinopodium bolivianum* protects against *E. coli* invasion of uroepithelial cells. *Journal of Ethnopharmacology*, 198, 214–220.
- Tepe, B., Sihoglu-Tepe, A., Daferera, D., Polissiou, M. ve Sokmen, A., 2007. Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Clinopodium vulgare* L.. *Food Chemistry*, 103, 766–770.
- Tosun, A., Süntar, İ., Keleş, H., Kiremit, H., Asakawa, Y. ve Akkol, E., 2016. Wound Healing Potential of Selected Liverworts Growing in Turkey. *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences*, 13, 3, 285-291.
- Turner, B.L., 2008. Taxonomic status of *Clinopodium macrostema* (Lamiaceae). *Phytologia*, 90, 411–413.
- Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M. ve Mazur, M., 2006. Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 160, 1–40.
- Villa-Ruano, N., Pacheco-Hernandez, Y., Zurita-Vasquez, G., Betancourt-Jiménez, M.B., Cruz-Duran, R., Duque-Bautista, H., 2013. Anti-lipase and antioxidant properties of 30 medicinal plants used in Oaxaca México. *Biological Research*, 46, 153–160.
- Woods, G.L., Brown-Elliott, B.A., Desmond, E.P., Hall, G.S., Heifets, L., Pfyffer, G.E., Ridderhof, J.C., Wallace, R.J., Warren, N.C., Witebsky, F.G. 2003. In Susceptibility Testing of Mycobacteria, Nocardiae, and Other Aerobic Actinomycetes; Approved Standard, NCCLS document M24-A, 23, 18.
- Yarnell, E. ve Abascal, K., 2004. The Leading Publisher in Biotechnology. *Alternative Complementary Therapies*, 5, 277-284.

Çarpan Eş Eksenli Bir Hava Jetinde Debi Oranının Akış Karakteristikleri Üzerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi

Experimental Investigation of the Effect of Flow Rate Ratio on the Flow Characteristics in a Co-axial Impinging Air Jet

Burak MARKAL*

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, 53100, Rize

• Geliş tarihi / Received: 29.09.2017 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 23.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 27.02.2018

Öz

Bu çalışmada, dairesel ve halkasal eş eksenli akış pasajlarına sahip bir lüleden çıkarak dairesel bir plaka üzerine çarpan jetin hidrodinamik karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel üç farklı Reynolds sayısında ($Re = 6688, 9364$ ve 12039), beş farklı debi oranında ($Q^* = 0, 0.2, 0.5, 0.8$ ve 1.0) ve tek bir boyutsuz lüle-plaka uzaklığında ($H^* = 0.8$) gerçekleştirilmiştir. Belirtilen çalışma parametreleri için boyutsuz basınç katsayısının (C_p) çarpma plakası üzerinde merkez hattı boyunca dağılımı elde edilmiştir. İncelenen tüm Reynolds sayılarında, $Q^* = 0, 0.2$ ve 0.5 değerleri için durma noktası çarpma plakası merkezinde oluşmakta ve ilgili noktaya ait basınç değerleri artan Q^* ile azalmaktadır. $Q^* = 0.8$ ve 1.0 ise birbirine benzer davranış göstermekte olup, bu şartlar altında çoklu durma noktaları oluşmaktadır.

Anahtar kelimeler: Basınç dağılımı, Debi oranı, Eş eksenli çarpan jet

Abstract

In this study, hydrodynamic characteristics of a jet issuing from a nozzle with concentric circular and annular flow passages are investigated experimentally. Experiments are conducted for different Reynolds number ($Re = 6688, 9364$ and 12039) and flow rate ratio ($Q^ = 0, 0.2, 0.5, 0.8$ and 1.0) at a constant dimensionless nozzle-to-plate distance ($H^* = 0.8$). For the relevant test parameters, the distribution of the dimensionless pressure coefficient (C_p) through the centerline of the impingement plate is obtained. For all the Reynolds numbers and the values of $Q^* = 0, 0.2$ and 0.5 , the stagnation point formed at the center of the impingement plate, and the relevant pressure values for this point decreases with increasing Q^* . On the contrary, $Q^* = 0.8$ and 1.0 shows similar behaviors (for each other) in which multiple stagnation points occur.*

Keywords: Pressure distribution, Flow rate ratio, Co-axial impinging jet

*^a Burak MARKAL; burak.markal@erdogan.edu.tr; Tel: (0506) 371 35 34; orcid.org/0000-0001-6356-3503

1. Giriş

Çarpan jetler, hem günümüzde aktif olarak uygulama alanı bulan hem de geleceğe yönelik beklentileri karşılama potansiyeline sahip modern ve yenilikçi ısı kontrol yöntemlerinden biridir. Endüstrideki bazı uygulama alanları; elektronik ekipmanların soğutulması (Oztekin vd., 2012), uçak kanatlarında buzlanmayı önleyen sistemler (Yu vd., 2014), gaz türbini kanatlarının ve yanma odalarının dış duvarlarının soğutulması (Rim vd., 2016), tekstil ürünleri ve kağıtların kurutulması (Fenot ve Doricnac, 2016), camın tavlama (Dhamanekar ve Srinivasan, 2017) olarak örneklendirilebilir. Hidrodinamik açıdan bir çarpan jet; serbest jet bölgesi, çarpma bölgesi ve duvar jeti bölgesi olmak üzere üç farklı bölgeden oluşmaktadır (Nuntadusit vd., 2012; Ahmed vd., 2016). Genel olarak türbülanslı akış rejiminin etkili olduğu jet akışlarında akışın kaotik yapısı, geometrik karakteristikler (lüle geometrisi, tekil ve çoklu jet ve çarpan yüzey yapısı) ve akışkan türü bu bölgelerin hidrodinamik davranışları üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu kapsamda, ilgili parametrelerin tekil ve bütünlük etkilerini inceleyen birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. İlgili çalışmalarda ana hedef, çarpan jet yüzeyinde üniform bir basınç ve sıcaklık dağılımı elde etmektir. Tek lülenin kullanıldığı klasik jet uygulamalarında, jet-yüzey etkileşiminin dar bir bölgede meydana gelmesi yukarıda tanımlanan hedefi kısıtlamaktadır. İlgili etkileşim bölgesinin artırılmasına yönelik olarak birden fazla lüle çıkışına sahip eş ve kaçık-eksenli lüle geometrileri literatürde bir çözüm olarak sunulmuştur. Eş-eksenli lüle geometrisine sahip jet akışlarını konu alan çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Ko ve Au (1985) farklı hız oranlarında eş eksenli jetlerin akış bölgelerini incelemiş ve hız oranının hidrodinamik karakteristikleri etkileyen önemli bir parametre olduğunu ifade etmişlerdir. Mahmud vd. (1987) toz halindeki bitümlü kömür için kullanılan tipik bir yakıcıya ait serbest, dönmeli, eş eksenli jetin aerodinamik karakteristiklerini incelemişlerdir. Lüle çıkışına yakın bölgeden ortalama hız ve statik basınç ölçümleri almışlardır. Akış deseni türünün birincil ve ikincil jetlerdeki dönme seviyesine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Dahm vd. (1992) durgun ortam havasına gönderilen eş eksenli jette meydana gelen vorteks desenlerini deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Fan vd. (1997) lazer difraksiyon metodu ve tomografi veri dönüşüm tekniği kullanarak hava partikül karışımı türbülanslı eş eksenli jetlerin partikül

konsantrasyonları ve partikül boyut dağılımlarını ölçmüşlerdir. Havanın partiküllere kıyasla çok daha hızlı bir şekilde yayıldığını ve yayılımın artan hız ile belirgin bir şekilde arttığını belirtmişlerdir. Rehab vd. (1997) dış jet hızının iç jet hızından daha yüksek olduğu koşullarda eş eksenli jetin lüle çıkış bölgesindeki akış yapısını incelemişlerdir. İçteki potansiyel konik yapı uzunluğunun hız oranına önemli derecede bağlı olduğunu ve kritik bir hız oranı değerinden sonra kesik koni şekline dönüştüğünü belirtmişlerdir. Mergheni vd. (2008) dört farklı hız oranı için eş eksenli jetin akış alanını incelemişlerdir. İçteki potansiyel bölge uzunluğunun hız oranına önemli derecede bağlı olduğunu; dış potansiyel bölgenin ise hız oranının birden büyük olduğu durumlarda hız oranından bağımsız olduğunu ifade etmişlerdir. Schumaker ve Driscoll (2009) eş eksenli türbülanslı jet alevlerini incelemişlerdir. Lülenin iç bölgesinden oksijeni; dış bölgesinden ise hidrojeni göndermişlerdir. Birincil karışımın lülenin hemen çıkışındaki alanda meydana geldiğini ifade etmişlerdir. Lu vd. (2013) eş eksenli (gaz – parçacık karışımı) jet akışında parçacıkların kütleli debisinin ve halkasal boşluğun parçacık kabarcıkları üzerindeki etkisini, yüksek hızlı akış görüntüleme tekniği yardımıyla deneysel olarak incelemişlerdir. Kabarcığın radyal büyüme hızının, hava jetinin yüzeyel hızı ile kontrol edildiğini ve kabarcıklaşmanın ana sebebinin gaz ve parçacık fazı arasındaki radyal hız farkı olduğunu belirtmişlerdir. New ve Tsioli (2014), 45 ve 60 derece eğimli eş eksenli jetlerde deneysel çalışmalar yapmışlardır. Nispeten daha geniş halkasal boşluk durumunda kendiliğinden uyarımlı salınımların erkenden bastırılabilirliğini belirtmişlerdir. Fang vd. (2016) gaz-katı karışımı eş eksenli jetler üzerine çalışmışlardır. Aynı halkasal gaz hızında, boyutsuz dalga uzunluğunun ve genliğinin artan iç kanal duvar kalınlığı ile sırasıyla arttığını ve azaldığını ifade etmişlerdir. Boualia vd. (2017) üç jetli eş eksenli yakıcı üzerine çalışmışlardır. En içteki ve en dıştaki kanallardan oksijen; ortadaki kanaldan ise yakıt göndermişlerdir. İçteki potansiyel çekirdek bölgesinin merkezdeki jetin yer değişimine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Mergheni vd. (2017) eş eksenli bir yakıcı aracılığıyla oluşturulan hava akışının kontrolünü deneysel olarak incelemişlerdir. Türbülans şiddetini artırmak amacıyla yakıcının halkasal çıkışı tarafına küçük engeller yerleştirmişlerdir. Bu iyileştirmenin iki olumlu sonucu olduğunu belirtmişlerdir: (1) Akışkanların daha iyi karışması (2) eksenel hızın azalması ve bu şekilde alev kararlılığının iyileşmesi. Kok vd. (2017) eş eksenli bir jette sıcak ve soğuk akışkanların karışım davranışını deneysel ve

sayısal olarak incelemişlerdir. Sıcak ve soğuk jetler arasındaki sıcaklık farkı arttıkça ısı karışım veriminin arttığını belirtmişlerdir.

Eş eksenli jetlerle ilgili mevcut literatür özeti incelendiğinde, yapılan çalışmaların genellikle yakıcı tasarımlarının optimizasyonu, alev kararlılığı, yanıcı ve yakıcı gazların karıştırılması veya gaz içerisine partikül katılımının iyileştirilmesi, bir başka ifadeyle serbest jet akışları üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Çarpan jetler yenilikçi ısı kontrol yöntemlerinden biri olmasına rağmen, literatürde eş-merkezli jet geometrisini konu alan çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır. Çelik ve Eren (2009) çarpan eş eksenli hava jetinin ısı transfer karakteristiklerini farklı hız oranları için incelemişlerdir. Çalışmaya ait hidrodinamik incelemeler ise çarpma plakası varlığını dikkate almayan serbest jet akışı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Çelik diğer bir çalışmada ise (Çelik (2011)), aynı jet geometrisi için çarpma plakası yüzey pürüzlülüğünün ısı transferi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Burada, her iki çalışma için de araştırma parametresi olarak tanımlanan hız oranının lüle geometrisinde değişime gidilerek sağlandığı vurgulanmalıdır. Isı transferinin, hız alanının bir fonksiyonu olduğu literatürde açıkça belirtilmiştir. İlgili mekanizmanın daha iyi anlaşılabilmesi için eş-eksenli lüle geometrisini çarpan yüzeyle birlikte ele alan hidrodinamik incelemelere gereksinim duyulmaktadır. Konu kapsamında yapılan literatür araştırmasında, eş-eksenli çarpan hava jetlerini farklı debi oranları için hidrodinamik açıdan inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu açıklık göz önüne alınarak, bu çalışmada, dairesel bir plaka üzerine çarpan, eş eksenli (iç bölüm dairesel ve dış bölüm halkasal) türbülanslı bir hava jetinin hidrodinamik karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Bu kapsamda, Reynolds sayısının ve debi oranının yerel boyutsuz basınç katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

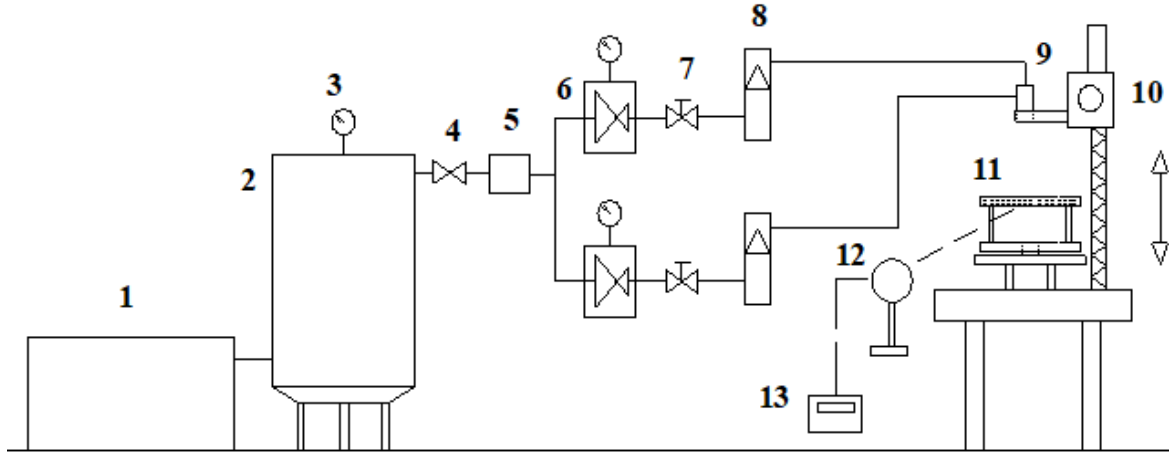
2. Materyal ve Yöntem

Deney düzeneğinin şematik resmi Şekil 1'de verilmiştir. Deney düzeneği iki temel bölümden oluşmaktadır: Hava temin ünitesi ve test bölgesi. Hava temin ünitesi vidalı bir kompresör (1), hava tankı (2), manometre (3), filtre ve kurutma cihazından (5) oluşmaktadır. Kompresör aracılığıyla oda koşullarına şartlandırılmış ortamdan temin edilen hava sisteme gönderilir. İş akışkanı, hava filtresi ve kurutma cihazından geçtikten sonra test bölgesine ulaşır. Test bölgesiyle ilgili detaylı fotoğraflar ekil 2a ve b'de; lülenin detaylı

görüntüleri ise Şekil 3a ve b'de verilmiştir. Eş eksenli lüle geometrisi Şekil 3a'da görüldüğü üzere, pirinçten üretilmiş içi boş dairesel parçanın, Delrin (asetal homopolymer resin) malzemeden üretilmiş ve iç bölgesi dairesel kanal şeklinde açılmış olan tutucu içerisine yerleştirilmesi ile oluşturulmuştur. İç dairesel borunun giriş bölümü, Delrin parçanın içerisine sıkı geçme olacak şekilde tasarlanmış ve yerleştirilmiştir. Her iki parçanın tekil görünümü ise Şekil 3b'de verilmiştir. İçteki dairesel akış pasajı ve onu çevreleyen halkasal akış pasajı için iki ayrı besleme hattı bulunmakta olup, her bir hat üzerinde hassas basınç regülatörü (6) (FESTO LRP-1/4-10 / 159502) ve hassas ayar valfleri (7) bulunmaktadır. Bu sayede, her bir çıkış için birbirinden bağımsız olarak debi yüklemesi yapılabilmektedir. Her bir hattaki debi değerleri rotametreler (8) (Cole-Parmer GY-32461-60) ile ölçülmektedir. Çarpma yüzeyi (11) olarak, 100 mm çapında dairesel bir plaka kullanılmıştır. Çarpma yüzeyinin üzerinde 0.5 mm çapında delikler açılarak basınç prizleri oluşturulmuştur. Öncelikle, plakanın tam orta noktası delinmiştir. Bu prizinin sağına ve soluna sırasıyla 2.5 mm ve 5 mm uzaklıklarda olacak şekilde iki ayrı priz daha açılmıştır. İkinci prizlerden sonra her 5 mm'de bir yeni basınç prizleri açılmıştır. Bütün basınç prizleri tek bir çıkışı olan basınç tarayıcı valfe (12) bağlanmıştır. Tarayıcı valfin çıkış kanalı yüksek hassasiyetli bir manometre (13) (Modus, MA2-0501) ile irtibatlıdır. Dairesel çarpma plakası rulmanlı bir yatağa sahip olup, eksenini etrafında 360 derece dönebilmektedir. Çarpma yüzeyi üzerinde yirmi basınç prizi bulunmaktadır ve plakanın 180 derece döndürülmesi sonucu yüzey üzerinde 2.5 mm aralıklarla otuz dokuz yerel istasyonda okuma yapılabilmektedir. Test bölgesiyle ilgili geometrik boyutlar Tablo 1'de verilmiştir.

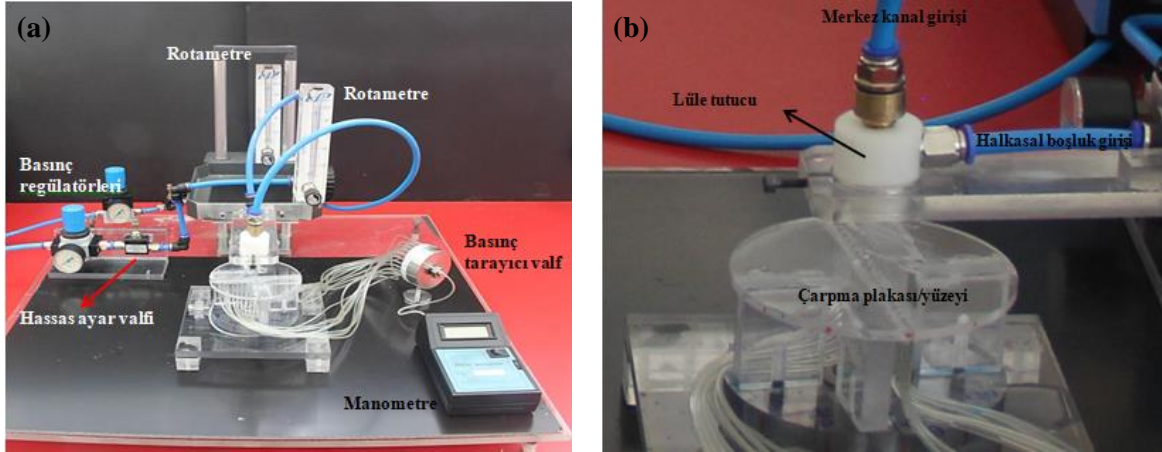
Örnek bir deneyin yapılışı kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Hassas hareket mekanizması (10) kullanılarak lüle-plaka mesafesi istenilen değere ayarlanır ve sabitlenir.
- Kompresör çalıştırılır.
- Basınç regülatörü ve hassas ayar valfleri kullanılarak lülenin (9) her bir hattı için istenilen debi değeri ayarlanır.
- Yüzey üzerindeki basınç dağılımı değişmeye başladığında akışın sürekli rejime eriştiği kabul edilir. Bu koşul sağlandığında, dijital manometre (diferansiyel basınçölçer) yardımıyla basınç farkları okunur.
- Bir sonraki deney için çalışma parametreleri değiştirilerek aynı prosedür tekrarlanır.

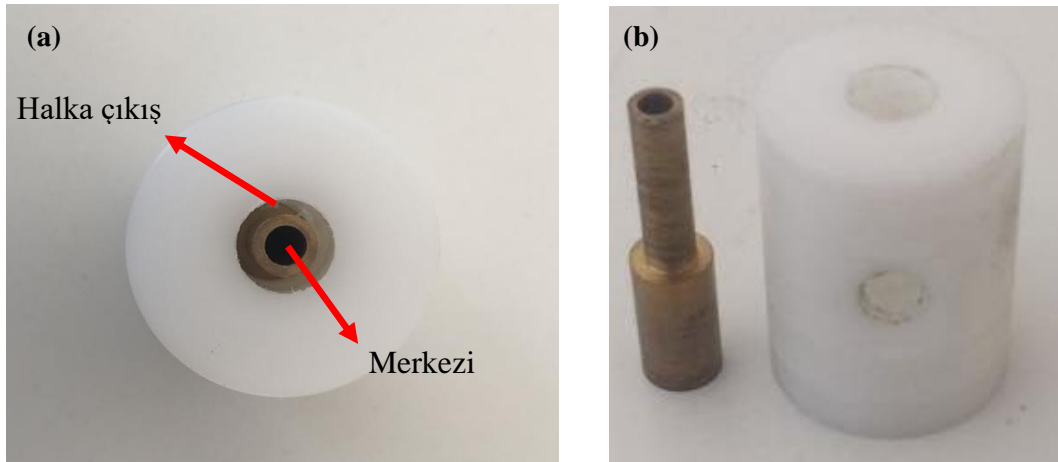


- | | | |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 1- Kompresör | 6- Basınç regülatörü | 11- Çarpma plakası |
| 2- Hava tankı | 7- Hassas ayar valfi | 12- Basınç tarayıcı valf |
| 3- Manometre | 8- Rotametre | 13- Dijital manometre |
| 4- Küresel vana | 9- Lüle | |
| 5- Hava filtresi ve kurutucu | 10- Hareket mekanizması | |

Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik resmi



Şekil 2. Test bölgesinin fotoğrafları: (a) Genel görünüm. (b) Lüle bölgesinin yakın görünümü.



Şekil 3. Lülenin detaylı görüntüsü: (a) İç dairesel boru ve Delrin tutucunun montaj hali ve (b) parçaların tekil görünümü.

Tablo 1. Test bölgesiyle ilgili geometrik değerler

Lüle iç akış pasajı çapı (dairesele jet çıkışı)	4 mm
Halkasal boşluğun kalınlığı	2 mm
Ayırım duvarının kalınlığı (dairesele ve halkasal çıkış arasındaki)	1 mm
Çarpma plakasının (yüzeyinin) yarıçapı, r_o	50 mm
Dairesel jet çıkış alanı, A_r	12.57 mm ²
Halkasal jet çıkış alanı, A_a	50.27 mm ²

Yukarıda belirtildiği üzere, test bölgesine giden iki ayrı akış hattı vardır. Bunlardan bir tanesi halkasal jet için, diğeri ise dairesele jet içindir. Bu nedenle, toplam alan ve toplam debi değeri sırasıyla aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$$A_{tot} = A_a + A_r \quad (1)$$

$$Q_{tot} = Q_a + Q_r \quad (2)$$

Burada, A kesit alanını ve Q hacimsel debiyi ifade etmekte olup, tot , a ve r alt indisleri de, sırasıyla, toplam, halkasal ve dairesele anlamlarını taşımaktadır. Çalışma parametrelerinden biri olan Reynolds sayısı aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$Re = \frac{\rho u_m D_c}{\mu} \quad (3)$$

Burada; u_m ortalama hız, D_c karakteristik uzunluk (çap), ρ yoğunluk ve μ dinamik viskozitedir. Ortalama hız, toplam debinin toplam alana bölünmesiyle; karakteristik uzunluk ise toplam alanın karekökü alınarak aşağıdaki gibi elde edilebilir:

$$u_m = \frac{Q_{tot}}{A_{tot}} \quad (4)$$

$$D_c = \sqrt{A_a + A_r} \quad (5)$$

Karakteristik uzunluğun belirlenmesinde Muzychka ve Yovanovich (2004) ve Muzychka (2013) tarafından önerilen yaklaşım dikkate alınmıştır. Çalışma parametrelerinden bir diğeri ise debi oranı olup,

$$Q^* = \frac{Q_a}{Q_{tot}} \quad (6)$$

eşitliği ile ifade edilir. Deneyler, tek bir lüle-plaka uzaklığında yapılmış olup, ilgili parametre çarpma plakası yarıçapı (r_o) kullanılarak boyutsuzlaştırılmıştır.

$$H^* = \frac{H}{r_o} \quad (7)$$

Burada, H , lüle çıkışı ile çarpma yüzeyi arasındaki uzaklıktır. Çalışma kapsamında; farklı Reynolds sayıları ve debi oranlarında, boyutsuz basınç katsayısının (C_p) çarpma plakası üzerinde merkez hattı boyunca radyal dağılımı elde edilmiştir. Basınç katsayısı ve boyutsuz radyal uzaklık, sırasıyla,

$$C_p = \frac{2\Delta P}{\rho u_m^2} \quad (8)$$

$$R^* = \frac{r}{r_o} \quad (9)$$

eşitlikleri ile ifade edilebilir. Burada, ΔP basınç prizlerinden okunan basınç değeri ile ortam basıncı arasındaki fark, r ise çarpma plakasının merkezine olan uzaklığı ifade etmektedir.

Bu çalışmada hacimsel debi ve basınç farkı olmak üzere iki büyüklük ölçülmüş ve alınan ölçümler kullanılarak basınç katsayısı ve Reynolds sayıları hesaplanmıştır. Bu kapsamda, Kline ve McClintock (1953) tarafından belirtilen yöntemle göre belirsizlik analizi yapılmıştır. Boyutsuz basınç katsayısı ve Reynolds sayılarına ait belirsizlik düzeyleri sırasıyla, eşitlik (10) ve (11)'de verilmektedir.

$$\frac{w_{C_p}}{C_p} = \left[\left(\frac{w_{\Delta P}}{\Delta P} \right)^2 + \left(\frac{w_\rho}{\rho} \right)^2 + 4 \left(\frac{w_Q}{Q} \right)^2 + 16 \left(\frac{w_{D_c}}{D_c} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (10)$$

$$\frac{w_{Re}}{Re} = \left[\left(\frac{w_Q}{Q} \right)^2 + \left(\frac{w_\rho}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{w_{D_c}}{D_c} \right)^2 + \left(\frac{w_\mu}{\mu} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (11)$$

Ölçülen ve hesaplanan büyüklüklere ait belirsizlik değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneysel belirsizlikler

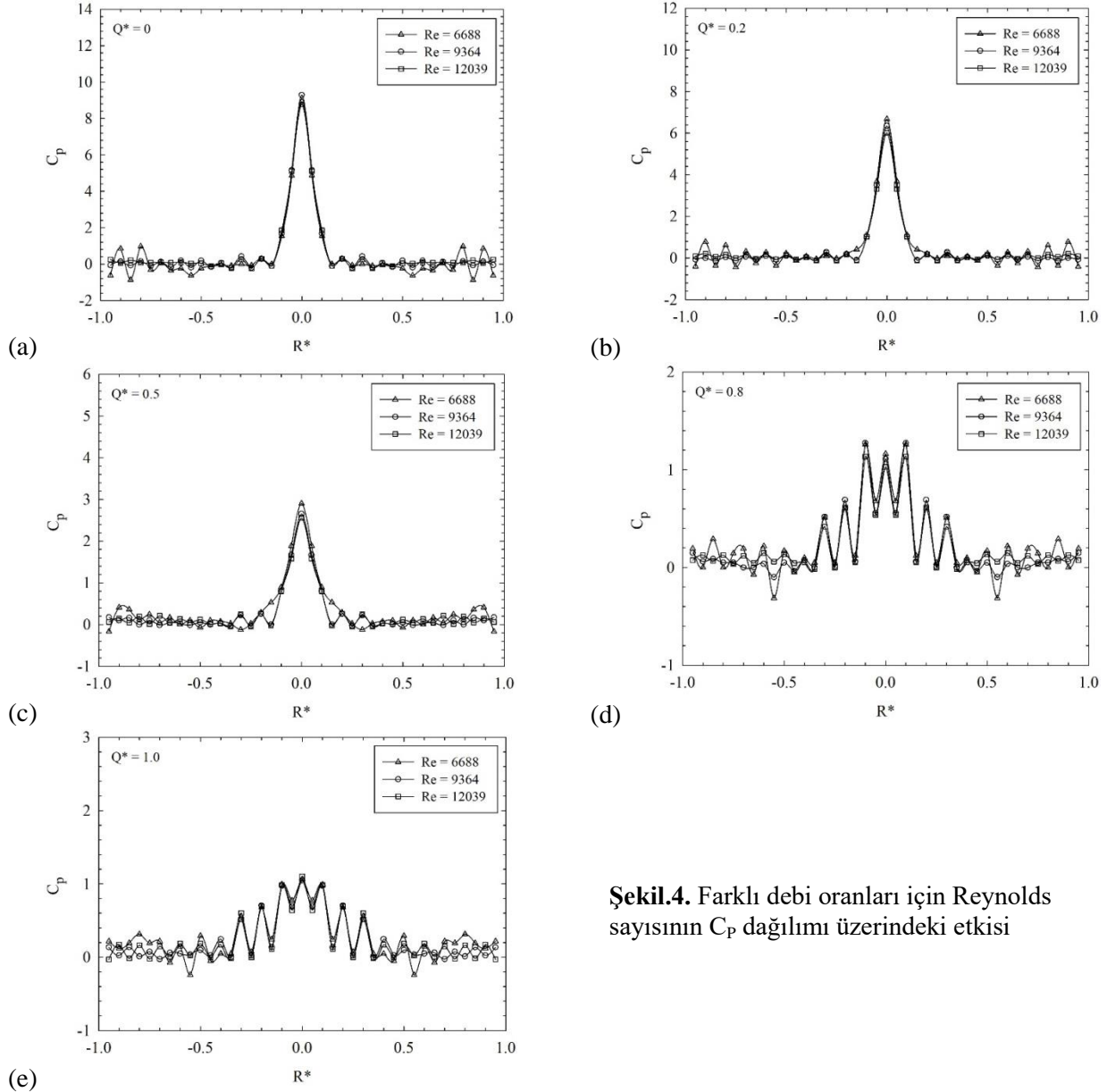
Ölçülen ve hesaplanan büyüklükler	Belirsizlik düzeyi
Basınç farkı, ΔP	± 0.1 %
Hacimsel debi, Q	± 3 %
Reynolds sayısı, Re	± 5.4 %
Basınç katsayısı, C_p	± 6.9 %

3. Deneysel Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, eş eksenli çarpan jet akışının farklı debi oranlarındaki hidrodinamik davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma koşulları ve geometrik parametreler özet halinde Tablo3'te verilmektedir. Şekil 4a ile 4e arasındaki grafiklerde, farklı debi oranları için Reynolds sayısının boyutsuz basınç katsayısı dağılımı üzerindeki etkisi verilmiştir.

Tablo3. Deneysel çalışma koşulları

Deneysel çalışma koşulları	
Reynolds sayısı, Re	6688, 9364 ve 12039
Debi oranı, Q^*	0, 0.2, 0.5, 0.8 ve 1.0
Boyutsuz lüle-plaka uzaklığı, H^*	0.8
Her bir Reynolds sayısı ile ilişkili olmak üzere toplam debi değerleri (l/dk)	50, 70 ve 90
İş akışkanı	Oda sıcaklığındaki (24 °C) atmosferik hava

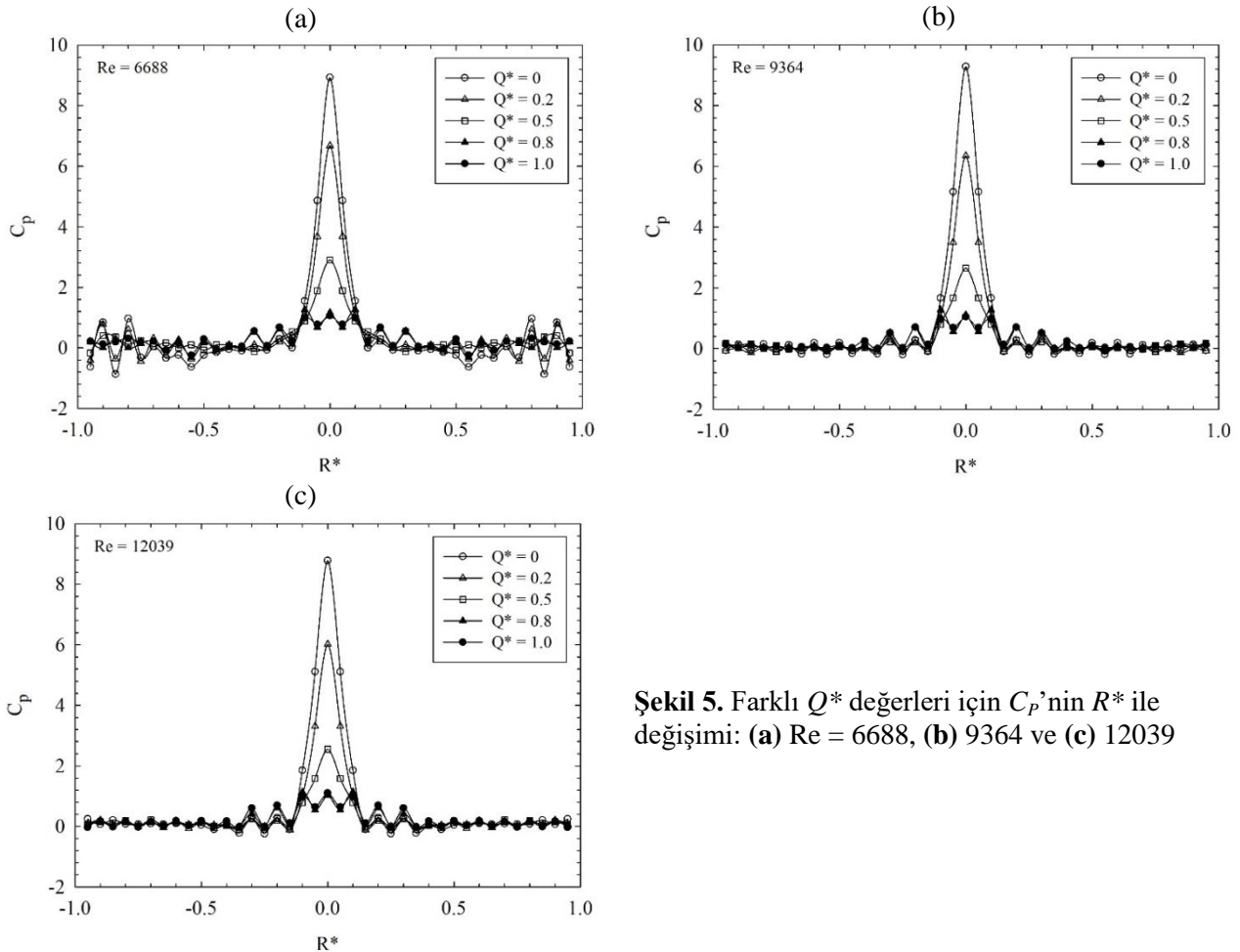
**Şekil.4.** Farklı debi oranları için Reynolds sayısının C_p dağılımı üzerindeki etkisi

Grafiklerde, $R^* = 0$ çarpma plakasının merkezini; R^* 'in pozitif ve negatif değerleri ise, sırasıyla, merkez noktanın sağ ve sol taraflarını temsil etmektedir. Genel karakter olarak, yerel basınç dağılımının pozitif olduğu bölgede boyutsuz basınç katsayısı (C_p) Reynolds sayısından bağımsız bir davranış sergilemektedir. Benzer bulgular, Özmen ve İpek (2015) tarafından çoklu slot jet çalışmalarında ortaya konmuştur. Burada, artan Reynolds sayısı ile yüzey üzerindeki boyutlu basıncın arttığı, buna karşın artan ortalama hızın C_p 'nin artışını sönmülediği belirtilmelidir.

Şekil 5'te, boyutsuz basınç katsayısının boyutsuz radyal uzaklık ile değişimi boyutsuz debi oranının bir fonksiyonu olarak farklı Reynolds sayıları için verilmiştir. Yukarıda da belirtildiği üzere, Reynolds sayısının C_p 'nin radyal dağılımı üzerinde bir etkisi yoktur ve bu nedenle her üç şekilde de genel anlamda benzer değişimler görülmektedir. Debi oranının 0.8 değerine kadar ($Q^* = 0, 0.2$ ve 0.5) klasik tek dairesel çarpan jet akışına benzer bir davranış görülmektedir. Basınç değeri, çarpma plakasının merkezinde maksimum değerini alır ve radyal doğrultuda ani bir şekilde

azalarak atmosfer basıncı değerine erişir. İlgili grafiklerde debi oranının C_p üzerinde önemli değişimlere neden olduğu açıkça görülmektedir. Debi oranının 0'dan 0.8'e kadar artması sonucunda yerel basıncın maksimum değerinde belirgin bir azalma meydana gelir. Bu davranış, artan debi oranı ile jetin yayılması ve buna bağlı olarak jet merkezindeki kinetik enerjinin azalmasının bir sonucudur. Çalışılan her bir Reynolds sayısı için toplam (her iki akış hattından gönderilen) debi sabit tutulmuştur ve artan debi oranı halka kesitten geçen debinin artmasını ifade etmektedir. Dolayısıyla, artan debi oranı ile akış daha geniş bir alana yayılır ve lüle merkezindeki çıkış hızında azalma meydana gelmektedir.

$Q^* = 0.8$ ve 1 değerleri için ise sonuçlar oldukça farklıdır. İlgili debi oranlarında, çarpma yüzeyi üzerinde birden fazla durma noktası meydana gelmekte ve pozitif basınç bölgeleri radyal doğrultuda genişlemektedir. Pozitif basınç bölgesinde, yerel basınçların (durma noktalarındaki) büyüklükleri birbirine daha yakındır ancak yerel basınç değerlerinde daha fazla salınım görülmektedir.



Şekil 5. Farklı Q^* değerleri için C_p 'nin R^* ile değişimi: (a) $Re = 6688$, (b) 9364 ve (c) 12039

Radyal doğrultuda, $-0.4 < R^* < 0.4$ aralığının dışında, yerel basınç değerleri atmosfer basıncına yakınsamaktadır. Basınç değerlerinde bu şekilde meydana gelen pikler Ko ve Kwan (1976) tarafından yapılan açıklamalardan yararlanarak jet akışındaki vortekslere atfedilebilir. Herhangi bir çarpma plakası olmaksızın durgun havaya salınan/gönderilen veya bir başka ifade ile serbest jet formundaki eş-eksenli jetlerin genel akış yapıları Ko ve Kwan (1976) ve Champagne ve Wygnanski (1971) tarafından tanımlanmıştır. Lüle kesit geometrisi dikkate alınır (iki boyutlu olarak) merkezde iç jetin, çevresinde ise dış jetlerin varlığı nedeniyle lüle çıkışına yakın bölgede birincil ve ikincil karışım bölgeleri ve potansiyel çekirdek bölgeleri oluşacaktır. Daha sonra bu bölgeler etkileşerek, klasik jet akış alanı oluşur. Serbest jetteki karmaşık yapıya ek olarak bu çalışmada akış, bir plaka (çarpma plakası) ile engellenmiştir. Çarpma bölgesi ve duvar jeti bölgelerinin varlığı akışı daha da karmaşık bir yapıya sokmaktadır.

En düşük Reynolds sayısında, $Q^* = 0$ 'da, duvar jeti bölgesinde atmosfer altı basınç bölgeleri oluşmaktadır. Bu alanlar, resirkülasyon bölgesinin varlığını ifade etmektedir (Özmen, 2011). Ancak, artan debi oranı ile atmosfer altı basınç bölgelerinin şiddetinin azaldığı ve bu bölgelerin kaybolduğu açıkça görülmektedir. Atmosfer altı basınç bölgelerinde basınç gradyanı pozitif ve negatif değerler alır ve pozitif basınç gradyanı akışın yüzeyden ayrılmasına yol açar (Özmen, 2011).

4. Sonuçlar

Teknolojik sistemler için güvenilir çalışma koşullarının sağlanması, sistemlerin uzun ömürlü olması, performanslarının artırılması ve ısı gerilmelerin azaltılması açısından etkin ısı kontrol yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda en popüler alternatiflerden biri çarpan jet akışlarıdır. Ayrıca, çarpan jet uygulamaları sadece ısı kontrolü ile sınırlı olmayıp, kurutma (kâğıt, tekstil, ahşap), yanmanın iyileştirilmesi, camın temperlenmesi, metal ve plastiklerin tavllanması, lazer veya plazma kesim gibi çok geniş bir alanı kapsamaktadır.

Bu çalışmada, dairesel bir plaka üzerine çarpan, eş-eksenli (iç bölüm dairesel ve dış bölüm halkasal) türbülanslı bir hava jetinin hidrodinamik karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Bu kapsamda, Reynolds sayısının ve debi oranının yerel boyutsuz basınç katsayısı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Elde edilen ve sonuçlar ve tartışma

kısımında detayları verilen bulgular özet halinde aşağıda sunulmuştur:

- Genel karakter olarak, yerel basınç dağılımının pozitif olduğu bölgede C_p 'nin radyal değişimi Reynolds sayısından bağımsızdır.
- Debi oranının 0.8 değerine kadar ($Q^* = 0, 0.2$ ve 0.5) klasik tek dairesel çarpan jet akışına benzer bir davranış görülmektedir. Basınç değeri, çarpma plakasının tam merkezinde maksimum değerini alır ve radyal doğrultuda ani bir şekilde azalarak atmosfer basıncı değerine erişir.
- Debi oranının 0'dan 0.8'e kadar artması sonucunda yerel basıncın maksimum değerinde belirgin bir azalma meydana gelir.
- $Q^* = 0.8$ ve 1 değerlerinde birden fazla durma noktası meydana gelmekte ve pozitif basınç bölgeleri radyal doğrultuda genişlemektedir.

Semboller

- A : Kesit alanı [m^2]
 A_a : Lülenin halkasal çıkışının kesit alanı [m^2]
 A_r : Lülenin dairesel çıkışının kesit alanı [m^2]
 A_{tot} : Lülenin toplam kesit alanı [m^2]
 C_p : Basınç katsayısı, $C_p = 2\Delta P / \rho u_m^2$
 D_c : Karakteristik uzunluk (çap) [m]
 H : Çarpma yüzeyi ile lüle çıkışı arasındaki mesafe [m]
 H^* : Boyutsuz lüle-plaka mesafesi, $H^* = H / r_o$
 Q : Debi, [$m^3 s^{-1}$]
 Q_a : Lülenin halkasal bölümündeki hacimsel debi, [$m^3 s^{-1}$]
 Q_r : Lülenin dairesel bölümündeki hacimsel debi, [$m^3 s^{-1}$]
 Q_{tot} : Toplam hacimsel debi, [$m^3 s^{-1}$]
 Q^* : Debi oranı, $Q^* = Q_a / Q_{tot}$
 R^* : Boyutsuz radyal uzaklık, $R^* = r / r_o$
 r : Herhangi bir basınç prizinin orta noktası ile çarpma plakasının orta noktası arasındaki radyal uzaklık [m]
 r_o : Çarpma plakasının yarıçapı [m]
 Re : Reynolds sayısı, $Re = \rho u_m D_c / \mu$
 u_m : Ortalama hız [$m s^{-1}$]

Yunan sembolleri

- ΔP : Yerel yüzey basıncı ve ortam basıncı arasındaki fark [Pa]
 ρ : Yoğunluk [kg m^{-3}]
 μ : Dinamik viskozite [$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$]

Alt indisler

- a : Halkasal
 r : Dairesel
 tot : Toplam

Kaynaklar

- Ahmed, Z.U., Al-Abdeli, Y.M. ve Guzzomi, F.G., 2016. Heat Transfer Characteristics of Swirling and Non-Swirling Impinging Turbulent Jets. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 102, 991-1003.
- Boualia, H., Hidouri, A., Chrigui, M. ve Sautet, J.C., 2017. Experimental Investigation of Central Jet Displacements on the Turbulence and Gas Dynamics of a Coaxial Burner. *Applied Thermal Engineering*, 116, 303-315.
- Celik, N. ve Eren, H., 2009. Heat Transfer Due to Impinging Co-Axial Jets and the Jets' Fluid Flow Characteristics. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 33, 715-727.
- Celik, N., 2011. Effects of the Surface Roughness on Heat Transfer of Perpendicularly Impinging Co-axial Jet. *Heat Mass Transfer*, 47, 1209-1217.
- Champagne, F.H. ve Wygnanski, I.J., 1971. An Experimental Investigation of Coaxial Turbulent Jets. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 14, 1445-1464.
- Dahm, W. J. A., Frieler, C.E. ve Tryggvason, G., 1992. Vortex Structure and Dynamics in the Near Field of a Coaxial Jet. *Journal of Fluid Mechanics*, 241, 371-402.
- Dhamanekar, A. ve Srinivasan K., 2017. Effect of Plate Inclination on The Noise of Impinging Jets. *Applied Acoustics*, 127, 354-364.
- Fan, J., Zhao, H. ve Cen, K., 1997. Particle Concentration and Size Measurements in Two-Phase Turbulent Coaxial Jets. *Chemical Engineering Communications*, 156, 115-129.
- Fang, C., Xu, J., Zhao, H., Li, W. ve Liu, H., 2016. Influences of the Wall Thickness on the Granular Dispersion in a Dense Gas-Solid Coaxial Jet. *International Journal of Multiphase Flow*, 81, 20-26.
- Fenot, M. ve Dorignac, E., 2016. Heat Transfer and Flow Structure of an Impinging Jet with Upstream Flow. *International Journal of Thermal Sciences*, 109, 386-400.
- Ko, N.W.M. ve Au, H., 1985. Coaxial Jets of Different Mean Velocity Ratios. *Journal of Sound and Vibration*, 100, 211-232.
- Ko, N.W.M. ve Kwan, A.S.H., 1976. The Initial Region of Subsonic Coaxial Jets. *Journal of Fluids Mechanics*, 73, 305-332.
- Kok, B., Varol, Y., Ayhan, H. ve Oztop, H.F., 2017. Experimental and Computational Analysis of Thermal Mixing Characteristics of a Coaxial Jet. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 82, 276-286.
- Lu, H., Liu, H., Li, W. ve Xu, J., 2013. Factors Influencing the Characterization of Bubbles Produced by Coaxial Gas-Particle Jet Flow. *Fuel*, 108, 723-730.
- Mahmud, T., Truelove, J.S. ve Wall, T.F., 1987. Flow Characteristics of Swirling Coaxial Jets From Divergent Nozzles. *Journal of Fluids Engineering*, 109, 275-282.
- Mergheni, M. A., Boushaki, T., Sautet, J.C., Godard, G., Ticha, H.B. ve Nasrallah, S.B., 2008. Effects of Different Mean Velocity Ratios on Dynamics Characteristics of a Coaxial Jet. *Thermal Science*, 12, 49-58.
- Mergheni, M.A., Riahi, Z., Sautet, J.C. ve Nasrallah, S.B., 2017. Swirl Effects on Dynamics Characteristics of A Coaxial Jet. *Thermal Science*, 21, 2543-2552.
- Muzychka, Y.S. ve Yovanovich, M.M., 2004. Laminar Forced Convection Heat Transfer in the Combined Entry Region of Non-Circular Ducts. *Journal of Heat Transfer*, 126, 54-61.
- Muzychka, Y.S., 2013. Generalized Models for Laminar Developing Flows in Heat Sinks and Heat Exchangers. *Heat Transfer Engineering*, 34, 2-3, 178-191.

- New, T.H. ve Tsioli, E., 2014. Effects of Area-Ratio on the Near-Field Flow Characteristics and Deflection of Circular Inclined Coaxial Jets. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 54, 225-236.
- Nuntadusit, C., Wae-hayee, M., Bunyajitradulya, A. ve Eiamsa-ard, S., 2012. Visualization of Flow and Heat Transfer Characteristics for Swirling Impinging Jet. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 39, 640-648.
- Özmen, Y. ve İpek, G., 2015. Düz Bir Yüzeğe Çarpan Slot Hava Jeti Dizisinde Basınç Dağılımlarının Deneysel İncelenmesi, ULIBTK'15 20. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, Eylül 2015, Balıkesir, Türkiye, s.1193-1201.
- Özmen, Y., 2011. Confined Impinging Twin Air Jets at High Reynolds Numbers. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 35, 355-363.
- Öztekin, E., Aydın, O. ve Avcı, M., 2012. Hydrodynamics of a Turbulent Slot Jet Flow Impinging On a Concave Surface. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 39, 1631-1638.
- Rehab, H., Villermaux, E. ve Hopfinger, E.J., 1997. Flow Regimes of Large-Velocity-Ratio Coaxial Jets. *Journal of Fluid Mechanics*, 345, 357-381.
- Rim, B. K., Saïd, N.M., Bournot, H. ve Palec, G.L., 2016. Effect of Nozzle-to-Plate Spacing on the Development of a Plane Jet Impinging on a Heated Plate. *Heat Mass Transfer*, 53, 1305-1314.
- Schumaker, S.A. ve Driscoll, J.F., 2009. Coaxial Turbulent Jet Flames: Scaling Relations for Measured Stoichiometric Mixing Lengths. *Proceedings of the Combustion Institute*, 32, 1655-1662.
- Yu, Y.Z., Zhang, J.Z. ve Xu, H.S., 2014. Convective Heat Transfer by a Row of Confined Air Jets From Round Holes Equipped with Triangular Tabs. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 72, 222-233.

İkinci Mertebeden Gecikmeli Bir Diferansiyel Denklemin Hyers-Ulam Rassias Kararlılığı

Hyers-Ulam Rassias Stability of a Second Order Delay Differential Equation

Emel BİÇER*

Bingöl Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 12000, Bingöl

• Geliş tarihi / Received: 09.11.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 27.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 09.03.2018

Öz

Bu çalışmada, ilk olarak f bir sürekli fonksiyon ve τ negatif olmayan reel bir sabit olmak üzere

$$y'(t) + f(t, y(t - \tau)) = 0,$$

şeklindeki birinci mertebeden sabit gecikmeli bir diferansiyel denklemin Banach sabit nokta teoremi kullanılarak Hyers-Ulam Rassias kararlılığı gösterildi. Buradan elde edilen sonuçtan faydalanılarak f, h sürekli fonksiyonlar olmak üzere

$$y''(t) + f(t, y(t - \tau))y'(t - \tau) + h(t, y(t - \tau)) = 0,$$

biçimindeki ikinci mertebeden sabit gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam Rassias kararlılığı araştırıldı. Ayrıca çalışmadaki teorik analizleri açıklamak için bir örnek verildi.

Anahtar kelimeler: Banach Sabit Nokta Teoremi, Gecikmeli Diferansiyel Denklem, Hyers-Ulam Rassias Kararlılık

Abstract

In this study, firstly, we used Banach fixed point theorem to show that the Hyers-Ulam Rassias stability of a first order delay differential equation with constant delay of the form

$$y'(t) + f(t, y(t - \tau)) = 0,$$

where f is continuous function and τ is a nonnegative real constant. By taking advantage of this result, we investigated Hyers-Ulam Rassias stability of a second order delay differential equation with constant delay of the form

$$y''(t) + f(t, y(t - \tau))y'(t - \tau) + h(t, y(t - \tau)) = 0,$$

where f, h are continuous functions and τ is a nonnegative real constant. Also we presented an example to illustrate the theoretical analysis.

Keywords: Banach Fixed Point Theorem, Delay Differential Equation, Hyers-Ulam Rassias Stability

*Emel BİÇER; ebicer@bingol.edu.tr; Tel: (0426) 216 00 12; orcid.org/0000-0003-2085-2529

1. Giriş

1940 yılında Wisconsin Üniversitesi’nde yapılan bir konferansta, Ulam’ın ortaya attığı problemlerden bir tanesi şu şekildeydi:

(G_1, \cdot) bir grup ve $(G_2, *, d(\dots))$ metriği ile bir metrik grup olsun. $\varepsilon > 0$ sayısı verilsin. Her $x, y \in G_1$ için $d(h(x, y), h(x) * h(y)) < \delta$ eşitsizliğini sağlayan $h : G_1 \rightarrow G_2$ bir dönüşüm ise, her $x \in G_1$ için $d(h(x), H(x)) < \varepsilon$ ile $H : G_1 \rightarrow G_2$ bir homomorfizm olacak şekilde bir $\delta > 0$ sayısı var mıdır? Diğer bir deyişle hangi şartlar altında bir yaklaşım homomorfizmine yaklaşan bir homomorfizm vardır? (Hyers, 1941).

Bu soru, Hyers (1941) tarafından Banach uzayları için yanıtlanmıştır. Ulam’ın probleminin bir genelleştirmesi olarak fonksiyonel denklemlerin yerine diferansiyel denklemlerin kullanılmasıyla yeni bir çalışma alanı ortaya çıkmıştır. Böylece pek çok araştırmacı çeşitli diferansiyel denklemlerin Hyers-Ulam kararlılığı üzerine çalışmalar yapmıştır.

$x'(t) = \lambda x(t)$ şeklinde birinci mertebeden lineer diferansiyel denklemi ile ifade edilen bir otonom sistemi düşünelim. Eğer bu diferansiyel denklemin genel çözümü ve bir başlangıç koşulu biliniyorsa, bu sistemin geçmişi, şimdiki anı ve geleceği tamamen belirlenmiştir. Böylece, bu sistem “öngörülebilir”dir. Bazen, dıştan kaynaklanan bir sıkıntı nedeniyle, sistem $x'(t) = \lambda x(t)$ diferansiyel denklemi ile belirlenemeyebilir. Bu durumda sistem $|x'(t) - \lambda x(t)| \leq \varepsilon$ gibi bir eşitsizlikle ifade edilir.

Bu durumda problemlili sistemin geleceği tam olarak öngörülemez. Sistem, dışarıdan kaynaklı sıkıntılardan dolayı tamamen öngörülemez olmasına rağmen, eğer sistemin “reel” geleceği sınırlı bir hata ile $x'(t) = \lambda x(t)$ diferansiyel denkleminin çözümünü takip ediyorsa, $x'(t) = \lambda x(t)$ diferansiyel denklemi Hyers-Ulam kararlılığına sahiptir, denir. Eğer hata sınırı çok büyük ise denklem Hyers-Ulam kararlılığına sahip değildir, denir.

Alsina ve Ger (1998) birinci mertebeden lineer bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam kararlılığını araştıran ilk yazarlardır.

Son dönemde bir çok araştırmacı tarafından farklı yöntemler kullanılarak ikinci mertebeden

diferansiyel denklemlerin Hyers-Ulam kararlılığı araştırılmaktadır. 2009 yılında, Li ve Shen

$$y'' + p(x)y' + q(x)y + r(x) = 0$$

biçimindeki ikinci mertebeden bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam kararlılığını araştırmıştır (Li ve Shen, 2009).

2013 yılında, Otrocol ve Ilea

$$x'(t) = f(t, x(t), x(g(t)))$$

biçimindeki diferansiyel denklemin Hyers-Ulam kararlılığını araştırmıştır (Otrocol ve Ilea, 2013).

Tunç ve Bıçer (2015), sabit nokta teorisinden faydalanarak birinci mertebeden gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam kararlılığını araştırmıştır. Ayrıca Bıçer ve Tunç (2017), ikinci mertebeden kısmi türevli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam kararlılığını araştırmışken integral çarpanı metodundan faydalanmıştır.

Bu çalışmada, ilk olarak

$$y'(t) + f(t, y(t - \tau)) = 0 \tag{1}$$

şeklindeki birinci mertebeden sabit gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam Rassias kararlılığı gösterildi. Daha sonra f, h sürekli fonksiyonlar ve τ negatif olmayan bir sabit olmak üzere

$$y''(t) + f(t, y(t - \tau))y'(t - \tau) + h(t, y(t - \tau)) = 0 \tag{2}$$

biçimindeki ikinci mertebeden sabit gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam Rassias kararlılığı araştırıldı.

2. Ön Bilgiler

Tanım 2.1. $y : [t_0 - \tau, T] \rightarrow \mathbb{R}$ fonksiyonunun verilen $\varepsilon \geq 0, \psi \in C[t_0 - \tau, t_0]$ ve $T > t_0, t_0, T \in \mathbb{R}$ için

$$\begin{cases} |y''(t) + f(t, y(t - \tau))y'(t - \tau) + h(t, y(t - \tau))| \leq \varepsilon, & t \in [t_0, T] \\ |y(t) - \psi(t)| \leq \varepsilon, & t \in [t_0 - \tau, t_0], \end{cases}$$

eşitsizliğini sağladığını varsayalım. Bu durumda, eğer

$$\begin{cases} y_0''(t) = -f(t, y_0(t-\tau))y_0'(t-\tau) - h(t, y_0(t-\tau)), & t \in [t_0, T] \\ y_0(t) = \psi(t), & t \in [t_0 - \tau, t_0], \end{cases}$$

denklemini ve

$$|y(t) - y_0(t)| \leq K(\varepsilon)$$

eşitsizliğini sağlayan bir $y_0 : [t_0 - \tau, T] \rightarrow \mathbb{R}$ fonksiyonu varsa (1) denkleminde Hyers-Ulam kararlıdır, denir. Burada $K(\varepsilon)$, $\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} K(\varepsilon) = 0$ koşulunu sağlayan ε ' a bağlı bir ifadedir. y ve y_0 ' a bağlı olmayan $\phi, \varphi \in C[t_0 - \tau, T]$ fonksiyonları için yukarıdaki tanımda ε ve $K(\varepsilon)$ ifadelerinin yerine sırasıyla $\phi(t)$ ve $\varphi(t)$ fonksiyonları yazılırsa bu durumda (2) denklemi Hyers-Ulam Rassias kararlıdır (genelleştirilmiş Hyers-Ulam kararlılık), denir.

Bu çalışmada verilen denklemin Hyers-Ulam Rassias kararlılığını göstermek için aşağıdaki teoremden faydalanılacaktır.

Teorem 2.1. Banach Sabit Nokta Teoremi. (X, d) bir tam metrik uzay ve $P : X \rightarrow X$ bir daralma dönüşümü olsun. Yani her $x, y \in X$ için

$$d(Px, Py) \leq \alpha d(x, y)$$

olacak şekilde $\alpha \in [0,1)$ mevcut olsun. Bu durumda $Pa = a$ olacak şekilde bir tek $a \in X$ vardır. Ayrıca $a = \lim_{n \rightarrow \infty} P^n x$ olmak üzere her $x \in X$ için

$$d(a, x) \leq \frac{1}{1 - \alpha} d(x, Px)$$

olur (Gordji vd., 2011).

3. Hyers-Ulam Rassias Kararlılık

$I = [t_0 - \tau, T]$ kapalı aralığı verilsin. Aşağıdaki teoremden (1) denklemi ile verilen birinci mertebeden sabit gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam Rassias kararlı olduğu gösterilecektir. Buradan elde edilen verilerden faydalanılarak (2) denkleminin Hyers-Ulam Rassias kararlılığı araştırılacaktır.

Teorem 3.1. $I = [t_0 - \tau, T]$ için $f : I \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu k sabiti ile birinci değişkene

göre Lipschitz şartını sağlasın. Yani $t \in I$ ve $x_1, x_2 \in \mathbb{R}$ için

$$|f(t, x_1(t)) - f(t, x_2(t))| \leq k|x_1(t) - x_2(t)| \quad (3)$$

eşitsizliği sağlansın. $0 < kL < 1, L \in (0,1)$ olmak üzere k, L pozitif sabitler olsun. $\phi : I \rightarrow (0, \infty)$ sürekli fonksiyonu için

$$\int_{t_0}^t \phi(s) ds \leq L\phi(t) \quad (4)$$

eşitsizliği sağlansın. Eğer bir $y : I \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu için

$$\begin{cases} |y'(t) + f(t, y(t-\tau))| < \phi(t), & t \in [t_0, T] \\ |y(t) - \psi(t)| \leq \phi(t), & t \in [t_0 - \tau, t_0], \end{cases} \quad (5)$$

eşitsizliği sağlanırsa bu durumda her $t \in I$ için

$$\begin{cases} y_0'(t) = -f(t, y_0(t-\tau)), & t \in [t_0, T] \\ y_0(t) = \psi(t), & t \in [t_0 - \tau, t_0], \end{cases} \text{ ve}$$

$$|y(t) - y_0(t)| \leq \frac{L}{1 - kL} \phi(t)$$

olacak şekilde bir tek $y_0 : I \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu vardır.

İspat. C, I dan \mathbb{R} ye tüm sürekli fonksiyonların uzayı olsun. d metriği

$$d(\zeta, \eta) = \sup_{t \in I} \frac{|\zeta(t) - \eta(t)|}{\phi(t)}$$

ile verilsin. C üzerinde P operatörü her $\zeta \in C$ için

$$\begin{cases} (P\zeta)(t) = \psi(t), & t \in [t_0 - \tau, t_0], \\ (P\zeta)(t) = \psi(t_0) - \int_{t_0}^t f(s, \zeta(s-\tau)) ds, & t \in [t_0, T] \end{cases}$$

şeklinde tanımlansın. (3) ve (4) den $t \in [t_0, T]$ için

$$d(P\zeta, P\eta) = \sup_{t \in I} \frac{\left| \int_{t_0}^t [f(s, \zeta(s-\tau)) - f(s, \eta(s-\tau))] ds \right|}{\phi(t)}$$

$$\begin{aligned} &\leq \sup_{t \in I} \frac{\int_{t_0}^t k |\zeta(s) - \eta(s)| ds}{\phi(t)} \\ &\leq \sup_{t \in I} \frac{\int_{t_0}^t k \phi(s) \frac{|\zeta(s) - \eta(s)|}{\phi(s)} ds}{\phi(t)} \\ &\leq \sup_{t \in I} \frac{\int_{t_0}^t k \phi(s) \sup_{s \in I} \frac{|\zeta(s) - \eta(s)|}{\phi(s)} ds}{\phi(t)} \\ &= d(\zeta, \eta) \sup_{t \in I} \frac{\int_{t_0}^t k \phi(s) ds}{\phi(t)} \\ &\leq kLd(\zeta, \eta), \quad t \in [t_0, T], \end{aligned}$$

elde edilir. Ayrıca $t \in [t_0 - \tau, t_0]$ için

$$d(P\zeta, P\eta) = \psi(t) - \psi(t) = 0,$$

olduğundan

$$d(P\zeta, P\eta) \leq kLd(\zeta, \eta)$$

eşitsizliği yazılabilir. Bu durumda Teorem 2.1 den $Py_0 = y_0$ olacak şekilde bir tek $y_0 \in C$ vardır. Ayrıca y_0 ,

$$\begin{cases} y_0'(t) = -f(t, y_0(t - \tau)), & t \in [t_0, T] \\ y_0(t) = \psi(t), & t \in [t_0 - \tau, t_0], \end{cases}$$

eşitliğini sağlar. O halde Theorem 2.1 den her $y \in C$ için

$$d(y_0, y) \leq \frac{1}{1 - kL} d(y, Py) \tag{6}$$

eşitsizliği yazılabilir. Ayrıca her $t \in [t_0, T]$ için (5) eşitsizliğinden $\forall t \in [t_0, T]$ için

$$-\phi(t) \leq y'(t) + f(t, y(t - \tau)) \leq \phi(t),$$

elde edilir. Eğer yukarıdaki eşitsizlikte her bir terim için t_0 dan t ye integral alınırsa ,

$$\begin{aligned} \left| y(t) - \psi(t_0) + \int_{t_0}^t f(s, y(s - \tau)) ds \right| &\leq \int_{t_0}^t \phi(s) ds \\ &\leq L\phi(t), \quad t \in [t_0, T] \end{aligned}$$

olur. Bu eşitsizlik

$$\frac{|y(t) - (Py)(t)|}{\phi(t)} \leq L$$

şeklinde ifade edilirse,

$$\sup_{t \in I} \frac{|y(t) - (Py)(t)|}{\phi(t)} \leq L$$

yazılabilir. Yani

$$d(y, Py) \leq L \tag{7}$$

olur. O halde (6) ve (7) den $t \in I$ için

$$|y(t) - y_0(t)| \leq \frac{L}{1 - kL} \phi(t)$$

elde edilir. Böylece ispat tamamlanır.

Şimdi de Teorem 3.1 den faydalanılarak (2) denklemi ile belirtilen ikinci mertebeden sabit gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam Rassias kararlılığı araştırılacaktır.

Teorem 3.2. $I = [t_0 - \tau, T]$ olmak üzere $K : I \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu her $t \in I$ ve $x_1, x_2 \in \mathbb{R}$ için aşağıdaki şartı sağlasın.

$$|K(t, x_1(t)) - K(t, x_2(t))| \leq k|x_1(t) - x_2(t)|.$$

Burada

$$K(t, y(t - \tau)) = -f(t, y(t - \tau))y(t) -$$

$$\int_{t_0}^t \frac{\partial}{\partial s} [f(s, y(s - \tau))] y(s) ds +$$

$$\int_{t_0}^t h(s, y(s - \tau)) ds - r(t_0)$$

şeklinde dir. $\phi : I \rightarrow (0, \infty)$ sürekli fonksiyonu için Teorem 3.1 deki şartlar sağlansın. Eğer bir $y : I \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu için

$$\begin{cases} |y''(t) + f(t, y(t-\tau))y'(t-\tau) + h(t, y(t-\tau))| < \phi(t), \quad t \in [t_0, T] \\ |y(t) - \psi(t)| \leq \phi(t), \quad t \in [t_0 - \tau, t_0] \end{cases} \quad (8)$$

eşitsizliği sağlanırsa bu durumda her $t \in I$ için

$$\begin{cases} y_0''(t) = -f(t, y_0(t-\tau))y_0'(t-\tau) - h(t, y_0(t-\tau)), \quad t \in [t_0, T] \\ y_0(t) = \psi(t), \quad t \in [t_0 - \tau, t_0], \end{cases}$$

ve

$$|y(t) - y_0(t)| \leq \frac{L}{1 - kL} \phi(t)$$

olacak şekilde bir tek $y_0 : I \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu vardır.

İspat. (8) deki

$$|y''(t) + f(t, y(t-\tau))y'(t-\tau) + h(t, y(t-\tau))| \leq \phi(t).$$

eşitsizliğinden

$$-\phi(t) \leq y''(t) + f(t, y(t-\tau))y'(t-\tau) + h(t, y(t-\tau)) \leq \phi(t)$$

yazılır. Bu eşitsizlikte, t_0 dan t ye terim terim integral alınırsa,

$$\left| y'(t) - y'(t_0) + \int_{t_0}^t f(s, y(s-\tau))y'(s-\tau)ds + \int_{t_0}^t h(s, y(s-\tau))ds \right| \leq \int_{t_0}^t \phi(s)ds$$

elde edilir. Kısmi integrasyon işlemi ile düzenleme yapılırsa

$$\left| y'(t) + f(t, y(t-\tau))y(t-\tau) - \int_{t_0}^t \frac{\partial}{\partial s} [f(s, y(s-\tau))]y(s-\tau)ds + \int_{t_0}^t h(s, y(s-\tau))ds + r(t_0) \right| \leq \int_{t_0}^t \phi(s)ds$$

olur. Burada

$$r(t_0) = f(t_0, y(t_0 - \tau))y(t_0 - \tau) + y'(t_0)$$

şeklindedir.

$$\begin{aligned} K(t, y(t-\tau)) &= -f(t, y(t-\tau))y(t) + \\ &\int_{t_0}^t \frac{\partial}{\partial s} [f(s, y(s-\tau))]y(s)ds - \\ &\int_{t_0}^t h(s, y(s-\tau))ds - r(t_0). \end{aligned}$$

fonksiyonunun yukarıdaki eşitsizlikte yerine yazılmasıyla

$$\begin{aligned} |y'(t) - K(t, y(t-\tau))| &\leq \int_{t_0}^t \phi(s)ds \\ &\leq L\phi(t) \leq \phi(t) \end{aligned}$$

elde edilir. Böylece ispat tamamlanır.

Örnek. $\varepsilon < 2\tau$ pozitif bir sayı olmak üzere $I = [-\tau, 2\tau - \varepsilon]$ kapalı aralığı verilsin. $y : I \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu her $t \in I$ için

$$|y''(t) + f(t, y(t-\tau))y'(t-\tau) + h(t, y(t-\tau))| \leq t^2 + \varepsilon \quad (9)$$

eşitsizliğini sağlasın. Bu durumda her $t \in I$ için

$$L\phi(t) - \frac{1}{3}t^3 - t\varepsilon \geq 0,$$

olduğundan her bir $t \in I$ için

$$\int_{t_0}^t \phi(s)ds = \int_0^t (s^2 + \varepsilon)ds \leq \frac{1}{3}t^3 + t\varepsilon \leq L\phi(t)$$

yazılabilir. Bu durumda Teorem 3.2 den herhangi bir $t \in I$ için

$$\begin{cases} y_0''(t) = f(t, y_0(t-\tau))y_0'(t-\tau) + h(t, y_0(t-\tau)), \quad t \in [0, 2\tau - \varepsilon] \\ y_0(t) = \psi(t), \quad t \in [-\tau, 0], \end{cases}$$

ve

$$|y(t) - y_0(t)| \leq \frac{L}{1 - kL} (t^2 + \varepsilon)$$

olacak şekilde bir tek $y_0 : I \rightarrow \mathbb{R}$ sürekli fonksiyonu vardır. Böylece (9) denkleminin Hyers-Ulam Rassias kararlı olduğu görülür.

4. Sonuç

Bu çalışmada ikinci mertebeden gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam ve Hyers-Ulam Rassias kararlılığı araştırılmıştır. İlgili denklemin kararlılığını göstermek için Banach daralma dönüşümü prensibinden faydalanılmıştır. İkinci mertebeden gecikmeli bir diferansiyel denklemin Hyers-Ulam kararlılığını araştırmak oldukça zor iken sabit nokta teorisinden faydalandığında bu zorlukların ortadan kalktığı görülmüştür.

Kaynaklar

Alsina, C. ve Ger, R., 1998. On some Inequalities and Stability Results Related to the Exponential Function. J. Inequal. Appl, 4, 373-380.

- Biçer, E. ve Tunç, C., 2017. On the Hyers-Ulam stability of certain partial differential equations of second order. *Nonlinear Dyn. Syst. Theory.* 17, 150–157.
- Cimpean, DS. ve Popa, D., 2011. Hyers-Ulam stability of Euler's equation. *Appl. Math. Lett.* 9, 1539–1543.
- Gordji, M. ve Cho, YJ., Ghaemi, MB. ve Alizadeh, B., 2011. Stability of the second order partial differential equations. *J. Inequal. Appl.* 81, 10 pp.
- Huimin, L. ve Xiangkui, Z., 2013. Hyers-Ulam-Rassias stability of second order partial differential equations. *Ann. Differential Equations*, 29, 430–437.
- Hyers, Donald H., 1941. On the Stability of the Linear Functional Equation. *Proc. Nat. Acad. Sci, U.S.A.* 27, 222–224.
- Jung, S.M. ve Brzdęk, J., 2010. Hyers-Ulam Stability of the Delay Equation $y'(t) = \lambda y(t - \tau)$, *Abstr. Appl. Anal.* 1-10.
- Jung, S.M., 2005. Hyers Ulam stability of linear differential equations of first order (III). *J. Math. Anal. Appl.* 311, 139–146.
- Jung, S.M., 2006. Hyers Ulam stability of linear differential equations of first order (II). *Appl. Math. Lett.* 19, 854–858.
- Jung, S.M., 2007. Hyers Ulam stability of first order linear partial differential equations with constant coefficients. *Math. Inequal. Appl.* 10, 261-266.
- Jung, S.M., 2009. Hyers Ulam stability of linear partial differential equations of first order. *Appl. Math. Lett.* 22, 70–74.
- Li, Y. and Shen, Y. (2009). Hyers-ulam stability of nonhomogeneous linear differential equations of second order. *International Journal of Mathematics and Mathematical Analysis*, 1–7.
- Lungu, N. ve Popa, D., 2012. Hyers-Ulam stability of a first order partial differential equation. *J.Math.Anal.Appl.* 86-91.
- Lungu, N. ve Popa, D., 2014. Hyers-Ulam stability of some partial differential equations. *Carpathian J. Math.* 30, 327–334.
- Otrocol, D. ve Ilea, V., 2013. Ulam Stability for a Delay Differential Equation. *Cent. Eur. J. Math.* 7, 1296-1303.
- Rassias, TM., 1978. On the Stability of the Linear Mapping in Banach Spaces. *Proc Amer Math. Soc.* 72, 297–300.
- Tunc, C. ve Bicer, E., 2015. Hyers-Ulam-Rassias stability for a first order functional differential equation. *J. Math. Fundam. Sci.* 47, 143–153.
- Ulam, S. M., 1964. *Problems in Modern Mathematics.* Science Editions John Wiley & Sons, Inc., New York.

Dikey Berkitmeli Alın Levhalı Kiriş-Kolon Birleşimlerin Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi

Investigation of Experimental Analysis on Behaviour of End-Plate Beam to Column Connections with Vertical Stiffener

Mahyar MAALI*

Gençler Metal Çelik, Erzurum

• Geliş tarihi / Received: 16.12.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 14.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 09.03.2018

Öz

Kolon-kiriş birleşimleri yapı açısından oldukça önemlidir. Rijit veya mafsallı gibi basitleştirmeler yapılsa da, gerçek davranış farklıdır. Kolon kiriş birleşimlerin gerçek davranışı yarı rijit olarak tanımlanmaktadır. Yarı rijit birleşimlerin ana karakteristik özelliği doğrusal olmayan davranıştır. Bu çalışmada düşey berkitmeli alın levhalı birleşimlerin moment dönme karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Önerilen metotta berkitmeler başlık ve gövdeye kaynaklanmıştır. Farklı alın levha kalınlıkları için önerilen birleşimin göçme şekilleri, moment-dönme eğrisi ve karakteristikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Ayrıca, bu birleşime yakın davranış gösteren ve aynı levha kalınlıklarına sahip kiriş gövdesine alın levhalı birleşimlerle önerilen tipteki birleşimlerin deney sonuçları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Alın levhalı birleşim, Dikey berkitme, Kiriş-kolon birleşimi, Moment-dönme eğrisi, Yarı rijit birleşim

Abstract

The beam to column connections are very important for the structural point of view. However, the simplifications like rigid or hinged type joints, the real behavior and the idealized ones are different. The realistic behaviors of the beam to column connections are described as semi-rigid. The main characteristic of the semi-rigid connection is its nonlinear behavior. The moment rotation characteristics of the vertically stiffened end plate connections were investigated experimentally. The proposed method is to weld the stiffeners to the web and flange of the beam. The failure modes, the moment-rotation curves, and the characteristics were examined in comparison for variable end plate thickness. Moreover, the end plate connections, welded to web of the beam, with similar behavior, with same thickness, were investigated and compared with the proposed ones.

Keywords: End-plate connection, Vertical stiffener, Beam to column connection, Moment-rotation curve, Semi-rigid connection

1. Giriş

Çerçeve sistemli çelik yapılarda kiriş-kolon birleşimleri yapı davranışında önemli rol oynamaktadır. Çelik yapıların tasarımında kullanılan hesap yöntemlerinin geliştirilmesinde yaklaşık 50 yıldır kiriş-kolon birleşimlerinin gerçek davranışı hem deneysel hem de teorik olarak araştırılmaktadır (Sağiroğlu ve Aydın, 2015).

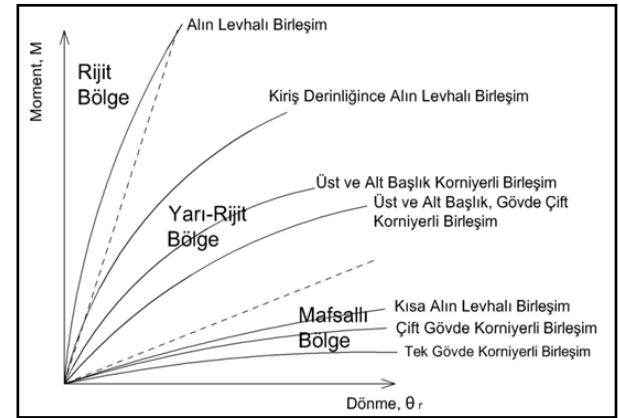
Birleşimin gerçek davranışı olan yarı-rijit davranış, basit bir analiz ile kolaylıkla çözümlenemeyen ve doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan yarı-rijit birleşimler için dört ana veri bankası aşağıda kısaca sunulmuştur:

- 1- Goverdhan (1984) veri bankası: Bu veri bankası 1950-1983 yıllarında çeşitli araştırmacıların gerçekleştirdiği 230 adet birleşim için deney sonuçlarını düzenleyerek bir araya getirmiştir. Veri bankasının temelini oluşturan bu deneylerde, alın levhalı birleşim, alt ve üst başlık korniyerli birleşim, kiriş derinliğince alın levhalı birleşim, kısa alın levhalı birleşim, tek korniyerli gövde birleşim, alt ve üst başlık korniyerli gövde çift korniyerli birleşim tipleri kullanılmıştır.
- 2- Nethercot (1985a, 1985b) veri bankası: Avrupada çelik elemanların birleşimleri için hazırlanmış bir veri bankasıdır. Nethercot, başka araştırmacıların incelediği (Jones vd., 1980) 700' ün üstünde bireysel çalışmayı derleyip tasnif ederek ele almıştır.
- 3- Çelik birleşimlerin veri bankası: Kishi ve Chen (Jones vd., 1980; Kishi ve Chen, 1986a; Kishi ve Chen, 1986b) ve Goverdhan (1985a) tarafından temeli atılan bu veri bankası 1936'lı yıllarda yapılmaya başlanmış 50 yıllık 303 deneyi içermektedir. Elde edilen bu veriler ışığında oluşturulan matematik model ile deney sonuçları arasında bir ilişki kurulmaya çalışılmıştır. Abdalla ve Chen (1986) 46 adet deney ile bu veri tabanını 1955'te geliştirmişlerdir. Bu veri bankasının son halinde kiriş derinliğince alın levhalı birleşim, alın levhalı birleşim, alt ve üst başlık korniyerli gövde çift korniyerli birleşim, üst ve alt başlık korniyerli birleşim, kısa alın levhalı birleşim, tek korniyerli gövde birleşim ve çift korniyerli gövde birleşim tipleri ele alınmıştır.
- 4- SERICON veri bankası: Aachen Üniversitesi ve Arbed Recherches ortaklığında kompozit

birleşimler araştırılmıştır. Avrupa veri bankası olarak da nitelendirilebilecek bu deneyler daha sonra Cruz vd., (1998) tarafından bu veri bankasını güncelleyerek SERICON II'yi olarak son halini ortaya çıkarmıştır.

Birleşimlerin sınıflandırmaları ve kurulan matematiksel modeller gerçek davranışı yakalayabilmek amacıyla geliştirilmiştir. Ancak, yaygın olarak kullanılan bu çalışmalarda birleşimler 7 grupta ele alınmıştır. Sınırlandırılmış bu yedi gruptaki birleşimler günümüzde kullanılan belirsiz bir yere sahiptir. Literatürde geçen bu 7 tip birleşim Şekil 1'de görselleştirilmiştir.

Ayrıca, birleşimlerin moment-dönme eğrilerinin modellenmesi üzerine yapılan çalışmalar, deneysel çalışmalar ile birlikte geliştirilmiştir ve 2000 yılından sonra yapılan deneyler ise aşağıda Tablo 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Literatürde yaygın olarak görülen 7 tip birleşim için moment-dönme eğrileri

Bu çalışmada farklı dikey alın levhası kalınlığına sahip iki alın levhalı birleşim deneysel olarak ele alınmıştır. Kiriş başlığındaki berkitme levhalarının alın levhalı birleşimin davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Birleşim davranışı; moment-dönme eğrileri ile ifade edilmiş ve göçme modları değerlendirilmiştir. Sonuçlar birleşim bölgelerinin benzerliği ve levha kalınlıklarının aynı olması sebebiyle gerçekleştirilen deney sonuçları kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşim deney sonuçları (Sağiroğlu, 2018) ile karşılaştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

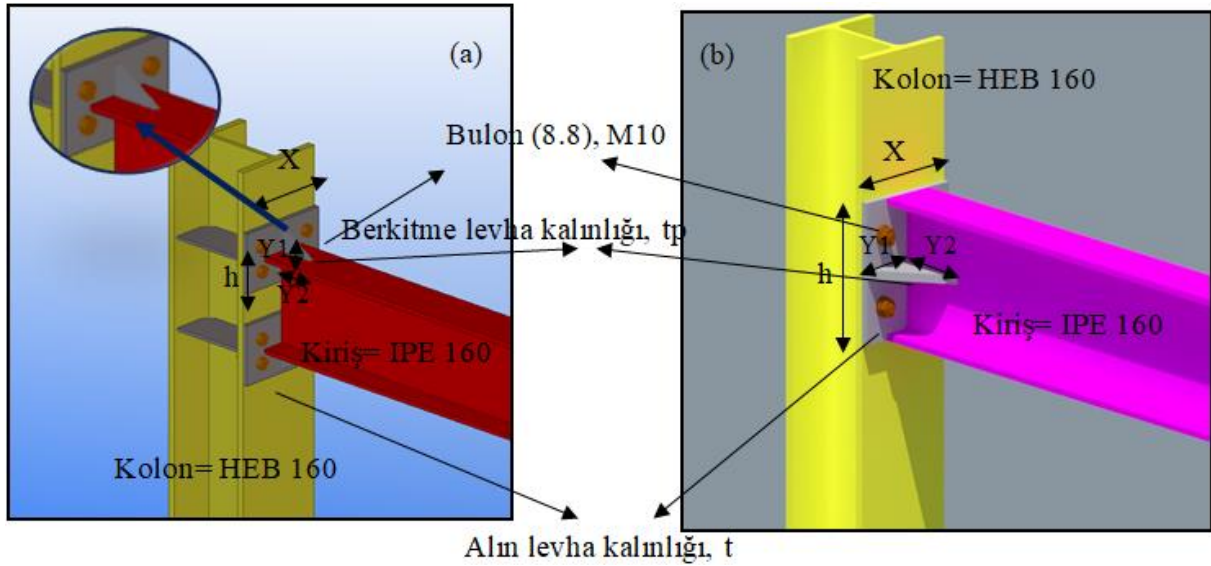
Bu çalışmada, Eurocode 3 (2005)'te yer alan ve uygulama rahatlığı dolayısıyla uygulamada sıkça rastlanılan alın-levhalı birleşim tipi kullanılmıştır.

Tablo 1. 2000 yılı sonrasında yapılan birleşim deneyleri

Çalışmalar	Açıklama	Deney sayısı
Piluso ve Rizzano (2008)	Tekrarlı yük altında T birleşimler	1
Coelho vd., (2009)	Eksenel yük altında alın levhalı plakalı birleşimler	24
Abidelah vd., (2012)	Eksenel yük altında berkitmeli ve berkitmesiz alın levhalı plakalı birleşimler	4
Aydın vd., (2015a)	Alt-üst korniyerli birleşimler	9
Aydın vd., (2015b)	Alın levhalı sinus giriş birleşimler	4
Maali vd., (2016)	Alt-üst berkitmeli korniyerli birleşimler	9
Maali vd., (2017)	Alt-üst korniyerli birleşimler	10

Literatürden farklı olarak alın levhaları iki ayrı alın levhalı ve üçgen levhalarla berkitmeli olarak tasarlanmıştır. Bu berkitmeler aynı zamanda alın levhalarına da kaynaklanmıştır. Deneylerde berkitme levhasının kalınlığı sabit tutulurken alın levhaların kalınlığı değiştirilmiştir. Çalışmaya esas teşkil eden deney modellerinin Şekil 2a'da geometrik özellikleri görülmektedir. Deney adları ve kullanılan birleşim elemanlarının boyutları Tablo 2'de sunulmuştur. Ayrıca, bu çalışma kapsamında yapılan deney sonuçları ile

karşılaştırılan E160 ve E200 kodlu kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşimler Sağıroğlu'nun (2018) çalışmasından alınmış ve Şekil 2b'de sunulmuştur. Bu deneylerdeki E160 birleşimi IPE160 profilinden ve E200 birleşimi de IPE200 profilinden kesilerek elde edilen alın levhalı-elemanlarla oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında incelenen levha kalınlıkları da bu birleşimlerle aynı olması için 7,4 mm ve 8,5 mm olacak şekilde seçilmiştir (IPE160 başlık kalınlığı 7,4 mm ve IPE200 levha kalınlığı 8,5 mm'dir).



Şekil 2. Çalışmada kullanılan berkitmeli alın levhalı birleşim türleri. (a) Dikey berkitmeli alın levhalı birleşim. (b) Kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşim (Sağıroğlu, 2018).

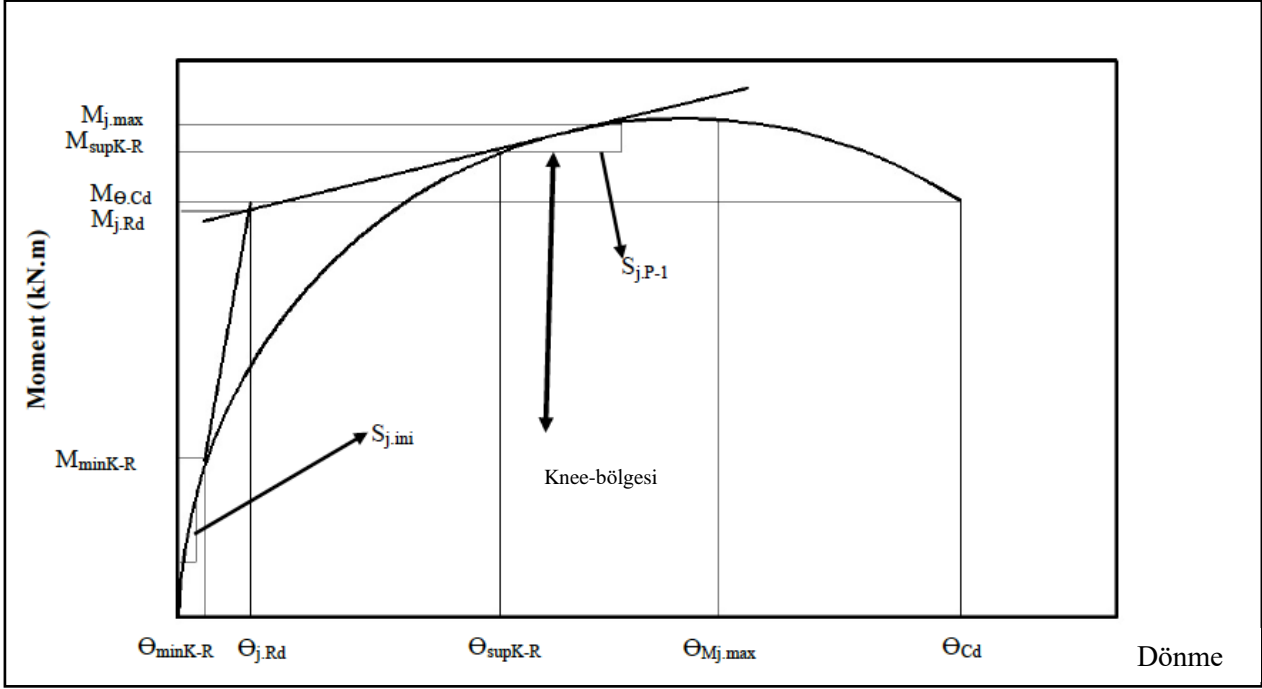
Tablo 2. Deneylerde kullanılan birleşim elemanlarının boyutları

Deney Adı	h (mm)	X (mm)	Y1(mm)	Y2(mm)	t (mm)	tp (mm)
V160	82	160	36	75	7.4	6
V200	100	160	36	75	8.5	6
E160 Sağıroğlu (2018)	300	160	75	75	7.4	6
E200 Sağıroğlu (2018)	300	160	75	75	8.5	6

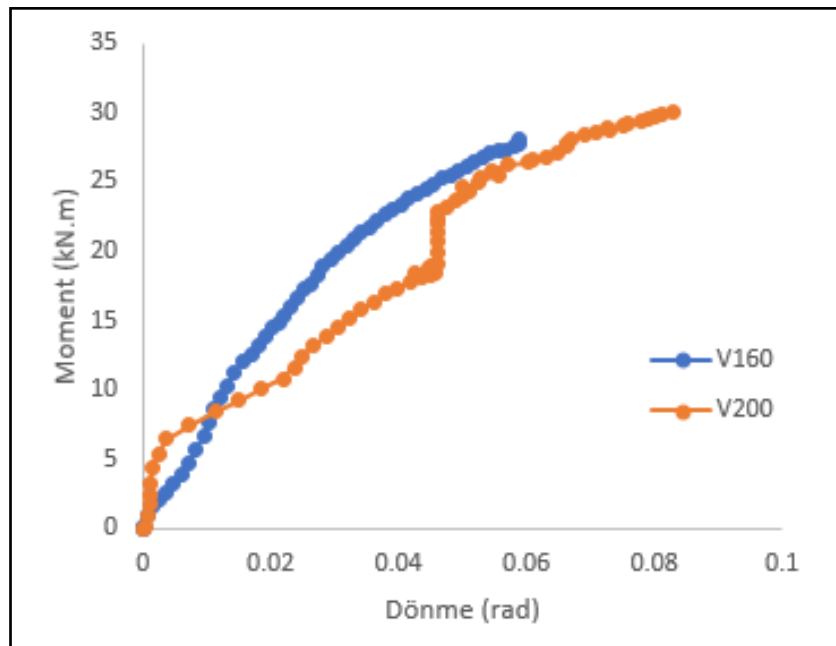
moment kapasitesindeki dönme (Θ_{cd}) arasındaki ilişki açıklamaktadır (Eurocode 3, 2005).

Tablo 2’de tanımlanan gerçek ölçekli iki deney gerçekleştirilmiş ve Şekil 5’te bu deneyler için önerilen birleşimlerin moment-dönme eğrileri

karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Tablo 3’te bu deneylere ait moment-dönme eğrilerinin karakteristik değerleri ve Şekil 6’da ise önerilen birleşimlerle kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhali birleşimlerin moment-dönme eğrileri karşılaştırılmıştır.



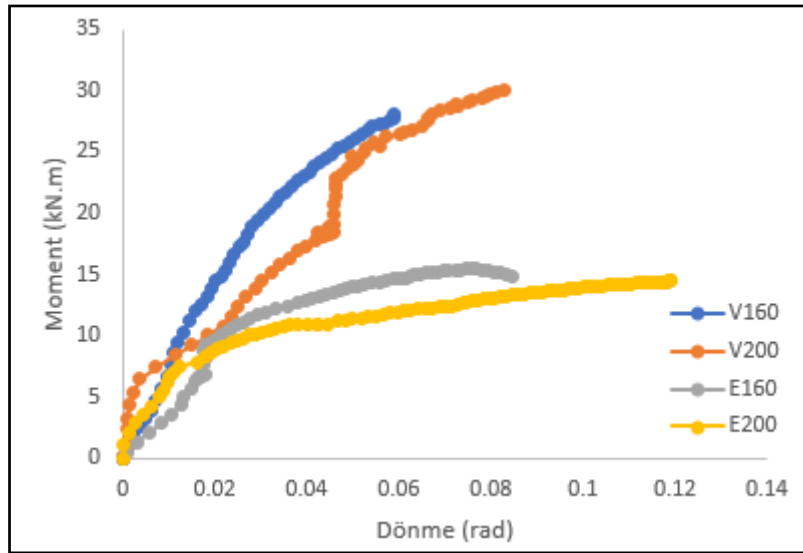
Şekil 4. Moment-dönme eğrisi karakteristikleri (Aydın vd., 2015a,b; Maali vd., 2016; Maali vd., 2017).



Şekil 5. V160 ve V200 birleşimlerinin moment-dönme eğrileri

Tablo 3. Moment–dönme eğrisi karakteristik değerleri

Deney Adı		V160	V200	E160 Sağıroğlu (2018)	E200 Sağıroğlu (2018)
	$M_{j,Rd}$	18.87	18.50	13.81	10.82
Dayanım (KNm)	$M_{j,max}$	28.06	30.07	15.42	14.44
	$M_{\Theta Cd}$	28.06	30.07	14.91	14.44
Rijitlik (KN m/rad)	$S_{j,ini}$	1.05	2.69	6.91	2.81
	$S_{j,p-1}$	0.32	0.21	0.099	0.16
	$S_{j,ini}/S_{j,p-1}$	3.23	12.64	9.13	17.11
Dönme (rad)	$\Theta_{j,Rd}$	0.025	0.007	0.037	0.016
	$\Theta_{Mj,max}$	0.059	0.083	0.077	0.118
	Θ_{Cd}	0.059	0.083	0.085	0.119
Ψ_j		2.36	11.86	2.29	7.44
$\Psi_{j,max load}$		2.36	11.86	2.08	7.38
Enerji Yutma kapasitesi (kNmrad)		0.83	1.25	0.63	0.86

**Şekil 6.** V160, V200, E160 ve E200 birleşimlerinin moment-dönme eğrileri

Bu çalışma kapsamında yapılan V160 ve V200 deneyleri için Tablo 3'te görüldüğü gibi birleşimlerin alın levhası kalınlığı arttıkça süneklik ve maksimum sünekliğin %502.54((11.86/2.36)*100) ve enerji yutma kapasitesinin %150.60 ((1.25/0.83)*100) arttığı görülmektedir. Deney numunelerinin dayanımları birbirleriyle karşılaştırıldığında, alın levhasının kalınlığı arttıkça $M_{j,Rd}$ nin %98.04 ((18.5/18.87)*100) oranında azaldığı, $M_{j,max}$ ve $M_{\Theta Cd}$ nin %107,16 ((30.07/18.87)*100) oranında arttığı görülmüştür. Sonuç olarak alın levha kalınlığı arttıkça dayanım oranının arttığı anlaşılmaktadır. Elastik bölgedeki nihai rijitlik ($S_{j,ini}$) %256.19 olarak artarken, plastik bölgedeki rijitlik ise %65.63 oranında azalmıştır. Ayrıca elastik bölgedeki nihai rijitliğin plastik bölgedeki

rijitliğe oranı ($S_{j,ini}/S_{j,p-1}$) ise %391.33 artmıştır. Dönme oranları ise, alın levhasının kalınlığı arttıkça $\Theta_{Mj,max}$ ve Θ_{Cd} 'da %140.68 artmıştır. Ancak, ilgili deneylerde bulon kesmesi meydana geldiği göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak, alın levhasının kalınlığının artması moment dayanımını ve dönme kapasitesini artırmıştır.

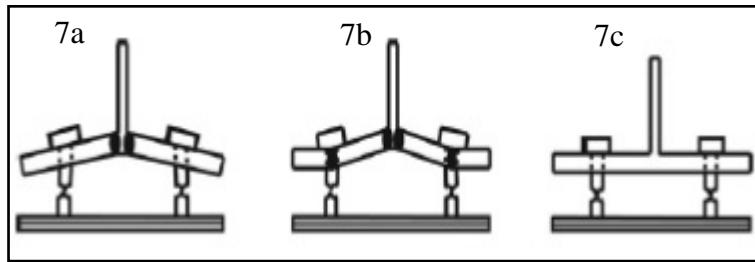
Bu sonuçlar, literatürdeki kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşimlerin sonuçları ile karşılaştırıldığında (Sağıroğlu, 2018); V160 ve E160 ile V200 ve E200 için sırasıyla maksimum moment ve kritik moment %181.97 ve %208.24 artarken, maksimum dönme ve kritik dönmenin %76.62 ve %70.34 azaldığı görülmektedir. Yine sırasıyla rijitlik %35.37 ve %73.91 azalmıştır.

Süneklik ($\Psi_j = \frac{\theta_{Cd}}{\theta_{MRd}}$) ve maksimum süneklik ($\Psi_{j,maxload} = \frac{\theta_{Mj,max}}{\theta_{MRd}}$) %103.05 ve %159.41 oranında artmıştır. Enerji yutma kapasitesi ise %131.74 ve %145.35 oranında artmıştır. Böylece, dikey alın levhalı birleşimlerde kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhası kullanımı, birleşimi rijitleştirmiş, moment dayanımını artırmış ve dönmeyi azaltmıştır.

3.2. Göçme Şekilleri

Eurocode 3'te alın levhalı birleşimlere ilişkin üç çeşit göçme tipi mevcuttur (Eurocode 3,2005). Şekil 7'de Eurocode 32'te verilen göçme tipleri

sunulmaktadır. Şekil 7a 'da sadece akma, Şekil 7b 'de akma ve bulon kırılması ve Şekil 7c 'de ise sadece bulon kırılması söz konusudur. V160 ve V200 birleşimlerinin her ikisinde de göçme 4 adet üst bulon kırılması ile meydana gelmiştir. Ayrıca, Şekil 8'de görüldüğü gibi üst alın levhası, kullanılan berkitme levhasının etkisiyle V şeklini alarak deforme olmuştur. Ayrıca, alt alın levhasında farklı bir göçme şekli meydana gelmemiştir. E160 ve E200 birleşimlerinin her ikisinde de göçme üst bulon kırılması ile meydana gelmiştir. Söz konusu iki tip alın levhalı birleşim deneylerinde Şekil 7b'de görülen göçme modu ortaya çıkmıştır.



Şekil 7. Eurocode göçme modları (EN1993-1-8, Eurocode 8: Design of steel structures-Parts 1-8: General Rules-Design of joints, CEN, 2005).



Şekil 8. Deneylerin göçme modları.

4. Sonuç

Bu çalışmada, önerilen dikey alın levhalı birleşimin davranışını temsil eden moment-dönme eğrisinin belirlenmesi adına bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler göstermiştir ki, birleşimin moment-dönme eğrisi birleşim elemanının boyutlarına göre değişmektedir. Buna bağlı olarak birleşimin eleman boyutlarındaki farklılığın moment-dönme eğrisinin temsil ettiği rijitlik, moment dayanımı, süneklik ve enerji yutma kapasitesi ve ne ölçüde değiştirdiği ile ilgili bilgi edinilmektedir. Bu çalışma kapsamında, alın levhası kalınlığı arttıkça süneklik ve maksimum süneklik ve enerji yutma kapasitesi artmıştır. Deneysel numunelerinin dayanımları birbirleriyle karşılaştırıldığında, alın levha kalınlığı arttıkça dayanım oranının arttığı görülmüştür. Ayrıca alın levhasının kalınlığı arttıkça rijitlik artmıştır. Bu deney sonuçları, kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşim deney sonuçları ile karşılaştırıldığında (Sağiroğlu, 2018); V160 ve E160 ile V200 ve E200 için sırasıyla maksimum moment ve kritik moment artarken, maksimum dönme ve kritik dönme azalmıştır. Böylece, kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı olarak kullanılan birleşimlerin sünekliği daha az, enerji yutma kapasitesinin ise arttığı anlaşılmıştır. Böylece, moment dayanımı artarken dönme azalmıştır.

Çelik yapı şantiyelerinde ve/veya fabrikalarında artık profil, levha ve lama parçaları sıkça bulunmaktadır. Alın levhalı bir birleşim yapılması durumunda elde mevcut çelik parçalarından hazırlanacak çalışmaya esas olan küçük üçgen berkitmelerin ilgili birleşimlerde kullanılması artık malzemelerin değerlendirilmesi hususunda etkin bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca tasarımı gerçekleştirilen birleşimin enerji yutma kapasitesinde sağlandığı artış ile muhtemel deprem performansının da iyileşeceği ön görülmektedir. Bu çalışmada sunulan üçgen berkitmeli alın levhalı birleşimlerin ve muhtemel alternatiflerinin deneysel ve sayısal olarak gerek monotonik gerekse dinamik ve tekrarlı yükler altında davranışlarının değerlendirilmesi geleceğe matuf öneriler olarak değerlendirilebilir.

Kaynaklar

Abdalla, K.M. ve Chen, W.F., 1995. Expanded database of semi-rigid steel connections. *Computers & Structures*, 56(4), 553–64.

Abidelah, A., Bouchaï, A. ve Kerdal, D.E., 2012. Experimental and analytical behavior of

bolted end-plate connections with or without stiffeners. *Journal of Constructional Steel Research*, 76, 13–27.

- Aydın, A.C., Maali, M., Kılıç, M. ve Sağiroğlu, M., 2015a. Experimental Investigation of Sinus Beams with End-Plate Connections. *Thin-Walled Structures*, 97, 35-43.
- Aydın, A.C., Kılıç, M., Maali, M. ve Sağiroğlu, M., 2015b. Experimental Assessment of the Semi-Rigid Connections Behavior with Angles and Stiffeners. *Journal of Constructional Steel Research*, 114, 338-348.
- Coelho, A.M.G., Bijlaard, F.S.K. ve Kolstein, H., 2009. Experimental behaviour of high-strength steel web shear panels. *Engineering Structures*, 31(7), 1543–55.
- Cruz, P.J.S., Simões, d.S., Rodrigues, D.S. ve Simões, R.A.D., 1998. SERICON II-database for the semi-rigid behaviour of beam-to-column connections in seismic regions. *Journal of Constructional Steel Research*, 46(1–3), 233–234.
- EN1993-1-8, 2005. Eurocode 8: Design of steel structures-Parts 1-8: General Rules-Design of joints. CEN.
- Goverdhan, A.V., 1984. A collection of experimental moment-rotation curves and valuation of prediction equations for semi-rigid connections. Master thesis. Nashville (TN), Vanderbilt University.
- Jones, S.W., Kirby, P.A. ve Nethercot, D.A., 1980. Effect of semi-rigid connections on steel column strength. *Journal of Constructional Steel Research*, 1, 38–46.
- Kishi, N. ve Chen, W.F., 1986a. Steel connection data bank program, In: *Structural engineering*, 2nd ed, School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, Report no. CE-STR86-18.
- Kishi, N. ve Chen, W.P., 1986b. Data base of steel beam-to-column connections, In: *Structural engineering*, School of Civil Engineering, Purdue University, West Lafayette, 1/2, Report no. CE-STR-86-26.
- Maali, M., Kılıç, M. ve Aydın, A.C., 2016. Experimental Model of the Behaviour of

Bolted Angles Connections with Stiffeners.
Int. Journal of Steel Structures, 16(3), 1-15.

Maali, M., Kılıç, M., Sagioglu, M. ve Aydın, A.C.; 2017. Experimental Model for Predicting the Semi-Rigid Connections' Behaviour with Angles and Stiffeners. Advances in Structural Engineering, 20, 6, 884-895.

Nethercot, D.A., 1985a. Steel beam-to-column connections: a review of test data and its applicability to the evaluation of joint behaviour in the performance of steel frames. CIRIA report, 338.

Nethercot, D.A., 1985b. Utilization of experimentally obtained connection data in assessing the performance of steel frames (Editör : Chen WF). Connection flexibility

and steel frames, Proc. of a Session Sponsored by the ASCE Structural Division, Detroit.

Piluso, V. ve Rizzano, G., 2008. Experimental analysis and modelling of bolted T-stubs under cyclic loads. Journal of Constructional Steel Research, 64(6), 655–669.

Sagioglu, M., 2018. Kiriş gövdesinde berkitmeli alın levhalı birleşimlerin davranışının deneysel analizi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, no: 310649.

Sağiroğlu, M. ve Aydın, A.C., 2015. Design and analysis of non-linear space frames with semi-rigid connections. Steel and Composite Structures, 18, 6, 1405-1421.

Metilen Mavisinin Doğal Kil Üzerine Adsorpsiyonu

Adsorption of Methylene Blue onto Natural Clay

Serkan BAYAR*

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 25240, Erzurum

• Geliş tarihi / Received: 17.10.2017 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 14.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 19.03.2018

Öz

Bu çalışmada, kesikli sistem adsorpsiyon prosesi ile sentetik olarak hazırlanan sulu çözeltilerden metilen mavisi (MM) boyar maddesinin uzaklaştırılmasında Erzurum ili Narman ilçesinden temin edilen doğal kilin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Deneysel parametreler olarak; pH (3.0 – 8.0 aralığı), karıştırma hızı (100 devir/dakika - 400 devir/dakika aralığı), başlangıç boyar madde konsantrasyonu (25 mg.L⁻¹ - 500 mg.L⁻¹ aralığı), adsorban dozajı (0.025 g 100 mL⁻¹ – 0.100 g.100 mL⁻¹ aralığı) ve NaCl konsantrasyonu (0 mM – 0.001 mM aralığı) seçilmiştir. Çalışmalarda adsorpsiyon veriminin artan başlangıç MM konsantrasyonu, pH ve karıştırma hızı ile arttığı, NaCl konsantrasyonu ve adsorban dozajı ile azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmalar sonucunda doğal kilin en yüksek adsorpsiyon kapasitesinin 25 °C’de, 300 devir/dakika karıştırma hızında, çözelti doğal pH değerinde ve 500 mg.L⁻¹ MM konsantrasyonunda 338.15 mg.g⁻¹ olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Adsorpsiyon, Kil, Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Metilen Mavis

Abstract

In this study, the utilization of natural clay obtained from the Narman district of Erzurum province was investigated in the removal of methylene blue (MB) from synthetically prepared aqueous solutions by batch adsorption process. As experimental parameters; the influences of initial pH of solution (from 3.0 to 8.0), stirring speed (from 100 to 400 rpm), initial dyestuff concentration (from 25 mg.L⁻¹ to 500 mg.L⁻¹), adsorbent dosage (from 0.025 g.100mL⁻¹ to 0.100 g.100mL⁻¹) and NaCl concentration (from 0 to 0.001 mM) were selected. It was established that adsorption amount increased with increasing pH, dye concentration and stirring speed, but decreased with increased ionic strength and adsorbent dosage. As a result of working, the highest adsorption capacity of natural clay was observed as 338.15 mg.g⁻¹ at 25 °C, at a stirring speed of 300 rpm, at a solution of natural pH and at a initial MB concentration of 500 mg.L⁻¹.

Keywords: Adsorption, Clay, Chemical Oxygen Demand, Methylene Blue

*Serkan BAYAR; sbayar@atauni.edu.tr; Tel: (0442) 231 48 26; orcid.org/0000-0001-6713-2604

1. Giriş

Tekstil endüstrisi, yüksek kirlilik yükü ve atık su miktarı, çözülmüş madde konsantrasyonu ve değişik yapıda boyar maddeler içeren çeşitli üretim proseslerine sahip sanayi dallarından birisidir. Tekstil endüstrisi atık suları çoğunlukla yüksek konsantrasyonlarda organik ve inorganik kimyasallar barındırır ve bu atık sular yüksek konsantrasyonlarda Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Toplam Organik Karbon (TOK) ve renk içerirler. Dünya genelinde üretilen boyar maddelerin yıllık yaklaşık %20'si atık sulara verilmektedir. Tekstil atık sularındaki bu boyar maddeler; hem klasik arıtma sistemlerine direnç göstermeleri hem de boyar maddelerin hidroliz olmaları sonucunda toksik ve kanserojenik yan ürünler üretmeleri nedeniyle önemli bir çevre kirliliği problemi haline gelmiştir. Kullanılan boyar maddeler belirli dalga boylarında ışık için kuvvetli absorpsiyon kabiliyetine sahip olduklarından, alıcı ortamlardaki ışık geçirgenliğini azaltarak, bitkilerin fotosentez hızlarını düşürmekte ve dolayısıyla doğal yoldan oksijen üretiminin düşmesine neden olmaktadır (Yılmaz, 2009).

Günümüzde tekstil endüstrisinden kaynaklanan atık suların arıtılması için, membran filtrasyonu (Molinari vd., 2004; Zhu vd., 2013), ileri oksidasyon (Panizza ve Cerisola, 2009), ozonlama (Van Leeuwen vd., 2009) elektrokoagülasyon (Aoudj vd., 2010; Yılmaz, 2012), koagülasyon/flokülasyon (Moghaddam vd., 2010; Man vd., 2012), adsorpsiyon (Mahmoodi, 2011; Habte vd., 2014) ve biosorpsiyon (Somasekhara Reddy vd., 2012) yaygın olarak kullanılan arıtma prosesleridir.

Adsorpsiyon bir fazda bulunan iyon ya da moleküllerin, bir diğer fazın yüzeyinde yoğunlaşması ve konsantre olması işlemi olarak tanımlanabilir. Biriken maddeye “adsorbat”, adsorplayan maddeye de “adsorbent” ya da “adsorban” denir. Adsorpsiyon; sıvı-sıvı, sıvı-gaz, sıvı-katı ya da gaz-katı gibi iki faz arasında oluşur. Bu iki fazı ayıran yüzeyler ‘ara yüzey’ olarak isimlendirilir. Adsorpsiyon prosesinde adsorban olarak kullanılacak maddeler; ucuz ve kolay elde edilebilir olmalı, zehirli olmamalı, geniş yüzey alanına sahip olmalı, suda çözünmemeli ve yeniden kullanılabilir olmalıdır (Özdeş vd., 2009). Adsorpsiyon prosesinde en yaygın olarak kullanılan adsorban madde aktif karbon olmakla birlikte, aktif karbonun pahalı olması ve geri kazanımının ilave maliyet getirmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Son yıllarda

düşük maliyetli ve doğal adsorbanların kullanımı da yaygınlaşmıştır (Çulcu, 2015). Adsorpsiyon prosesinde; polimerler (Kim ve Guiochon, 2005), pomza taşı (Veliev vd., 2006), kil (Veli ve Alyüz, 2007), bentonit (Bulut vd., 2008) ve aktif karbon (Khaled vd., 2009; Bangash ve Alam, 2009; Schimmel vd., 2010) yaygın olarak kullanılan adsorbanlardan bazılarıdır.

Bu çalışmada, tekstil, deri ve kâğıt gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılan, sulara çok düşük konsantrasyonlarda bulunması halinde bile toksik etkilere sahip olan katyonik bir boyar madde olan metilen mavisinin (MM) sulu çözeltilerden uzaklaştırılma şartları araştırılmıştır. Adsorban olarak Erzurum ili Narman ilçesi havzasından temin edilmiş sarı renkli doğal kil kullanılmıştır. Çalışmalarda MM'nin doğal kil üzerine adsorpsiyonu pH, karıştırma hızı, başlangıç MM konsantrasyonu, adsorban dozajı ve elektrolit konsantrasyonunun etkisi incelenerek optimum koşullar belirlenmiştir.

2. Materyal Metot

2.1. Kullanılan Adsorban ve Özellikleri

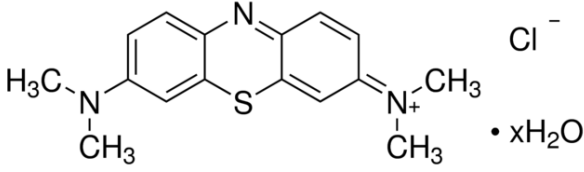
Adsorpsiyon deneylerinde kullanılan doğal kil minerali, Erzurum ili Narman ilçesinden temin edilmiştir. Araziden getirilen doğal kil örnekleri etüvde (105 °C'de) kurutulduktan sonra öğütücüde (Los Angeles Işınma aletinde) yeterli süre öğütülmüş ve daha sonra öğütülmüş numunelerden gerekli miktar alınarak su ile karıştırılmış ve kil süspansiyonu hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan kil süspansiyonu içindeki silt boyutundaki malzemeler Stokes yasasına göre yeterli süre (1 saat kadar) çöktürülmüş (Uzuner, 2005) ve çöken malzeme (silt) süspansiyondan uzaklaştırılmıştır. Kil numunesine yaptırılan X-Işını Fraksiyonu (XRF) analiz sonuçlarından elde edilen kimyasal bileşenler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan kil mineralinin kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşimi	Yüzde Miktar (%)
Na ₂ O	0.02
MgO	2.82
Al ₂ O ₃	20.67
SiO ₂	53.28
K ₂ O	0.82
CaO	1.71
TiO ₂	0.63
Fe ₂ O ₃	6.13
Limit Oksijen İndeksi (LOI)	14.00
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2.57
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃	8.69
SiO ₂ /MgO	18.89
SiO ₂ /CaO	31.15

2.2. Kullanılan Boyar Madde

Adsorbat olarak kullanılan MM'nin kimyasal formülü $C_{16}H_{18}ClN_3S$ olup, $319.85 \text{ g.mol}^{-1}$ molekül ağırlığına sahiptir. MM'nin molekül yapısı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. MM'nin molekül yapısı

2.3. Adsorpsiyon Çalışmaları

Adsorpsiyon deneyleri 100 mL'lik çalışma hacmine sahip erlenlerde yürütülmüştür. Sıcaklık ve karıştırma hızının adsorpsiyon üzerine etkilerinin incelenmesinde, ayarlı Edmünd Bühler GmbH (KS-15) marka çalkalamalı inkübatör kullanılmıştır. Çalışmalar kesikli modda gerçekleştirilmiş olup, pH etkisinin incelenmesi dışındaki tüm çalışmalarda çözeltinin doğal pH değerinde (100 mg.L^{-1} için $\text{pH} \approx 5.20$) çalışılmıştır. MM çözeltilerinin başlangıç konsantrasyonları $25\text{--}500 \text{ mg.L}^{-1}$ aralığında değiştirilmiştir. Çözeltilerin pH'sı WTW multi 340i marka pH-metre kullanılarak 1N NaOH ve 1N HCl çözeltileri ile ayarlanmıştır.

Kimyasal oksijen ihtiyacı analizleri standart metotlarda (APHA, 1998) belirtilen kapalı sistem (reflux) yöntemine göre yapılmıştır. Doğal kilin adsorpsiyon kapasitesi ve KOİ giderim verimleri aşağıdaki kütle denkliği eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır (Sapawe vd., 2013).

$$\eta(\%) = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$q_t = \frac{(C_0 - C_e) * V}{m} \quad (2)$$

Burada q_t (mg.g^{-1}); t anında birim adsorban yüzeyinde tutunan KOİ miktarı, C_0 ve C_t ;

başlangıç ve t anındaki MM konsantrasyonları (mg.L^{-1}), V ; MM çözeltisinin hacmi (L), m ; kullanılan doğal kil örneğinin kütlesi (g) ve η ; % KOİ giderim verimidir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Başlangıç Çözelti pH'sının Etkisi

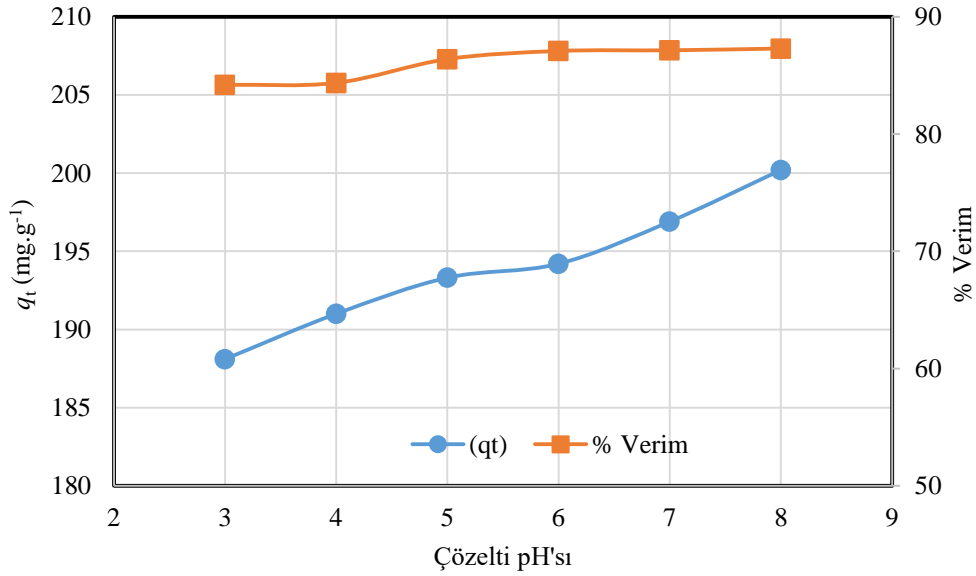
Başlangıç çözelti pH'sı askıdaki partiküller üzerinde boyanın adsorpsiyonunu kontrol eden en önemli parametrelerden biridir (Doğan vd., 2004). MM'nin doğal kil örnekleri üzerinde KOİ adsorpsiyon verimi; $25 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta, 300 devir/dakika (dev.dak^{-1}) karıştırma hızında, 60 dakika denge süresinde ve pH değerleri 3.0; 4.0; 5.0; 6.0; 7.0 ve 8.0 olan çözeltiler için incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Deneysel sonuçlardan başlangıç çözelti pH değerinin artmasıyla adsorpsiyon veriminde artma gözlenmiştir. pH 3.0'dan 8.0'a arttığında adsorpsiyon verimi de 188.1 mg.g^{-1} den 200.2 mg.g^{-1} e yükselmiştir.

Adsorbanların yüzey yükünü çözelti pH'sı büyük ölçüde etkiler. Sulu çözeltide bulunan hidronyum ve hidroksil iyonları adsorban yüzeyine oldukça güçlü bir şekilde adsorbe olurlar. Bu nedenle diğer iyonların adsorpsiyonu çözelti pH değerinden etkilenir. pH değişimi adsorban yüzey aktif sitlerinde fonksiyonel grupların ayrışması yoluyla adsorpsiyon prosesini etkiler.

Asidik pH değerlerinde adsorbanın çevresi H_3O^+ iyonlarıyla çevrilmiş olup, adsorbanın yüzey fonksiyonel grupları pozitif yüklüdür (Gündoğdu, 2010). H_3O^+ iyonları, elektrostatik itmeden dolayı aynı yüke sahip MM kationlarının adsorban yüzeyine yaklaşmasını engeller. Bu nedenle, kationik formdaki MM'nin adsorpsiyon verimi asidik pH değerlerinde düşük olup, pH arttıkça artmaktadır.

Adsorpsiyon veriminin pH'nın yükselmesiyle artmasının nedeni, H_3O^+ iyonları ile kationik formdaki MM'nin adsorban yüzeyindeki aktif bölgelere olan rekabetinin azalması ve ayrıca adsorban yüzeyindeki pozitif yükün azalmasıyla elektrostatik etkileşimin artması şeklinde açıklanabilir.

Benzer sonuçlar literatürde mevcuttur (Vučurović vd., 2012; Sözüdoğru vd., 2016). Ayrıca doğal kilin MM adsorpsiyon kapasitesi literatürde verilen diğer adsorbanlarla karşılaştırılmış ve bu değerler Tablo 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Adsorpsiyon üzerine başlangıç çözelti pH'sının etkisi

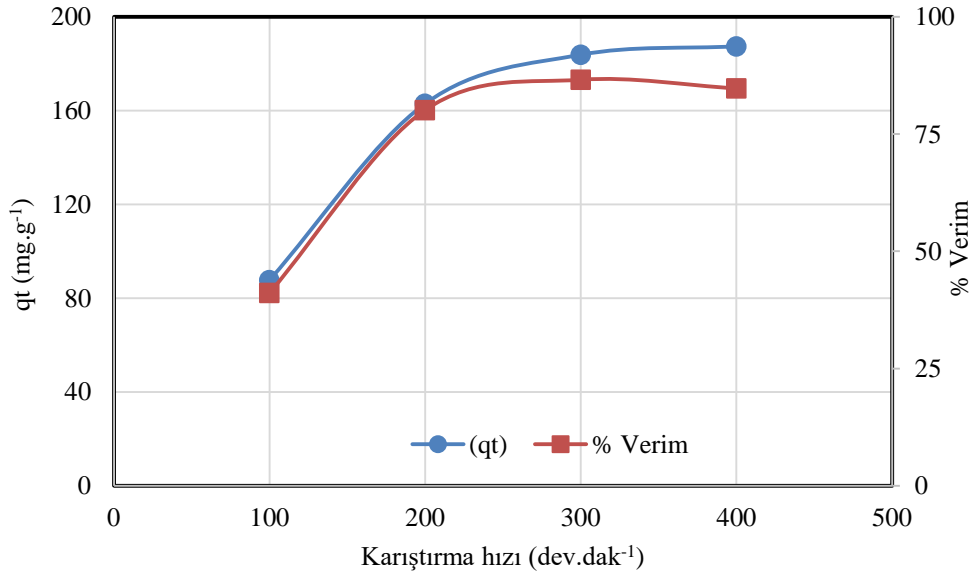
Tablo 2. Kullanılan kil mineralinin MM adsorpsiyon kapasitesinin literatürde verilen diğer adsorbanlarla karşılaştırılması

Adsorban	Adsorpsiyon kapasitesi (mg.g ⁻¹)	Kaynak
Kaolin	52.76	Mounia vd., 2018
Kaolinit	101.50	Gao vd., 2016
Kaolinit	102.04	Krishnan vd., 2015
Sentezlenmiş Zeolit	64.8	Sapawe vd., 2013
Şeker pancarı küspesi	714.29	Vučurović vd., 2012
Doğal Zeolit	19.92	Han vd., 2009
Montmorillonit	289.12	Almeida vd., 2009
İllit Kili	24.87	Özdeş vd., 2009
Kil	58.20	Gürses vd., 2006
Limon Kabuğu	29.0	Kumar vd., 2006
Uçucu Kül	5.72	Kumar vd., 2005
Pirinç çeltiği	40.58	Vadivelan vd., 2005
Doğal Kil	338.15	Bu çalışma

3.2. Karıştırma hızının etkisi

Karıştırma hızı, dış sınır tabakanın yapısını etkilediğinden dolayı adsorpsiyon prosesi için önemli bir parametredir. MM'nin doğal kil örnekleri yüzeyinde adsorpsiyon verimine karıştırma hızının etkisi; doğal pH, 25 °C sıcaklıkta, 60 dakika denge süresinde, 0.075 g.L⁻¹ adsorban miktarında, 100 mg.L⁻¹ başlangıç boyar madde konsantrasyonunda, 100; 200; 300 ve 400 dev.dak⁻¹ karıştırma hızlarında incelenmiştir.

Çalışma sonunda elde edilen veriler Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3'de görüleceği gibi karıştırma hızı arttıkça adsorpsiyon veriminde artış gözlenmiştir. Karıştırma hızı 100 dev.dak⁻¹'den 400 dev.dak⁻¹'e arttığında adsorpsiyon verimi 150.67 mg.g⁻¹'den 191.36 mg.g⁻¹ değerine ulaşmıştır. Bu sonuç; artan karıştırma hızıyla kil çevresindeki akışkan film kalınlığının azalması ve buna bağlı olarak adsorpsiyon veriminin artması şeklinde açıklanabilir. Literatürde benzer sonuçlar mevcuttur (Crini vd., 2007; Sözüdoğru vd., 2016).

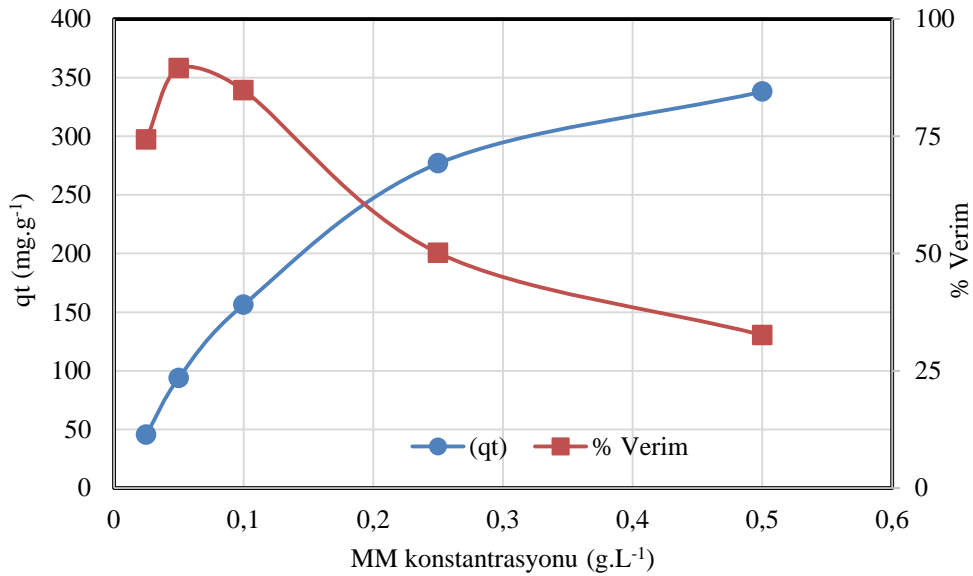


Şekil 3. Adsorpsiyon üzerine karıştırma hızının etkisi

3.3. Başlangıç boyar madde konsantrasyonunun etkisi

Adsorpsiyon üzerine başlangıç MM konsantrasyonunun etkisi; 25; 50; 100; 250 ve 500 mg.L⁻¹ konsantrasyon aralıklarında, 25 °C’de, 300 dev.dak.⁻¹ karıştırma hızında ve çözelti doğal pH değerinde incelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen deneysel sonuçlar Şekil 4’de gösterilmiştir. Şekil 4 incelendiği zaman artan MM konsantrasyonu ile doğal kil yüzeyinde adsorplanan KOİ miktarında artış olduğu görülmektedir. Ayrıca başlangıç boyar madde konsantrasyonu arttıkça adsorpsiyon kapasitesi de artmaktadır (Vimonses

vd., 2009). Başlangıç MM konsantrasyonu 25 mg.L⁻¹’den 500 mg.L⁻¹’ye artırıldığında birim adsorban başına adsorplanan KOİ değeri sırasıyla 45.53 mg.g⁻¹’den 338.15 mg.g⁻¹’a yükselmiştir. KOİ giderim verimleri de %74.32’den %32.61’e düşmüştür. Sabit doğal kil konsantrasyonunda, başlangıç MM konsantrasyonunun artışı, gram adsorban başına daha fazla MM adsorplanmasına neden olur. (MM konsantrasyonu çözelti ve katı faz arasında oluşacak kütle transferi için önemli bir itici güç olduğu için). Ayrıca doğal kil yüzeyindeki aktif bölgelerin doygunluğa ulaşmasından dolayı adsorpsiyon yüzdesi azalmaktadır (Özdeş vd., 2009).



Şekil 4. Adsorpsiyon verimi üzerine başlangıç MM konsantrasyonunun etkisi

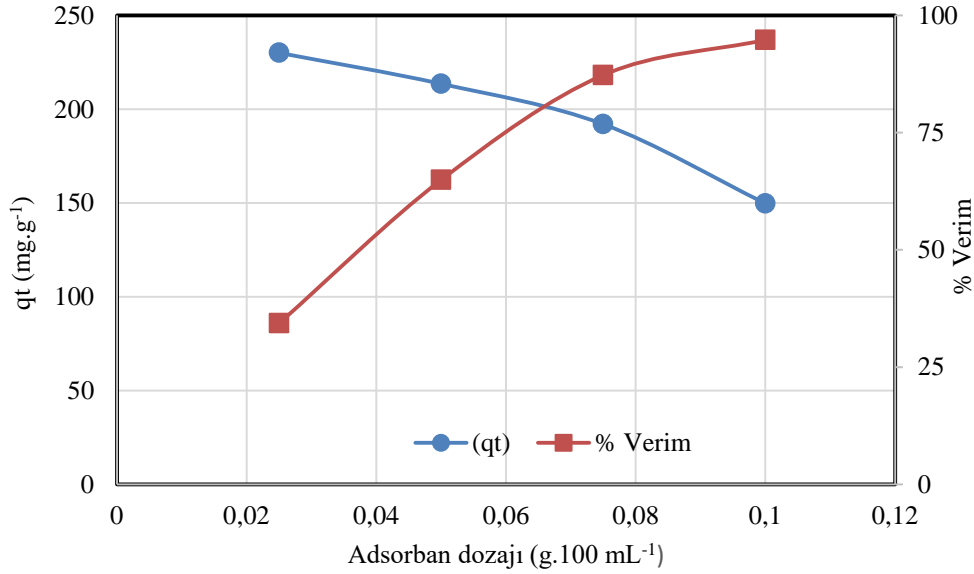
3.4. Adsorban miktarının etkisi

Doğal kil mineralinin süspansiyon içerisindeki miktarının adsorpsiyon verimine etkisi; 0.025; 0.050; 0.075 ve 0.10 g.L⁻¹'lik katı-sıvı oranlarında, 25 °C sıcaklıkta, 100 mg.L⁻¹ başlangıç MM konsantrasyonunda, 300 dev.dak.⁻¹ karıştırma hızında ve doğal pH'da incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 5'te grafik edilmiştir. Şekil 5'ten de görülebileceği gibi doğal kilin artan süspansiyon katı-sıvı oranı ile adsorpsiyon hız ve miktarı azalmıştır. Adsorban dozajı 0.025 g.L⁻¹'den 0.1 g.L⁻¹'ye artırıldığında KOİ giderim verimi %34.33'dan %93.91'e artmaktadır ama adsorpsiyon verimi 230.08 mg.g⁻¹'den 126.85 mg.g⁻¹'a azalmaktadır. Adsorpsiyon yoğunluğundaki bu azalış sorpsiyon prosesi boyunca

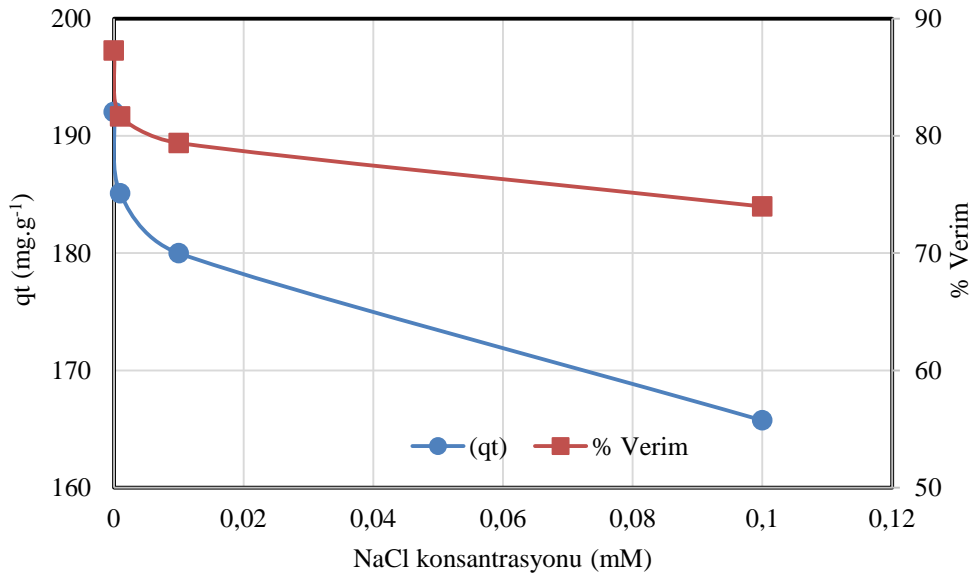
doymamış artık sorpsiyon sitelerinin varlığıyla açıklanabilir (Varlikli vd., 2009; Vimonses vd., 2009).

3.5. Elektrolit konsantrasyonunun etkisi

Endüstriyel atık sular inorganik tuzlar gibi çeşitli katkı maddeleri ile daima kirletildiği için boya çözeltilerinin adsorpsiyon niteliği üzerindeki bu iyonların etkilerinin incelenmesi önemlidir. Bu amaçla; 100 mg. L⁻¹ konsantrasyonundaki MM çözeltileri ve 0.075 g.L⁻¹ derişimindeki doğal kil süspansiyonları, 0.001 mM – 0.1 mM aralıklarındaki NaCl çözeltileriyle, 60 dakika, 300 dev.dak.⁻¹ karıştırma hızında ve doğal pH'da muamele edilmiştir. Elde edilen veriler Şekil 6'da grafik edilmiştir.



Şekil 5. Adsorpsiyon verimi üzerine adsorban dozajının etkisi



Şekil 6. Adsorpsiyon verimi üzerine NaCl konsantrasyonunun etkisi

Deneysel sonuçlardan görüldüğü gibi NaCl konsantrasyonunun artmasıyla adsorpsiyon verimi azalmaktadır. NaCl konsantrasyonu 0 mM'den 0.1 mM'a arttığında adsorpsiyon kapasitesi 192.04 mg.g⁻¹'den 165.73 mg.g⁻¹'e ve KOİ giderim verimi de %87.28'den %73.98'e azalmıştır. İyonik şiddetteki artış adsorbat molekülleri ve adsorban yüzeyi arasındaki elektrostatik çekimi azaltır ve böylece adsorpsiyon kapasitesi azalır. Bu yüzden, doğal kil yüzeyindeki adsorpsiyon kapasitesi azalmaktadır (Dogan vd., 2009; Weng vd., 2009).

4. Sonuçlar

Bu çalışmada Erzurum ili Narman ilçesi havzasından temin edilmiş doğal sarı kil minerali ile tekstil endüstrisinde yaygın olarak kullanılan katyonik yapıda olan MM sulu çözeltilerinde KOİ adsorpsiyonu araştırılmıştır. Çalışmalar sonucunda doğal kil yüzeyinde birim adsorban başına adsorplanan KOİ miktarının, artan sulu çözelti pH'sı, karıştırma hızı ve başlangıç boyar madde konsantrasyonu ile arttığı, artan adsorban dozajı ve NaCl konsantrasyonu ile azaldığı tespit edilmiştir. Denge anlarında maksimum adsorpsiyon verimleri pH 8.0'de 200.20 mg.g⁻¹, 400 dev.dak.⁻¹ karıştırma hızında 191.375 mg.g⁻¹, 500 mg.L⁻¹ başlangıç MM konsantrasyonunda 338.13 mg.g⁻¹ ve 0.025 g.100 mL⁻¹ adsorban dozajında 230.08 mg.g⁻¹ olarak elde edilmiştir. En yüksek KOİ giderim verimleri ise; pH 8.0'de %87.30; 300 dev.dak.⁻¹ karıştırma hızında %86.6; 50 mg.L⁻¹ MM konsantrasyonda %89.2; 0.1 g.L⁻¹ adsorban dozajında %94.79 ve elektrolit ilave yapılmadan gerçekleştirilen denemede %87.28 olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen adsorpsiyon kapasiteleri literatürdeki diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, doğal kilin birçok adsorbandan daha yüksek performans gösterdiği görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmada, kil minerallerinin teminin edilmesinde katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. Suat AKBULUT ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeynep Neşe KURT'a teşekkür ederim.

Kaynaklar

Almeida, C.A.P., Debacher, N.A., Downs, A.J., Cottet, L. ve Mello, C.A.D., 2009. Removal of Methylene Blue from Colored Effluents by Adsorption on Montmorillonite Clay. *Journal of Colloid Interface Science*, 332, 46-53.

Aoudj, S., Khelifa, A., Drouiche, N., Hecini, M. ve Hamitouche, H., 2010. Electrocoagulation Process Applied to Wastewater Containing Dyes from Textile Industry. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 49, 1176-1182.

Apha, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. AWWA.

Bangash, F.K. ve Alam, S., 2009. Adsorption of Acid Blue 1 on Activated Carbon Produced from the Wood of *Ailanthus Altissima*. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 26,2, 275-285.

Bulut, E., Özacar, M. ve Şengil, İ.A., 2008. Adsorption of Malachite Green onto Bentonite: Equilibrium and Kinetic Studies and Process Design. *Microporous and Mesoporous Material*, 115, 234-246.

Crini, G., Peindy, H.N., Gimbert, F. ve Robert, C., 2007. Removal of CI Basic Green 4 (Malachite Green) from Aqueous Solutions by Adsorption Using Cyclodextrin-Based Adsorbent: Kinetic and Equilibrium Studies. *Separation and Purification Technology*, 53, 97-110.

Çulcu, L., 2015. *Tekstil Endüstrisinde Kullanılan Asit Mavisi 62 Boyar Maddesinin Çapraz Bağlı Kitosan Üzerine Adsorpsiyonunun İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 88s.*

Doğan, M., Karaoğlu, M.H. ve Alkan, M., 2009. Adsorption Kinetics of Maxilon Yellow 4GL and Maxilon Red GRL Dyes on Kaolinite. *Journal of Hazardous Materials*, 165, 1142-1151

Gao, W., Zhao, S., Wu, H., Deligeer, W. ve Asuha, S., 2016. Direct Acid Activation of Kaolinite and Its Effects on the Adsorption of Methylene Blue. *Applied Clay Science*. 126, 98-106

Gündoğdu, A. 2010. *Çay Atıklarından Aktif Karbon Üretimi, Karakterizasyonu ve Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 217s.*

- Gürses, A., Doğar, C., Yalçın, M., Açıkyıldız, M., Bayrak, R. ve Karaca, S., 2006. The Adsorption Kinetics of the Cationic Dye Methylene Blue onto Clay. *Journal of Hazardous Material B*, 131, 217-228.
- Habte, H., Zewge, F., ve Redi, M., 2014. Removal of Azo Dye from Water by Adsorption Using Waste Residue from Alum Manufacturing Process. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 8(9), 482-490.
- Han, R., Zhang, J., Han, P., Wang, Y., Zhao, Z. ve Tang, M., 2009. Study of Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic Parameters about Methylene Blue Adsorption onto Natural Zeolite. *Chemical Engineering Journal*, 145, 496-504
- Khaled, A., El Nemr, A., El-Sikaily, A. ve Abdelwahab, O., 2009. Removal of Direct N Blue-106 from Artificial Textile Dye Effluent Using Activated Carbon from Orange Peel: Adsorption Isotherm and Kinetic Studies. *Journal of Hazardous Materials*, 165, 100-110.
- Kim, H. ve Guiochon, G., 2005. Adsorption on Molecularly Imprinted Polymers of Structural Analogues of a Template. Single-Component Adsorption Isotherm Data. *Analytical Chemistry*, 77, 6415-6425.
- Krishnan, K.A., Ajmal, K., Faisal, A.K. ve Liji, T.M., 2015. Kinetic And Isotherm Modeling Of Methylene Blue Adsorption Onto Kaolinite Clay At The Solid-Liquid Interface. *Separation Science and Technology*, 50, 1147-1157.
- Kumar, K.V. ve Porkodi, K., 2006. Relation between Some Two- and Three-Parameter Isotherm Models for the Sorption of Methylene Blue onto Lemon Peel, *Journal of Hazardous Material*. 138, 633-635.
- Kumar, K.V., Ramamurthi, V. ve Sivanesan, S., 2005. Modeling the Mechanism Involved during the Sorption of Methylene Blue onto Fly Ash. *Journal of Colloid Interface Science*, 284, 14-21.
- Mahmoodi, N.M., 2011. Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamics of Dye Removal Using Alginate in Binary Systems. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 56, 2802-2811.
- Man, L.W., Kumar, P., Teng, T.T. ve Wasewar, K.L., 2012. Design of Experiments for Malachite Green Dye Removal from Wastewater Using Thermolysis-Coagulation-Flocculation. *Desalination and Water Treatment*, 40, 260-271
- Moghaddam, S.S., Alavi Moghaddam, M.R., ve Arami, M., 2010. Coagulation/Flocculation Process for Dye Removal Using Sludge from Water Treatment Plant: Optimization through Response Surface Methodology. *Journal of Hazardous Materials* ,175(1-3), 651-657.
- Molinari, R., Pirillo, F., Falco, M., Loddo, V. ve Palmisano, L., 2004. Photocatalytic Degradation of Dyes by Using a Membrane Reactor. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 43, 1103-1114.
- Mounia, L., Belkhiri, L., Bollinger, J.C., Bouzaza, A., Assadi, A., Tirri, A., Dahmoune F., Madani, K., ve Remini, H., 2018. Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Adsorption on Kaolin: Kinetic and Equilibrium Studies. *Applied Clay Science*, 153, 38-45.
- Özdeş, D., Duran, C., Şentürk, H.B., Avan, H ve Burçin, B., 2009. Kinetics, Thermodynamics, and Equilibrium Evaluation of Adsorptive Removal of Methylene Blue onto Natural Illitic Clay Mineral. *Desalination and Water Treatment*, 52, (1-3), 208-218.
- Özdeş, D., Gündoğdu, A., Bulut, V.N., Duran, C., ve Şentürk, H.B., 2009. Rodamin 6G Boyar maddesinin Pirinç Kabukları Üzerine Adsorpsiyonu. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi*, 20, 19-30.
- Panizza, M ve Cerisola, G., 2009. Direct and Mediated Anodic Oxidation of Organic Pollutants. *Chemical Review*, 109,12, 6541-6569.
- Sapawe, N., Jalil, A.A., Triwahyono, S., Shah, M.I.A., Jusoh, R., Salleh, N.F.M., Hameed, B.H. ve Karim, A.H., 2013. Cost-Effective Microwave Rapid Synthesis of Zeolite Naa

- for Removal of Methylene Blue. *Chemical Engineering Journal*, 229, 388-398.
- Schimmel, D., Fagnani, K.C., Oliveira dos Santos, J.B., Barros, M.A.S.D. ve Antonio da Silva, E., 2010. Adsorption of Turquoise Blue QG Reactive by Commercial Activated Carbon in Batch Reactor: Kinetic and Equilibrium Studies. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27, 289-298.
- Somasekhara Reddy, M.C., Sivaramakrishna, L. ve Varada Reddy, A., 2012. The Use of an Agricultural Waste Material, Jujuba Seeds for the Removal of Anionic Dye (Congo Red) from Aqueous Medium. *Journal of Hazardous Materials*, 203-204, 118-127.
- Sözüdoğru, O., Fil, B.A., Boncukcuoğlu, R., Aladağ, E., ve Kul, S., 2016. Adsorptive Removal of Cationic (BY2) Dye from Aqueous Solutions onto Turkish Clay. *Particulate Science and Technology*, 34,1, 103-111.
- Uzuner, B.A., 2005. *Temel Zemin Mekaniği*, Teknik Yayınevi, Trabzon, 485s.
- Vadivelan, V. ve Kumar, K. V., 2005. Equilibrium, Kinetics, Mechanism, and Process Design for the Sorption of Methylene Blue onto Rice Husk. *Journal of Colloid Interface Science*, 286, 90-100.
- Van Leeuwen, J., Sridhar, A., Esplugas, M., Onuki, S., Cai, L. ve Koziel, J.A., 2009. Ozonation within an Activated Sludge System for Azo Dye Removal by Partial Oxidation and Biodegradation. *Ozone: Science & Engineering*, 31, 279-286.
- Varlikli, C., Bekiari, V., Kus, M., Boduroglu, N., Oner, I., Lianos, P., Lyberatos, G. ve Icli, S., 2009. Adsorption of Dyes on Sahara Desert Sand. *Journal of Hazardous Materials*, 170, 27-34.
- Veli, S. ve Alyüz, B., 2007. Adsorption of Copper And Zinc From Aqueous Solutions by Using Natural Clay. *Journal of Hazardous Materials*, 149, 226-233.
- Veliev, E.V., Öztürk, T., Veli, S. ve Fatullayev, A.G., 2006. Application of Diffusion Model for Adsorption of Azo Reactive Dye on Pumice. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15, 347-353.
- Vimonses, V., Lei, S., Jin, B., Chow, C.W.K. ve Saint, C., 2009. Kinetic Study and Equilibrium Isotherm Analysis of Congo Red Adsorption by Clay Materials. *Chemical Engineering Journal*, 148, 354-364.
- Vučurović, V.M., Razmovski, R.N. ve Tekić, M.N., 2012. Methylene Blue (Cationic Dye) Adsorption onto Sugar Beet Pulp: Equilibrium Isotherm and Kinetic Studies. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43, 108-111.
- Weng, C.H., Lin, Y.T. ve Tzeng, T.W., 2009. Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by Adsorption onto Pineapple Leaf Powder. *Journal of Hazardous Materials*, 170, 417-424.
- Yılmaz, Y.A. 2009. Baskı Boyama Atıksularının İnert KOİ Bileşenlerine Fenton Prosesinin Etkisi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 97s.
- Yılmaz, A.E., 2012. Determination of the optimum Conditions in the Removal of Color From Synthetic Textile Wastewater Using Electrocoagulation Method. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21 (5), 1052-1059.
- Zhu, X., Zheng, Y., Chen, Z., Chen, Q., Gao, B. ve Yu, S., 2013. Removal of Reactive Dye From Textile Effluent through Submerged Filtration Using Hollow Fiber Composite Nanofiltration Membrane. *Desalination and Water Treatment*, 51 (31-33), 6101-6109.

Kentsel Dönüşüm Kapsamında Çok Katlı Betonarme Bir Binanın Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Seismic Performance Assessment of a Multi-Story Reinforced Concrete Building in Urban Transformation

Zeynep FIRAT ALEMDAR^{*a}, Deniz CAYMAZER^b

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34220, Esenler, İstanbul

• Geliş tarihi / Received: 20.12.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 09.03.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 24.03.2018

Öz

Türkiye, topraklarının %92'lik bölümü deprem bölgesinde yer alan bir ülkedir. Kontrolsüz kentleşme nedeniyle daha önce yaşanan depremlerde can ve mal kaybının meydana gelmesi ve mühendislik hizmetlerinden yoksun bina sayısının çok fazla olması kentsel dönüşüm konusunu gündeme getirmiştir. Bu kapsamda, Türkiye'de yürürlüğe giren 16.05.2012 Tarih ve 6306 Sayılı Afet Riski Taşıyan Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'da öngörülen esaslar ile kentsel dönüşüm projesi kapsamında betonarme bir bina ele alınmıştır. İncelenen bina Deprem Bölgelerinde Yapılan Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007'de belirtilen Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile analiz edilmiş ve taşıyıcı sistem elemanlarının performansı yönetmelikte tanımlanan kurallara göre belirlenmiştir. Binanın deprem performansı taşıyıcı elemanlarda elde edilen hasar durumlarına göre saptanmış ve binanın depreme dayanıklı olup olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Betonarme bina, Kentsel dönüşüm, Sismik performans, Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz

Abstract

Turkey is a country whose land is %92 comprised of earthquake zones. Because of the loss of life and property during the previous earthquakes happened due to unplanned urbanization and the high number of buildings without engineering services, urban renewal was carried to the agenda. In this context, the seismic performance of a multi-story reinforced concrete building within the scope of an urban renewal project was evaluated according to the Urban Renewal Law passed in Turkey in May 2012. The building was analyzed using the Nonlinear Dynamic Time History Analysis according to the Turkish Earthquake Code 2007 (TEC-2007) and the seismic performance of structural members was determined according to the requirements in the code. The global performance level of the building was obtained regarding the damage levels of the members and it was decided that whether or not the building was safe under the earthquake loads.

Keywords: Reinforced concrete building, Urban renewal, Seismic performance, Nonlinear time history analysis

^{*a} Zeynep FIRAT ALEMDAR; zalemdar@yildiz.edu.tr; Tel: (0212) 383 51 42; orcid.org/0000-0002-0793-8582

^b orcid.org/0000-0003-0041-7810

1. Giriş

Performansa dayalı deprem analizlerinde, araştırmacılar doğrusal olmayan davranışları göz önüne alarak yapılarıdaki yük ve deplasman kapasite seviyelerini ve sismik talebi tahmin etmek için basit ve pratik yöntemler geliştirmeye çalışmışlardır (Chopra, 2004). Mevcut betonarme binaların deprem performansını değerlendirmek amacıyla, doğrusal olmayan statik itme ve zaman tanım alanında dinamik analizler kullanılmıştır (Scawthorn ve Johnson, 2000; Adalier ve Aydingun, 2001; Sezen vd., 2003; Kalkan ve Kunnath, 2007; Sadjadi vd., 2007). Doğrusal olmayan zaman tanım alanında dinamik analizin karmaşıklığı ve uygulamasının zor olması nedeni ile doğrusal olmayan statik metotlar tercih edilmektedir (Pinho ve Antoniou, 2005). Ancak; doğrusal olmayan statik yöntem, yapının birinci modunu dikkate almakta ve düşük ile orta yükseklikteki düzenli yapılarda uygulanabilmektedir. Geleneksel doğrusal olmayan statik metot, düzensiz plana sahip yüksek katlı yapıların üst katlarının sismik taleplerini büyük ölçüde göz ardı etmektedir; çünkü bu yöntemde yapının yüksek modların analize katkıları düşünülmemektedir (Poursha, 2008). Bu çalışmada, incelenen bina simetrik olmayan plana sahip olduğundan DBYBHY (2007) yönetmeliğinde tanımlanan A1 tipi burulma düzensizliği şartını sağlamaktadır. Bu nedenler, yapı Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanılarak analiz edilecek ve depremselliği incelenecektir.

Şahin (2010) çalışmasında, DBYBHY'de (2007) tanımlanmış olan doğrusal elastik olmayan hesap yöntemlerinden Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemlerini kullanarak performans analizleri yapmıştır. Analizler sonucunda elde edilen sonuçlara göre Türk Deprem Yönetmeliği Bölüm 7'de tanımlanan performans düzeyleri karşılaştırılmıştır. Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile analiz yapılabilmesi için yönetmelikte tanımlanan koşulların sağlanması gerekmektedir. Yöntemin uygulanabilmesi için burulma düzensizlikleri ve kat sayıları birbirinden farklı 4 bina incelenmiştir. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi'nin sonuçları doğru kabul edilerek uygulanan yöntemlerden elde edilen kesit hasar durumları ve bina tepe yer değiştirme sonuçları karşılaştırılmıştır. Yönetmelikte belirtilen kurallara uygun olan yapılarda analiz sonuçlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Yapının burulma düzensizliğinin artması veya etkin kütle

oranının azalması durumunda sonuçların farklılaştığı saptanmıştır.

Karabulut (2011) yaptığı çalışmada, DBYBHY (2007) ve TS500 (2000) yönetmelikleri kurallarına göre tasarlanmış üç farklı betonarme binayı incelemiştir. Binaların performans durumları DBYBHY (2007) ve FEMA 440 (2005) yönetmeliklerinde verilen Doğrusal Olmayan Statik İtme Analizi yöntemleriyle ve ayrıca DBYBHY'de (2007) tanımlanan Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz Yöntemi ile belirlenmiştir. Her iki yöntemde uygulandığı binalarda ortalama tepe yer değiştirme değerleri ve katlara göre plastikleşen kiriş ve kolon sayıları irdelenmiştir. Doğrusal olmayan statik analizler ile bulunan en üst kattaki yer değiştirme değerleri birbirine yakın sonuçlar vermesine rağmen, taban kesme kuvveti değerleri farklılık göstermektedir. Duan ve Hueste (2012) mevcut Çin deprem yönetmeliği kurallarına göre inşa edilmiş çok katlı bir betonarme yapının sismik performansını araştırmışlardır. Yapı doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz metotları kullanılarak incelenmiştir. Ele alınan yapının mevcut yönetmeliğin gerektirdiği elastik olmayan davranış ve görel kat ötelemeleri sınır değerlerini sağladığı görülmüştür.

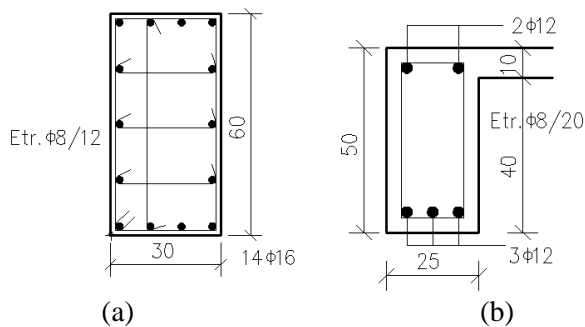
Kueht ve Hueste (2009), Amerika Birleşik Devletlerinin orta eyaletlerine ait mevcut bina yönetmeliklerine (2003 Uluslararası Yapı Yönetmeliği (IBC) (2003), yerel Memphis eyaleti değişiklikleri ile birlikte 2003 IBC (2005) ve 1999 Standart Yapı Yönetmeliği (SBCCI 1999)) göre ayrı ayrı tasarlanmış dört katlı tipik bir betonarme binanın nümerik modelini kurmuşlardır. Uluslararası IBC-2003 ve SBCCI-1999 yönetmeliklerinde binaların depreme karşı tasarımlarında yapı elemanlarında özel detaylandırmalar gerekmektedir. Fakat Memphis eyaleti için düzenlenen 2003 IBC (2005) yönetmeliğinde daha az deprem tasarım detayları mevcuttur. Binaya 50 yıl içinde aşılma olasılığı %10 ve %2 olan iki farklı deprem düzeyleri uygulanmıştır. Binanın sismik performansı, statik itme analizleri ve yapay deprem hareketleri kullanılarak dinamik doğrusal olmayan analizler yapılarak belirlenmiştir. Analitik sonuçlar, Uluslararası IBC-2003 ve SBCCI-1999 yönetmeliklerinde tanımlanan özel sismik detaylandırmaların orta Amerika'daki küçük ve orta katlı binaların deprem performansında önemli bir iyileşme sağlayabileceğini göstermiştir.

Atmaca (2013) çalışmasında DBYBHY (2007) yönetmeliğinde tanımlanan Artımsal Eşdeğer

Deprem Yüğü Yöntemini kullanarak 8 katlı betonarme binanın performansını belirlemiş ve yapı elemanlarının güçlendirilmesini incelemiştir. Bu güçlendirme yöntemleri yapısal ve ekonomik olarak incelenerek en uygun teknik seçilmiştir. İncelenen betonarme binanın performansı belirlenirken taşıyıcı sistem elemanları kendi içinde ve kat bazında değerlendirilmiş ve en kötü durumdaki performans seviyesi dikkate alınarak güçlendirme kararı verilmiştir.

2. İncelenen Çok Katlı Betonarme Yapı

Bu çalışmada, Doğrusal Olmayan Dinamik Hesap Yöntemi ile performansı belirlenmek istenen yapı; İstanbul ili, Zeytinburnu İlçesinde bulunan 1995 yılında inşa edilmiş, betonarme çerçeve sistemli 6 katlı (2 Bodrum kat + Zemin kat + 3 Normal kat) bir yapıdır. İncelenen yapının 6306 Sayılı Kanun kapsamında belirlenen kurallara göre deprem performansı incelenerek kullanımının riskli olup olmadığının belirlenmesi için mimari ve statik projeleri Zeytinburnu Belediyesi İmar ve Şehircilik Müdürlüğü arşivinden temin edilmiştir. Binanın bulunduğu zemin yerel zemin sınıfı tanımına göre Z2'dir ve bina 1. Deprem bölgesindedir. Bu betonarme bina 1975 Türk Deprem Yönetmeliğine göre inşa edilmiştir. Yerinde yapılan incelemede bina geometrisinin projesine uygun olduğu görülmüştür. Binada bulunan tipik kiriş ve kolon kesitleri Şekil 1'de verilmiştir. Kesitlerdeki paspayları kolonlar için 2.5 cm kirişler için 2 cm'dir. Binanın temel oturumu 67 m² olup toplam inşaat alanı 472.5 m²'dir. Konut olarak kullanılan bina tekil temel sistemine sahip olup döşeme sistemi plak döşemedir. Bodrum katların çevresi rijit betonarme perdelerle çevrilmiştir.



Şekil 1. Tipik (a) kolon ve (b) kiriş kesitleri

3.1. Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi

İlgili yasa gereği mevcut donatı düzenini belirlemek için kritik katta sıyırma ve röntgen adı verilen tahribatsız yöntemler ile tespitler yapılmıştır. DBYBHY (2007) yönetmeliğinde

rijitliği diğer katlara oranla çok küçük olan veya yanal ötelenmesi zemin tarafından tutulmamış olan en alttaki bina katı kritik kat olarak kabul edildiğinden, incelenen binada kritik kat binanın zemin katı olarak kabul edilmiştir. Tahribatsız yöntemler sonucunda, binada kullanılan donatı çeliği sınıfının S220 olduğu ve donatı düzeninin projesine uygun olduğu görülmüştür (Şekil 2).

İncelenen binadaki beton dayanımının belirlenmesi amacıyla Türk Deprem Yönetmeliğindeki kurallara uygun olarak binanın kritik kat kolon ve perdelerinden en az 10 elemanda tahribatsız yöntem (Schmidt çekici) uygulanarak ölçümler yapılmış (Şekil 3) ve en düşük sonucun elde edildiği 5 taşıyıcı elemandan beton numuneler alınmıştır (Şekil 4). İlgili yasa gereği kat oturum alanı 400 m²'ye kadar olan binalardan 5 adet karot numune alınmaktadır. Çalışılan binanın kat oturum alanı 67 m² olduğundan kritik katta bulunan kolonlardan 5 adet numune alınmış ve laboratuvar ortamında test edilmiştir. Deney sonucunda mevcut betonun ortalama dayanımının 16.1 MPa olduğu saptanmıştır (Tablo 1). Ayrıca, yerinde yapılan incelemelerde taşıyıcı sistem kesitlerinin projesine uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2. Okuma yöntemiyle mevcut donatı tespiti



Şekil 3. Tahribatsız yöntemle beton dayanımının ölçülmesi



Şekil 4. Beton numunesi alınmış ve sıyırma yöntemiyle donatı tespiti yapılmış taşıyıcı eleman

3.2. Yapının Periyodunun Yerinde Tespiti

Binanın doğal titreşim periyodunun yerinde ölçülebilmesi için ivmeölçerlerle ölçümler yapılmıştır. Bina içinde en tepe ve en alt noktalara ivmeölçerler yerleştirilerek binanın periyodu yerinde ve üzerinde hareketli yük olmadan ölçülmüştür (Şekil 5). Ölçüm cihazları üç eksenli olup, kuvvet dengelemelidir. İvme kayıt bandı 0-100 Hz arasında ve ivme çıkış hassasiyeti 2g'dir.

4. Yapının Modellenmesi

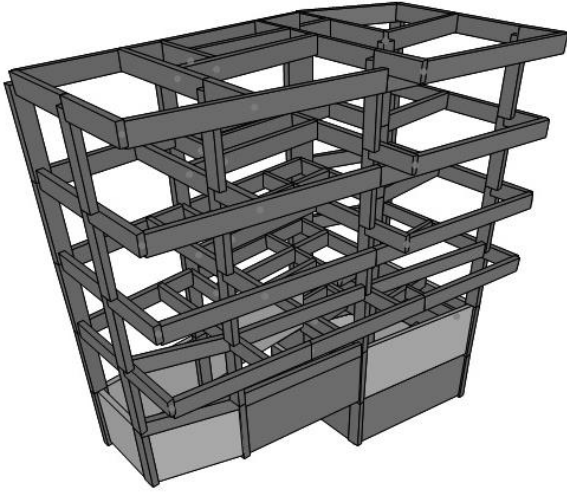
İncelenen betonarme yapı SAP2000 sonlu elemanlar programında (2015) yerinde alınan karot numunelerin ve donatı çeliğinin malzeme özellikleri kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiştir (Şekil 6).

Tablo 1. Sertleşmiş beton basınç dayanımı raporu

Beton Basınç Dayanım Test Raporu		
Adet/Tip	5/Silindir	
Boyut (mm)	90	
Deney Sonuçları	Taşıyıcı Elemanın Adı	Basınç Mukavemeti(N/mm ² -MPa)
1	Zemin Kat Kolon SZ14	16.6
2	Zemin Kat Kolon SZ 15	18.1
3	Zemin Kat Kolon SZ 16	24.1
4	Zemin Kat Kolon SZ 17	12.8
5	Zemin Kat Kolon SZ 18	9.0
Ortalama Karot Basınç Dayanımı		16.1



Şekil 5. Binada ivmeölçerlerle tespit



Şekil 6. Yapının 3 boyutlu SAP2000 modeli

Kolon, kiriş ve perde elemanlarının kesit ve aks aralıkları yapılan röleve çalışmasında projesine uygun olarak tespit edildiğinden projedeki ölçüler kullanılarak tanımlanmıştır. Kiriş elemanlardaki ölü ve hareketli yükler tanımlanmıştır. Döşemeler ise modele eklenmeden döşeme öz yükü ve üzerindeki hareketli yükler kirişlere aktarılmıştır. Her kat seviyesinde rijit diyaframlar tanımlanmış, etkin eğilme rijitlikleri ve taşıyıcı eleman uçlarındaki mafsallar DBYBHY’de (2007) belirtilen esaslara göre çalışan doğrultudaki kesit boyutunun yarısına eşit olarak hesaplanmıştır (Caymazer, 2017).

Sonlu elemanlar modelinde yapının her iki doğrultudaki hakim periyot değerleri ölü yükler etkisi altında $T_1=0.35$ ve $T_2=0.34$ saniye olarak hesaplanmıştır. İvmeölçerlerle binada yapılan ölçümlerde elde edilen ivme değerleri MATLAB programında (2000) dönüştürülerek yapının hakim periyotları $T_1=0.28$ ve $T_2=0.24$ saniye olarak hesaplanmıştır. Gerçek malzeme ve proje verilerinin kullanılması durumunda sonlu elemanlar modeli sonuçları ile ivmeölçer sonuçlarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir.

5. Doğrusal Olmayan Dinamik Hesap Yönteminin Uygulanması

Deprem bölgelerinde inşa edilen tüm bina ve bina türü yapıların uygulanan deprem yükleri altında performanslarının incelenmesi için DBYBHY’de (2007) hesap yöntemleri tanımlanmıştır. Bu metodlar doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Doğrusal elastik olmayan yöntemler; Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Artımsal Mod Birleştirme Yöntemi ve

Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi (Dinamik Analiz) olarak üçe ayrılmaktadır (DBYBHY, 2007). Bu çalışmada Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz Yöntemi kullanılacak ve ele alınan yapının deprem performansı belirlenecektir.

Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz Yöntemi’nde yapıya uygulanacak kaydedilmiş yer hareketleri DBYBHY’de (2007) belirtilen kurallara uygun olarak seçilmiştir (Tablo 2). Bu deprem kayıtları yapının X ve Y doğrultularında uygulanmıştır. 1999 Kocaeli depremine ait kuzey-güney ve doğu-batı doğrultularında kaydedilmiş ivme değerleri Şekil 7 ve 8’de gösterilmiştir. Seçilen üç deprem kaydı ile yapılan dinamik analiz sonuçları incelendiğinde, yapının 1999 Kocaeli depremi altında elde edilen sonuçlarının en uygunsuz koşulları verdiği görülmüş ve binadaki şekil değiştirme ve kesme kuvveti istemleri bu deprem analizinden hesaplanmıştır.

5.1. Kolon ve Kirişlerin Plastik Mafsallık Özelliklerinin Belirlenmesi

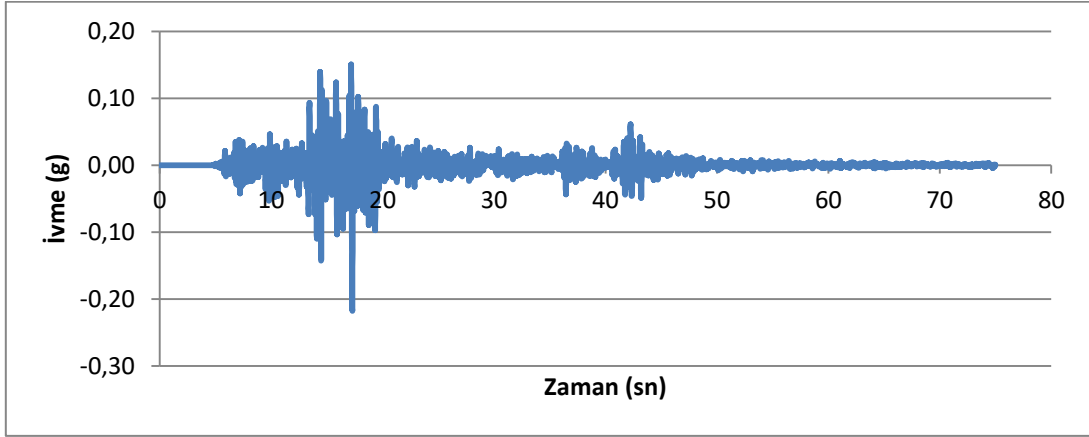
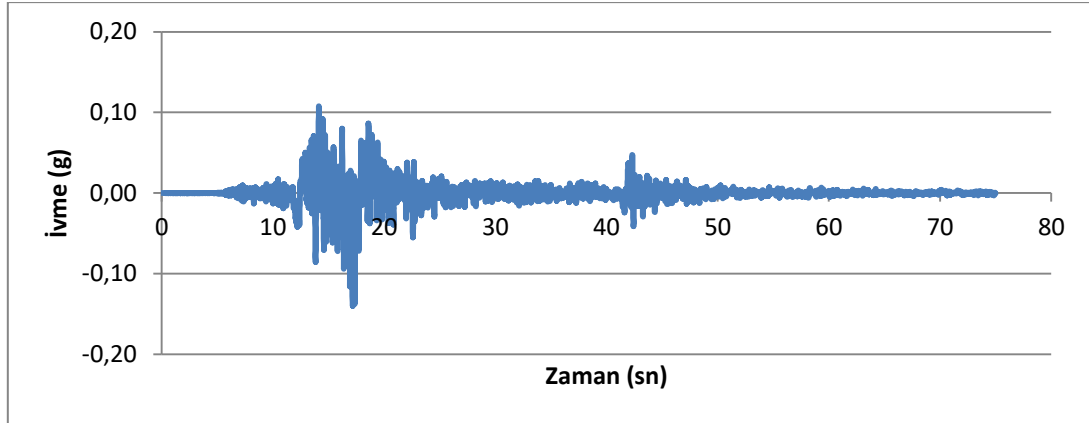
İncelenen binadaki tüm kolon ve kiriş elemanlarının mesnet bölgelerindeki kesit özellikleri XTRACT (2004) programında tanımlanmış ve kesit analizleri yapılmıştır. Binada mevcut beton malzemenin dayanım özellikleri Mander sargılı ve sargısız beton modelleri (Mander vd., 1988) kullanılarak, donatı çeliği malzeme özellikleri ise pekleşme etkisi dikkate alınarak programa tanımlanmıştır. Doğrusal olmayan kesit davranışlarını temsil eden plastik mafsallık özellikleri kesitlerin moment-eğrilik ilişkilerinden ve 3 boyutlu etkileşim yüzeylerinden yararlanılarak SAP2000 programında tüm kolon ve kiriş kesitlerine eklenmiştir.

5.2. Etkin Eğilme Rijitlikleri Hesabı

DBYBHY(2007) yönetmelik kurallarına göre Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz Yöntemi uygulanırken kolon, kiriş ve perde elemanlarında etkin eğilme rijitlik oranlarının hesaplanması ve ayrıca sonlu elemanlar modelinde bu rijitlik değerlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Eğilme etkisine maruz betonarme yapı elemanların akma meydana gelmeden önceki doğrusal davranışlarının sonlu elemanlar modeline tanımlanması çatlamış kesite ait eğilme rijitliklerinin kullanılması ile mümkündür. Etkin eğilme rijitlik oranları yönetmelikte belirtilmiş olan esaslara uygun olarak hesaplanmış ve SAP2000 modelinde gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Binadaki bazı kolonlar için elde edilmiş etkin eğilme rijitlik değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Performans analizinde kullanılan deprem kayıtları

SEÇİLEN DEPREM KAYITLARI					
No	Deprem Adı	Merkez Üssü	Tarih/Saat	Büyükük (Mw)	İvme Kaydının Süresi/Kayıt Aralığı (sn)
1	Kocaeli	İzmit/Türkiye	17 Ağustos 1999 / 03:01	7.6	40/0.01
2	Düzce	Düzce/Türkiye	12 Kasım 1999 / 18:57	7.2	40/0.01
3	Bingöl	Bingöl/Türkiye	1 Mayıs 1999 / 03:27	6.4	17/0.01

**Şekil 7.** Kocaeli depremi kuzey-güney doğrultusu ivme kaydı.**Şekil 8.** Kocaeli depremi doğu-batı doğrultusu ivme kaydı.**Tablo 3.** Etkin eğilme rijitlik oranları

Kolon No	N_D	A_c	f_{cm}	$(EI)_o$	$(EI)_e/(EI)_o$
1	-20.429	0.125	10500	0.0156	0.4
2	-627.775	0.25	10500	0.4783	0.8
4	-465.927	0.1	10500	0.4437	0.8
5	-299.269	0.1	10500	0.2850	0.6467
6	-133.866	0.1	10500	0.1275	0.4367

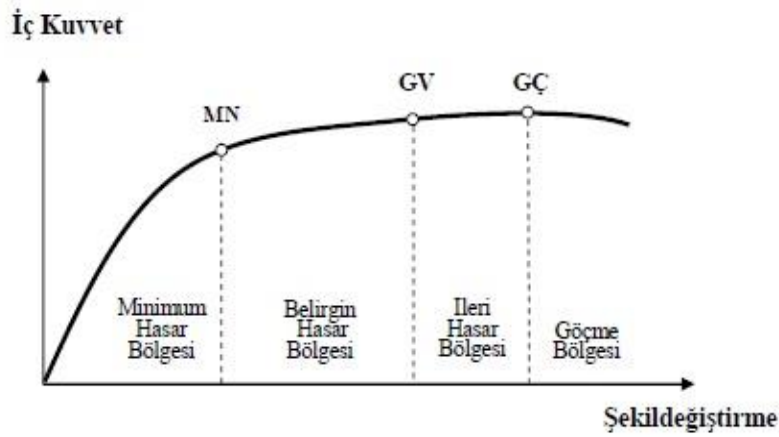
5.3. Betonarme Elemanların Kesit Birim Şekildeğiştirme Kapasiteleri

Analizler sonunda binadaki betonarme elemanların kesitlerinde meydana gelen plastik eğrilik istemleri hesaplanmıştır. Kesit analizlerinden elde edilen moment-eğrilik ilişkileri yardımı ile kesitlerin eşdeğer akma eğrilik değerleri belirlenmiş ve sonlu elemanlar modelinden hesaplanan plastik eğrilik istemleri ile toplanarak kesitlerden talep edilen toplam eğrilik değerleri bulunmuştur. Daha sonra, betonarme

yapı elemanların beton ve donatı çeliğinde meydana gelen birim şekildeğiştirme değerleri moment-eğrilik ilişkilerinden hesaplanmıştır. Bu değerler DBYBHY’de (2007) verilmiş olan malzeme birim şekildeğiştirme sınır değerleri ile kıyaslanarak betonarme kesitlerdeki hasar durumlarına karar verilmiştir. Binada bulunan birer kiriş ve kolon elemanı için kesit düzeyinde performansın belirlenmesi Tablo 4’de örnek olarak açıklanmıştır.

Kesit hasar bölgeleri sünek davranış gösteren elemanlar için Minimum Hasar Bölgesi, Belirgin

Hasar Bölgesi, İleri Hasar Bölgesi ve Göçme Bölgesi olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Şekil 9). Türk Deprem Yönetmeliğindeki tanımlamaya göre; Minimum Hasar Bölgesinde bulunan kesitler Minimum Hasar (MN) sınırını aşmayan (1. Bölge), Belirgin Hasar Bölgesindeki kesitler MN-Güvenlik Sınırı (GV) hasar sınırları arasında (2. Bölge), İleri Hasar Bölgesindeki kesitler GV-Göçme (GÇ) sınırları arasında (3. Bölge) ve Göçme Bölgesinde (4. Bölge) yer alan kesitler GÇ üst sınırını aşmış kesitlerdir.



Şekil 9. Kesit hasar bölgeleri

Tablo 4. Kesit performans düzeyleri

Kesit Adı	Kesit Boyutları	R3 Plastik Dönme	Maksimum Dönme	Mak. Eğrilik	Akma Eğriliği	Toplam Eğrilik	Çelik Birim Uzama	Betonda Birim Uzama	Çelik Performansı	Beton Performansı	Sonuç Performansı
		Radyan		rad/m	rad/m						
5	S40x25	0.001725	0.001725	0.0086	0.0084	0.017	0.0020	0.0029	$\epsilon_s < MN$	$\epsilon_c < MN$	$\epsilon_s < MN$
5	S40x25	0.000412									
5	S40x25	0									
5	S40x25	0.001544									
9	K20x60	0.040065	0.044334	0.1480	0.0030	0.151	0.0077	0.0081	$\epsilon_s < MN$	$MN < \epsilon_c < GV$	$IO < \epsilon < GV$
9	K20x60	0									
9	K20x60	0.044334									
9	K20x60	0									

5.4. Kesme Kuvveti Kapasitesi Kontrolleri

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının (kolon, kiriş ve perde) gevrek (ani) olarak hasar görebilme kontrolleri, TS-500 yönetmeliğinde yer alan kurallara göre kesme kuvveti kapasiteleri hesaplanarak yapılır. Analizlerden elde edilen kesme kuvveti istemleri ile yönetmelik kurallarına göre hesaplanan kesme kuvveti kapasiteleri

karşılaştırılmıştır. Ayrıca, betonarme kolon-kiriş birleşimlerinde kesme kuvveti dayanımı Türk Deprem Yönetmeliğinde verilen kurallara göre hesaplanmış ve kesme kuvveti istemi değerleri ile kontrol edilmiştir. Tablo 5’de binadaki bazı kiriş ve kolon elemanları ve Tablo 6’da 2 adet kolon-kiriş birleşim bölgesi için kesme kuvveti karşılaştırmaları gösterilmiştir. Kesme kuvveti kapasitesi kesme kuvveti ihtiyacından daha az

olan betonarme elemanlar gevrek olarak hasar gören elemanlar olarak tanımlanır ve göçme bölgesinde oldukları kabul edilir (DBYBH, 2007). İncelenen bina için yapılan kesme kontrollerinde gevrek kırılmaya maruz kalan herhangi bir taşıyıcı eleman tespit edilmemiştir.

6. Betonarme Bina Sismik Performans Düzeyinin Belirlenmesi

Türk deprem yönetmeliğinde, bina ve bina türü yapıların depreme karşı performans düzeyleri

yapılara uygulanan deprem yükleri etkisinde yapıda meydana gelecek hasarların durumuna göre tanımlanmıştır. Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan performans düzeyleri dört kısımdan oluşmaktadır. Uygulanan deprem analizleri sonucunda taşıyıcı elemanların yukarıda tanımlanan kesit hasar bölgelerinden hangisine ait olduğu belirlenir ve yönetmelikte her bir performans düzeyi için verilen şartlar dikkate alınarak binanın deprem performans düzeyi belirlenir.

Tablo 5. Kiriş ve kolonlar için kesme kuvvetleri

Eleman Tipi	Kesit Boyutları	Vc (kN)	Vs (kN)	Vt (kN)	V(kn)	Durum	Sonuç
Kiriş	K20x60	70.51	30.3	100.81	40.24	$V_t > V$	√
Kiriş	K30x60	105.71	63.47	169.18	67.89	$V_t > V$	√
Kolon	S25x50	89.98	51.3	141.28	51.3	$V_t > V$	√
Kolon	S50x25	88.64	23.66	112.3	100.28	$V_t > V$	√
Kolon	S60x30	137.54	29.19	166.73	247.09	$V_t < V$	X

Tablo 6. Kolon-kiriş birleşim bölgeleri kesme kuvvetleri

Kolon Boyutu	Kiriş Boyutu	Ve (kN)	V(kn)	Durum	Sonuç
S25x40	K30x60	384.92	315	$V_e > V$	X
S40x25	K30x60	5.25	315	$V_e < V$	√

6.1. Kirişlerin Performans Düzeyinin Belirlenmesi

Yönetmelikteki kurallara göre, yapının Hemen Kullanım Performans Düzeyinde olabilmesi için yapının herhangi bir katındaki kirişlerin en çok %10'u 2. Bölge sınırlarında olabilir. Binanın 2. Bodrum Kat ve 1. Bodrum Kat kirişlerinde herhangi bir plastik şekil değiştirme oluşmadığından bu katların performans düzeyleri Hemen Kullanım Performans Düzeyi (HK) olarak kabul edilmiştir.

Can Güvenliği Performans Düzeyi'nde kirişlerin %10'dan fazlasının 2. Bölgeye geçmesi fakat İleri Hasar Bölgesi'ndeki kirişlerin sayısının %30'u geçmemesi gerekmektedir. Bu koşullara göre binanın Zemin Kat ve 2. Normal Katlarının Can Güvenliği (CG) Bölgesi'nde olduğu görülmektedir (Tablo 7).

Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde kirişlerin en fazla %20'si 4. Bölgeye geçebilir. 1. Normal

Kat için yapılan hesaplarda kirişlerin %20'sinin 4. Bölge'de olduğu saptanmıştır. Bu nedenle 1. Normal Kat Göçme Öncesi Performans Düzeyi'ndedir (GÖ).

Binada herhangi bir kat Göçme Öncesi Performans Düzeyi şartlarını sağlayamıyorsa Göçme Durumu performans düzeyinde kabul edilir (DBYBH, 2007). Tablo 7'de görüldüğü gibi 3. Normal Kat'ta bulunan kirişlerin %25'i Göçme Bölgesi'ne geçmiştir ve GÖ performans düzeyini sağlamamaktadır. Bu sebeple 3. Normal Kat Göçme Durumu'ndadır.

Binadaki kirişlerin genel performans düzeyinin belirlenmesi için en uygunsuz koşula bakılmalıdır. İncelenen binada Kocaeli depremi ile yapılan doğrusal olmayan dinamik analizde elde edilen en elverişsiz durum 3. Normal Kat için tespit edilen Göçme Durumu'dur. Kiriş performansları bakımından bina Göçme Durumu'ndadır (Tablo 7).

Tablo 7. Kirişler için performans değerlendirmesi

Kat	Kiriş Sayısı	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	Sonuç
2. Bodrum Kat	3	0%	0%	0%	0%	HK
1. Bodrum Kat	8	0%	0%	0%	0%	HK
Zemin Kat	24	0%	33%	4%	4%	CG
1. Normal Kat	20	0%	20%	0%	20%	GÖ
2. Normal Kat	20	0%	40%	5%	10%	CG
3. Normal Kat	20	0%	25%	0%	25%	Göçme Durumu

6.2. Kolonların Performans Düzeyinin Belirlenmesi

Kolon elemanların kesit hasar seviyeleri belirlenirken kiriş elemanlarda olduğu gibi beton ve donatı çeliğindeki birim şekil değiştirme değerleri yönetmelikte verilen üst sınırlar ile karşılaştırılır. Katlara göre performans seviyesi kiriş elemanlarda tanımlandığı gibi yönetmelikteki HK, CG, GÖ ve Göçme Durumu kurallarına bağlı olarak elde edilir. 1. Bodrum Kat ve 2. Bodrum Kat'ta herhangi bir kolonda plastik hasar meydana gelmediğinden bu katlar Hemen Kullanım (HK) Performans Düzeyi'nde kabul edilmiştir (Tablo 8).

Can Güvenliği Performans Düzeyi için 3. Bölge'deki kolonların, her bir katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı %20'yi geçmemelidir. Diğer yapısal elemanlar 1. veya 2. Bölge'de olabilirler. Fakat, 1. Bölge'de bulunan kolonların kesme kuvvetine katkısı %30'u aşmaması gerekmektedir. Bu koşulları sağlayan 1. Normal Kat Can Güvenliği (CG) Performans Düzeyi'nde olduğu tespit edilmiştir.

İleri Hasar Bölgesi'nde bulunan hiç kolon olmadığı ve Minimum Hasar Bölgesi'ndeki kolonların kesme kuvvetine toplam katkısı %30'u geçmediğinden binanın 2. Normal Kat'ı Hemen

Kullanım (HK) Performans Düzeyi'nde kabul edilmiştir.

Göçme Öncesi Performans Düzeyi şartlarının kolon elemanlar için belirlenen ayrıntıları DBYBHY'de (2007) verilmiştir. Bu şartları sağlayan 3. Normal Kat'ın Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğuna karar verilmiştir (Tablo 8). Ayrıca, Zemin Kat'ta 3. Bölge'deki kolonların katkısı %20 oranını aşmıştır bu nedenle bu katın performans düzeyi Göçme Öncesi Performans Düzeyi olarak tespit edilmiştir.

Binadaki tüm kolonlar için genel performans düzeyi en uygunsuz koşul dikkate alınarak tespit edilmelidir. Buradaki en uygunsuz durum Zemin Kat ve 3. Normal Kat için tespit edilen Göçme Öncesi Performans Düzeyi'dir. Bina kolon performansları bakımından irdelendiğinde Göçme Öncesi Performans Düzeyi'nde olduğu görülmüştür.

7. Sonuçlar

Bu çalışmada, kentsel dönüşüm kapsamında 1995 yılında inşa edilmiş betonarme bir binanın deprem performansı incelenmiştir. Binaya ait projeler ve deneysel yollarla elde edilen malzeme özellikleri kullanılarak binanın üç boyutlu sonlu elemanlar modeli kurulmuştur.

Tablo 8. Kolonlar için performans değerlendirmesi

Kat	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	Sonuç
2. Bodrum Kat	0%	0%	0%	0%	HK
1. Bodrum Kat	0%	0%	0%	0%	HK
Zemin Kat	27.5%	37.5%	35.8%	0%	GÖ
1. Normal Kat	8.3%	60.3%	7.0%	0%	CG
2. Normal Kat	20.2%	45.5%	0%	0%	HK
3. Normal Kat	31.5%	50.2%	0%	10.5%	GÖ

Doğrusal Olmayan Zaman Tanım Alanında analizler uygulanarak DBYBHY’de (2007) tanımlanan kurallar esas alınarak betonarme taşıyıcı elemanların kesit düzeyinde performansına karar verilmiştir.

Kirişler ve kolonlar için ayrı ayrı yapılan performans değerlendirmesi sonucunda her iki durum için en elverişsiz koşullar göz önünde bulundurulmuştur. Kirişler için belirlenen performans düzeylerine göre bina Göçme Durumu Performans Düzeyi’nde iken kolonlar için belirlenen performans düzeylerine göre bina Göçme Öncesi Performans Düzeyi’ndedir. Binanın deprem performansının tüm bu elemanlarda oluşan hasar seviyelerinin en uygunsuz olanına göre belirlenmesi gerektiğinden incelenen binanın Göçme Durumu’nda olduğu belirlenmiştir. Binanın kullanımı can güvenliği bakımından sakıncalı olup yıkılıp yeniden inşa edilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

Adalier, K. ve Aydingun, O., 2001. Structural engineering aspects of the June 27, 1998 Adana-Ceyhan (Turkey) Earthquake. *Engineering Structures*, 23(4), 343-355.

Atmaca, M., 2013. Betonarme Yapılarda Performans Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Eskişehir, 139s.

Caymazer, D., 2017. Kentsel Dönüşüm Kapsamındaki Betonarme Binaların Performanslarının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemiyle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 137s.

Chopra, A. K., 2004. Estimating Seismic Demands for Performance-Based Engineering of Buildings. 13th World Conference Earthquake Engineering, Vancouver, Canada, Keynote Paper No. 5007.

City of Memphis and Shelby County, 2005. Appendix L.-Alternate seismic protection calculations and procedures. Memphis and Shelby County 2005 Joint Building Code Local Amendments, Memphis, Tennessee, USA.

CSI, SAP2000 V-15, 2015. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures,

Computers and Structures. Inc., Berkeley, California, USA.

DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, Türkiye.

Duan, H. ve Hueste, M. B., 2012. Seismic performance of a reinforced concrete frame building in China. *Engineering Structures*, 41, 77-89.

Federal Emergency Management Agency, FEMA-440, 2005. Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures. Washington, USA.

International Code Council (ICC), 2003. International Building Code”, IBC 2003, False Church, Virginia, USA.

Kalkan, E. ve Kunnath, S. K., 2007. Assessment of current nonlinear static procedures for seismic evaluation of buildings. *Engineering Structures*, 29(3), 305-316.

Karabulut, A., 2011. TDY 2007 Yönetmeliği ve FEMA 440 Raporunda Tanımlanan Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemlerinin Mevcut Betonarme Binalar İçin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 331s.

Kueht, E. ve Hueste, M. D., 2009. Impact of code requirements in the Central United States: seismic performance assessment of a reinforced concrete building. *ASCE Journal of Structural Engineering*, 135(4), 404-413.

Mander, J. B., Priestley, M. J. N., ve Park, R., 1988. Theoretical stress-strain confined concrete. *Journal of Structural Division (ASCE)*, 114(8), 1804-1826.

MATLAB 6.1, The MathWorks Inc., Natick, MA, 2000.

Pinho R. ve Antoniou, S., 2005. A Displacement-Based Adaptive Pushover Algorithm for assessment of vertically irregular frames. Proceedings of Fourth European Workshop on the Seismic Behavior of Irregular and Complex Structures, Thessaloniki, Greece.

Poursha, M. K., 2008. A consecutive Modal Pushover Procedure for estimating the

- seismic demands of tall buildings. *Engineering Structures*, 31, 591-599.
- Sadjadi, R., Kianoush, M. R. ve Talebi, S., 2007. Seismic performance of reinforced concrete moment resisting frames. *Engineering Structures*, 29(9), 2365-2380.
- Scawthorn, C. ve Johnson, G. S., 2000. Preliminary report: Kocaeli (Izmit) Earthquake of 17 August 1999. *Engineering Structures*, 22(7), 727-745.
- Sezen, H., Whittaker, A. S., Elwood, K. J. ve Mosalam, K. M., 2003. Performance of reinforced concrete buildings during the August 17, 1999 Kocaeli, Turkey Earthquake, and seismic design and construction practice in Turkey. *Engineering Structures*, 25 (1), 103-114.
- Southern Building Code Congress International (SBCCI), 1999. Standard Building Code (SBC). Southern Building Code Congress International, Birmingham, Alabama, USA.
- Şahin, B., 2010. Depremde Bina Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Yöntemler İle Belirlenmesi ve Yöntemlerin Sonuçlarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 122s.
- TS-500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- XTRACT v.3.0.8, 2004. Cross-Sectional Structural Analysis of Components, Imbsen Software systems, 9912 Business Park Drive, Suite 130 Sacramento, CA 95827.
- 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, R.G: 31/05/2012-28309.

Gümüşhane Yöresi Kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve Siyah Kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) Meyvelerinin C Vitamini ve Şeker Analizleri

*The Analysis of Sugar and Vitamin C in Rosehip (*Rosa canina* L.) and Black rosehip (*Rosa pimpinellifolia* L.) Fruits of Gumushane Region*

Mehmet ÖZ^{*1,a}, Cemalettin BALTACI^{2,b}, İlhan DENİZ^{3,c}

¹Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü, 29000, Gümüşhane

²Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 29000, Gümüşhane

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 10.07.2017 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 12.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 26.03.2018

Öz

Ülkemizin önemli odun dışı orman ürünlerinden olan kuşburnu, tıbbi bitki ve gıda maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 2013 ve 2014 yıllarında Gümüşhane ilinde doğal olarak yetişen Kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve Siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyve örneklerinin C vitamini ve şeker analizleri yıllara göre karşılaştırarak yapılmıştır. Örneklerin C vitamini analizleri, HPLC-UV cihazı kullanılarak ÇSN EN 14130 metodu ile; şeker analizleri, HPLC-RID cihazı kullanılarak TS 13359 metoduna göre gerçekleştirildi. 2014 yılı siyah kuşburnu meyve örneklerindeki C vitamini miktarı (305.92 ± 2.45 mg/100g), 2013 yılı meyve örneklerinden (199.90 ± 2.11 mg/100g) daha fazla bulunmuştur. Kuşburnu meyvelerinde ise 2013 yılı örneklerindeki C vitamini miktarı (423.61 ± 5.13 mg/100g), 2014 yılı örneklerinden (320.43 ± 3.98 mg/100g) daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Siyah kuşburnu ve kuşburnu meyveleri karşılaştırıldığında ise kuşburnu meyvelerinin C vitamini miktarları bu iki yılda da siyah kuşburnundan daha fazla olmuştur. 2014 yılı siyah kuşburnu meyvelerinin toplam şeker miktarları (16.57 ± 0.58 g/100g), 2013 yılından (11.01 ± 0.66 g/100g) daha fazla bulunmuştur. Kuşburnu meyvelerinde ise 2013 yılı meyvelerindeki toplam şeker miktarı (18.26 ± 0.74 g/100g), 2014 yılından (16.32 ± 0.49 g/100g) daha çok tespit edilmiştir. Her iki kuşburnu türü karşılaştırıldığında 2013 yılı meyvelerinin toplam şeker miktarı, kuşburnunda daha fazla iken 2014 yılı meyvelerinin toplam şeker miktarının ise siyah kuşburnunda daha fazla olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: *Rosa canina* L., *Rosa pimpinellifolia* L., C Vitamini, Şeker, Meyve

Abstract

Rosehip, one of the most important non-wood forest products of our country, is used as a medicinal plant and food material. In this study, vitamin C and sugar analyzes of rosehip (*Rosa canina* L.) and black rosehip (*Rosa pimpinellifolia* L.) fruit samples naturally grown in Gumushane province in 2013 and 2014 were compared according to years. Vitamin C analyzes of the samples were carried out by HPLC-UV instrument according to ÇSN EN 14130; sugar analyzes were performed according to TS 13359 method using HPLC-RID device. The amount of vitamin C (305.92 ± 2.45 mg/100g) in black rosehip fruit sample grown in 2014 was found to be higher than that of the fruit samples (199.90 ± 2.11 mg/100g) grown in 2013. In the case of rosehip fruit, the amount of vitamin C in the sample of the year 2013 (423.61 ± 5.13 mg/100g) was found to be higher than that the samples of the year 2014 (320.43 ± 3.98 mg/100g). When compared to black rosehip and rosehip fruits, the amount of vitamin C of rosehip fruits is higher than black rosehip in these two years. The total sugar content (16.57 ± 0.58 g/100g) of black rosehip fruits grown in 2014 was found to be higher than that of the year 2013 (11.01 ± 0.66 g/100g). In the case of rosehip fruit, the total sugar content (18.26 ± 0.74 g/100g) in the fruits of the year 2013 was found to be more than that of the year 2014 (16.32 ± 0.49 mg/100g). When compared to both types of rosehips, it was revealed that the total sugar amount of the fruit samples grown in 2013 was higher in rosehip, while it was higher in black rosehip in 2014.

Keywords: *Rosa canina* L., *Rosa pimpinellifolia* L., Vitamin C, Sugar, Fruit

*a Mehmet ÖZ; mehmetoz@gumushane.edu.tr; Tel: (0456) 233 10 60 - 2927; orcid.org/0000-0001-8392-4476

^b orcid.org/0000-0002-4336-4002

^c orcid.org/0000-0003-1821-5416

1. Giriş

Ormanlardan üretilen tüm bitkisel, hayvansal ürünler ve mantarlar odun dışı orman ürünleri (ODOÜ) olarak bahsedilmektedir. Ayrıca ağaç işleyen sanayi sektörlerinde üretim sonucunda ortaya çıkan kabuklar, kozalaklar, çalılar, yongalar, kökler ve orman örtüsü de bu grup içerisinde bulunmaktadır.

Günümüze gelindiğinde ise Orman Genel Müdürlüğü (OGM) odun dışı orman ürünlerini bitkisel kökenli, hayvansal kökenli ve mineraller olarak üç temel gruba ayırmıştır. Bunlar:

Reçine, sıgla yağı, buhur, katran, mantar, salep vb. otsu bitkiler, geniş ve iğne yapraklar, çam fıstığı, meyve tohumları, meşe palamudu, meşe mazısı, bitkisel kabuklar hayvan yemi ve kökler, bitkisel kökenli ürünler sınıfına örnek olarak verilebilir. Hayvansal kökenli ürünler: Memeliler, kuşlar ve balıklar bu grubu oluşturmaktadır. Örnek olarak, orman içinde bulunan sulara yaşayan balık ve diğer su ürünlerinin yanında et, post, deri, vb. kısımlarından faydalandığımız yaban hayvanları ürünleri ve orman köylülerinin gıda ihtiyacı ile geçimine katkı sağlayan diğer ürünlerin bu grupta olduğu söylenebilir. Mineral Kökenli Ürünler: Sular, kumlar, çakıllar, taşlar ve madenler bu gruba örnek olarak verilebilir (OGM, 2008).

Bir başka tanımda ise orman işletmeciliği faaliyetleri neticesinde üretilen orman ürünleri, asli ve tali orman ürünleri olmak üzere iki farklı grupta sınıflandırılmaktadır. Sözü edilen orman ürünlerinden asli ürünleri, ormandan elde edilen yapacak ve yakacak odunlar oluşturmaktadır. Bu sınıfta yer alan ürünlere sanayi odunları, yakacak odunlar, tomruklar, tel direkleri, kâğıtlık odunlar, maden direkleri, lif-yonga odunları ve sııklar örnek olarak verilebilir. Ormanlardan elde edilen

otsu bitkiler, çalı, ağaççık ve ağaç odunları dışında elde edilen uçucu yağlar, reçineler, meyveler, tohumlar, çiçekler, yapraklar, kabuklar, kökler, soğanlar, yumrular ve mantarlar ise tali ürünler sınıfına girmektedir (Kurt, 2011).

Kuşburnu türleri odun dışı bitkisel orman ürünleri sınıfında yer almaktadır. Bu çalışmanın amacı ülkemizde yayılış alanı olarak en çok bulunan kuşburnu türü olan *Rosa canina* L. (kuşburnu) ile daha az yayılışa sahip ve siyah renkli bir kuşburnu türü olan *Rosa pimpinellifolia* L. (siyah kuşburnu) türünü C vitamini ve şeker miktarı açısından karşılaştırmaktır. Bu karşılaştırma yetiştirme yeri itibari ile farkı yerlerde bulunan iki ayrı kuşburnu türünde ve iki yıl üst üste yapılarak yıllara göre değişimi belirlemektir.

1.1. Kuşburnu (*Rosa* ssp.)

Kuşburnu Rosaceae familyasından *Rosa* cinsine ait çalı formunda, kışın yaprağını döken bir bitki türü olup anavatanı Batı Asya, Anadolu, Kuzey ve Orta Avrupa'dır. Kuşburnuna halk dilinde Yabangülü, Şillan, Deligül, Gülburnu, Gülelması da denilmektedir. "Rosaceae" familyasının dünya genelinde 200 takson, Türkiye'de doğal yayılış yapan 25 takson ve Doğu Karadeniz Bölgesinde ise 17 adet doğal taksonu bulunmaktadır. Kuşburnu dünya üzerinde Avrupa, Asya ve Kuzeybatı Afrika'da doğal yayılış yapan kışın yaprağını döken bir çalı formunda bir bitkidir (Sarıbaş, 1996).

Gümüşhane ilinde ise doğal 11 takson yetişmektedir (Öz, 2016) Türkiye'de kuşburnunun yayılış miktarının 9.805 hektar potansiyel varlığının ise 1.396.122 kg olduğu tahmin edilmektedir. (OGM, 2014). Tablo 1.'de Gümüşhane'de doğal olarak yetişen kuşburnu türleri gösterilmiştir (Öz, 2016).

Tablo 2. Gümüşhane'de doğal olarak yetişen kuşburnu türleri

Takson Adı	Türkçe adı
<i>Rosa pisiformis</i> (Christ) D. Sosn. (Endemik)	Algül
<i>Rosa hemisphaerica</i> J.Herm.	Kadıngöbeği
<i>Rosa foetida</i> J. Herrm	Sarıgül, Acem sarısı
<i>Rosa villosa</i> L. subsp. <i>villosa</i> L.	Sakız gülü
<i>Rosa villosa</i> L. subsp. <i>mollis</i> (SM.) Keller Et Gams	-
<i>Rosa iberice</i> Stev. in Bieb.	Gülezer
<i>Rosa montana</i> Chaix subsp. <i>woronowii</i> (Lonacz.) Ö. Nilsson	-
<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.	Siyah kuşburnu
<i>Rosa gallica</i> L.	Kırmızı gül, Hokka gülü
<i>Rosa pulverulenta</i> Bieb.	Bodur gül
<i>Rosa canina</i> L.	Kuşburnu, Yabani gül

1.2. *Rosa canina* L. (Kuşburnu)

Rosa canina L. boyu 1.5-3.5 m. yüksekliğinde olan çoğunlukla dalları geriye kıvrık, bazen tırmanıcı bazen dik çalı olan ve değişik şekilleri bulunan bir türdür. Dikenler büyükçe, geriye kıvrılır ve genişler. Yaprakçıkları koyu yeşil renkli olup, ortalama 5-7 tanedir ve şekilleri geniş yumurta biçiminden dar elipse kadar değişiklik gösterir. Çiçekler tekli bulunur ya da 2 ile 15 tanesi bir arada bulunurlar. Çiçeklenme zamanı mayıs-haziran ve temmuz aylarıdır. Kuşburnu 30-2500 m. rakımları arasında orman açıklıklarında ve kayalık yamaçlarda yaygın olarak yetişir. Ülkemizin hemen her tarafında *Rosa canina* L. türü bulunmaktadır. Kuşburnu ürünleri çay ve pekmez yapımında en çok kullanılan türdür (Kutbay ve Kılınç, 1996). Kuşburnu türleri arasında yayılışı ve meyve özellikleri bakımından işlenmeye en uygun türlerden biri de *Rosa canina* L.'dir (Anşın, 1996). Yöresel olarak: Yabani Gül, Köpek gülü, Askil, Civil, Gül Burnu, Gül Elması, İp Burması, İp burnu, İt Burnu, Kuşburnu, Kuşburni, Asker gülü, İt gülü şeklinde adlar almaktadır. Ülkemizde *Rosa canina* L.'nin dağılımı Şekil 1.'de verilmiştir (Öz, 2016). *Rosa canina* L.'nin taksonomik sıra düzeni aşağıdaki şekildedir:

- ❖ Bölüm: *Magnoliophyta*
- ❖ Sınıf: *Magnoliopsida*
- ❖ Altsınıf: *Rosidae*
- ❖ Takım: *Rosales*
- ❖ Familya: *Rosaceae*
- ❖ Cins: *Rosa*
- ❖ Tür: *Rosa canina* L.

1.3. *Rosa pimpinellifolia* L. (Siyah Meyveli Kuşburnu)

Siyah meyveli kuşburnu 1 m.'ye kadar boy yapabilen kısa boylu bir çalıdır. Diken sayısı çok fazla miktarda olup, dik veya hafifçe eğik şekildedir. Ortalama 7-11 adet oval şekilde yaprakçıkları vardır. Çiçekleri beyaz veya kremi beyaz renkli olup sürgünlerde tek tek bulunurlar. Meyveleri ise morumsu siyah renklerde, küre şeklinde yandan basık ve tüysüzdür. Çiçeklenme zamanı haziran ve temmuz aylarıdır. *Rosa pimpinellifolia* L. 1200-2750 m. rakımlarda kurak ve kayalık yamaçlarda, volkanik kayalar ya da kireçtaşı yapılı topraklarda yetişir. Yayılış alanları ise; Gümüşhane, Erzurum, Ağrı ve Van'dır (Kutbay ve Kılınç, 1996). Siyah kuşburnu türü kültüre alınarak ıslah edilmesi mümkün olan ve

meyveleri işlenmeye en uygun türlerden biri olduğu belirtilmiştir (Anşın, 1996). Yöresel adları, siyah meyveli kuşburnu, siyah kuşburnu, koyungözü şeklindedir. *Rosa pimpinellifolia* L.'nin ülkemizdeki dağılımı Şekil 2.'de verildiği gibidir (Öz, 2016). *Rosa pimpinellifolia* L. nin taksonomik sıra düzeni şu şekildedir:

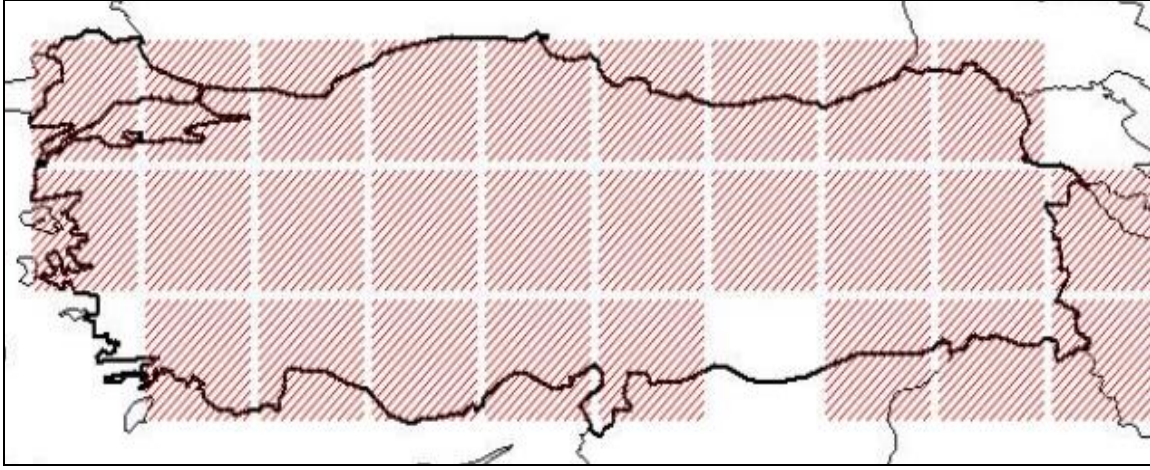
- ❖ Bölüm: *Magnoliophyta*
- ❖ Sınıf: *Magnoliopsida*
- ❖ Altsınıf: *Rosidae*
- ❖ Takım: *Rosales*
- ❖ Familya: *Rosaceae*
- ❖ Cins: *Rosa*
- ❖ Tür: *Rosa pimpinellifolia* L.
- ❖ Sinonimi: *Rosa spinosissima* L.

1.4. Kuşburnu Bitkisinin Kimyasal Bileşimi ve Kullanım Alanları

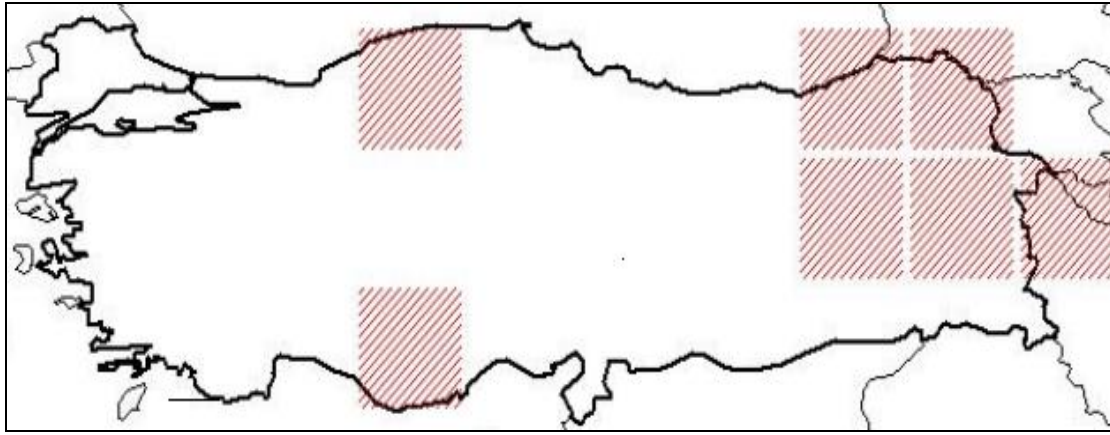
Kuşburnu besin değeri ve insan sağlığı açısından oldukça faydaları olan bir gıdadır. Kuşburnu, halk hekimliğinde farklı hastalıkların tedavisinde ilaç (drog) olarak en fazla kullanılan bitkilerdendir. Kuşburnu meyvelerinde C, P, A, B₁, B₂, E ve K vitaminleri vardır. Kuşburnu, meyvesi ile reçel, marmelat, meyve suyu, çay gibi ürünler üretilerek bu bitkiye emek harcayan kişilere gelir sağlamaktadır (Doğan vd., 2006). Kuşburnu anti-inflamatuar olmasının yanı sıra, C vitamini ve likopen de içeren iyi bir bitkisel besin kaynağıdır. Besleyici kompozisyonu nedeniyle, kuşburnu takviyesi, osteoartrit, romatoid artrit ve kanser dahil olmak üzere bazı kronik hastalıklarda çok olumlu etkilere sahiptir (Fan vd., 2014).

Yetişkin bir insanın günlük vitamin ve mineral ihtiyacı düşünüldüğünde kuşburnu nektarı ya da marmelatı, C vitamini ihtiyacının tamamını ve diğer vitamin ve mineral ihtiyacının ise önemli bir kısmını karşılayacak düzeydedir (Yıldız ve Nergiz, 1996). Kuşburnu halk ilacı olarak böbrek ve mesane taşlarında, ishale, diş eti kanamalarına, yan ve göğüs ağrılarına karşı kullanılmaktadır.

Kuşburnu meyvelerinin bir başka kullanım alanı da içerdiği mineral maddeler (potasyum ve fosfor elementleri), vitaminler ile gıda sanayinde meyve ve sebze sularının zenginleştirilmesi işlemidir. Kuşburnu yağının; cilt koruyucu, yaşlanmayı geciktirici, özellikle göz ve ağız çevresi kırışıklıkları önleyici, güneş ve sert hava etkisinden koruyucu, yaralanmış dokuları iyileştirici ve kalınlaştırıcı, hücre yenileyici gibi birçok faydası bulunmaktadır (Öz, 2016).



Şekil 1. *Rosa canina* L.'nin ülkemizdeki yayılışı (Öz, 2016).



Şekil 2. *Rosa pimpinellifolia* L.'nin ülkemizdeki dağılışı (Öz, 2016).

2. Materyal ve Metod

2.1. Materyal

İncelenen Kuşburnu türleri, Gümüşhane yöresinde doğal yayılış gösterdikleri yerlerden alındı. Kuşburnu (*Rosa canina* L.) türünün meyveleri 2013 ve 2014 yılı Eylül ayında Gümüşhane, Torul, Köstere Köyü 1100 m rakımdan toplandı. Siyah meyveli kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) türünün meyveleri ise 2013 ve 2014 yılı Ekim ayında Gümüşhane, Merkez, Kocayokuş Köyü 1800 m rakımdan aynı günlerde ve aynı bitkilerden toplandı. Bu türlerden en az 30 bitkiden örnekler alındı. Bitkilerin tür teşhisleri Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Kato Herbariyumu tarafından yapıldı (Kato No:24436, Kato No: 24437). Toplanan örnekler analizler yapılincaya kadar -18 °C bekletildi. Alınan her iki türe ait örnekler ayrı ayrı birleştirilerek laboratuvar değirmeninde homojen hale getirildi. Analiz çalışmaları homojenleştirilmiş numunelerden yapıldı.

2.2. Metod

2.2.1. *Rosa canina* L. ve *Rosa pimpinellifolia* L. meyvelerinin C vitamini Analizleri

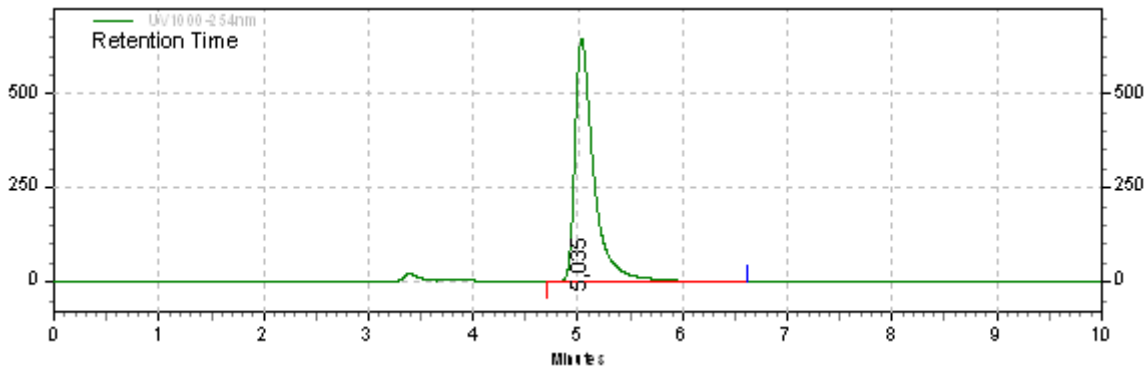
Numunelerin C vitamini analizleri HPLC-UV (yüksek basınç sıvı kromatografisi UV dedektör) metoduna göre Thermo separation products, UV 1000 dedektörlü HPLC-UV cihazı ile gerçekleştirildi. Kalibrasyon eğrisi için L-askorbik asitden, 10, 30, 60, 90 ve 120 mg/L 'lik konsantrasyonların standart çözeltileri hazırlandı. 2013 ve 2014 yıllarında toplanan *Rosa pimpinellifolia* L. ve *Rosa canina* L. türlerinin meyvelerinden 10 g alındı ve parçalayıcıda parçalara ayrıldı. Parçalanmış meyvelerin üzerine 70 mL yeterli miktarda (üzerini kapatacak kadar) metafosforik asit (%15 m/m) ilave edilerek homojenleştiricide karıştırıldı. Homojenleşen numuneler 100 mL'ye tamamlanarak, filtre kâğıdından süzüldü. Süzüntüler 0,45 mikron filtreden geçirilerek viallere alındı ve HPLC cihazına verildi. C vitamini analizi için uygulanan

HPLC koşulları Tablo 2.'de gösterilmiştir. Analizi yapılan C vitamininin numune içerisindeki miktarı kalibrasyon grafiği yöntemi ($y= 9498,7 x + 0$)

kullanılarak hesaplandı. Örneklerden *Rosa canina* L.'ye ait C vitamin HPLC-UV kromotogramı Şekil 3.'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Uygulanan yöntemin HPLC koşulları

HPLC sistemi	:	Thermo separation products, UV 1000 dedektör
Kolon	:	Supelcosil C18, 5 µm, (25x4,6 mm)
Mobil sistem	:	Gradient
Mobil faz C	:	Metanol – H ₂ O (5:95, v/v) pH= 3.00 (H ₃ PO ₄)
Kolon sıcaklığı	:	20 °C
İnjesiyon hacmi	:	20 µl
Dalga boyu	:	254 nm (210-360 nm arası)
Akış Hızı	:	1.0 ml/dk



Şekil 3. C vitamini HPLC-UV kromotogramı

2.2.2. *Rosa canina* L. ve *Rosa pimpinellifolia* L. Meyvelerinin Şeker Analizleri

Numunelerin şeker analizleri TS 13359 metoduna göre ve Agilent 1260 infinity marka, dörtlü pompaya sahip, oto enjektörlü HPLC-RID cihazında gerçekleştirildi. 2013 ve 2014 yıllarında toplanan *Rosa pimpinellifolia* L. ve *Rosa canina* L. türlerinin meyvelerinden 2,5 gr alındı ve parçalayıcıda parçalara ayrıldı. Parçalanmış meyvelerin üzerine 25 ml ultra saf su ilave edilerek homojenleştiricide karıştırıldı. Homojenleşen numuneler 50 ml'ye ultra saf su ile tamamlanarak filtre kâğıdından süzüldü. Süzüntüler 0,45 mikron filtreden geçirilerek viallere alındı ve HPLC cihazına verildi. Şeker analizi için uygulanan HPLC koşulları Tablo 3.'de verilmiştir.

Analizi yapılan fruktoz, glukoz ve sakkarozun numune içerisindeki miktarı kalibrasyon grafiği yöntemi (fruktoz için $y= 98,4 x + 130$, glukoz için $y= 57,2 x + 95$, sakkaroz için $y= 12,4 x + 47$) kullanılarak hesaplandı. Örneklerden *Rosa pimpinellifolia* L.'ye ait fruktoz, glukoz ve

sakkaroz HPLC-RID kromotogramları Şekil 4.'de verilmiştir.

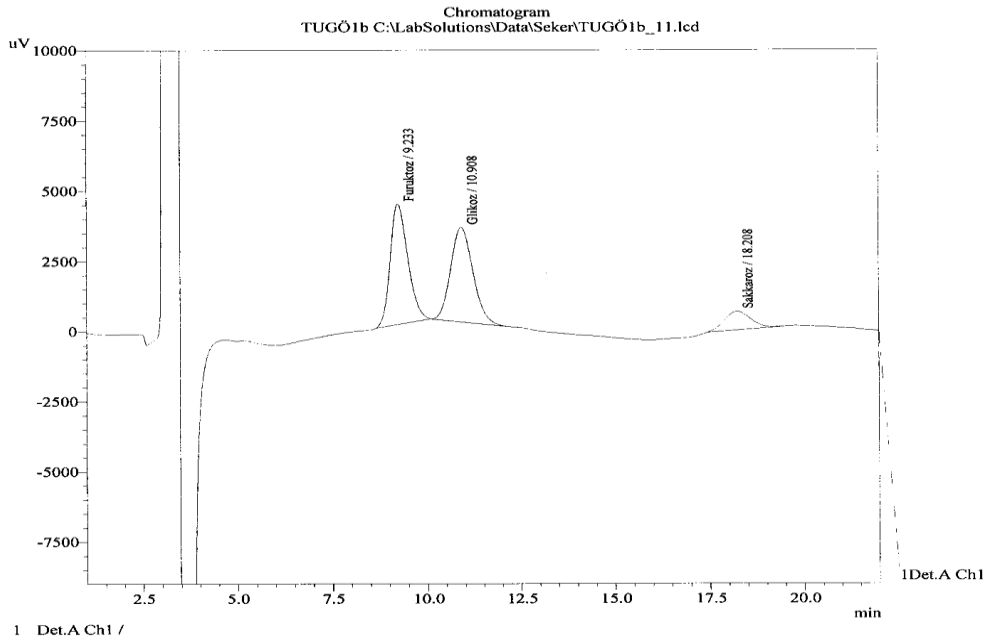
Tablo 3. Uygulanan yöntemin HPLC koşulları

HPLC sistemi	:	Agilent 1260 RID Dedektörlü HPLC
Kolon	:	Supelcosil C18, 5 µm, (25x4,6 mm)
Mobil sistem	:	Gradient
Mobil faz C	:	Asetonitril– H ₂ O (80-20)
Kolon sıcaklığı	:	20 °C
İnjesiyon hacmi	:	20 µl
Akış Hızı	:	1.2 ml/dk

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. C vitamini Analizi Sonuçları

2013 ve 2014 yıllarında toplanan kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) ya ait incelenen meyve örneklerindeki C vitamini miktarları Tablo 4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Sakkaroz, fruktoz ve glukoz HPLC-RID kromotogramları

Tablo 4. Kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyve örneklerindeki C vitamini miktarları*

	<i>Rosa canina</i> L.		<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.	
	2013	2014	2013	2014
C vitamini miktarı (mg/100g)	423.61 ± 5.13	320.43 ± 3.98	199.90 ± 2.11	305.92 ± 2.45

* Değerler üç paralel ölçümün ortalamasıdır

Siyah kuşburnu 2014 yılı meyvelerindeki C vitamini miktarı, 2013 yılındaki meyvelerinden daha fazla bulunmuştur. Kuşburnu meyvelerinde ise 2013 yılında toplanan örnekteki C vitamini miktarı 2014 yılından daha fazla tespit edilmiştir. Siyah kuşburnu ve kuşburnu meyveleri karşılaştırıldığında ise kuşburnu meyvelerinin C vitamini miktarları her iki yılda da siyah kuşburnundan daha fazladır. Yıllara göre karşılaştırma yapıldığında, kuşburnu türünde 2014 yılında 2013 yılına göre bir azalma meydana gelmiş, ancak siyah kuşburnu türünde ise 2014 yılında C vitamini miktarında artış olmuştur.

Murathan vd. (2016) Ardahan ilinden topladıkları *R. pimpinellifolia*, *R. villosa*, *R. canina* ve *R. dumalis* ile yaptıkları çalışmalarında askorbik asit (C vitamini) miktarını sırası ile 24.93±4.0, 119.83±3.3, 754.48±100.2, 254.81±12.5 mg/100g olduğunu rapor etmişlerdir. Abacı vd. (2016) *Rosa iberica* STEV. ile yaptıkları çalışmada askorbik asit (C vitamini) miktarını 503.26 ±18.8 mg/100g olduğunu belirtmişlerdir.

Kazaz vd. (2009) *Rosa damascena* Mill. ve *Rosa canina* L. meyveleri ile yaptıkları çalışmada C vitamini miktarlarını *Rosa canina* L. meyvesinde 411.0 mg/100 g, *Rosa damascena* Mill. meyvesinde ise 332.0 mg/100 g olarak bulmuştur. Fan vd. (2014) kuşburnunun besin değerleri hakkında yaptıkları çalışmalarında C vitamini miktarını 426 mg/100g olarak belirtmişlerdir.

Dölek, (2013) çalışmasında ülkemizde kuşburnu üzerine yapılan çalışmalarda en yüksek C vitamini değerlerinin 1074 mg/100g ile 2962 mg/100g arasında (Ercişli vd., 2001), en düşük C vitamini değerlerinin ise 12.04-43.77 mg/100g arasında (Türkben vd., 2010) olduğunu beyan etmiştir.

Ropciuc vd. (2011) *Rosa canina* L. meyvelerindeki askorbik asit içeriği (C vitamini) ile ilgili yaptıkları çalışmada kaydedilen değerleri 347.12 ile 621.31 mg/100g arasında değiştiğini ve bu değişikliğin sebebini ise yükseklik, toprak tipi, nem ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Kara ve Oktay (2008) tarafından çeşitli sebze ve meyvelerin tespit edilmiş C vitamini değerleri karşılaştırıldığında 100g maydanozda 180 mg, yeşil sivri biberde 100 mg, limonda 50 mg, mandalinalarda 30 mg, narda 10 mg askorbik asit bulunduğu rapor etmiştir (Kara ve Okyay, 2008; Kubat vd., 2013). Kuşburnu meyvelerinin C vitamini analizleri hakkında yapılan çalışmalar göz önüne alındığında bulunan sonuçların literatürdeki bilgilerle aynı doğrultuda olduğunu bize göstermektedir.

3.2. Şeker Analizi Sonuçları

2013 ve 2014 yıllarında toplanan kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) ya ait incelenen meyve

örneklerindeki şeker miktarları, Tablo 5.' de gösterilmiştir.

Tablo 5.'de verilen toplam şeker miktarları değerlendirildiğinde siyah kuşburnu meyvelerinin 2014 yılı değerleri 2013 yılından daha fazla bulunmuştur. Kuşburnu meyvelerinde ise 2013 yılı meyvelerindeki toplam şeker oranı 2014 yılından daha çok tespit edilmiştir. Her iki kuşburnu türü karşılaştırıldığında ise 2013 yılı meyvelerinin toplam şeker oranı kuşburnunda daha çok iken 2014 yılı verilerinde siyah kuşburnu miktarı daha fazla belirlenmiştir. Yıllara göre karşılaştırma yapıldığında, kuşburnu türünde 2014 yılında 2013 yılına göre bir azalma meydana gelmiş, ancak siyah kuşburnu türünde ise 2014 yılında toplam şeker miktarında artış olmuştur.

Tablo 5. Kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyve örneklerindeki şeker miktarları*

	<i>Rosa canina</i> L.		<i>Rosa pimpinellifolia</i> L.	
	2013	2014	2013	2014
Fruktoz (g/100g)	9.21 ± 0.83	9.06 ± 1.18	5.53 ± 0.25	8.32 ± 1.71
Glukoz (g/100g)	9.02 ± 1.24	7.23 ± 2.03	5.41 ± 0.63	8.19 ± 0.92
Sakkaroz (g/100g)	0.04 ± 0.12	0.02 ± 0.21	0.07 ± 0.18	0.06 ± 0.16
Toplam Şeker (g/100g)	18.26 ± 0.74	16.32 ± 0.49	11.01 ± 0.66	16.57 ± 0.58

* Değerler üç paralel ölçümün ortalamasıdır

Murathan vd. (2016) *R. pimpinellifolia*, *R. villosa*, *R. canina* ve *R. dumalis* ile yaptıkları çalışmalarında, fruktoz miktarını sırası ile 4.38 - 4.90 - 5.03 - 4.15 g/100g, glukoz miktarını 5.99 - 12.48 - 8.05 - 6.79 g/100g, sakkaroz miktarını ise 0.38 - 0.42 - 0.55 - 0.41 g/100g ve toplam şeker miktarının 14.92 - 24.05 - 18.78 - 15.29 g/100g olduğunu rapor etmişlerdir. Abacı vd. (2016) *Rosa iberica* STEV. ile yaptıkları araştırmada fruktoz oranını 8.58 ± 0 g/100g, glukoz oranını 9.35 ± 0.05 g/100g, sakkaroz oranını 0.49 ± 0 g/100g ve toplam şeker oranını ise 26.74 ± 0.12 g/100g olduğunu bildirmişlerdir.

Demir vd. (2014) Gümüşhane ilinden topladıkları *R. canina*, *R. dumalis*, *R. gallica*, *R. dumalis* subsp. *Boissieri* ve *R. hirtissima*. türleri ile yaptıkları analizlerde fruktoz miktarının sırası ile 18.84±2.40, 10.78±0.80, 17.11±2.37, 16.15±0.65, 13.12±1.48 g/100g ve glukoz miktarının ise 17.11±2.78, 9.54±0.55, 17.25±0.93, 14.46±0.63, 11.20±0.97 g/100g olduğunu belirtmişlerdir.

Özrenk vd. (2012) çalışmalarında, Erzincan bölgesinde doğal olarak yetişen kuşburnu meyvelerinde 15 farklı genotipe ait olgun meyvelerde yaptıkları analizlerde fruktoz oranını 7.96-14.76 g/100g, glukoz oranını 8.06-12.94 g/100g ve sakkaroz oranını ise 0.17-0.88 g/100g değerleri arasında bulunduğu bildirmiştir. Barros vd. (2011) *Rosa canina* L. ile yaptıkları araştırmalarında, olgunlaşmış meyvelerdeki fruktoz miktarını 8.89±0.06, glukoz miktarını 7.46±0.02, sakkaroz miktarını ise 3.77±0.32 ve toplam şeker miktarını 20.46±0.24 g/100g olduğunu belirtmişlerdir.

Efe ve Doğruluk (2014) altın çilek bitkisi ile yaptıkları çalışmalarında, altın çilek meyve özsuundaki toplam şeker içeriğini 4.9 g/100 g, diğer meyve özsuunda ise toplam şeker oranını ise; armutta %9.8, portakalda %7.0, elmada %11.1 şeftalide %8.5 ve çilekte %5.7 olarak belirtmişlerdir. Kuşburnu meyvelerinde tespit edilen şeker oranlarının, diğer kuşburnu türleri ile

yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlara ve çeşitli meyvelerle yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlara benzer değerlerde olduğu anlaşılmaktadır.

4. Sonuç ve Öneriler

Bitkisel odun dışı orman ürünleri açısından ülkemiz çok zengin bir varlığa sahiptir. Bu kaynakların kullanım oranları ise her geçen artış göstermektedir. Ülkemiz orman alanlarında bulunan bu bitkilerin çeşit ve miktarının tespit edilmesi ve değerlendirme olanaklarının çoğaltılması, ekonomik, sosyal yönden oldukça faydalı olacaktır.

Yapılan bu çalışmada, türler birbiri ile kıyaslandığında kuşburnu türü meyvelerinin C vitamini değerleri, siyah kuşburnu türüne göre her iki yılda da fazla bulunmuştur. Şeker analizi sonuçları karşılaştırıldığında ise 2013 yılı meyvelerinin toplam şeker oranı kuşburnunda daha çok iken 2014 yılı verilerinde siyah kuşburnu toplam şeker miktarının daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yıllar itibarıyla kıyaslandığında kuşburnu türünün 2013 yılında toplanan meyvelerinin C vitamini ve toplam şeker analizi değerleri 2014 yılına göre daha fazla bulunurken, siyah kuşburnu türünde ise 2014 yılında toplanan meyvelerinin C vitamini ve toplam şeker analiz değerleri 2013 yılından daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Türlerin birbirleri arasında ve türlerin kendi arasında her iki ayrı yılda ortaya çıkan bu farklılıkların sebebi olarak bitkilerin genetik yapısı, bitkilerin yaşı, yetiştirme yeri, toprak yapısı, iklim, yağış gibi iç ve dış etmenler sayılabilir. Yukarıda bahsedilen etmenlerden hangisinin, C vitamini veya şeker değerlerini artırıcı ya da azaltıcı yönde etkisinin olduğu araştırılması önerilebilir. Gümüşhane yöresinde doğal olarak yetişen kuşburnu taksonlarına ait meyvelerin, şeker ve C vitamini miktarlarının belirlenmesi ile daha sonra yapılacak olan araştırmalara literatür oluşturması açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir. Bu çalışma ayrıca kuşburnu meyvelerinin sağlık açısından ne kadar önemli olduğunun anlaşılmasına da önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynaklar

Abacı, Z.T., Zarıfıkhosroshahı, M., Kafkas, E. ve Sevindik, E., 2016. Chemical Composition, Volatiles, and Antioxidant Activity of Rosa

iberica STEV. Hips. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 15, 1, 41-54.

Anşın, R., 1996. Doğu Karadeniz Bölgesinde Yetişen Doğal Rosa L. Taksonları. Kuşburnu Sempozyumu, 5-6 Eylül 1996, Gümüşhane, Türkiye, s.85-95.

Barros, L., Carvalho, A. M. ve Ferreira, I.C.F.R., 2011. Exotic fruits as a source of important phytochemicals: Improving the traditional use of Rosa canina fruits in Portugal. Food Research International, 44, 2233-2236.

Demir, N., Yıldız, O., Alpaslan, M. ve Hayaloglu, A.A., 2014. Evaluation of volatiles, phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (Rosa L.) fruits in Turkey. LWT - Food Science and Technology, 57, 126-133.

Determination of vitamin C in beverages, fruits and vegetables by HPLC/UV method (accredited SZPI method A/11, ČSN EN 14130).

Doğan, A., Kazankaya, A., Çelik, F. ve Uyak, C., 2006. Kuşburnunun Halk Hekimliğindeki Yeri ve Bünyesindeki Bileşenler Açısından Yararları. II. Ulusal Üzümü Meyveler Sempozyumu, 14-16 Eylül 2006, Tokat, Türkiye, s.45-53.

Dölek, Ü., 2013. Bazı Kuşburnu (*Rosa* sp.) Türlerinde Optimal Hasat Zamanının ve Fitokimyasal Değişimlerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat, 113s.

Efe, L. ve Doğruluk, E., 2014. Altın Çilek (*Physalis peruviana* L.) Bitkisinin Beslenme ve Tıpta Kullanım Olanakları. II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, 23-25 Eylül 2014, Yalova, Türkiye, s.378-384.

Ercişli, S., Eşitken, A. ve Gülyüz, M., 2001. Erzurum (Merkez İlçe), Tortum, Pazaryolu ve Pasinler İlçelerinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnuların (*Rosa* spp.) Seleksiyon Yoluyla Islahı Üzerine Bir Araştırma. Bahçe Dergisi, 29 (1-2), 39-44.

Fan, C., Pacier, C. ve Martirosyan., D. M., 2014. Rose hip (*Rosa canina* L): A functional food perspective. Functional Foods in Health and Disease, 4, 11, 493-509.

- Kara, C. ve Okyay N., 2008. Bazı Meyve ve Sebzelerde C Vitamini Tayini, Tübitak Eğitimde Bilim Danışmanlığı Projesi. Fen ve Teknoloji Öğretmenleri Bilim Danışmanlığı ve Eğitimi Yönünden Destekleme Çalıştayı, 14-20 Haziran, Kayseri, Türkiye.
- Kazaz, S., Baydar H. ve Erbaş, S., 2009. Variations in chemical compositions of *Rosa damascena* Mill. and *Rosa canina* L. Fruits. Czech Journal of Food Sciences, 27, 3, 178-184.
- Kubat, A, Özaslan M, Karaduman A., Karagöz I, D. ve Kılıç, İ. H., 2013. C Vitamini Bakımından Zengin Sebze ve Meyvelerin Beyaz Kan Hücreleri Artışı Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Adana Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü (AVKAE) Dergisi, 3, 1, 31-37.
- Kurt, R., 2011. Türkiye Odun Dışı Orman Ürünlerinin Mevcut Durumu ve Dış Ticaret Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bartın, 161s.
- Kutbay, H.G. ve Kılınç, M., 1996. Kuşburnu (*Rosa* L.) Türlerinin Taksonomik Özellikleri ve Türkiye'deki Yayılışları. Kuşburnu Sempozyumu, 5-6 Eylül 1996, Gümüşhane, Türkiye, s.75-83.
- Murathan, Z.T., Zarıfıkhosroshahı, M., Kafkas, E. ve Sevindik, E., 2016. Characterization of Bioactive Compounds In Rosehip Species From East Anatolia Region of Turkey. Italian Journal of Food Science, 28, 314-325.
- O.G.M., 2008. Orman Genel Müdürlüğü Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri 2008 Yılı Raporu, Ankara, 69s.
- O.G.M., 2014. Orman Genel Müdürlüğü 2013 Yılı İdare Faaliyet Raporu, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, 37s.
- Öz, M., 2016. *Rosa pimpinellifolia* L. ve *Rosa canina* L. Kuşburnu Türlerinin Çiçek, Yaprak, Gövde ve Meyvelerinde Uçucu Yağ Analizleri ve Biyolojik Aktiviteleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 192s.
- Özrenk, K., Gündoğdu, M. ve Doğan, A., 2012. Erzincan Yöresi Kuşburnu (*Rosa canina* L.) Meyvelerinin Organik Asit, Şeker ve Mineral Madde İçerikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 22, 1, 20-25.
- Ropciuc, S., Cenuşă, R., Căpriță, R. ve Crețescu, I., 2011. Study on the Ascorbic Acid Content of rose Hip fruit Depending on Stationary Conditions. Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies, 44, 2, 129-132.
- Sarıbaş, M., 1996. Batı Karadeniz Bölgesinde Doğal Yayılış Yapan *Rosa canina* L. (Kuşburnu) nun Bazı Morfolojik Palinolojik ve Tohum Özellikleri. Kuşburnu Sempozyumu, 5-6 Eylül 1996, Gümüşhane, Türkiye, s.65-74.
- Türkben, C., Uylaşer V., İncedayı B. ve Çelikkol I., 2010. Effects of different maturity periods and processes on nutritional components of rosehip (*Rosa canina* L.), Journal of Food, Agriculture & Environment, 8, 1, 26-30.
- TS 13359, Bal-Fruktoz, Glukoz, Sakaroz, Turanoz ve Maltoz Muhtevası Tayini- Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) Metodu, 2008, Ankara.
- Yıldız, H. ve Nergiz, C., 1996. Bir gıda maddesi olarak kuşburnu. Kuşburnu Sempozyumu, 5-6 Eylül 1996, Gümüşhane, Türkiye, s.309-318.

Farklı Gamların Tavuk Köftelerdeki Bazı Özellikler Üzerine Etkileri

The Effects of Different Gums on Some Properties of Chicken Meatballs

Osman KILINÇÇEKER^{1,a}, Özgür GÖLGE^{*2,b}

¹Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, 02040, Adıyaman

²Alaaddin Keykubat Üniversitesi, ALTSO Turizm Meslek Yüksek Okulu, 07400, Alanya, Antalya

• Geliş tarihi / Received: 15.10.2017 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 19.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 26.03.2018

Öz

Bu çalışmada; karboksümetil selüloz, agar agar, tara ve keçiboynuzu gamlarının % 1 oranında tavuk köftelere ilavesinin ürünün bazı nitelikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Hazırlanan pişmemiş köftelerde renk nitelikleri belirlenirken, 175 °C'de 5 dk kızartılan örneklerde; kızartma sonrası pişme verimi, çap azalması, renk değerleri, nem tutma oranı, yağ emme oranı ve duyu nitelikler saptanmıştır. Gam ilavesi ile pişmemiş örneklerde *L* (parlaklık) değeri değişim göstermezken, *a* (kırmızılık) ve *b* (sarılık) değerlerinin düştüğü anlaşılmıştır. Kızarmış köftelerde; en yüksek pişme verimi değerleri agar agar ve keçiboynuzu gamı ile hazırlanan örneklerde bulunmuş, çap azalma değerleri ise farklılık göstermemiştir. Kızarmış örneklerin renk değerlerinde; *L* ve *b* değeri keçiboynuzu gamı ile hazırlanan örneklerde en yüksek bulunmuş, *a* değerinin ise gam ilavesinden etkilenmediği anlaşılmıştır. Kızartılan ürünlerde agar agar gamı ve keçiboynuzu gamı ilavesi tutulan nem oranını artırırken, özellikle keçiboynuzu gamı emilen yağ oranını azaltmıştır. Benzer şekilde, köftelerin duyu analizlerinde; agar agar gamı ve keçi boynuzu gamı ilavesi görünüş, renk, koku ve tat puanlarını yükseltmiştir. Bütün sonuçlara bağlı olarak gam ilavesinin tavuk etinden hazırlanan pişmemiş köfte renginde etkili olmayacağı, ancak kızarmış köftelerde kaliteyi artırabileceği belirlenmiş olup, en iyi uygulama olarak agar agar gamı veya keçiboynuzu gamının tavsiye edilebileceği anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Gam, Kalite Özellikleri, Kızartma, Tavuk Köfte

Abstract

In this study; addition of 1% carboxymethyl cellulose, agar agar, tara and locust bean gums to chicken meatballs during production with aspect of effect on quality was investigated. Colour parameters were measured in raw samples; yields, diameter reductions, colour parameters, moisture retentions, fat absorptions and sensory properties of fried samples at 175 oC for 5 min were determined. Results indicate that; L values of raw samples did not show any significant change; a and b values of these samples decreased. Samples with agar agar and locust bean gums had higher yields than other gums, whereas diameter reductions of fried samples were similar. L and b values of fried samples with locust bean gum were higher than others. It was observed that a values were not affected by gum addition. Despite agar agar and locust bean gums addition increased the moisture retentions of fried samples; locust bean gum decreased the fat absorptions. Similarly, agar agar and locust bean gums increased the appearance, colour, and taste scores from sensory properties. Depending on all the results; It has been determined that addition of gum can not be effective on the color of raw meatballs prepared from chicken meat but may increase the quality of fried samples and it has been understood that the agar agar or locusts bean gum can be recommended as a best practice.

Keywords: Gum, Quality Properties, Frying, Chicken Meatball

* Özgür GÖLGE; ozgur.golge@alanya.edu.tr; Tel: (0242) 510 61 83 - 6200; orcid.org/0000-0001-5020-339X

^a orcid.org/0000-0002-5222-1775

1. Giriş

Dünyada eğitim ve kültürel gelişmelere bağlı olarak kaliteli iş gücü artarken, bu güç içerisinde çalışan kadın sayısı da artmıştır. Buna bağlı olarak iş hayatı içerisinde yer alan kadınlar zamandan tasarruf etmek için hazır gıdalara yönelmişlerdir. Ayrıca fast food zincirlerinin artması da bu talebe destek olmuştur (Kılınççeker ve Alkış, 2015).

Son zamanlarda hazır yemekler sofralarda daha fazla yer alırken, beraberinde obezite, kanser, tansiyon ve diyabet hastalığı gibi problemleri de artırmıştır (Demirci vd., 2014; Kılınççeker, 2017). Dolayısıyla hazır yemek üreticileri farklı ürünler üzerinde yoğunlaşırken; antioksidan, antimikrobiyal özellikteki veya nem ve yağ transferine karşı etkili olan bazı bileşenleri kullanarak insanlara daha sağlıklı ve kaliteli gıda üretmeye yönelmişlerdir. Çeşitli uygulamalarla son üründe sağlık açısından istenen kaliteyi elde ederken, ürünlerde görülebilecek fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özellikleri de korumaya, hatta artırmaya çalışmaktadırlar. Yaptıkları ARGE çalışmaları ile farklı katkı maddelerini veya işleme proseslerini kullanarak tüketicilere alternatifler sunmaya çabalamaktadırlar (Modi vd., 2009; Cava vd., 2012).

Bahsedilen uygulamalara en iyi örnek et ve ürünleri sektörüdür. Özellikle tavuk eti ürünleri ucuz ve kolay bulunabilir olması nedeni ile dünya nüfusunun büyük bir çoğunluğunun günlük beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Buna karşın işleme zor bir gıda grubudur. Bu nedenle konu ile ilgili bilim adamları ve beyaz etlerden üretim yapan işletmeler farklı uygulamalara yönelerek, hem ürün kalitesini hem de pazar payını artırmaya çalışmaktadırlar. Bu amaçla yapılan çalışmalara Rahimi vd. (2018) tarafından kızılötesi teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen tavuk köfte denemesi ile Jing vd. (2018) tarafından sodyum alginat kullanılarak tavuk göğüs etinde su tutma kapasitesi üzerine yapılan araştırmalar örnek verilebilir. Elde edilen sonuçlarda; yapılan uygulamalar ile ilk çalışmada son ürün olarak elde edilen kızartılmış köftelerde yağ oranı azalırken, ikinci çalışmada, pişmiş ürünün su tutma kapasitesinin arttığı vurgulanmış ve sektöre alternatif işlemler olarak tavsiye edilmişlerdir.

Gamlar da bu sektörde kullanılabilen katkı maddeleri içerisinde önemli olan başka bir örnektir. Suyu bağlayıcı özelliği olan bu maddeler çok düşük oranda kullanılarak üretim esnasında görülebilen şekil bozukluğu ve dağılma gibi

kusurları engellerken, ürün depolamada görülebilen oksidasyon, fire kaybı ve renk değişimi gibi problemleri de azaltabilmektedirler. Ayrıca çoğunlukla ürün rengini olumsuz etkileyecek renk özelliklerinin olmaması, tatsız ve kokusuz olmaları başka bazı avantajlarıdır (Demirci vd., 2014; Gibis vd., 2015; Kılınççeker, 2017).

Buna karşın yapılan araştırmalara bakıldığında, beyaz et sektöründe farklı gamların kullanımı ile ilgili çalışmaların az olduğu anlaşılmıştır. Oysa geçmişteki uygulamaların ışığında farklı fonksiyonel özelliklerinden dolayı kullanılan gam türünün tespitinin önemli olabileceği düşünülmektedir. Anlatılanlara bağlı olarak bu çalışmada karboksimetil selüloz, agaragar, tara ve keçiyoynuzu gamlarının % 1 oranında tavuk köfte üretiminde kullanımının ürünün bazı özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada en iyi sonuçlar belirlenirken tüketiciye farklı alternatifler sunulmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanılan karboksimetil selüloz, agar agar, tara ve keçiyoynuzu gamları Kimbiotek Kim. Mad. San. (İstanbul) firmasından satın alınmıştır. Tavuk göğüs eti ve diğer malzemeler Adıyaman'daki bazı işletmelerden temin edilmiştir. Köftelerin kızartılması için mini kızartma makinası (Tefal) ve ayçiçek yağı (Yudum) kullanılmıştır. Başlangıçta donmuş tavuk göğüs etleri +4 °C' de 16-18 saat bekletilip çözülmüş ve kıyma makinasının 3 mm'lik aynasında kıyılmıştır. Daha sonra % 93.5 et + % 5 galeta unu + % 1.5 tuz içerecek şekilde ön karışım hazırlanıp 10 dk yoğurulmuştur. Sonra her bir örnek için; bu karışımdan 99 g alınıp 1 g gam eklenerek çalışma örnekleri hazırlanmıştır. Tekrar iyice yoğrulup 20 dk dinlendirildikten sonra 19 g ağırlığında ve eşit çapta yuvarlak köfteler hazırlanmıştır. Kontrol örneği olarak gam içermeyen grup kullanılmıştır. Her bir örnek için 4 köfte 175 °C de derin yağda 5 dk kızartılmış ve ilgili analizler yapılmıştır. Kızartmada kullanılan yağ her bir örnek için yenilenirken, duyuşsal analizler için aynı pişirme yöntemi ve parametreler kullanılarak hazırlanan köfte örneklerine puanlama testi uygulanmıştır. Çalışma esnasında kızartılmamış ve kızartılmış köftelerdeki renk değerleri olan *L* (açıklık-koyuluk), *a* (kırmızılık-yeşillik) ve *b* (sarılık-mavilik) bir kolorimetre (Konica Minalto, Inc., Osaka, Japan) kullanılarak ölçülmüştür. Kızartma sonrası pişme verimi ve çap azalması değerleri hassas terazi ve elektronik kumpas kullanımı ile

Kurt ve Kılınççeker'in (2012) çalışmalarında belirtildiği gibi, aşağıdaki formüller yardımı ile saptanmıştır. Pişme verimi ve çap azalması ölçümleri kızartmadan 2 dk sonra yapılmış, pişme verimi hesaplamalarında 4 köfte kullanılmıştır. Çap azalması ölçümlerinde ise 4 köftenin her biri için üçer farklı noktadan ölçümler yapılmış ve ortalamalar alınmıştır.

$$\text{Pişme verimi (\%)} = \frac{\text{Kızarmış köfte ağırlığı}}{\text{Pişmemiş köfte ağırlığı}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Çap azalması (\%)} = \frac{\text{Pişmemiş köfte çapı} - \text{Kızarmış köfte çapı}}{\text{Pişmemiş köfte çapı}} \times 100 \quad (2)$$

Nem tayini; örneklerden kızartma öncesi ve kızartma sonrası alınarak 105 °C'de etüvde kurutma ile, yağ tayini ise; hekzan kullanarak soxhelet ekstraksiyon metodu ile yapılmıştır (AOAC, 2002). Bu değerlere bağlı olarak nem tutma ve yağ emilim değerleri ise aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır.

$$\text{Nem tutma (\%)} = \frac{\text{Kızarmış köftedeki nem (\%)}}{\text{Pişmemiş köftedeki nem (\%)}} \times \text{pişme verimi} \quad (3)$$

$$\text{Yağ emilim (\%)} = \text{kızarmış köftedeki yağ (\%)} - \text{pişmemiş köftedeki yağ (\%)} \quad (4)$$

Köftelerin duysal olarak değerlendirilebilmeleri için, önceki kısımda belirtildiği şekilde, köfte hamurlarından sırası ile 6'şar örnek hazırlanarak benzer sıcaklık ve sürede kızartılmıştır. Kızartmayı takiben 2 dk sonra, 10 kişilik gıda işleme bölümü öğrencisine, Gökalp vd. (1999)'nde anlatıldığı gibi hedonik derecelendirme skalasına göre puanlama testi uygulanmıştır. Panelistlerden beğeni derecelerine bağlı olarak köftelere 1-9 arasında puan vermeleri istenmiştir. Çalışma iki tekrerrü ve üç paralel olarak yürütülmüştür. Elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış, önemli bulunan ortalamalar $P < 0.01$ ve $P < 0.05$ düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testine tabii tutulmuşlardır. Sonuçlar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir (SPSS, CHICAGO, IL, USA).

3. Bulgular ve Tartışma

Piyasada ticareti yapılan et ve ürünlerinin rafta iken satışında en etkili özelliklerinden bir tanesi renktir. Beyaz etlerden elde edilen köfte gibi bazı pişmemiş ürünlerde parlak kırmızımsı-sarı rengin

yoğunluğu talebi olumlu etkileyebilmektedir. Bu nedenle üreticiler katkı maddesi olarak üründe bahsedilen tarzda renk yoğunluğunu artıracak malzemeleri seçmektedirler. Bu çalışmada kızartılmamış köftelerdeki renk değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Tabloya bakıldığı zaman L değerlerinin bütün örneklerde istatistiki olarak farksız ($P > 0.05$) olduğu ve 46.62-51.06 aralığında değiştiği anlaşılabilir. Ancak, kırmızı renk yoğunluğunu gösteren a değeri en yüksek 4.41 ve 4.11 olarak kontrol ve keçiyoynuzu gamı içeren örneklerde ölçülürken, sarı renk yoğunluğunu gösteren b değeri en yüksek 12.60 ve 11.78 olarak kontrol ve karboksimetil selüloz ile hazırlanan köftelerde saptanmıştır ($P < 0.05$). Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere gam kullanımı, pişmemiş köftelerin özellikle kırmızılık ve sarılık değerlerini etkilemiştir. Kırmızılık değerlerinde keçiyoynuzu gamının, sarılık değerlerinde karboksimetil selülozun yüksek sonuç vermesi diğer gamlara kıyasla daha yoğun renk pigmenti içermelerine bağlanabilir. Bu çalışmaya benzer şekilde; Cava vd. (2012)'nin farklı lifler ile, Demirci vd. (2014)'nin farklı gamlar ile hazırladıkları beyaz et ürünlerinde pişmemiş örneklerin renk değerlerinin farklılık gösterdiği ve bu farklılığın liflerin ve gamların doğal renk özellikleri ile ilgili olduğu vurgulanmıştır.

Isıl işlem uygulanan et ürünlerinde yapısal ve fiziksel olarak birçok değişim meydana gelmektedir. Özellikle su kaybı ve proteinlerdeki denatürasyon bu değişimler üzerinde etkili olmaktadır. Kızartma gibi ısı işlem sonrası meydana gelen bu değişimlerle ağırlık kaybı, şekil bozukluğu ve renk gibi bazı nitelikler değişirken, bunlara bağlı olarak ambalajlama işleminin olumsuz etkilenmesi de söz konusu olabilmektedir (Demirci vd., 2014; Kılınççeker, 2017). Tablo 2'ye bakıldığında bu özellikler üzerinde gamların etkisini gösteren sonuçlar görülebilir. Elde edilen değerlere göre; gamlar ile hazırlanan köftelerde kızartma sonrası pişme verimi en yüksek % 86.74 olarak agar agar ile hazırlanan örneklerde saptanmıştır ($P < 0.01$). Çap azalmasında istatistiksel olarak bir farklılık gözlenmemiş ($P > 0.05$) ve bu değerler % -1.34 ile % 0.23 arasında olduğu anlaşılmıştır. Yapılan diğer çalışmalara bakıldığında; Modi vd. (2009) tarafından et köftelere karagenan gamı eklemenin pişme verimini artırdığı belirlenmiştir. Bahsedilen çalışmada gamın proteinlerin su ile kompleks oluşturmasını kolaylaştırdığı belirtilerek, fire kaybını azalttığı vurgulanmıştır. Gibiş vd. (2015) et köftelere % 0.5-3 oranında mikrokristalli selüloz eklediklerinde kızartma sırasındaki nem kaybının azaldığını gözlemişlerdir.

Tablo 1. Farklı gamların pişmemiş köftelerdeki renk değerleri üzerine etkileri.

Gam türü	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Kontrol	51.06±2.17	4.41±0.24 ^a	12.60±0.38 ^a
Karboksümetil selüloz	48.54±0.39	3.93±0.16 ^{bc}	11.78±0.14 ^{ab}
Agaragar	48.48±2.14	3.94±0.18 ^{bc}	11.11±0.51 ^{bc}
Tara	48.80±1.90	3.61±0.01 ^c	11.52±0.66 ^{abc}
Keçiboynuzu	46.62±1.36	4.11±0.11 ^{ab}	10.43±0.25 ^c

a-c: her bir sütundaki istatistiki farklılığı göstermektedir (P<0.01 veya P<0.05).

Tablo 2. Farklı gamların kızarmış köftelerdeki pişme verimi, çap azalması ve renk değerleri üzerine etkileri.

Gam türü	Pişme verimi (%)	Çap azalması (%)	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Kontrol	83.90±0.47 ^c	-1.18±1.11	43.55±0.45 ^c	13.79±1.07	21.15±0.15 ^b
Karboksümetilselüloz	81.57±0.08 ^d	0.05±0.90	45.08±1.08 ^b	13.59±0.01	21.67±0.41 ^{ab}
Agaragar	86.74±0.12 ^a	0.23±1.72	46.09±0.48 ^{ab}	13.70±0.10	22.14±0.90 ^{ab}
Tara	83.10±0.21 ^c	-0.98±2.65	45.22±0.10 ^b	13.84±0.47	21.85±0.20 ^{ab}
Keçiboynuzu	85.20±0.56 ^b	-1.34±0.32	47.47±0.25 ^a	14.20±0.16	22.63±0.10 ^a

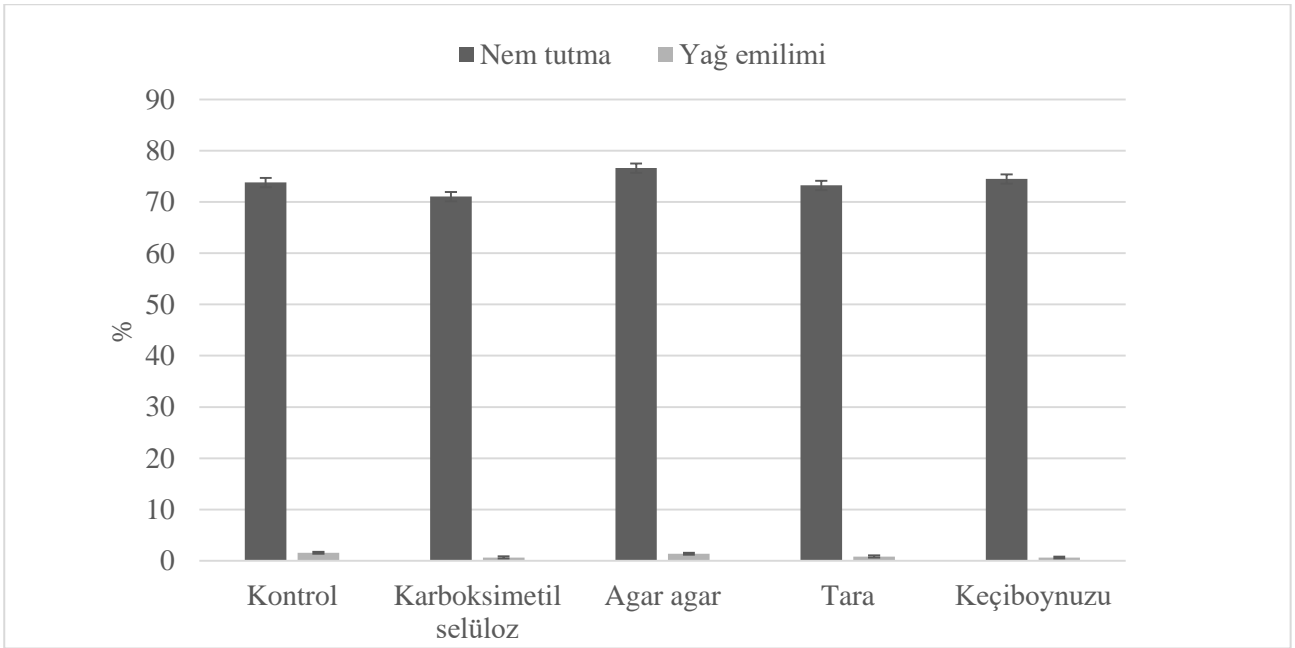
a-d: her bir sütundaki istatistiki farklılığı göstermektedir (P<0.01 veya P<0.05).

Başka bir çalışmada; et köftelere % 0-5 aralığında aloe vera eklemenin pişirme kaybını önemli oranda azalttığı, aloe veranın bir hidrokolloid gibi davranarak pişme esnasında su tutma kapasitesini artırdığı belirtilmiştir (Soltanzadeh ve Ghiasi-Esfahani, 2015). Bizim sonuçlarımız da bahsedilenlerle benzeşmektedir.

Gamlar ile hazırlanan köftelerin kızartma sonrası renk değerleri özellikle tüketim esnasında önemli bir husustur. Şeklin yanı sıra, kızartma sonrası oluşan kırmızı-sarı renk yoğunluğu görselliği artırarak tercihi olumlu etkilemektedir. Bu nedenle çalışmamızda kızartma sonrası renk değerleri de belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur. Bahsedilen değerlere bakıldığı zaman; parlaklığı gösteren *L* değeri en yüksek 47.47 olarak keçiboynuzu gamı ile hazırlanan örneklerde ortaya çıkmıştır (P<0.01). Kırmızılık değerleri örnekler arasında değişim göstermezken (P>0.05), sarılık yoğunluğunu gösteren *b* değerlerinde en yüksek sonuç 22.63 olarak yine keçiboynuzu gamı ile hazırlanan köftelerde ölçülmüştür (P<0.05). Benzer şekilde, Demirci vd. (2014) ve Kılınççeker ve Yılmaz'ın (2016) et köftelerinde gam kullanımı ile yaptıkları çalışmalarda renk değerlerinin pişme sonrası etkilendiği belirtilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan gamların karoten gibi doğal renk maddelerinin pişme sonrası renk oluşumunu etkilediği vurgulanmıştır. Aynı şekilde bizim çalışmamızda da bahsedilen renk maddelerinin son ürün rengi üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Kızartılan gıdalar için önemli olan diğer iki önemli özellik nem tutma ve yağ emme oranlarıdır. Derin yağda kızartma esnasında

protein yapılarının bozulması ile suyu bağlama yetenekleri azalır, dolayısıyla ürün yapısında tutulabilen su oranı düşer. Buna karşın içeriye emilen yağ miktarı artar. Bu değişim sağlıklı beslenme için istenmeyen bir durumdur. Üründe yapı sertleşebildiği gibi kalori değeri de önemli düzeyde artmaktadır. Bu nedenle üreticiler benzer tarz gıda üretiminde gam gibi çeşitli katkı maddelerini bileşimde kullanarak bu problemleri azaltma üzerinde çalışmalar yapmaktadırlar (Pintero vd., 2007; Kılınççeker, 2017). Yapılan çalışmada kızartılan örneklerin nem tutma ve yağ emme oranları Şekil 1'de gösterilmiştir. Bazı örneklerde istatistiksel olarak benzerlik saptanırken, şekle göre en yüksek nem tutma oranlarının % 76.63 olarak agar agar ve % 74.5 olarak keçiboynuzu gamı ile hazırlanan köftelerde ortaya çıktığı anlaşılmaktadır (P<0.05). Buna karşın en düşük yağ emme oranlarının % 0.63 olarak karboksümetil selüloz ve % 0.6 olarak keçiboynuzu gamı ile üretilen örneklerde olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Benzer şekilde, Demirci vd. (2014)'nin çalışmasında dana etinden üretilmiş köftelere gam eklemenin pişme esnasındaki nem kaybını azalttığı ve özellikle guar gamının etkili olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, Kılınççeker ve Yılmaz (2016) yaptıkları çalışmada farklı gam eklemenin et köftelerde kızartma esnasında nem tutma oranını artırdığını belirlerken, Kılınççeker (2017) tara, tragakant ve agaragar gamlarının tavuk köftelere ilavesi ile yaptığı çalışmada kızartma esnasında köftelerin nem kaybının ve yağ emilim oranlarının azaltılabileceğini ortaya koymuştur. Çalışmamıza benzer sonuçlar Ulu (2006), Kurt ve Kılınççeker (2012), Yaşarlar vd. (2014) ve Soltanzadeh ve Ghiasi-Esfahani (2015) tarafından da belirlenmiştir.



Şekil 1. Farklı gamların kızarmış köftelerdeki nem tutma ve yağ emilim değerleri üzerine etkisi

Yeni geliştirilen ürünlerde önemli olan başka bir özellik grubu da duyuşal niteliklerdir. Özellikle satış ve tüketim esnasında tüketiciyi etkileyerek satış üzerinde etken olmaktadır. Bu nedenle belirlenmelerinin önemli olduğu düşünülmektedir. Bahsedilen kriterler ile ilgili sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, gamlar koku ve tekstür hariç diğer duyuşal özellikler üzerinde etkili olmuşlardır ($P<0.05$). En iyi puanlara bakıldığı zaman; özellikle agar agar ve keçiyoynuzu gamları ile hazırlanan örnekler görünüş (7 ve 7.05), renk (6.90 ve 7.20) ve tat (6.15 ve 6.30) özelliklerinde en yüksek skorlara sahip gruplar olmuşlardır. Bu sonuçlara göre; bu iki gamın kızartılmış örnek renk değerlerinin yüksek olmasından da anlaşılacağı üzere, oluşturdukları rengin beğenilmesi görünüş ve renk puanlarını artırırken, yine bu gamların nem tutma oranlarının yüksek olması ile oluşturdukları sulucıtır yapının tat puanlarını artırdığı düşünülmektedir. Benzer sonuçlar Kılınççeker (2017) tarafından farklı gamlar ile hazırlanan tavuk köftelerde de belirlenmiştir. Bahsedilen

araştırmada genel olarak gam katılıp kızartılan örneklerden renk değerleri ve nem tutma oranları yüksek çıkanların duyuşal puanlarının da yüksek olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, Demirci vd. (2014) tarafından köftelere farklı gam katılarak ve İbrahim vd. (2011) tarafından tavuk köftelere maltodekstrin ve nişasta katılarak yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuştur. Bahsedilen çalışmalarda et ürünlerine hidrokolloid özellik sergileyen malzemeleri ilave etmenin duyuşal özellikleri iyileştirdiği tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Çalışma sonucunda tavuk köfte yapımında farklı gamların ilavesinin avantajlı olabileceği anlaşılmıştır. Gam ilavesi pişmemiş örneklerin *L* değerlerini değiştirmezken, genel olarak *a* ve *b* değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Kızarmış örneklerde pişme verimi; agar agar gamı ve keçiyoynuzu gamları ilavesi ile artış gösterirken, çap azalması oranları gam ilavesinden etkilenmemiştir.

Tablo 3. Farklı gamların kızarmış köftelerdeki duyuşal değerler üzerine etkileri.

Gam türü	Görünüş	Renk	Koku	Tat	Tekstür
Kontrol	5.65±0.92 ^{ab}	5.30±0.99 ^{bc}	4.90±0.56	5.20±0.28 ^{bc}	5.30±0.14
Karboksümetil selüloz	4.65±0.49 ^b	4.50±0.71 ^c	4.40±0.71	4.50±0.14 ^c	4.40±0.00
Agar agar	7.00±0.28 ^a	6.90±0.00 ^{ab}	5.60±0.00	6.15±0.49 ^{ab}	6.10±0.14
Tara	4.70±0.42 ^b	4.40±0.71 ^c	4.95±0.35	5.35±0.07 ^{abc}	5.05±0.07
Keçiyoynuzu	7.05±0.64 ^a	7.20±0.71 ^a	6.00±0.71	6.30±0.56 ^a	5.70±1.41

a-c: her bir sütündeki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0.01$ veya $P<0.05$).

Ayrıca kızarmış örneklerde keçiyoynuzu gamı *L* ve *b* değerlerini artırmış, *a* değerleri ise gam ilavesinden etkilenmemiştir. Kızartma esnasındaki nem tutma oranları agar agar gamı ve keçiyoynuzu gamı ilavesi ile artarken, yağ emilim oranı keçiyoynuzu gamı ilavesi ile düşmüştür. Duyusal analizlerde ise en avantajlı grup agar agar gamı ve keçiyoynuzu gamı ile hazırlanan örnekler olmuştur. Bütün sonuçlara bağlı olarak; gam ilavesinin pişmemiş örneklerdeki renk değerlerinde avantajlı olmadığı anlaşılırken, kızarmış örneklerde bazı kalite niteliklerini iyileştirebileceği ve özellikle agar agar ve keçiyoynuzu gamlarının tavsiye edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- AOAC., 2002. Official Methods of Analysis (17th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Cava, R., Ladero, Cantero, L.ve Ramirez, V.R., 2012. Assessment of different dietary fibers (tomato fiber, beet root fiber, and inulin) for the manufacture of chopped cooked chicken products. *Journal of Food Science*, 77(4), 346-352.
- Demirci, Z.O., Yılmaz, I. ve Demirci, A.Ş., 2014. Effects of xanthan, guar, carrageenan, and locust bean gum addition on physical, chemical, and sensory properties of meatballs. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 936-942.
- Gibis, M., Schuh, V. ve Weiss, J., 2015. Effects of carboxy methyl cellulose (CMC) and micro crystalline cellulose (MCC) as fat replacers on the microstructure and sensory characteristics of fried beef patties. *Food Hydrocolloids*, 45(3), 236-246.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö., 1999. Et ve Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Kılavuzu (Üçüncü Baskı), Atatürk Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 318, Erzurum, 287s.
- Ibrahim, M. A., Salama, M. F. ve Hussein, A. A., 2011. Production of low-fat chicken burger. *Australian Journal of Basic and Applied Science*, 5 (1), 3149-3154.
- Kılınççeker, O. 2017. Tara, tragakant ve agar agar gamlarının tavuk köftelerde kullanımı. *Gıda*, 42(3), 219-228.
- Kılınççeker, O. ve Alkış A. K., 2015. Buğday proteini ve bezelye proteini ile hazırlanan çözelti tipi kaplamaların tavuk köftelerde kullanımı. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(2), 48-53.
- Kılınççeker, O. ve Yılmaz, M.T., 2016. Effects of different gums on the some properties of fried beef patties. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 8(2), 63-70.
- Kurt, Ş. ve Kılınççeker, O., 2012. The effects of cereal and legume flours on the quality characteristics of beef patties. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(5), 725-730.
- Modi V. K, Yashoda K. P. ve Naveen S. K., 2009. Effect of carrageenan and oatflour on quality characteristics of meat kofta. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 228-242.
- Pinero, M.P., Parra, K., Huerta-Leidenz, N., Moreno, L.A., Ferrer, M., S. Araujo ve Barboza., Y., 2008. Effect of oat's soluble (β -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory properties of low-fat beef patties. *Meat Science*, 80(3), 675-680.
- Rahimi, D., Kashaninejad, M., Ziaififar, A.M. ve Mahoonak, A.S., 2018. Effect of infrared final cooking on some physico-chemical and engineering properties of partially fried chicken nugget. *Innovative Food Science&Emerging Technologies*, 47(6), 1-8.
- Soltanizadeh, N. ve Ghiasi-Esfahani, H., 2015. Qualitative improvement of low meat beef burger using aloe vera. *Meat Science*, 99(1), 75-80.
- Ulu, H., 2006. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chemistry*, 95(4), 600-605.
- Yao, J., Zhou, Y., Chen, X., Ma, F., Li, P. ve Chen, C., 2018. Effect of sodium alginate with three molecular weight forms on the water holding capacity of chicken breast myosin gel. *Food Chemistry*, 239(1), 1134-1142.

Glikoz İzomeraz Üreticisi Dört *Geobacillus* Suşunun İzolasyonu ve Moleküler Metotlar Kullanarak Tanımlanması

Isolation of Four Glucose Isomerase Producing Strains of Geobacillus and Their Identification Using Molecular Methods

Kadriye İNAN BEKTAŞ*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 06.06.2017 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 28.02.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 27.03.2018

Öz

Türkiye'nin batısındaki iki kaplıca, termofilik mikroorganizmaların mevcudiyetine göre araştırıldı ve iki termal kaplıcadan, 23 termofilik bakteri izole edildi. İzolatlardan, 4 tanesinin glikoz izomeraz üretimi açısından pozitif olduğu belirlendi. BT5, CT6SARI ve CT1.2 izolatlarının glikoz izomerazları, pH 6.5'te optimum büyüme gösterdi; buna karşılık izolat BT1 enzimi, pH 7.5'te optimal aktivite gösterdi. Bu enzimler arasında BT1 izolatının optimal büyüme sıcaklığı 75 °C olarak belirlenirken, diğer üç izolatın enzimleri ise 80 °C'de optimal büyüme gösterdi. 16S rRNA gen dizi analizleri ile 4 izolatın, *Geobacillus* cinsine ait türler oldukları belirlendi. *recN* dizisi benzerlik analizine dayanarak, izolat CT6SARI'nın, *G. thermodenitficans*'a; izolat BT1'in de, *G. stearothermophilus*'a ait suşlar oldukları belirlendi. BT5 ve CT1.2 izolatlarının kesin tür tayinleri yapılamadı.

Anahtar kelimeler: *Geobacillus*, Glikoz izomeraz, *recN*, 16S rRNA

Abstract

Two hot springs located in west of Turkey were investigated with respect to presence of thermophilic microorganisms. 23 thermophilic bacteria were isolated from two hot springs. Among these, 4 strains were found positive for glucose isomerase production. The glucose isomerases of strains BT5, CT6SARI and CT1.2 showed optimal growth at pH 6.5, whereas the enzyme of strain BT1 represented optimal activity at pH 7.5. The strain BT1 had the lowest temperature optima (75 °C) among these strains whereas the other three strains showed optimal growth at 80 °C. On the basis of the 16S rRNA gene sequence analysis, the 4 isolates are members of the genus *Geobacillus*. Based on *recN* sequence similarity analysis, the isolate CT6SARI is a strain of *G. thermodenitficans*. The isolate BT1 is a strain of *G. stearothermophilus*. The species identity for the isolates BT5 and CT1.2 are uncertain.

Keywords: *Geobacillus*, Glucose-isomerase, *recN*, 16S rRNA

* Kadriye İNAN BEKTAŞ; kadriyensis@gmail.com; Tel: (0462) 377 35 72; orcid.org/0000-0002-5909-588X

1. Giriş

Geobacillus cinsi, *Bacillus* cinsinden ayrılmış olup, tip türü *Geobacillus stearothermophilus*'tur. Termofilik, asidofilik, alkalifilik ve halofilik özelliklere sahip birçok tür bu cinse dâhil edilmiştir (Nazinavd., 2001). Bu türlerin geleneksel biyokimyasal tekniklerle tanımlanması, kesin olmayan ve zaman alıcı bir işlemdir. Prokaryotik organizmalar boyunca oldukça korunan 16S rRNA gen dizilerinin analizleri, filogenetik ilişkileri belirlemek için en yaygın şekilde kullanılmaktadır (Meintanisvd., 2008). Bununla birlikte, 16S rRNA geninin sıklıkla, yakından ilişkili bazı türler arasındaki filogenetik ilişkilerin çözülmesi için yetersiz olduğu da kanıtlanmıştır (La Ducvd., 2004). Bu nedenle, pek çok teknik mevcut olsa da, DNA-DNA hibridizasyon değerlerinin analizi bakteri türlerini tanımlamak için "altın standart" olarak kabul edilmektedir (Stackebrandt ve Goebel 1994; Stackebrandt vd., 2002; Zeigler, 2003). Ancak, hibridizasyon yöntemleri çoğunlukla özel ekipman ve çok fazla zaman gerektirdiği için, laboratuvarlar arasındaki hibridizasyon değerlerinin gerekli hassasiyetle tekrarlanabilmesi zor olmaktadır. Sonuç olarak; sistematik, DNA dizilerinin özellikle protein kodlayan gen dizilerinin karşılaştırılmasına giderek daha fazla güvenilir sonuçlar elde etmeye başlamıştır (Stackebrandt ve Goebel, 1994). Son zamanlarda, bakteriyel sistematiğe kullanılabilen otuzdan fazla gen tespit edilmiş olup; bunların arasında DNA onarımı ve genetik rekombinasyon protein (*recN*) geni, genom benzerlik tahmini için en güçlü adaylardan biridir (Zeigler, 2005). *recN* dizi benzerlik skorları, iki organizma tarafından paylaşılan bütün genom dizisi benzerliğini yüksek bir doğruluk derecesinde tahmin edebilir. İncelenen türler için, *recN* analizi ile öngörülen genom benzerlik skorları doğrudan genomik hizalanmalarda ölçülenlerden sadece % 4.4 oranında farklıdır. *Geobacillus* cinsi için, *recN*, 16S rRNA geninden açıkça üstün olup, tür düzeyinde çok daha büyük bir çözünürlük gücü vardır. Böylece *recN*, Stackebrandt vd.'lerinin (2002) gereksinimlerini karşılamaktadır ve *Geobacillus* cinsi içindeki türlerin tayini için başarıyla kullanılmaktadır (Zeigler, 2005).

Endüstriyel açıdan önemli termostabil enzim kaynakları olmaları nedeniyle, *Bacillus* cinsi termofilik endospor oluşturan bakteriler, son yıllarda önemli bir çalışma alanı olmuştur (Beg vd., 2000; Touzel vd., 2000). Proteazlar, amilazlar, pullulanazlar, peroksidaz, glukozizomerazlar, lipazlar, ksilanlar ve DNA kesim

enzimleri gibi endüstriyel açıdan önemli pek çok termostabil enzimlerin kaynağı olma potansiyelleri nedeniyle bu termofilik basillerin önemi artmıştır. Glikoz izomerazlar, gıda, yem, tekstil endüstrisi, hemiselülozdan etanol üretimi ve atık arıtımı gibi pek çok endüstri alanında geniş olarak kullanılmaktadır. Bu işlemlerin çoğu, yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirildiği için, termostabil enzimler büyük avantaj sağlamaktadır (Bhosale vd., 1996; Brosius vd., 1978; Calik vd., 2009; Canakci vd., 2007).

Glukozun fruktoza, ksilozun ksiluloza isomerizasyonunu katalizleyen ve ksiloz izomeraz olarak da adlandırılan glukoz izomeraz (D-xyloseketol-isomerase E.C 5.3.1.5) birçok mikroorganizmada bulunmaktadır. Bu enzim, hem hemiselülozdan etanol üretimine yardımcı olduğu için hem de fruktoz şurubu diğer adıyla HFCS (High Fructose Corn Syrup) üretiminde kullanıldığı için büyük endüstriyel öneme sahiptir. Özellikle glukozu fruktoza dönüştürerek HFCS üretiminde kullanımı ile glukoz izomeraz, gıda endüstrisinde en çok kullanılan enzimlerden biri haline gelmiştir (Calik vd., 2009). Fruktoz şurubu; % 42 veya 55 fruktoz içeren tatlı, besleyici sakkarit karışımı olup, mısır nişastası glukozunun GI enzimi kullanılarak fruktoza dönüştürülmesi ile elde edilen bir üründür (Bandlish vd., 2002; Mu vd., 2012). HFCS'nin başlıca kullanım alanları içecek, fırıncılık, konserve ve şekerleme endüstrileridir (Bhosalevd.,1996).

HFCS sürecinde, fruktoz:glukoz dengesinin nihai konsantrasyonu, sıcaklıklara bağlıdır. HFCS üretiminde mezofilik organizmalardan elde edilen glukoz izomeraz enzimleri ile %40-42 oranında fruktoz üretilebilmektedir. Fakat endüstriyel uygulamalarda kullanılan HFCS'de % 55 fruktoz içeriği aranmaktadır. Dolayısı ile bu oran kromatografik olarak %55 seviyelerine getirilir. Fakat bu işlem üretim maliyetini arttırmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla fruktoz-glukoz dengesi fruktoz tarafına kaymakta böylece pahalı olan kromatografik saflaştırmaya gerek kalmamaktadır (Bhosale, 1996; Karaoğlu vd., 2013; Xu vd., 2014). Bu yüzden bu uygulamalarda yüksek sıcaklıklarda çalışan termofilik mikroorganizmalardan elde edilen enzimler tercih edilmektedir (Hartley vd., 2000; Yanmis vd., 2014). Fakat yüksek pH değerlerinde yüksek sıcaklık uygulamaları, istenmeyen mannoz, psikoz ve diğer asidik yan ürünlerin oluşumuna sebep verdiğinden düşük pH değerlerinde çalışan bir enzime ihtiyaç bulunmaktadır (Karaoğlu vd., 2013; Xu vd., 2014). Ayrıca, ticari olarak glukoz izomeraz uygulaması, nişasta sıvılaştırma ve

glikoz izomerleşmesinin tek bir aşamada gerçekleştirilebilmesini mümkün kılmak için asidik bir optimum pH'ya ihtiyaç duymaktadır. Elde edilebilir en yüksek fruktoz seviyesini arttırmak için termostabil ve asidik ortamda aktif glikoz izomerazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu özelliklere sahip glikoz izomeraz üretebilen yeni mikroorganizmaları bulmak endüstriyel açıdan oldukça önem arz etmektedir (Calik vd., 2009).

Bu çalışmada, Hisarköy Kaplıcası (Balıkesir) ve Hıdırlar Kaplıcasından (Çanakkale) izole edilen bazı termofilik *Geobacillus* suşları üzerinde moleküler tanımlama çalışmaları yapıldı. Bu suşların glikoz izomeraz aktiviteleri araştırıldı ve endüstriyel kullanım potansiyelleri belirlendi.

2. Araç ve Yöntemler

2.1. Örneklem ve İzolasyon

Bu çalışmada, Hisarköy Kaplıcası (Balıkesir) ve Hıdırlar Kaplıcası'ndan (Çanakkale) toplanan çamur ve su örneklerinden, termofilik bakteriler izole edilmiştir. Bu kaplıcaların su sıcaklığı 70 - 130 °C arasındadır. Kaplıcaların çamur ve su örnekleri 4° C'de laboratuvara getirilmiş ve bu numuneler hemen Luria-Bertani (LB) besiyerinde 60 °C'de zenginleştirme için kullanılmıştır. Bir günlük zenginleştirme kültürlerinin, 10 ml'de Luria-Bertani sıvı ortamında alt kültürleri yapıldı ve Triptik Soy Agar petrilere çizgi ekim gerçekleştirildi. Birbirlerinden farklı koloni morfolojisine sahip olduğu düşünülen koloniler seçildi ve izole edildi. İzolasyon için kullanılan yöntem daha önceki çalışmamızda detaylı bir şekilde açıklanmıştır (Inan vd., 2011). İzolatların saflığı ve koloni morfolojisi mikroskop ile kontrol edildi.

2.2. Glikoz İzomeraz Aktivitesi

Tüm izolatlar, LB besiyerinde 60 °C'de bir gece çoğaltıldılar. Gece kültürlerinden, optik yoğunluk (O.D.) 0.1 olacak şekilde taze LB besiyerlerine yeniden ekim yapıldı ve O.D. 0.6 oluncaya kadar 60 °C'de çalkalamaya bırakıldılar. Glikoz izomerazın ekspresyonu için O.D. 0.6'da (600 nm)son konsantrasyon % 0.5 olacak şekilde D-ksiloz ile indüklendiler ve 4 saat daha 60 °C'de çalkalandılar. Hücreler, 11.000 rpm'de 5 dakika santrifüjlenerek toplandı ve çöken hücreler ve 50 mM MOPS (pH6.5) tamponu ile çözüldüler. Ardından hücre içi proteinleri salmak için Sartorius Labsonic marka sonikatör ile hücreler patlatıldı. Hücre kalıntılarını gidermek için 14.800

rpm'de 15 dakika santrifüj edildi. Pellet kısmı atıldı ve sıvı kısmı oluşturan hücre özütü, enzim kaynağı olarak glikoz izomeraz aktivitesi bakıldı.

Glikoz izomeraz aktivitesi, Belfaqui ve arkadaşları (2000) tarafından geliştirilen metod ile tayin edildi. 10 mM MgSO₄, 1 mM CoCl₂, 0.1 M glikoz ve farklı hacimlerde enzim özütü, 50 mM MOPS tamponunda (pH 7.0) 100 µl tepkime hacminde 30 dakika boyunca 85 °C'de inkübe edildi. Üzerine 100 µl 0.5 M perklorik asit ilave edilerek reaksiyon durduruldu. Enzim reaksiyonundan sonra oluşan fruktoz miktarı, sistein-karbazol-sülfürik asit yöntemi (Dische ve Borenfreund, 1951) ile tayin edildi. Reaksiyon çözeltilisi üzerine, 40 µl % 1.5 sistein hidroklorür ve 40 µl % 0.12 karbosol eklendi ve vorteksledi. Üzerine 1.2 ml % 70 sülfürik asit ilave edilip, tekrar vorteks yapıldı ve oda sıcaklığında 30 dakika inkübe edildi. Spektrofotometrede 560 nm dalga boyunda ölçümler gerçekleştirildi.

Sıcaklığın glikoz izomeraz aktivitesine etkisi, 250 mM glukoz varlığında MOPS tamponunda (pH 6.5) belirlendi. Glikoz izomerazın en iyi çalıştığı optimum sıcaklık değeri 25, 37, 45, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 ve 100 °C'de ayarlanmış ısıtıcı bloklarda gerçekleştirilen seri reaksiyonlar sonucu belirlendi.

Glukoz izomeraz aktivitesine pH'ın etkisi farklı pH aralığındaki çeşitli tamponlarda, 250 mM glukoz konsantrasyonunda, 85 °C'de 30 dakikalık reaksiyon şartlarında incelendi. Asetat tamponu pH 5 – 5.5; fosfat tamponu pH 6 – 7.0; Tris-HCl tamponu pH 7.5 – 9.0 ve glisin tamponu pH 9.5–10.0 aralığında kullanıldı.

2.3. Glikoz İzomeraz Üreten İzolatların Morfolojik Karakterizasyonu

Glikoz izomeraz üreten izolatların hücre morfolojisi ve hareketi, logaritmik fazdaki sıvı kültürlerin faz-kontrast mikroskopunda (Nikon Eclipse E600; Olympus) incelenmesiyle belirlendi. Kolonilerin morfolojisi ve pigmentasyonu, 60 °C'de 1 günlük inkübasyondan sonra Triptik Soy Agar üzerinde gözlemlendi.

Ardından izolatların hücre duvarı özelliklerinin ortaya çıkarılması amacıyla Gram boyama yapıldı ve bu yöntemle göre izolatların Gram boyama tipleri belirlendi (Dussault, 1955; Powers, 1995). İzolatların spor yapılarını oluşturup oluşturmadığının ve sporun hücre içerisindeki pozisyonunun belirlenmesi amacıyla, spor boyamalar yapıldı (Smibert ve Krieg, 1994).

2.4. 16S rRNA ve *recN* Gen Dizilerinin PCR Amplifikasyonu ve Klonlanması

16S rRNA genleri, izole edilen genomik DNA'dan, bakteriyel 16S rRNA genlerinin 5' ve 3' bölgelerindeki korunmuş bölgelere bağlanacak şekilde tasarlanmış oligonükleotit primerler kullanılarak seçici olarak çoğaltıldı. İleri primer, UNI16S-L (5'-ATTCTAGAGTTTGATCATGGCTTCA), *Escherichia coli* 16S rRNA'nın 11-26 pozisyonlarına karşılık gelirken; geri primer, UNI16S-R (5'-ATGGTACCGTGTGACGGGCGGTGTTGTA), *E. coli* 16S rRNA'nın 1411 ila 1393 pozisyonlarının tamamlayıcısı şeklinde dizayn edilmiştir (Brosius vd., 1978). PCR reaksiyonlarının şartları Beffa ve arkadaşlarına (1996) göre oluşturuldu. PCR reaksiyonu ile çoğaltılan 16S rRNA genleri, pGEM-T Easy Klonlama Kiti kullanılarak, pGEM-T Easyklonlama vektörüne firmanın öngördüğü konsantrasyonlar ve şartlar gerçekleştirilerek klonlandı.

recN genleri, *Geobacillus spoIVB* ve *ahrC* genlerinin (Zeigler, 2003) 5' ve 3' bölgelerindeki korunmuş bölgelere bağlanacak şekilde tasarlanmış oligonükleotit primerler kullanılarak, izole edilen genomik DNA'dan PCR yardımı ile çoğaltıldı. F1-2- (5'-CGA TTT GCG GCG ACG ATA C-3') ileri primeri ve R1-1- (5'-TAC ACC ATG CAA AAA CGG TTA C-3') geri primeri olarak kullanılmıştır. PCR reaksiyonlarının şartları Zeigler'e (2003) göre oluşturuldu ve elde edilen *recN* dizileri pGEM-T Easy vektör sistemi kullanılarak klonlama yapıldı.

Klonlanan 16S rRNA ve *recN* genlerinin baz dizin analizi, otomatik dizi analizatörleri aracılığı ile (Macrogen, Hollanda) belirlendi. *recN* geninin yaklaşık 1600 nt ve 16S rRNA geninin de yaklaşık 1400 nt'lik baz dizileri belirlendi. Bu diziler, BLAST araması (Altschul vd., 1990) kullanılarak GenBank'ta var olan diğer bakteriyel dizilerle karşılaştırıldı ve aralarındaki benzerlik oranları belirlendi (Benson vd., 1999).

16S rRNA ve *recN* gen dizileri, çoklu hizalama programı olan CLUSTAL W programı kullanılarak hizalandı (Thompson vd., 1994). Kimura'nın iki parametre modeli (Kimura, 1980) kullanılarak evrimsel uzaklıklar hesaplandı ve filogenetik analizler neighbour-joining yöntemi ile gerçekleştirildi (Sharmavd., 2008). Filogenetik ağaçlar, MEGA4 paket programı (Felsenstein 1985; Tamuravd., 2007) kullanılarak oluşturuldu.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Bakteri İzolasyonu ve Glikoz İzomeraz Aktivitesinin Belirlenmesi

Glikoz izomeraz, glukozu fruktoza izomerize etmesi sebebiyle endüstriyel alanda, özellikle HFCS üretiminde ticari bir öneme sahiptir. Glikoz izomeraz, sahip olduğu bu endüstriyel önem nedeniyle bugüne kadar birçok bilim insanı tarafından çalışılmış olup, farklı glikoz izomeraz üreticilerinin tipik olarak orta dereceli mezofilikler olduğu bilinmektedir (Abdel-rassol vd., 2012; Karaoğlu vd., 2013). HFCS üretiminde sıcaklığın artmasıyla fruktoz-glukoz dengesi fruktoz tarafına kaymakta böylece pahalı olan kromatografik saflaştırmaya gerek kalmamaktadır (Bhosale, 1996; Xu vd., 2014). Bu yüzden bu uygulamalarda yüksek sıcaklıklarda çalışan termofilik mikroorganizmalardan elde edilen enzimler tercih edilmektedir.

Bu ihtiyaçlardan dolayı bizde bu çalışmada, pek çok araştırmacı gibi termofilik karakterli bakterilerin glikoz izomerazlarını araştırdık. Bu çalışma kapsamında Hisarköy Kaplıcasından (Balıkesir) 10 ve Hıdırlar Kaplıcasından (Çanakkale) 13 izolat olmak üzere toplam 23 termofilik bakteri izole edildi. 23 izolatanın glikoz izomeraz aktiviteleri araştırıldı ve sadece 4 izolatanın (BT1, BT5, CT6SARI ve CT1.2) glikoz izomeraz aktivitesine sahip olduğu belirlendi. Bu izolatların ürettikleri glikoz izomerazların, optimum sıcaklık ve pH değerleri belirlendi. Sıcaklığın glikoz izomeraz aktivitesi üzerine etkisi, 25-100 °C aralığında spektrofotometrik olarak test edildi. İzolatlar arasında, BT1'in glikoz izomerazının en düşük optimum sıcaklığa (75 °C) sahip olduğu, diğer 3 izolatanın (BT5, CT6SARI ve CT1.2) enzimlerinin ise optimum sıcaklıklarının 80 °C olduğu belirlendi (Tablo 1).

HFCS üretiminde mezofilik organizmalardan elde edilen glikoz izomerazlar, ticari olarak immobilize edilmiş bir şekilde 55-65 °C'de pH 7.5 ile 8.5 aralığında kullanılmaktadır (Schenck, 2000; Xu vd., 2014). Termofilik *A. gonensis* glikoz izomerazının optimum 85 °C'de aktivite gösterdiği bulunmuştur (Karaoğlu vd., 2014). Benzer şekilde *Streptomyces* sp. (Inyang vd., 1995) ve *Bacillus* sp. (Chauthaiwale vd., 1994) türlerine ait glikoz izomerazların optimum çalışma sıcaklıklarının da 85 °C olduğu gösterilmiştir. *Thermotoganea politana* glikoz izomerazının ise optimum 95 °C'de çalıştığı gösterilmiştir (Hess vd., 1998).

Tablo 1. İzolatların ürettikleri glikoz izomerazların sıcaklık-aktivite (%) tablosu.

Sıcaklık (°C)	Aktivite (%)			
	BT1	BT5	CT6SARI	CT1.2
25	5	10	12	8
37	9	15	15	13
45	14	20	21	20
55	23	36	34	35
60	43	40	41	39
65	75	51	50	47
70	95	80	85	78
75	100	89	95	89
80	85	100	100	100
85	71	90	94	88
90	65	78	84	80
95	41	70	55	68
100	23	40	25	51

Bu glikoz izomerazlar haricindeki diğer glikoz izomerazlar genel olarak optimum 60°C ile 80°C arasında aktivite göstermektedirler. Bu verilere dayanılarak, 80°C'lik optimum çalışma sıcaklığı ile BT5, CT6SARI ve CT1.2 glikoz izomerazlarının termofilik enzimler olduğu söylenebilir.

Ticari olarak glikoz izomeraz uygulaması, nişasta sıvılaştırma ve glikoz izomerleştirme işlemlerinin tek bir aşamada gerçekleştirilmesini sağlamak için, optimum asidik bir pH istemektedir. Düşük pH'ta izomerizasyon avantajından dolayı, ticari olarak glukoz izomeraz uygulamaları için asidik pH'lar arzu edilir. (Karaoğlu vd., 2013; Xu vd., 2014). Bununla birlikte, endüstride kullanılan mevcut glikoz izomerazların optimum pH aralığı ise genellikle pH 7.0 ile 9.0 arasındadır (Benson vd., 1999, Karaoğlu vd., 2013). Bu nedenle, asidik ortamda yüksek aktivite gösteren glikoz izomerazlar endüstride aranan enzimlerdir ve araştırmacılar sanayide hâli hazırda kullanılanlardan daha fazla asidik ve termostabil

enzim üretebilen mikroorganizmaları izole etmeye yönelik çalışmalar yapmaktadırlar.

Bu çalışma kapsamında izole edilen glikoz üreticisi 4 bakterinin glikoz izomerazın aktivitesi, 5.0 ila 10.0 arasındaki pH aralığında test edildi. BT5, CT6SARI ve CT1.2 izolatlarının ürettikleri glikoz izomerazların, pH 6.5'te optimum aktivite gösterdikleri; BT1 izolatının glikoz izomerazının ise, pH 7.5'te optimum aktivite gösterdiği belirlendi (Tablo 2).

Birçok glikoz izomeraz enziminin optimum aktiviteleri genel olarak pH 7.0 ila 9.0 arasında değişen 6.5'den yüksek pH'larda gözlenmiştir (Karaoğlud., 2013). *Thermoanaerobacterium* sp. (Liu vd., 1996), *Lactobacillus brevis* (Yamanaka, 1975), *Thermus aquaticus* (Lehmbacher, 1990), *Anoxybacillus gonensis* (Karaoğlu vd., 2013) glikoz izomerazları haricindeki diğer glikoz izomerazların optimum pH değeri 6.5'ten yukarıdır.

Tablo 2. İzolatların ürettikleri glikoz izomerazların pH-aktivite (%) tablosu

pH	Aktivite (%)			
	BT1	BT5	CT6SARI	CT1.2
5	6	5	8	4
5.5	28	30	26	39
6	45	70	80	79
6.5	69	100	100	100
7	90	80	76	90
7.5	100	50	43	60
8	78	30	32	43
8.5	56	19	12	34
9	43	10	8	16
9.5	23	4	4	0
10	18	0	0	0

Streptomyces sp., *T. thermophilus* ve *Clostridium thermosulfurogenes*'ten elde edilen glikoz izomerazların optimum pH'ları 7.0'dir (Karaoğlu vd., 2013). Tablo 2, dört termofilik izolatın 85 °C'de 30 dakika sonra ölçülen enzim aktivitesinin pH bağımlılığını gösterir. BT5, CT6SARI ve CT1.2 glikoz izomerazları pH6.5'da en yüksek aktivite göstermektedir. Bu özelliği ile enzimler, özellikle endüstriyel olarak arzu edilen asidik pH değerlerine, birçok mikroorganizmanın glikoz izomerazına göre, daha yakındır. Bu enzimler, 6.0 ile 7.0 arasında daha düşük bir pH'ya sahip *Lactobacillus brevis* gibi endüstriyel uygulamalar için uygun oldukları ve yüksek kullanım potansiyeline sahip oldukları düşünülmektedir.

3.2. Glikoz İzomeraz Üreten İzolatların Morfolojik Karakterizasyonu

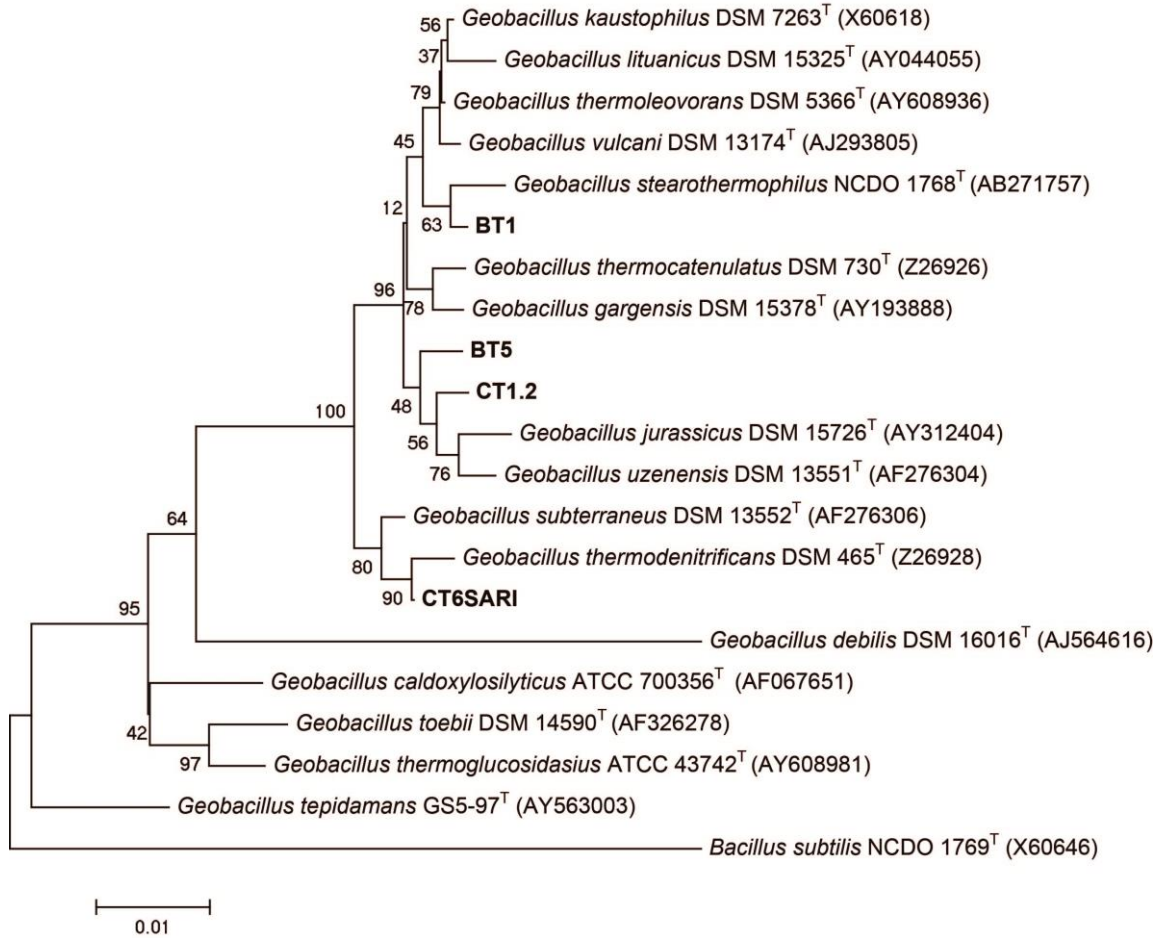
Yapılan boyamalar ve mikroskop incelemeler sonucunda, dört izolat hücrenin çubuk şeklinde, Gram pozitif ve endospor oluşturan bakteriler oldukları belirlendi. Olgun sporlar, aerobik olarak yetiştirilen kültürlerde bol miktarda gözlemlendi.

Tüm izolatlarda sub-terminal sporlar gözlemlendi, ancak CT6SARI ve BT1 izolatlarının ayrıca merkezi sporlara da sahip oldukları belirlendi. Sporulasyon, tüm izolatlarda 60 °C'de 18 saat inkübasyon sonrası gözlemlendi.

3.3. 16S rRNA Gen Dizisi Analizi

Dört izolatın 16S rRNA gen dizileri hizalandı ve ilgili bakterilerin dizileri ile karşılaştırıldı. Filogenetik ağaç, neighbour-joining yöntemi ile MEGA4 paket programı kullanılarak oluşturuldu (Şekil 1). 16S rRNA gen dizisi analizine dayanarak, dört izolatın *Geobacillus* cinsine ait türlere \geq % 97 benzerlik gösterdiği ve *Geobacillus* cinsinin üyeleri oldukları belirlendi.

Stackebrandt ve Goebel (1994), % 97'den daha az 16S rRNA gen dizilimi benzerliği gösteren aynı cins ait suşların, farklı bir türün üyeleri olarak değerlendirilmesi gerektiğini belirledi. Bununla birlikte literatürde, 16S rRNA dizilerinin analizinin yakından ilişkili bazı türleri ayırt etmek için yetersiz olduğu da belirtilmektedir.



Şekil 1. Filogenetik ağaç, dört termofilik izolat ve diğer ilgili organizmaların 16S rRNA gen sekansı verilerine dayanarak neighbour-joining yöntemi ile oluşturuldu.

16S rRNA gen dizisi verileri cins seviyesinde bakterilerin tanımlanması için oldukça faydalı olmasına rağmen, tür seviyesinde genellikle yeterli olmadığı bilinmektedir. Bu nedenle, sekans verileri, tür seviyesinde bakterileri ayırt etmek için daha güçlü ve güvenilir yaklaşım olduğu düşünülen diğer genomik yöntemlerle desteklenmelidir.

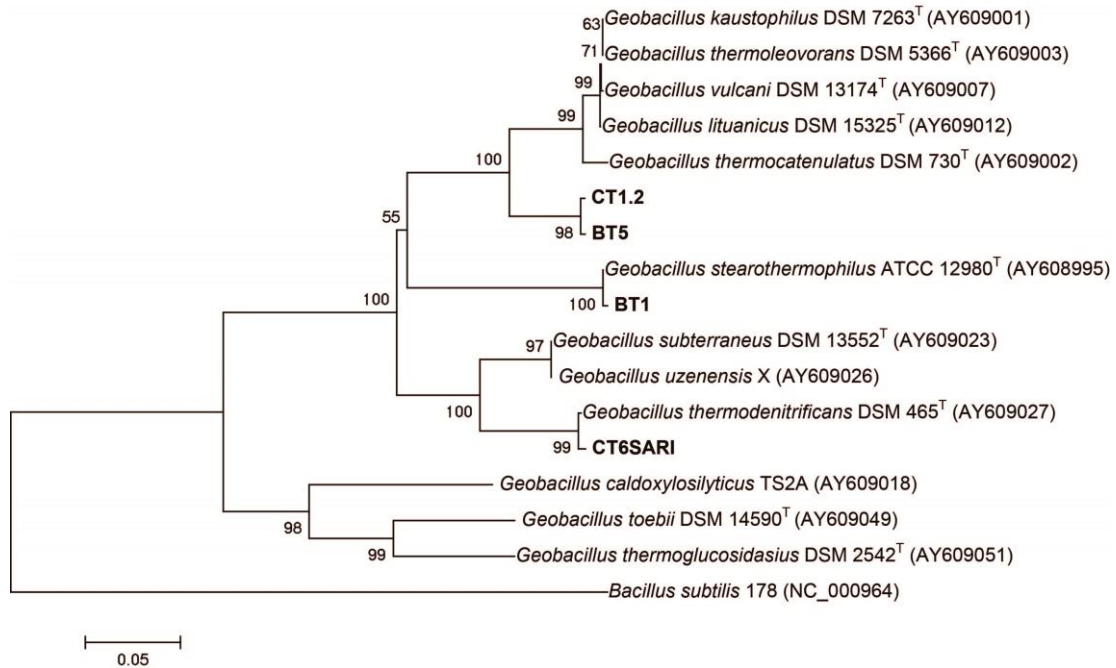
3.4. *recN* Gen Dizisi Analizi

16S rRNA dizilerinin sonuçlarına dayanarak, dört izolatu, *Geobacillus* cinsinin üyeleri olduğu tespit edildi. Dört izolatu *recN* gen dizileri belirlendi, hizalandı ve ilgili bakterilerin dizileri ile karşılaştırıldı. Filogenetik ağaç, neighbour-joining yöntemi kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 2). *recN* gen dizilerinin benzerlikleri incelendiğinde, CT6SARI izolatu *recN* dizisinin, *G. thermodenitrificans* *recN* dizisine % 99; BT1 *recN* dizisinin, *G. stearothermophilus* *recN* dizisine % 99; BT5 ve CT1.2 *recN* dizilerinin, Grup 3 *recN* dizilerine (*G. termoleovorans*, *G. kaustophilus*, *G. vulcani*, *G. lituanicus*, *G. stearothermophilus* ve *G. thermocatenulatus*) % 91 oranında benzerlik gösterdikleri ortaya çıkarıldı.

Zeigler (2003), *recN* dizi karşılaştırmalarının, *Geobacillus* cinsi için genom benzerliklerini doğru bir şekilde ölçebileceğini ve eğer iki bakteri izolatu için *recN* DNA dizileri % 84'ten daha az benzer ise, genom dizilerinin % 70 aynı olduğunu ve bakterilerin farklı türlere ait olduğunu ortaya koydu. *recN* DNA sekansları % 96'dan fazla

benzer ise, % 95 eminlikle bakterilerin aynı türe ait oldukları belirlenebilir. Eğer *recN* dizileri % 84 ile % 96 arasında benzerlik gösteriyor ise, genom dizilimi özdeşliğinin % 70'den büyük ya da daha düşük olup olmadığı sorgulanabilir, bu da bu bakterilerin tür kimliklerini belirsiz hale getirir. Zeigler (2005), *Geobacillus* türlerini, dokuz homoloji grubu (Grup 1A, 1B, 2, 3, 4A, 4B, 5, 6A, 6B) içerisine yerleştirdi. Gruplar 1A, 2, 4A, 5 ve 6A sırasıyla, *G. termodenitrificans*, *G. stearothermophilus*, *G. thermoglucosidarius*, *G. toebii* ve *G. caldxylosilyticus* türlerini içermektedir. Hâlihazırda tanımlanmış türler ile diğer dört homoloji grubunun (1B, 3, 4B ve 6B) tanımlanması biraz daha zordur.

recN dizisi benzerlik analizi sonuçlarına dayanarak, izolat CT6SARI izolatu, *G. termodenitrificans*'a; izolat BT5'in de, *G. stearothermophilus*'a ait yeni birer suş oldukları belirlendi. BT5 ve CT1.2 izolatlarının kesin tür tayinleri ise mevcut analizler sonucunda belirlenemedi. BT5 ve CT1.2 izolatlarının *recN* dizileri yukarıda tartışılan *Geobacillus* türlerine % 91 oranında benzerlik gösterdiği için, *recN* dizi analizi tür analizi için kesin sonuç verememektedir ve daha fazla analize ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma kapsamında, *Geobacillus* cinsine ait glikoz izomeraz üreten dört yeni termofilik bakteri izole edildi, sistematik çalışmaları yapıldı ve dört izolatu glikoz izomeraz aktiviteleri incelendi.



Şekil 2. Filogenetik ağaç, neighbour-joining yöntemi kullanarak dört *Geobacillus* izolatu ve diğer ilgili organizmaların *recN* gen dizisi verilerine dayanarak oluşturulmuştur.

Sonuç olarak izole edilen bakterilerin, literatürde mevcut glikoz izomerazlara kıyasla daha iyi özelliklere sahip glikoz izomerazlara sahip oldukları ve bu enzimlerin endüstrinin ihtiyaçlarını karşılayabilecek potansiyele sahip oldukları düşüncesindeyiz.

4. Sonuç

Asidik pH ve yüksek sıcaklıkta optimum aktiviteye sahip olan bir glikoz izomeraz, renkli karbonil bileşiklerinin oluşumunu azaltır ve daha düşük iyon değişimi ve karbon temizleme maliyetine yol açar. Bu nedenle, daha yüksek sıcaklıklarda ve asidik ortamda faal olarak aktif olan glikoz izomerazlar, endüstriyel uygulamalar için arzu edilen enzimlerdir.

Bu nedenle bu çalışmanın amacı, farklı iki kaplıcadan termofilik bakterilerin izole edilip, glikoz izomeraz aktivitelerinin araştırılması, enzimlerin optimum sıcaklık ve pH değerlerinin belirlenip yüksek sıcaklık ve düşük pH'larda aktif olan ve endüstriyel kullanım potansiyeline sahip enzimlerin bulunması, enzim üretici bakterilerin 16S rRNA ve *recN* analizlerinin yapılarak tanımlanmaları ve sınıflandırılmasıdır. Bu sebeple izole edilen 23 termofilikizolatın glikoz izomeraz aktiviteleri tarandı ve glikoz izomeraz aktivitesine sahip dört izolat (BT1, BT5, CT6SARI ve CT1.2) bulundu. Bu dört izolatın ürettikleri glikoz izomerazlarının optimum sıcaklık ve pH aralıkları belirlendi. BT5, CT6SARI ve CT1.2 glikoz izomerazları pH 6.5'da ve 80 °C'de en yüksek aktivite gösterdikleri, BT1'in ise pH 7.5'da ve 75 °C'de optimum aktivite gösterdiği belirlendi.

Sonuç olarak bu bağlamda, özellikle BT5, CT6SARI ve CT1.2 izolatlarının ürettikleri glikoz izomerazlarının, biyoteknolojik uygulamalar için iyi birer aday olabilecekleri düşünülmektedir ancak bunun için daha ileri araştırmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

Abdel-rassol, T.M.A., Badr, S.A. ve Omran, H.T., 2012. Glucose (xylose) isomerase production from thermotolerant and thermophilic bacteria, African Journal of Biotechnology, 11, 15798-15801.

Altschul, S.F., Gish, W. ve Miller, W., 1990. Basic local alignment search tool, Journal Molecular Biology, 215, 403-410.

Bandlish, R.K., Michael, H.J., Epting, K.L., Vieille, C. ve Kelly, R.M., 2002. Glucose-to-fructose conversion at high temperatures with xylose (glucose) isomerases from *Streptomyces murinus* and two hyperthermophilic *Thermotoga* species. Biotechnology Bioenergy, 80, 185-194.

Beffa, T., Blanc, M., Lyon, P.F., Vogt, G., Marchiani, M., Fischer, J.L. ve Aragno, M., 1996. Isolation of *Thermus* strains from hot compost (60 to 80 °C). Applied and Environmental Microbiology, 62, 1723-1727.

Beg, O.K., Bhushan, B., Kapoor, M. ve Hoondal, G.S., 2000. Production and characterization of thermostable xylanase and pectinase from *Streptomyces* sp. QG-11-3, Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology, 24, 396-402.

Benson, D.A., Boguski, M.S., Lipman, D.J., Oulette, B.F.F., Rapp, B.A. ve Wheeler, D.L., 1999. GenBank, Nucleic Acids Research, 27, 12-17.

Bhosale, S.H., Rao, M.B. ve Deshpande, V.V., 1996. Molecular and industrial aspects of glucose isomerase, Microbiological Reviews, 60, 280-300.

Brosius, J., Palmer, M.L., Kennedy, P.J. ve Noller, H.F., 1978. Complete nucleotide sequence of a 16S ribosomal RNA gene from *Escherichia coli*, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States, 75, 4801-4805.

Calik, P., Angardi, V. ve Isik, N., 2009. Glucose isomerase production on a xylan-based medium by *Bacillus thermoantarcticus*, Biochemical Engineering Journal, 43, 8-15.

Canakci, S., Inan, K., Kacagan, M. ve Belduz, A.O., 2007. Evaluation of Arabinofuranosidase and Xylanase Activities of *Geobacillus* spp. Isolated from Some Hot Springs in Turkey, Journal of Microbiology and Biotechnology, 17, 1262-1270.

Chauthaiwale, J.V. ve Rao, M.B., 1994. Production and purification of extracellular xylose isomerase from an alkaliphilic, thermophilic *Bacillus* sp, Applied Environmental Microbiology, 60, 4495-4499.

- Dische, Z. ve Borenfreund, E., 1951. A new spectrophotometric method for the detection and determination of ketosugars and trioses, *The Journal of Biological Chemistry*, 192, 583-587.
- Dussault, HP., 1955. An improved technique for staining red halophilic bacteria. *Journal Bacteriology*, 70, 484-485.
- Felsenstein, J., 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap, *Evolution*, 39, 783-791.
- Hartley, B.S., Hanlon, N., Jackson, R.J., Rangarajan, M., 2000. Glucose isomerase: insights into protein engineering for increased thermostability. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1543, 294-335.
- Hess, J.M., Tchernajenko, V., Vieille, C., Zeikus, J.G. ve Kelly, R.M., 1998. *Thermotoga neapolitana* Homotetrameric Xylose Isomerase is Expressed as a Catalytically Active and Thermostable Dimer in *Escherichia coli*, *Applied Environmental Microbiology*, 64, 2357-2360.
- Inan, K., Canakci, S., Belduz, A.O. ve Sahin, F., 2011. *Brevibacillus aydinogluensis* sp. nov., a moderately thermophilic bacterium isolated from Karakoc hot spring in Turkey. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 62, 849-855.
- Inyang, C.U., Gebhart, U., Obi, S.K.C. ve Bisswanger, H., 1995. Isolation and characterization of a d-glucose/xylose isomerase from a new thermophilic strain *Streptomyces* sp. (Plc), *Applied Microbiology Biotechnology*, 43, 632-638.
- Karaoğlu, H., Yanmis, D., Sal, F.A., Celik, A., Canakci, S. ve Belduz, A.O., 2013. Biochemical characterization of a novel glucose isomerase from *Anoxybacillus gonensis* G2^T that displays a high level of activity and thermal stability. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 97, 215-224.
- Kimura, M., 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences, *Journal of Molecular Evolution* 16, 111-120.
- La Duc, M.T., Satomi, M. ve Agata, N., 2004. *gyrB* as a phylogenetic discriminator for members of the *Bacillus anthracis-cereus-thuringiensis* group, *Journal of Microbiological Methods*, 56, 383-394.
- Lehmbacher, A. ve Bisswanger, H., 1990. Isolation and characterization of extremely thermostable D-xylose isomerase from *Thermus Aquaticus* Hb8, *Journal Genom Microbiology*, 136, 679-686.
- Liu, S.Y., Wiegel, J. ve Gherardine, F.C., 1996. Purification and cloning of a thermostable xylose (glucose) isomerase with an acidic pH optimum from *Thermoanaerobacterium* strain Jw/SI-Ys 489, *Journal Bacteriology*, 178, 5938-5945.
- Meintanis, C., Chalkou, K.I. ve Kormas, K.A., 2008. Application of *rpoB* sequence similarity analysis, REP-PCR and BOX-PCR for the differentiation of species within the genus *Geobacillus*, *Letters in Applied Microbiology*, 46, 395-401.
- Mu, W., Wang, X., Xue, Q., Jiang, B., Zhang, T. Ve Miao, M., 2012. Characterization of a thermostable glucose isomerase with an acidic pH optimum from *Acidothermus cellulolyticus*. *Food Research International*, 47, 364-367.
- Nazina, T.N., Tourova, T.P., Poltarau, A.B., Novikova, E.V., Grigoryan, A.A., Ivanova, A.E., Lysenko, A.M., Petrunyaka, V.V., Osipov, G.A., Belyaev, S.S. ve Ivanov, M.V., 2001. Taxonomic study of aerobic thermophilic bacilli: descriptions of *Geobacillus subterraneus* gen. nov., sp. nov. and *Geobacillus uzenensis* sp. nov. from petroleum reservoirs and transfer of *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus thermocatenulatus*, *Bacillus thermoleovorans*, *Bacillus kaustophilus*, *Bacillus thermoglucosidasius* and *Bacillus thermodenitrificans* to *Geobacillus* as the new combinations *G. stearothermophilus*, *G. thermocatenulatus*, *G. thermoleovorans*, *G. kaustophilus*, *G. thermoglucosidasius* and *G. thermodenitrificans*, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51, 433-446.
- Powers, E.M., 1995. Efficacy of the Ryu nonstaining KOH technique for rapidly determining Gram reactions of food-borne

- and waterborne bacteria and yeasts, *Applied and Environmental Microbiology*, 61, 3756–3758.
- Schenck, F., 2000. High fructose syrups - a review, *Indian Sugar*, 50, 281–287.
- Sharma, A., Pandey, A, ve Shouche, Y.S., 2008. Characterization and identification of *Geobacillus* spp. isolated from Soldhar hot spring site of Garhwal Himalaya, India, *Journal Basic Microbiolgy*, 48, 1-8.
- Smibert, R.M. ve Krieg, N.R. 1994, Phenotypic characterization. In *Methods for General and Molecular Bacteriology*. Gerhardt, P., Murray, R.G.E., Wood, W.A. and Krieg N.R. (eds.), Washington, DC: American Society for Microbiology. pp. 607–654.
- Stackebrandt, E. ve Goebel, B.M., 1994. Taxonomic note: a place for DNA-DNA reassociation and 16S rRNA sequence analysis in the present species definition in bacteriology, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 44, 846-849.
- Stackebrandt, E., Frederiksen, W. ve Garrity, G.M., 2002. Report of the ad hoc committee for the re-evaluation of the species definition in bacteriology, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 52, 1043-1047.
- Tamura, K., Dudley, J. ve Nei, M., 2007. MEGA4: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software version 4.0, *Molecular Biology and Evolution*, 24, 1596–1599.
- Thompson, J.D., Higgins, D.G. ve Gibson, T.J., 1994. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice, *Nucleic Acids Research*, 22, 4673–4680.
- Touzel, J.P., O’donohue, M. ve Debeire, P., 2000. *Thermobacillus xylanilyticus* gen. nov., sp. nov., a new aerobic thermophilic xylan-degrading bacterium isolated from farm soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50, 315-320.
- Yamanaka, K., 1975. D-Xylose isomerase from *Lactobacillus brevis*, *Methods Enzymology*, 41, 466-471.
- Yanmış, D., Karaoğlu, H., Çolak, D.N., Sal, F.A., Çanakcı, S. ve Belduz A.O., 2014. Characterization of a novel xylose isomerase from *Anoxybacillus gonensis* G2^T. *Turkish Journal of Biology*, 38, 586-592.
- Xu, H., Shen, D., Wu, X.Q., Liu, Z.W. ve Yang, Q.H., 2014. Characterization of a mutant glucose isomerase from *Thermoanaerobacterium saccharolyticum*, *Journal Indian Microbiology Biotechnology*, 41, 1581-1589.
- Zeigler, D.R., 2003. Gene sequences useful for predicting relatedness of whole genomes in bacteria, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 53, 1893-1900.
- Zeigler, D.R., 2005. Application of a *recN* sequence similarity analysis to the identification of species within the bacterial genus *Geobacillus*, *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55, 1171-1179.

2-Uninormlar Üzerinde Denklik Bağlantısı ve Kıyaslanamayan Elemanların Kümesi

Equivalence Relation on 2-Uninorms and the Set of Incomparable Elements

Ümit ERTUĞRUL*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi Matematik Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 14.12.2017 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 02.04.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 04.04.2018

Öz

Uninormlar, üçgensel normları, üçgensel konormları kapsayan birleştirme fonksiyonlarının bir sınıfıdır. 2-Uninormlar ise uninormları ve nullnormları kapsayan çok daha genel bir sınıftır. Uninormlardan elde edilen kısmen sıralama bağlantısı ve özellikleri üzerine yapılan çalışmalar, onların daha genel bir sınıfı olan 2-uninormlar için de bu tip özelliklerin araştırılmasını oldukça doğal kılar. Bu çalışmada, 2-uninormlardan elde edilen sıralama bağlantısı göz önüne alınarak, 2-uninormların sınıfı üzerinde bir denklik bağlantısı tanımlanmış ve bazı özellikleri araştırılmıştır. İlaveten, 2-uninormlardan elde edilen sıralama bağlantısına göre kıyaslanamayan elemanların kümesi karakterize edilmiştir.

Anahtar kelimeler: 2-Uninorm, Uninorm, Kısmen Sıralama Bağlantısı, Sınırlı Kafes

Abstract

Uninorms are a class of aggregation functions involving triangular norms and triangular conorms. 2-Uninorms are a much more general class that includes uninorms and nullnorms. Studies on partial order obtained from uninorms and their properties make it very natural to investigate such properties for their more general class 2-uninorms. In this study, an equivalence relation is defined on the class of 2-uninorms and some properties are investigated, taking into account the order relation obtained from 2-uninorms. In addition, the set of incomparable elements according to the ordering relation obtained from 2-uninorms is characterized.

Keywords: 2-Uninorm, Uninorm, Partial Order, Bounded Lattice

* Ümit ERTUĞRUL; uertugrul@ktu.edu.tr; Tel: (0462) 377 25 76; orcid.org/0000-0003-0672-8134

1. Giriş

Uninormlar ilk olarak $[0,1]$ birim reel aralık üzerinde tanımlanmıştır (Yager vd., 2008). Uninormların, üçgensel normları ve üçgensel konormların daha genel bir sınıfı olması nedeniyle, araştırmacılar tarafından çok çalışılan bir konu olmuştur (Karaçal vd., 2017; Karaçal vd. 2015).

Üçgensel normlardan elde edilen kısmen sıralama bağıntısının tanımının verilmesinin (Karaçal vd., 2011) ve ardından bu konuyu detaylı inceleyen bir çok çalışmanın yapılmasının ardından (Kesicioğlu vd. 2015; Kesicioğlu vd. 2014), bu tip bir sıralama bağıntısına dair ilk girişim Hliněná, Kalina ve Král tarafından yapılmıştır (Hliněná vd., 2014), fakat bu bağıntı bir kısmen sıralama bağıntısı değildir. Bu çalışmanın ardından, uninormlar üzerinde kısmen sıralama bağıntısı Ertuğrul, Kesicioğlu ve Karaçal tarafından tanımlanmıştır (Ertuğrul vd., 2016) ve çalışılmıştır (Kesicioğlu vd., 2017).

2-Uninormlar ilk olarak Akella tarafından tanımlanmıştır (Akella, 2007) ve ardından bazı araştırmacılar tarafından çalışılmıştır (Ertuğrul, 2017b). 2-Uninormların, uninormları dolayısıyla üçgensel normları ve üçgensel konormları kapsayan bir sınıf olması yapılan sıra çalışmalarının 2-uninormlar için de araştırılmasını doğal ve gerekli kılmıştır, bu bağlamda sınırlı kafesler üzerinde 2-uninormlardan elde edilen kısmen sıralama bağıntısı tanımlanmış ve bazı özellikleri incelenmiştir (Ertuğrul vd., 2017; Ertuğrul, 2017a).

Bu çalışma da ise, 2-uninormlardan elde edilen sıralama bağıntısı göz önüne alınarak, bir denklik bağıntısı tanımlanmıştır ve bu bağıntının bazı özellikleri incelenmiştir. İlâveten, 2-uninormlardan elde edilen kısmen sıralama bağıntısına göre kıyaslanamayan elemanların kümesi K_{U^2} karakterize edilmiş ve yine 2-uninormlardan elde edilen kısmen sıralama bağıntısına göre bir x elemanı ile kıyaslanamayan tüm elemanların kümesi $I_{U^2}^{(x)}$ ile ilişkisi ortaya konulmuştur.

Bu çalışma üç ana bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde, üçüncü ve dördüncü bölümde kullanılacak veya buradaki çalışmalara temel teşkil edecek tanım, teorem ve önermelere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, 2-uninormlardan elde edilen sıralama bağıntısı göz önüne alınarak bir bağıntı tanımlanmış, bu bağıntının bir denklik bağıntısı olduğu gösterilmiş, 2-uninormun

belirlediği üçgensel normlar ve konormlardan elde edilen sıralama ile 2-uninormlardan elde edilen sıralama arasındaki ilişki araştırılmıştır. Dördüncü bölümde, 2-uninormlardan elde edilen sıralama bağıntısına göre kıyaslanamayan tüm elemanların kümesi K_{U^2} nin karakterize edilmesinin yanı sıra, x elemanı ile kıyaslanamayan tüm elemanların kümesi $I_{U^2}^{(x)}$ ile ilişkisi de ortaya konmuştur.

2. İlgili Tanım ve Teoremler

Bu bölümde sonraki bölümlerde kullanılacak ilgili tanım, teorem ve önermelere yer verilmiştir.

2.1. Tanım (Birkhoff, 1967) P bir küme ve \leq , P üzerinde bir bağıntı olsun. Her $x, y, z \in P$ için

P1. Her $x \in P$ için $x \leq x$ (Yansıma)

P2. $x, y \in P$ için $x \leq y$ ve $y \leq x$ ise $x = y$ (Ters Simetri)

P3. $x, y, z \in P$ için $x \leq y$ ve $y \leq z$ ise $x \leq z$ (Geçişme)

şartları sağlanırsa, \leq bağıntısına P üzerinde bir sıralama (veya kısmen sıralama) denir. Üzerinde bir \leq sıralama bağıntısı mevcut olan P kümesine sıralı küme (veya kısmen sıralı küme) denir ve bu küme (P, \leq) ikilisi ile gösterilir. \square

2.2 Tanım (Karaçal vd., 2011) (P, \leq) kısmen sıralı bir küme olsun. $a, b \in P$ için $a \not\leq b$ ve $b \not\leq a$ ise yani a ve b elemanları kıyaslanmıyorsa a ve b elemanlarına kıyaslanamayan elemanlar denir ve bu $a \parallel b$ ile gösterilir. $c \in P$ için c elemanı ile kıyaslanamayan elemanların kümesi

$$I_c := \{x \in P : x \parallel c\} \quad (1)$$

ile gösterilir.

2.3. Tanım (Birkhoff, 1967) (L, \leq) bir kısmen sıralı kümesi olsun. Her $x, y \in L$ için $\sup\{x, y\}$ ve $\inf\{x, y\}$ mevcut ise L ye kafes denir. \square

2.4. Tanım (Birkhoff, 1967) Bir L kafesine sınırlı kafes denir: $\Leftrightarrow L$, en küçük eleman 0 ve en büyük eleman 1 e sahiptir. Bu durum, kısaca $(L, \leq, 0, 1)$ ile gösterilir. \square

2.5. Tanım (Karaçal vd., 2011) L sınırlı bir kafes olsun. Bir üçgensel norm T (kısaca t-norm) L üzerinde komütatiflik, birleşme, monotonluk özelliklerini sağlayan 1- birim elemanlı bir ikili işlemdir. \square

2.6. Tanım (Karaçal vd., 2011) L sınırlı bir kafes olsun. Bir üçgensel konorm S (kısaca t -konorm) L üzerinde komütatif, birleşme, monoton özelliklerini sağlayan 0 - birim elemanlı bir ikili işlemdir. \square

2.7. Tanım (Karaçal vd., 2011) Sınırlı bir L kafesi üzerindeki bir t -norm T ye bölünebilirdir denir : $\Leftrightarrow x \leq y$ olan her $x, y \in L$ için $x = T(y, z)$ olacak şekilde bir $z \in L$ mevcuttur. \square

2.8. Önerme (Karaçal vd., 2011) $T, L = [0, 1]$ üzerinde bir t -norm olsun. T bölünebilirdir $\Leftrightarrow T$ süreklidir. \square

2.9. Tanım (Ertuğrul, 2018) Bir nullnorm $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı kafesi üzerinde aşağıdaki özellikleri sağlayan bir fonksiyondur; yani $V: L^2 \rightarrow L$ fonksiyonuna bir nullnorm denir : \Leftrightarrow Her $x, y, z \in L$ için

V1. $V(x, y) = V(y, x)$ (Komütatiflik)

V2. $V(x, V(y, z)) = V(V(x, y), z)$ (Birleşme)

V3. $y \leq z$ ise $V(x, y) \leq V(x, z)$ (Monotonluk)

V4. $x \leq a$ ise $V(x, 0) = x$ ve $x \geq a$ ise $V(x, 1) = x$ olacak şekilde bir $a \in L$ mevcuttur. \square

2.10. Tanım (Grabish vd., 2009) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes olsun. Bir uninorm $U: L^2 \rightarrow L$, komütatiflik, birleşme ve monotonluk özelliklerini sağlayan, $e \in L$ birim elemanlı (L nin her x elemanı için $U(e, x) = x$) bir ikili işlemdir. \square

2.11. Önerme (Grabish vd., 2009) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve U, L üzerinde $e \in L$ birimli bir uninorm olsun. O halde,

(i) $T_U = U \downarrow [0, e]^2: [0, e]^2 \rightarrow [0, e]$, $[0, e]$ üzerinde bir t -normdur.

(ii) $S_U = U \downarrow [e, 1]^2: [e, 1]^2 \rightarrow [e, 1]$, $[e, 1]$ üzerinde bir t -konormdur. \square

2.12. Tanım (Grabish vd., 2009) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve U, L üzerinde bir uninorm olsun. $U(0, 1) = 0$ ise U uninormuna konjanktif uninorm, $U(0, 1) = 1$ ise U uninormuna disjanktif uninorm denir. \square

2.13. Tanım (Akella, 2007) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes olsun. Bir 2-uninorm $U^2: L^2 \rightarrow L$ komütatiflik, birleşme, monotonluk özelliklerini

sağlayan ve $0 \leq e \leq k \leq f \leq 1$ şartını sağlayan $e, k, f \in L$ için $x \leq k$ olan her $x \in L$ için $U^2(e, x) = x$ ve $x \geq k$ olan her $x \in L$ için $U^2(f, x) = x$

özelliklerini sağlayan bir ikili işlemdir. Tüm 2-uninormların sınıfı $U_{k(e,f)}$ ile gösterilecektir. \square

2.14. Önerme (Ertuğrul, 2017b) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. Bu takdirde, $U^2 \downarrow_{[0,k]^2} = U_1^2$ ve $U^2 \downarrow_{[k,1]^2} = U_2^2$ olarak gösterilirse, $U_1^2 [0, k]$ üzerinde e birim elemanlı bir uninorm ve $U_2^2 [k, 1]$ üzerinde f birim elemanlı bir uninormdur. \square

2.15. Önerme (Ertuğrul, 2017b) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes, $U^2 \in U_{k(e,f)}$ ve $U^2 \downarrow_{[0,k]^2} = U_1^2$ ve $U^2 \downarrow_{[k,1]^2} = U_2^2$ ile gösterilsin. Bu takdirde $U_1^2 \downarrow_{[0,e]^2} = T_{U_1^2} [0, e]$ üzerinde e birim elemanlı bir t -norm, $U_1^2 \downarrow_{[e,k]^2} = S_{U_1^2} [e, k]$ üzerinde e birim elemanlı bir t -konorm, $U_2^2 \downarrow_{[k,f]^2} = T_{U_2^2} [k, f]$ üzerinde f birim elemanlı bir t -norm ve $U_2^2 \downarrow_{[f,1]^2} = S_{U_2^2} [f, 1]$ üzerinde f birim elemanlı bir t -konormdur. \square

2.16. Teorem (Ertuğrul, 2017b) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes, $U_1 [0, k]$ üzerinde e birim elemanlı disjanktif uninorm ve $U_2 [k, 1]$ üzerinde f birim elemanlı konjanktif uninorm olsun. Bu takdirde,

$$U^2(x, y) = \begin{cases} U_1(x, y), & (x, y) \in [0, k]^2, \\ U_2(x, y), & (x, y) \in [k, 1]^2, \\ k, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (2)$$

ile tanımlı operatör $U_{k(e,f)}$ nin bir elemanıdır, yani bir 2-uninormdur. \square

2.17. Tanım (Karaçal vd., 2011) L sınırlı bir kafes ve T, L üzerinde bir t -norm olsun. T -norm T için T -kısmen sıra (üçgensel sıra) aşağıdaki gibi tanımlanır ve \leq_T ile gösterilir: $x \leq_T y : \Leftrightarrow T(\ell, y) = x$ olacak şekilde bir $\ell \in L$ elemanı mevcuttur. Dual olarak S -kısmen tanımlanır. \square

2.18. Tanım (Ertuğrul vd., 2016) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve U, e birim elemanlı bir uninorm olsun. $x, y \in L$ için aşağıdaki bağıntıyı tanımlayalım:

$$\left\{ \begin{array}{l} x \leq_U y: \Leftrightarrow \\ x, y \in [0, e] \text{ iken } U(k, y) = x \text{ olacak şekilde } k \in [0, e] \text{ mevcut ise,} \\ \text{veya} \\ x, y \in [e, 1] \text{ iken } U(x, l) = y \text{ olacak şekilde } l \in [e, 1] \text{ mevcut ise,} \\ \text{veya} \\ (x, y) \in L^* \text{ iken } x \leq y \text{ ise,} \end{array} \right. \quad (3)$$

burada $L^* = [0, e] \times [e, 1] \cup [0, e] \times I_e \cup [e, 1] \times [0, e] \cup [e, 1] \times I_e \cup I_e \times [0, e] \cup I_e \times [e, 1] \cup I_e \times I_e$ dir. \square

2.19. Önerme (Ertuğrul vd., 2016) (3) ile tanımlanan bağıntı L üzerinde bir kısmen sıralama bağıntısıdır. \square

2.20. Önerme (Ertuğrul vd., 2016) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve U, L üzerinde e birim elemanlı bir uninorm olsun. T_U ve S_U bölünebilirdir ancak ve ancak $\leq_U = \leq$. \square

2.21. Tanım (Ertuğrul vd., 2017) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes üzere $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. $x, y \in L$ için

$$\left\{ \begin{array}{l} x \leq_{U^2} y: \Leftrightarrow \\ x, y \in [0, e] \text{ iken } U^2(l, y) = x \text{ olacak şekilde } l \in [0, e] \text{ mevcut ise,} \\ \text{veya} \\ x, y \in [e, k] \text{ iken } U^2(x, m) = y \text{ olacak şekilde } m \in [e, k] \text{ mevcut ise,} \\ \text{veya} \\ x, y \in [k, f] \text{ iken } U^2(y, n) = x \text{ olacak şekilde } n \in [k, f] \text{ mevcut ise,} \\ \text{veya} \\ x, y \in [f, 1] \text{ iken } U^2(x, p) = y \text{ olacak şekilde } p \in [f, 1] \text{ mevcut ise,} \\ \text{veya} \\ \text{Aksi takdirde } x \leq y \text{ ise.} \end{array} \right. \quad (4)$$

2.22. Önerme (Ertuğrul vd., 2017) (4) ile tanımlanan bağıntı L üzerinde bir kısmen sıralama bağıntısıdır. \square

2.23. Önerme (Ertuğrul vd., 2017) $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. $x, y \in L$ için $x \leq_{U^2} y$ ise, $x \leq y$ dir. \square

2-uninormlar uninormları kapsayan daha genel sınıflardır, bu sebeple uninormlar için yapılan çalışmaların 2-uninormlar ve dahası n-uninormlar için araştırılması araştırmacıların ilgilendiği çalışma konularıdır. Bu çalışmanın bundan sonraki kısmında uninormlar için yapılan araştırmalar 2-uninormlar için de araştırılacaktır. Elde edilecek sonuçlar, uninormlar için elde edilen sonuçların daha geneli olmak üzere $U^2 \in U_{k(e,f)}$ için e ve f birim elemanları $e = f$ koşulunu sağladığında bu sonuçlar uninormlar için elde edilen sonuçlarla çakışacaktır.

3. 2-Uninormlar Üzerinde \sim Denklik Bağıntısı

Üçgensel normlar (konormlar), uninormlar ve nullnormlar için denklik sınıflarının araştırılmış olduğu göz önüne alınınca bu sınıfları kapsayan 2-uninormlar için de bu tip bir araştırmanın yapılıyor olması oldukça anlamlıdır. Bu bölümde, 2-uninormlar için bir tip denklik bağıntısı tanımlanacak, bu denklik bağıntısının bazı özellikleri araştırılacaktır.

3.1. Tanım $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes olsun. $U_{k(e,f)}$ sınıfı üzerinde $U^{2(1)}, U^{2(2)} \in U_{k(e,f)}$ olmak üzere \sim bağıntısı şu şekilde tanımlansın:

$$\begin{aligned} &U^{2(1)} \sim U^{2(2)} \\ &\Leftrightarrow U^{2(1)} \text{ den elde edilen kısmen sıra ile} \\ &U^{2(2)} \text{ den elde edilen kısmen sıra çakışır.} \end{aligned} \quad \square$$

3.2. Önerme 3.1. Tanım'da verilen \sim bağıntısı, $U_{k(e,f)}$ sınıfı üzerinde bir denklik bağıntısıdır. \square

İspat. $U^2, U^{2(1)}, U^{2(2)}, U^{2(3)} \in U_{k(e,f)}$ keyfi alınsın.

- i. Her $U^2 \in U_{k(e,f)}$ keyfi 2-uninormu için $U^2 \sim U^2$ olduğu açıktır.
- ii. $U^{2(1)}, U^{2(2)} \in U_{k(e,f)}$ ve $U^{2(1)} \sim U^{2(2)}$ olsun. Buradan $U^{2(1)}$ den elde edilen kısmen sıra ve $U^{2(2)}$ den elde edilen kısmen sıra çakışır. Böylece açıkça, $U^{2(2)} \sim U^{2(1)}$ olduğu elde edilir.
- iii. $U^{2(1)}, U^{2(2)}, U^{2(3)} \in U_{k(e,f)}$, $U^{2(1)} \sim U^{2(2)}$ ve $U^{2(2)} \sim U^{2(3)}$ olsun. Buradan, $U^{2(1)}$ den elde edilen kısmen sıra ile $U^{2(2)}$ den elde edilen kısmen sıra ve $U^{2(2)}$ den elde edilen kısmen sıra ile $U^{2(3)}$ den elde edilen kısmen sıra çakışır. Böylece, $U^{2(1)}$ den elde edilen kısmen sıra ile $U^{2(3)}$ den elde edilen kısmen sıra çakışır ve buradan da $U^{2(1)} \sim U^{2(3)}$ olduğu elde edilir.

Böylece, \sim bağıntısının, $U_{k(e,f)}$ sınıfı üzerinde bir denklik bağıntısı olduğu elde edilir. \square

3.3. Tanım $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. $U^2 \in U_{k(e,f)}$ nin \sim denklik bağıntısına göre denklik sınıfı

$$\overline{U^2} = \{U^{2(*)} : U^{2(*)} \sim U^2\} \quad (5)$$

ile verilir. \square

3.4 Önerme $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve $U^{2(1)}, U^{2(2)} \in U_{k(e,f)}$ olsun. Eğer $T_{U_1^{2(1)}}, S_{U_1^{2(1)}}, T_{U_2^{2(1)}}, S_{U_2^{2(1)}}, T_{U_1^{2(2)}}, S_{U_1^{2(2)}}, T_{U_2^{2(2)}}$ ve $S_{U_2^{2(2)}}$ bölünebilir ise $U^{2(1)} \sim U^{2(2)}$ dir.

İspat. $T_{U_1^{2(1)}}, S_{U_1^{2(1)}}, T_{U_2^{2(1)}}, S_{U_2^{2(1)}}, T_{U_1^{2(2)}}, S_{U_1^{2(2)}}, T_{U_2^{2(2)}}$ ve $S_{U_2^{2(2)}}$ bölünebilir ise $\leq_{T_{U_1^{2(1)}}} = \leq_{S_{U_1^{2(1)}}} = \leq_{T_{U_2^{2(1)}}} = \leq_{S_{U_2^{2(1)}}} = \leq_{T_{U_1^{2(2)}}} = \leq_{S_{U_1^{2(2)}}} = \leq_{T_{U_2^{2(2)}}} = \leq_{S_{U_2^{2(2)}}}$ olduğunu verir. Buradan da, $\leq_{U^{2(1)}} = \leq_{U^{2(2)}} = \leq$ olduğu elde edilir. Böylece, $U^{2(1)} \sim U^{2(2)}$ olur. □

3.5. Uyarı

- i) 3.4 Önerme'deki L kafesi $[0, 1]$ birim reel aralık alınır ve $T_{U_1^{2(1)}}, S_{U_1^{2(1)}}, T_{U_2^{2(1)}}, S_{U_2^{2(1)}}, T_{U_1^{2(2)}}, S_{U_1^{2(2)}}, T_{U_2^{2(2)}}$ ve $S_{U_2^{2(2)}}$ sürekli olacak şekilde $U^{2(1)}, U^{2(2)} \in U_{k(e,f)}$ seçilirse 2.8. Önerme ve 2.20 Önerme'lerden $\leq_{U^{2(1)}} = \leq_{U^{2(2)}} = \leq$ olup $U^{2(1)} \sim U^{2(2)}$ elde edilir.
- ii) 3.4. Önerme'nin tersi doğru olmak zorunda değildir. Örnek 3.6 buna bir örnek teşkil eder. □

3.6. Örnek $T^{nM}(x, y), [0, e]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$T^{nM}(x, y) = \begin{cases} 0, & x + y \leq e \\ \min(x, y), & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (6)$$

$T^{nM}, [k, f]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$T^{nM}(x, y) = \begin{cases} 0, & x + y \leq f \\ \min(x, y), & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (7)$$

S_D t-konormu $[e, k]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$S_D(x, y) = \begin{cases} k, & (x, y) \in (e, k)^2 \\ \max(x, y), & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (8)$$

ve S_D t-konormu, $[f, 1]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$S_D(x, y) = \begin{cases} f, & (x, y) \in (f, 1)^2 \\ \max(x, y), & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (9)$$

seçilirse $U_1 = U_{\min}(T^{nM}, S_D, e)$ $[0, k]$ üzerinde bir disjantif uninorm ve $U_2 = U_{\min}(T^{nM}, S_D, f)$ $[k, 1]$ üzerinde bir konjantif uninormdur (Beliakov vd., 2007). (2) ile

$$U^{2(1)}(x, y) = \begin{cases} U_1(x, y), & (x, y) \in [0, k]^2, \\ U_2(x, y), & (x, y) \in [k, 1]^2, \\ k, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (10)$$

$[0, 1]$ üzerinde bir 2-uninormdur.

Benzer düşünceyle, $T^*(x, y), [0, e]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$T^*(x, y) = \begin{cases} \frac{e}{2}, & x, y = \frac{e}{2} \\ T^{nM}, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (11)$$

$T^{nM}, [k, f]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$T^{nM}(x, y) = \begin{cases} 0, & x + y \leq f \\ \min(x, y), & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (12)$$

S_D t-konormu $[e, k]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$S_D(x, y) = \begin{cases} k, & (x, y) \in (e, k)^2 \\ \max(x, y), & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (13)$$

ve S_D t-konormu, $[f, 1]$ üzerinde aşağıdaki gibi

$$S_D(x, y) = \begin{cases} f, & (x, y) \in (f, 1)^2 \\ \max(x, y), & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (14)$$

seçilirse $U_3 = U_{\min}(T^*, S_D, e)$ $[0, k]$ üzerinde bir disjantif uninorm ve $U_2 = U_{\min}(T^{nM}, S_D, f)$ $[k, 1]$ üzerinde bir konjantif uninormdur (Beliakov vd., 2007). (2) ile

$$U^{2(2)}(x, y) = \begin{cases} U_3(x, y), & (x, y) \in [0, k]^2 \\ U_2(x, y), & (x, y) \in [k, 1]^2 \\ k, & \text{aksi halde} \end{cases} \quad (15)$$

$[0, 1]$ üzerinde bir 2-uninormdur. $U^{2(1)}$ ve $U^{2(2)}$ 2-uninormları sadece $[0, e]^2$ üzerinde farklılık gösterir. $U^{2(1)} \downarrow_{[0,e]^2} = T^{nM}$ ve $U^{2(2)} \downarrow_{[0,e]^2} = T^*$ olup $[0, e]^2$ üzerinde $\leq_{T^{nM}} = \leq_{T^*}$ olduğundan $\leq_{U^{2(1)}} = \leq_{U^{2(2)}}$ olduğu elde edilir. Fakat açıkça, $U^{2(1)}\left(\frac{e}{2}, \frac{e}{2}\right) = T^{nM}\left(\frac{e}{2}, \frac{e}{2}\right) = 0 \neq \frac{e}{2} = T^*\left(\frac{e}{2}, \frac{e}{2}\right) = U^{2(2)}\left(\frac{e}{2}, \frac{e}{2}\right)$ olduğundan $U^{2(1)} \neq U^{2(2)}$ dir. □

3.7. Teorem $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve $U^{2(1)}, U^{2(2)} \in U_{k(e,f)}$ olsun. $T_{U_1^{2(1)}} \sim T_{U_1^{2(2)}}, S_{U_1^{2(1)}} \sim S_{U_1^{2(2)}}, T_{U_2^{2(1)}} \sim T_{U_2^{2(2)}}$ ve $S_{U_2^{2(1)}} \sim S_{U_2^{2(2)}}$ dir ancak ve ancak $U^{2(1)} \sim U^{2(2)}$ dir. □

İspat. $x, y \in L$ için $x \leq_{U^{2(1)}} y$ olsun.

- $x, y \in [0, e]$ ise $U^{2(1)} \downarrow_{[0,e]^2} = T_{U_1^{2(1)}}$ olduğundan $x \leq_{U^{2(1)}} y$ olması $x \leq_{T_{U_1^{2(1)}}} y$ olduğunu verir. Buradan, $T_{U_1^{2(1)}} \sim T_{U_1^{2(2)}}$ olduğu için $x \leq_{T_{U_1^{2(2)}}} y$ olduğu elde edilir.

$U^{2(2)} \downarrow_{[0,e]^2} = T_{U_1^{2(2)}}$ olduğundan, $x \leq_{T_{U_1^{2(2)}}} y$ olması $x \leq_{U^{2(2)}} y$ olmasını gerektirir.

- $x, y \in [e, k]$ ise $U^{2(1)} \downarrow_{[e,k]^2} = S_{U_1^{2(1)}}$ olduğundan $x \leq_{U^{2(1)}} y$ olması $x \leq_{S_{U_1^{2(1)}}} y$ olduğunu verir. Buradan, $S_{U_1^{2(1)}} \sim S_{U_1^{2(2)}}$ olduğu için $x \leq_{S_{U_1^{2(2)}}} y$ olduğu elde edilir. $U^{2(2)} \downarrow_{[e,k]^2} = S_{U_1^{2(2)}}$ olduğundan, $x \leq_{S_{U_1^{2(2)}}} y$ olması $x \leq_{U^{2(2)}} y$ olmasını gerektirir.
- $x, y \in [k, f]$ ise $U^{2(1)} \downarrow_{[k,f]^2} = T_{U_2^{2(1)}}$ olduğundan $x \leq_{U^{2(1)}} y$ olması $x \leq_{T_{U_2^{2(1)}}} y$ olduğunu verir. Buradan, $T_{U_2^{2(1)}} \sim T_{U_2^{2(2)}}$ olduğu için $x \leq_{T_{U_2^{2(2)}}} y$ olduğu elde edilir. $U^{2(2)} \downarrow_{[k,f]^2} = T_{U_2^{2(2)}}$ olduğundan, $x \leq_{T_{U_2^{2(2)}}} y$ olması $x \leq_{U^{2(2)}} y$ olmasını gerektirir.
- $x, y \in [f, 1]$ ise $U^{2(1)} \downarrow_{[f,1]^2} = S_{U_2^{2(1)}}$ olduğundan $x \leq_{U^{2(1)}} y$ olması $x \leq_{S_{U_2^{2(1)}}} y$ olduğunu verir. Buradan, $S_{U_2^{2(1)}} \sim S_{U_2^{2(2)}}$ olduğu için $x \leq_{S_{U_2^{2(2)}}} y$ olduğu elde edilir. $U^{2(2)} \downarrow_{[f,1]^2} = S_{U_2^{2(2)}}$ olduğundan, $x \leq_{S_{U_2^{2(2)}}} y$ olması $x \leq_{U^{2(2)}} y$ olmasını gerektirir.
- Aksi takdirde, $x \leq_{U^{2(1)}} y$ olması $x \leq y$ olmasını, bu ise $x \leq_{U^{2(2)}} y$ olduğunu verir.

Benzer şekilde, $T_{U_1^{2(1)}} \sim T_{U_1^{2(2)}}$, $S_{U_1^{2(1)}} \sim S_{U_1^{2(2)}}$, $T_{U_2^{2(1)}} \sim T_{U_2^{2(2)}}$ ve $S_{U_2^{2(1)}} \sim S_{U_2^{2(2)}}$ varsayımları altında $x \leq_{U^{2(2)}} y$ olması $x \leq_V y$ olduğunu verir. Böylece, $T_{U_1^{2(1)}} \sim T_{U_1^{2(2)}}$, $S_{U_1^{2(1)}} \sim S_{U_1^{2(2)}}$, $T_{U_2^{2(1)}} \sim T_{U_2^{2(2)}}$ ve $S_{U_2^{2(1)}} \sim S_{U_2^{2(2)}}$ ise $U^{2(1)} \sim U^{2(2)}$ olduğu elde edilir.

Tersine, $U_1^2 \sim U_2^2$ olsun. O halde, $\leq_{U^{2(1)}} = \leq_{U^{2(2)}}$ dir. Böylece, $\leq_{U^{2(1)}} \downarrow_{[0,e]^2} = \leq_{U^{2(2)}} \downarrow_{[0,e]^2}$, $\leq_{U^{2(1)}} \downarrow_{[e,k]^2} = \leq_{U^{2(2)}} \downarrow_{[e,k]^2}$, $\leq_{U^{2(1)}} \downarrow_{[k,f]^2} = \leq_{U^{2(2)}} \downarrow_{[k,f]^2}$ ve $\leq_{U^{2(1)}} \downarrow_{[f,1]^2} = \leq_{U^{2(2)}} \downarrow_{[f,1]^2}$ olduğu açıktır ve bu eşitliklerden sırasıyla $\leq_{T_{U_1^{2(1)}}} = \leq_{T_{U_1^{2(2)}}}$, $\leq_{S_{U_1^{2(1)}}} = \leq_{S_{U_1^{2(2)}}}$, $\leq_{T_{U_2^{2(1)}}} = \leq_{T_{U_2^{2(2)}}}$ ve $\leq_{S_{U_2^{2(1)}}} = \leq_{S_{U_2^{2(2)}}}$ olduğu elde edilir. Bu ise, $T_{U_1^{2(1)}} \sim T_{U_1^{2(2)}}$, $S_{U_1^{2(1)}} \sim S_{U_1^{2(2)}}$, $T_{U_2^{2(1)}} \sim T_{U_2^{2(2)}}$ ve $S_{U_2^{2(1)}} \sim S_{U_2^{2(2)}}$ olduğunu verir. □

4. \leq_{U^2} Sıralamasına Göre Kıyaslanamayan Tüm Elemanların Kümesi K_{U^2}

Bu bölümde, $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı kafesi üzerinde tanımlı $U^2 \in U_{k(e,f)}$ uninormu için \leq_{U^2} sıralamasına göre kıyaslanamayan elemanların kümesi K_{U^2} kümesinin bazı özellikleri araştırılmış ve $K_{U^2} = K_{T_{U_1^2}} \cup K_{S_{U_1^2}} \cup I_e \cup M_e \cup K_{T_{U_2^2}} \cup K_{S_{U_2^2}} \cup I_f \cup M_f \cup I_k$ eşitliği ve \leq_{U^2} sıralamasına göre x elemanı ile kıyaslanamayan elemanların kümesi $I_{U^2}^{(x)}$ ile K_{U^2} nin ilişkisi ortaya koyulmuştur.

4.1. Tanım $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun.

$$K_{U^2} = \{x \in L \setminus \{0, 1\} : (x < y \text{ ve } x \not\leq_{U^2} y) \text{ veya } (y < x \text{ ve } y \not\leq_{U^2} x) \text{ veya } x \parallel y \text{ olacak şekilde } y \in L \setminus \{0, 1\} \text{ mevcuttur.}\}$$

$$K_{T_{U_1^2}} = \{x \in [0, e] \setminus \{0, e\} : (x < y \text{ ve } x \not\leq_{T_{U_1^2}} y) \text{ veya } (y < x \text{ ve } y \not\leq_{T_{U_1^2}} x) \text{ veya } x \parallel y \text{ olacak şekilde } y \in x \in [0, e] \setminus \{0, e\} \text{ mevcuttur.}\}$$

$$K_{S_{U_1^2}} = \{x \in [e, k] \setminus \{e, k\} : (x < y \text{ ve } x \not\leq_{S_{U_1^2}} y) \text{ veya } (y < x \text{ ve } y \not\leq_{S_{U_1^2}} x) \text{ veya } x \parallel y \text{ olacak şekilde } y \in x \in [e, k] \setminus \{e, k\} \text{ mevcuttur.}\}$$

$$K_{T_{U_2^2}} = \{x \in [k, f] \setminus \{k, f\} : (x < y \text{ ve } x \not\leq_{T_{U_2^2}} y) \text{ veya } (y < x \text{ ve } y \not\leq_{T_{U_2^2}} x) \text{ veya } x \parallel y \text{ olacak şekilde } y \in x \in [k, f] \setminus \{k, f\} \text{ mevcuttur.}\}$$

$$K_{S_{U_2^2}} = \{x \in [f, 1] \setminus \{f, 1\} : (x < y \text{ ve } x \not\leq_{S_{U_2^2}} y) \text{ veya } (y < x \text{ ve } y \not\leq_{S_{U_2^2}} x) \text{ veya } x \parallel y \text{ olacak şekilde } y \in x \in [f, 1] \setminus \{f, 1\} \text{ mevcuttur.}\}$$

olarak tanımlanır.

4.2. Önerme $(L, \leq, 0, 1)$ sınırlı bir kafes ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. O halde

$$M_e = \{x \in L : y \in I_e \text{ olan bazı } y \in L \text{ ler için } y||x \text{ dir.}\} \quad (16)$$

ve

$$M_f = \{x \in L : y \in I_f \text{ olan bazı } y \in L \text{ ler için } y||x \text{ dir.}\} \quad (17)$$

olmak üzere

$$K_{U^2} = \cup K_{S_{U_1^2}} \cup I_e \cup M_e \cup K_{T_{U_2^2}} \cup K_{S_{U_2^2}} \cup I_f \cup M_f \cup I_k \quad (18)$$

dir. \square

İspat. $K_{T_{U_1^2}}, K_{S_{U_1^2}}, I_e, M_e, K_{T_{U_2^2}}, K_{S_{U_2^2}}, I_f, M_f$ ve I_k kümeleri tanımlanışı gereği K_{U^2} kümesinin alt kümeleridir. Buradan, $K_{T_{U_1^2}} \cup K_{S_{U_1^2}} \cup I_e \cup M_e \cup K_{T_{U_2^2}} \cup K_{S_{U_2^2}} \cup I_f \cup M_f \cup I_k \subseteq K_{U^2}$ olduğu elde edilir. Tersine, $x \in K_{U^2}$ keyfi alalım. O halde, $(x < y$ ve $x \not\leq_{U^2} y)$ veya $(y < x$ ve $y \not\leq_{U^2} x)$ olacak şekilde $y \in L \setminus \{0,1\}$ mevcuttur. Keyfi bir $x \in L$ için $x \leq k, x \geq k$ veya $x||k$ dir. İlaveten, $x \leq k$ ise $x \leq e, x \geq e$ veya $x||e$, $x \geq k$ ise $x \leq f, x \geq f$ veya $x||f$ olmak zorundadır. Yani bir $x \in L$ için mümkün durumlar $x \in [0, e]$, $x \in [e, k]$, $x||e$, $x \in [k, f]$, $x \in [f, 1]$, $x||f$ veya $x||k$ dir.

i) $x \in [0, e]$ olsun.

i-1) $y \in [e, 1]$ olsun. Buradan, \leq_{U^2} nin tanımı gereği $x \leq_{U^2} y$ olur. Bu ise, $x \in K_{U^2}$ olması ile çelişir.

i-2) $y \in [0, e]$ olsun. Bu durumda, $x < y, y < x$ veya $x||y$ olabilir.

– $x < y$ olsun. Varsayalım ki, $x \leq_{T_{U_1^2}} y$ olsun. O halde, $U^2(l, y) = T_{U_1^2}(l, y) = x$ olacak şekilde $l \in [0, e]$ mevcuttur. Böylece, $x \leq_{U^2} y$ olur ki, bu bir çelişkidir. O halde, $x \not\leq_{T_{U_1^2}} y$ olup $x \in K_{T_{U_1^2}}$ olur.

– $y < x$ olsun. Varsayalım ki, $y \leq_{T_{U_1^2}} x$ olsun. O halde, $U^2(l, x) = T_{U_1^2}(l, x) = y$ olacak şekilde $l \in [0, e]$ mevcuttur. Böylece, $y \leq_{U^2} x$ olur ki, bu bir çelişkidir. O halde, $y \not\leq_{T_{U_1^2}} x$ olup $x \in K_{T_{U_1^2}}$ olur.

– $x||y$ olsun. $x, y \in [0, e]$ olduğundan, $K_{T_{U_1^2}}$ nin tanımından açıkça $x \in K_{T_{U_1^2}}$ olur.

i-3) $y||e$ olsun. y, e ile kıyaslanamayan bir eleman olduğundan bu durum için $x||y$ olmak zorundadır ($x \leq y$ olursa $x \leq_{U^2} y$ olacağından, $y \leq x$ olursa $y \leq x \leq e$ olduğundan çelişki elde edilir). $y||e$ ve $x||y$ olduğundan $x \in M_e$ olur.

ii) $x \in [e, k]$ olsun.

ii-1) $y \in [0, e]$ ($y \in [k, 1]$) olsun. Buradan, \leq_{U^2} nin tanımı gereği $y \leq_{U^2} x$ ($x \leq_{U^2} y$) olur. Bu ise, $x \in K_{U^2}$ olması ile çelişir.

ii-2) $y \in [e, k]$ olsun. Bu durumda, $x < y, y < x$ veya $x||y$ olabilir.

– $x < y$ olsun. Varsayalım ki, $x \leq_{S_{U_1^2}} y$ olsun. O halde, $U^2(l, x) = S_{U_1^2}(l, x) = y$ olacak şekilde $l \in [e, k]$ mevcuttur. Böylece, $x \leq_{U^2} y$ olur ki, bu bir çelişkidir. O halde, $x \not\leq_{S_{U_1^2}} y$ olup $x \in K_{S_{U_1^2}}$ olur.

– $y < x$ olsun. Varsayalım ki, $y \leq_{S_{U_1^2}} x$ olsun. O halde, $U^2(l, y) = S_{U_1^2}(l, y) = x$ olacak şekilde $l \in [e, k]$ mevcuttur. Böylece, $y \leq_{U^2} x$ olur ki, bu bir çelişkidir. O halde, $y \not\leq_{S_{U_1^2}} x$ olup $x \in K_{S_{U_1^2}}$ olur.

– $x||y$ olsun. $x, y \in [e, k]$ olduğundan, $K_{S_{U_1^2}}$ nin tanımından açıkça $x \in K_{S_{U_1^2}}$ olur.

ii-3) $y||e$ olsun. y, e ile kıyaslanamayan bir eleman olduğundan bu durum için $x||y$ olmak zorundadır ($x \leq y$ olursa $e \leq x \leq y$ olduğundan, $y \leq x$ olursa $y \leq_{U^2} x$ olacağından çelişki elde edilir). $y||e$ ve $x||y$ olduğundan $x \in M_e$ olur.

iii) $x \in [k, f]$ olsun.

iii-1) $y \in [0, k]$ ($y \in [f, 1]$) olsun. Buradan, \leq_{U^2} nin tanımı gereği $y \leq_{U^2} x$ ($x \leq_{U^2} y$) olur. Bu ise, $x \in K_{U^2}$ olması ile çelişir.

iii-2) $y \in [k, f]$ olsun. Bu durumda, $x < y, y < x$ veya $x||y$ olabilir.

– $x < y$ olsun. Varsayalım ki, $x \leq_{T_{U_2^2}} y$ olsun. O halde, $U^2(l, y) = T_{U_2^2}(l, y) = x$ olacak şekilde $l \in [k, f]$ mevcuttur. Böylece, $x \leq_{U^2} y$ olur ki, bu bir çelişkidir. O halde, $x \not\leq_{T_{U_2^2}} y$ olup $x \in K_{T_{U_2^2}}$ olur.

– $y < x$ olsun. Varsayalım ki, $y \leq_{T_{U_2^2}} x$ olsun. O halde, $U^2(l, x) = T_{U_2^2}(l, x) = y$ olacak şekilde $l \in [k, f]$ mevcuttur. Böylece, $y \leq_{U^2} x$ olur ki,

bu bir çelişkidir. O halde, $y \not\leq_{T_{U^2_2}} x$ olup $x \in K_{T_{U^2_2}}$ olur.

– $x||y$ olsun. $x, y \in [k, f]$ olduğundan, $K_{T_{U^2_2}}$ nin tanımından açıkça $x \in K_{T_{U^2_2}}$ olur.

iii-3) $y||f$ olsun. y, f ile kıyaslanamayan bir eleman olduğundan bu durum için $x||y$ olmak zorundadır ($x \leq y$ olursa $x \leq_{U^2} y$ olacağından, $y \leq x$ olursa $y \leq x \leq f$ olduğundan çelişki elde edilir). $y||f$ ve $x||y$ olduğundan $x \in M_f$ olur.

iv) $x \in [f, 1]$ olsun.

iv-1) $y \in [0, f]$ olsun. Buradan, \leq_{U^2} nin tanımı gereği $y \leq_{U^2} x$ olur. Bu ise, $x \in K_{U^2}$ olması ile çelişir.

iv-2) $y \in [f, 1]$ olsun. Bu durumda, $x < y, y < x$ veya $x||y$ olabilir.

– $x < y$ olsun. Varsayalım ki, $x \leq_{S_{U^2_2}} y$ olsun. O halde, $U^2(l, x) = S_{U^2_2}(l, x) = y$ olacak şekilde $l \in [k, 1]$ mevcuttur. Böylece, $x \leq_{U^2} y$ olur ki, bu bir çelişkidir. O halde, $x \not\leq_{S_{U^2_2}} y$ olup $x \in K_{S_{U^2_2}}$ olur.

– $y < x$ olsun. Varsayalım ki, $y \leq_{S_{U^2_2}} x$ olsun. O halde, $U^2(l, y) = S_{U^2_2}(l, y) = x$ olacak şekilde $l \in [k, 1]$ mevcuttur. Böylece, $y \leq_{U^2} x$ olur ki, bu bir çelişkidir. O halde, $y \not\leq_{S_{U^2_2}} x$ olup $x \in K_{S_{U^2_2}}$ olur.

– $x||y$ olsun. $x, y \in [e, k]$ olduğundan, $K_{S_{U^2_2}}$ nin tanımından açıkça $x \in K_{S_{U^2_2}}$ olur.

iv-3) $y||f$ olsun. y, f ile kıyaslanamayan bir eleman olduğundan bu durum için $x||y$ olmak zorundadır ($x \leq y$ olursa $f \leq x \leq y$ olduğundan, $y \leq x$ olursa $y \leq_{U^2} x$ olacağından çelişki elde edilir). $y||f$ ve $x||y$ olduğundan $x \in M_f$ olur.

v) $x||e$ olsun. Bu takdirde, $x \in I_e$ dir.

vi) $x||f$ olsun. Bu takdirde, $x \in I_f$ dir.

vii) $x||k$ olsun. Bu takdirde, $x \in I_k$ dir.

Böylece, $K_{U^2} \subseteq K_{T_{U^2_1}} \cup K_{S_{U^2_1}} \cup I_e \cup M_e \cup K_{T_{U^2_2}} \cup K_{S_{U^2_2}} \cup I_f \cup M_f \cup I_k$ olduğu elde edilir.

O halde, $K_{U^2} = K_{T_{U^2_1}} \cup K_{S_{U^2_1}} \cup I_e \cup M_e \cup K_{T_{U^2_2}} \cup K_{S_{U^2_2}} \cup I_f \cup M_f \cup I_k$ dir. □

2-uninormların uninormları kapsayan bir sınıf olduğu gerçeği göz önüne alındığında, 2-uninormlar için (18) ile verilen $K_{U^2} = \cup K_{S_{U^2_1}}$

$I_e \cup M_e \cup K_{T_{U^2_2}} \cup K_{S_{U^2_2}} \cup I_f \cup M_f \cup I_k$ eşitliğinin, (Kesicioğlu vd., 2017) çalışmasında uninormlar için elde edilen eşitliğin daha geneli olacağı açıktır. Dahası U^2 2-uninormu için e ve f birim elemanları $e = f$ koşulunu sağlarsa U^2 2-uninormu bir uninorm olur ve U^2 2-uninormu için elde edilen (18) eşitliği (Kesicioğlu vd., 2017) de verilen eşitlikle çakışır. Bu çalışmada elde edilen eşitliğe dikkat edilirse, I_k kümesinin varlığı da bu eşitliğin daha genel bir form olduğunu doğrular niteliktedir.

4.3. Sonuç ($L, \leq, 0, 1$) sınırlı bir kafes ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. $I_e = I_f = I_k = \emptyset$ ise

$$K_{U^2} = K_{T_{U^2_1}} \cup K_{S_{U^2_1}} \cup K_{T_{U^2_2}} \cup K_{S_{U^2_2}} \quad (19)$$

dir. □

İspat. $I_e = \emptyset$ ise $M_e = \emptyset$ ve $I_f = \emptyset$ ise $M_f = \emptyset$ olduğundan $I_e = I_f = I_k = \emptyset$ iken $K_{U^2} = K_{T_{U^2_1}} \cup K_{S_{U^2_1}} \cup K_{T_{U^2_2}} \cup K_{S_{U^2_2}}$ olduğu elde edilir.

4.4. Sonuç ($L, \leq, 0, 1$) sınırlı bir zincir ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. Bu takdirde,

$$K_{U^2} = K_{T_{U^2_1}} \cup K_{S_{U^2_1}} \cup K_{T_{U^2_2}} \cup K_{S_{U^2_2}} \quad (20)$$

dir. □

4.5. Önerme ($L, \leq, 0, 1$) sınırlı bir kafes ve $U^2 \in U_{k(e,f)}$ olsun. $c \in L$ olmak üzere, \leq_{U^2} sıralamasına göre c elemanı ile kıyaslanamayan elemanların kümesi

$$I_{U^2}^{(c)} = \{x \in L \setminus \{0, 1\} :$$

$$x, \leq_{U^2} \text{ sıralamasına göre } c \text{ ile kıyaslanamazdır}\} \quad (21)$$

olmak üzere $K_{U^2} = \cup_{x \in L} I_{U^2}^{(x)}$ dir. □

İspat. $x \in L$ keyfi alındığında $I_{U^2}^{(x)}$ kümesinin tanımlanışı gereği $I_{U^2}^{(x)} \subseteq K_{U^2}$ dir. Böylece, $\cup_{x \in L} I_{U^2}^{(x)} \subseteq K_{U^2}$ olduğu elde edilir.

Tersine, $y \in K_{U^2}$ keyfi alınsın. Böylece $[y < z$ ve $y \not\leq_{U^2} z]$ veya $[z < y$ ve $z \not\leq_{U^2} y]$ veya $z||y$ olacak şekilde $z \in L \setminus \{0, 1\}$ mevcuttur.

• $y < z$ ve $y \not\leq_{U^2} z$ olsun. $z \leq_{U^2} y$ olduğunu varsayalım. Bu durumda, $z \leq y$ elde edilir ki bu $y < z$ ile çelişir. Böylece, $z \not\leq_{U^2} y$ olduğu elde edilir. $y \not\leq_{U^2} z$ ve $z \not\leq_{U^2} y$ olduğundan, y, \leq_{U^2} sıralamasına göre z ile kıyaslanamazdır. Böylece, $y \in I_{U^2}^{(z)}$ olur.

- $z < y$ ve $z \not\leq_{U^2} y$ olsun. $y \leq_{U^2} z$ olduğunu varsayalım. Bu durumda, $y \leq z$ elde edilir ki bu $z < y$ ile çelişir. Böylece, $y \not\leq_{U^2} z$ olduğu elde edilir. $y \not\leq_{U^2} z$ ve $z \not\leq_{U^2} y$ olduğundan, y, \leq_{U^2} sıralamasına göre z ile kıyaslanamazdır. Böylece, $y \in I_{U^2}^{(z)}$ olur.
- $z \parallel y$ olsun. Buradan açıkça, $y \not\leq_{U^2} z$ ve $z \not\leq_{U^2} y$ olduğu elde edilir. Böylece, $y \in I_{U^2}^{(z)}$ olur.

O halde, $y \in K_{U^2}$ keyfi elemanı için, $y \in I_{U^2}^{(z)}$ olacak şekilde $z \in L \setminus \{0,1\}$ mevcuttur. O halde, $y \in \bigcup_{x \in L} I_{U^2}^{(x)}$ olup $K_{U^2} \subseteq \bigcup_{x \in L} I_{U^2}^{(x)}$ olduğu elde edilir. \square

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada şu sonuçlar elde edilmiştir. 2-uninormlar üzerinde bir bağıntı tanımlanarak, bu bağıntının bir denklik bağıntısı olduğu elde edilmiştir. 2-uninormun belirlediği üçgensel normlar ve konormlardan elde edilen sıralama ile 2-uninormlardan elde edilen sıralama arasındaki ilişki araştırılmış ve aralarındaki ilişki ortaya konulmuştur. 2-uninormlardan elde edilen sıralama bağıntısına göre kıyaslanamayan tüm elemanların kümesi K_{U^2} nin karakterize edilmiştir. x elemanı ile kıyaslanamayan tüm elemanların kümesi $I_{U^2}^{(x)}$ ile K_{U^2} ilişkisi ortaya konmuştur.

Kaynaklar

- Akella, P., 2007. Structure of n-Uninorms, Fuzzy Sets and Systems, 158, 1631-1651.
- Beliakov, G., Pradera, A. ve Calvo, T., 2007, Aggregation Functions: A Guide for Practitioners, in: Studies in Fuzziness and Soft Computing, 221, Springer, Berlin, Heidelberg, 361p.
- Birkhoff G., 1967, Lattice Theory, 3 rd edition, Providence, Rhode Island, 418p.
- Ertuğrul, Ü., 2017a. Some properties of orders generated by uninorm and 2-uninorm, New Trends in Mathematical Sciences, 1, 278-286.
- Ertuğrul, Ü., 2017b. A Way to Obtain 2-Uninorm on Bounded Lattice from Uninorms Defined on Subintervals of Bounded Lattice, New Trends in Mathematical Sciences, 2, 1-9.

Ertuğrul, Ü., 2018. Construction of nullnorms on bounded lattices and an equivalence relation on nullnorms, Fuzzy Sets and Systems, <https://doi.org/10.1016/j.fss.2017.07.020>.

Ertuğrul, Ü., Kesicioğlu, M.N. ve Karaçal, F., 2016. Ordering Based on Uninorms, Information Sciences, 330, 315-327.

Ertuğrul, Ü., Kesicioğlu, M.N. ve Karaçal, F., 2017. Ordering Based on 2-Uninorms on Bounded Lattices, New Trends in Mathematical Sciences, 1, 287-293.

Grabish, M., Marichal, J.-L., Mesiar, R. ve Pap, E., 2009, Aggregation Functions, Cambridge University Press, 460p.

Hliněná, D., Kalina, M. ve Král P., 2014. Pre-orders and Orders Generated by Conjunctive Uninorms, Inf. Proc. Manage. Uncert. Knowl. Based Syst., 30, 807-817.

Karaçal, F., Ertuğrul, Ü. ve Mesiar, R., 2017. Characterization of Uninorms on Bounded Lattices, Fuzzy Sets and Systems, 308, 54-71.

Karaçal, F. ve Kesicioğlu, M.N., 2011. A T-partial Order Obtained From T-norms, Kybernetika, 47, 300-314.

Karaçal, F. ve Mesiar, R., 2015. Uninorms on Bounded Lattices, Fuzzy Sets and Systems, 261, 33-43.

Kesicioğlu, M.N., Ertuğrul, Ü. ve Karaçal, F., 2017. An Equivalence Relation Based On The U-Partial Order, Information Sciences, 411, 39-51.

Kesicioğlu, M.N., Karaçal, F. ve Mesiar, R., 2015. Order-equivalent Triangular Norms, Fuzzy Sets and Systems, 268, 59-71.

Kesicioğlu, M.N. ve Mesiar, R., 2014. Ordering Based on Implications, Information Sciences, 276, 377-386.

Yager, R.R. ve Rybalov, A., 1996. Uninorm Aggregation Operators, Fuzzy Sets and Systems, 80, 111-120.

Tunceli İlindeki Trafik Kazası Oranlarının İncelenmesi

Investigation of Traffic Accident Rates in Tunceli Province

Bilgin ZENGİN^{*1,a}, Kürşat KAYMAZ^{2,b}, Bircan ARSLANNUR^{3,c}

¹Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 62000, Tunceli

²Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 62000, Tunceli

³Iğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 76000, Iğdır

• Geliş tarihi / Received: 02.02.2018 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 06.04.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 10.04.2018

Öz

Bu çalışmada, Tunceli ilinde 2012 - 2016 yılları arasında meydana gelen trafik kazası sayıları ile bu kazalardaki ölü ve yaralı sayıları incelenmiş, sonuçlar Türkiye oranlarıyla karşılaştırılmıştır. İncelenen yıllarda araç başına düşen kaza, ölüm ve yaralı yüzdeleri oranları belirlenmiştir. Anlamlı bir değerlendirme yapabilmek için yüzdeleri oranların ortalamaları dikkatlice hesaplanmıştır. Ayrıca incelenen yıllar için Tunceli ilinin ve Türkiye'nin kişi başına düşen araç sayıları belirlenmiş ve sonraki analizler için ortalamaları hesaplanmıştır. Buradan Türkiye'de kişi başına düşen araç sayısının Tunceli ili ortalamasından 2.83 kat büyük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun aksine araç başına düşen kaza yüzdeleri ortalamalarına bakıldığında ise; Tunceli ili oranının Türkiye geneli oranından 2.33 kat daha büyük olduğu görülmektedir. Buna paralel olarak, araç başına düşen ölü ve yaralı yüzdeleri oran ortalamalarının da Türkiye geneli ortalamalarından sırasıyla 2.67 ve 2.77 kat daha büyük olduğu görülmüştür. Diğer yandan, Tunceli ilinde kişi başına düşen araç sayısının Türkiye ortalamasından çok düşük olmasına rağmen kaza, ölüm ve yaralı oranlarının büyük oluşunun nedenleri de araç cinsi bakımından incelenmiştir. Bu açıdan bakıldığında, Tunceli ili ve Türkiye için toplu taşıma (otobüs + minibüs) araçlarının genel araç toplamı yüzdelerinin sırasıyla %9.94 ve %3.45 olduğu hesaplanmıştır. Buradan Tunceli ilinin toplu taşıma araçları oranının Türkiye geneli oranından 2.88 kat daha büyük olduğu görülmektedir. Bu değerler bize Tunceli ilindeki trafik kazalarının toplu taşıma araçları ile yapıma olasılığının daha büyük olduğunu göstermektedir. Böylece, elde ettiğimiz bu veriler Tunceli ilindeki kazalarda ölü ve yaralı oranlarının Türkiye ortalamasından yaklaşık 3 kat büyük olması durumunu açıklamaktadır.

Anahtar kelimeler: Kaza oranları, Trafik kazası, Yüzdeleri ortalaması

Abstract

In this study, we examine the number of traffic accidents in Tunceli between 2012 and 2016 including casualties and wounded in these accidents and the results are compared with accident rates in Turkey. Accidents per vehicle, number of casualty and injury rates are obtained in the years. In order to make a meaningful interpretation, the averages of the percentages were calculated carefully. In addition, the number of vehicles per capita of Tunceli province and Turkey have been computed and then their averages were calculated for the further analysis. It is found that the number of vehicles per capita in Turkey is 2.83 times higher than the average of Tunceli province. In contrast to this situation, when the average percentage of accidents per vehicle is considered; we see that Tunceli province's percentage is 2.33 times larger than Turkey's one. Besides, we also conclude that the average values of dead and injured per vehicle are 2.67 and 2.77 times larger than the general percentages of Turkey, respectively. Moreover, although the number of vehicles per capita in Tunceli province is very low compared to the average in Turkey, the causes of large accidents, casualties and injuries have also been examined in terms of vehicle types. From this perspective, it is seen that the ratio of public transport vehicles (bus + minibus) to the total number in Tunceli province and Turkey are 9.94% and 3.45%, respectively. Thus, we conclude that the rate of public transportation of Tunceli province is 2.88 times larger than the Turkey's general rate. These calculations show us that there is a greater possibility of having traffic accidents in Tunceli province by public transport. Hence, the interesting data we obtained explains how the rates of deaths and injuries by accident in Tunceli province are about 3 times larger than the average of Turkey.

Keywords: Accident rates, Traffic accident, Average percentage

*a Bilgin ZENGİN; bilginzengin@munzur.edu.tr; Tel: (0428) 213 17 94; orcid.org/0000-0002-9355-8294

^b orcid.org/0000-0002-8346-8260

^c orcid.org/0000-0003-1116-4759

1. Giriş

Bilimsel çalışmalar sayesinde geliştenteknoloji günümüzde insan yaşamını büyük ölçüde kolaylaştırmıştır. İçinde yaşadığımız dünyada gelişen teknoloji ve mevcut şartlar bu sayede büyük ölçüde değişiklik göstererek yükselişe geçmiştir. Bu hızlı değişen şartlarla birlikte insanoğlu zamanla teknolojik gelişmelere uyum sağlamıştır. Dünya üzerindeki gelişmiş ve gelişmekte olan bütün ülkelerde insan sayısı ve araç kullanımına olan ihtiyaç gitgide artmaktadır. Bu artış birçok sorun ve sıkıntılara da neden olmaktadır. Teknolojinin gelişmesi, mevcut yolların iyileştirilmesi, insan faktörünün bilinçlenmesi ve ulaştırma ile ilgili rehabilitasyonların yapılmasına rağmen ulaşım ve kaza sorunları tam anlamıyla yok edilememiştir. Bugünün şartlarında ülkeler bazında bakıldığında motorlu araçların aşırı kullanımının trafiğin özelliğine uygun olmadığı istatistiksel verilerden açık bir şekilde görülmektedir. Motorlu taşıtların aşırı kullanımı ise buna bağlı olarak trafik kazalarının büyük bir hızla artmasına neden olmuştur.

Karayolları 2839 sayılı trafik kanununa göre trafik kazası tanım olarak; karayolu üzerinde hareket halinde olan bir veya birden fazla aracın karıştığı ölüm, yaralanma ve/veya zararlı sonuçlanmış olan olaydır şeklinde tanımlanmaktadır (Karayolları Trafik Yönetmeliği, 1997).Trafik kazası olgusunun temelinin doğrudan veya dolaylı olarak büyük ölçüde birey ya da kişilerden kaynaklandığı görülmektedir.

Trafik ve kazaları yalnızca Türkiye’de değil, modern hayatla tanışmış her toplumda önemli bir sorundur. Trafik kazaları hemen hemen dünyanın her yerinde meydana geldiği için gündemden hiç düşmeyen bir konudur. Hiçbir suçun tamamen önlenmesi nasıl mümkün değilse, günümüzde meydana gelen trafik kazalarının da tamamen önlenmesi de, en azından şimdiki teknoloji ile pek olası görünmemektedir. Tabii bu düşünce, insanları karamsarlığa itmekte ve pasif bir şekilde kalmak için değil, gerçekler dünyasında yaşananları bir kez daha vurgulamak için belirtilmiştir. Her ne kadar tamamen önlenemese de bazı temel önlemlerle trafik kazalarının sayısının,ölümlerin, yaralanmaların, sakatlanmaların ve meydana gelen diğer zararların önemli ölçüde azaltılabileceği kaçınılmaz bir gerçektir (Öztürk, 2009; Shahdah vd., 2014).

Nüfus artışıyla birlikte doğal olarak kentsel ulaşım hızla yükselme eğilimine girmiştir. Bununla birlikte özel araç sayısında da aynı orandaki artış

şehirlerdeki mevcut altyapı ve düzensizliklerden dolayı kentiçi trafiğini oldukça içinden çıkılamayan bir sorun haline getirmiştir. Bu soruna yeni bir şehir yapılaşma planıyla çözüm bulmak istenmektedir. Ancak bu yeni yapılaşma planının da yeni bazı olumsuzlukları beraberinde getireceği unutulmamalıdır.

Kentsel ulaştırmanın temel sorunu, insanların ulaşım gereklilerinin uygar ölçülere uyan hizmet nitelikleri ile karşılanamamasıdır. Günümüzde enerji, kazalar ve çevre sorunları gündemde üst sıralara çıkmaktadır. Kısaca söylemek gerekirse, günümüzde kent sorunlarının en önemlisi ulaşım sorunu olarak ortaya çıkmış bulunmaktadır (Güngör, 2001).

Bir kentte ulaşım ve trafik problemlerinin azaltılabilmesi ancak o kentin Ulaştırma Ana Planının hazırlanmış olması, bu planda kent ulaşım ağının modellenmesi ve bu modelin sürekli güncellenmesine bağlıdır. Kazaların azalması da ulaşım sisteminin düzene sokulmasına bağlıdır (Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Ulaştırma özel İhtisas Komisyonu Raporu Trafik Düzeni, Karayollarında Can güvenliği Alt Komisyonu Raporu, 2001).

Kent içi trafik sisteminin işleyişi işlev itibariyle canlı organizmaların dolaşım sistemlerine benzetilebilir. Canlılarda nasıl ki dolaşım sistemlerindeki bir rahatsızlık hemen bütün organları olumsuz etkilemekteyse, trafik sisteminin işleyişinde ki aksamalarda ekonomik, sosyal, psikolojik, çevresel birçok probleme neden olabilmektedir.Bu açıdan trafik sisteminin sağlıklı ve doğru bir şekilde işlemesi için gerekli her türlü tedbir alınmalıdır.Bu tedbirler artık günümüzde bilgisayar teknolojileri, yazılım ve donanımları kullanılarak daha etkili bir şekilde alınabilmektedir (Tektaş vd., 2002).

Trafik kazalarını, insan- araç- çevre üçgeni içerisinde incelerken bu faktörlerin birbirleri ile de ilişki içerisinde olduklarını da unutmamak gerekir (Demirel ve Akgüngör, 2001; Guido vd., 2010). Kaza oluşumunu belirleyen etmenler arasında taşıma ortamı, karayolu alt yapısı, trafik yönetimi, denetimi ve uygulaması, taşıt ve trafik koşulları, yolu kullananların davranışları (sürücü-yaya-yolcu) ve çevre koşulları yer almaktadır (Çodur vd., 2013). Bunların yanında Türkiye'deki trafik kazalarını artıran etmenler olarak sosyal, kültürel ve hukuksal nedenler de yer almaktadır. Trafik kazalarında risk etmenlerinde kaza oluşumu; yetersiz ya da yüksek hız, alkol- ilaç ya da madde kullanımı, yolun yapısı, yol görünüşünün

bozulmasına neden olan etmenler gibi nedenler olarak belirlenmiştir (Temel ve Özcebe, 2006).

Trafik kazaları ile; ölümler, yaralanmalar ve maddi kayıplar ülkemizin en önemli sorunlarından biri olmayı sürdürmektedir (Atalay ve Tortum, 2010). Ulaşımda ülke geneline bakıldığında mevcut uygulamalar nedeniyle düzensiz bir orana sahip karayolu ulaştırması trafik kazalarının başında yer almaktadır. Taşıt hareketlerinin güvenli bir biçimde gerçekleştirilebilmesini sağlayacak olan yol, kavşaklar, işaretler, kurplar gibi elemanları kapsayan trafik alt yapısının kazalardaki rolü her ne kadar ülkemizde az olarak gösterilse de gelişmiş ülkelerde yapılan araştırmalar bu rakamın %30 civarında olduğunu göstermektedir (Gökdağ ve Atalay, 2015). Araçların trafik hareketleri dışında trafik kazalarında yolun sınıfı ve yolun kaplama cinside kısmen de olsa kaza riskini belirlediğini söylenebilir (Çoruh vd., 2015; Tortum ve Atalay, 2015).

Trafik kazaları karayolları ve trafik güvenliği başkanlığının 2015 yılında yayınladığı verilere göre nüfus paralelinde motorlu kara taşıtı sayısı, kişi başına düşen araç sayısı ve sürücü belgesi sayısı ayrıca buna paralel olarak trafik kazalarının sayısının da artığı görülmüştür (URL1, 2017; Trafik Kazaları Özeti 2015). 2013-2015 yıllarında ülkemizde nüfus sayısına bağlı olarak kayıtlı taşıt sayısı ve trafik kazaları her yıl olduğu gibi artış göstermiştir (URL1, 2017).

Türkiye'deki trafik kazaları ve çözüm önerileri için geniş bir zaman aralığı yönünden incelemeler yapılmıştır (Gökdağ vd., 2004; Çodur vd., 2016) Genel olarak ülkemizdeki mevcut yer şekilleri, eğitim, yükselti, iklim şartları çeşitliliği, erozyon vb. özelliklerin trafik sorunlarına zorlaştırıcı

etkide bulunduğu ve içinden çıkılamayan insani sosyal trajedilere, ekonomik sorunlara neden olduğu görülmektedir. Ülkemizde meydana gelen trafik kazası sayılarının büyük oluşu ve bunun getirdiği sosyal, ekonomik ve diğer olumsuzlar ABD, Avrupa ülkeleri ve diğer gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça fazla olduğunu söylenebilir.

Bu çalışmada Tunceli ilinin 2012-2016 yılları arasındaki trafik kazası oranları incelemesinin temel nedeni; Tunceli ilinin ülkemizin en düşük nüfusa sahip olan ili olması, trafik kazası sorunlarının mikro ölçekte belirlenerek tüm Türkiye'ye genişletilmesi ve bunun neticesinde ciddi can ve mal kaybı ile ülke ekonomisine büyük kayıplar verdiren trafik kazası sayılarını minimize edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanılan 2012-2016 yılları arasında ait 5 yıllık veriler Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK'ten) alınmıştır. Tunceli ili ve Türkiye'ye ait veriler tablo haline getirilmiş ve bu tablolardan yola çıkılarak çalışmadaki bulgular elde edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

2012-2016 yıllarına ait Tunceli ili ve Türkiye'nin nüfus sayıları ve Yüzdeler Artış/Azalış oranları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi 5 yılda Türkiye'deki nüfus sayısı devamlı artış göstermiştir, ancak Tunceli iline bakıldığında nüfus sayısında bir dalgalanma söz konusudur.

Tablo 1. 2012-2016 Yıllarında Adrese Kayıtlı Nüfus Sayıları(URL1, 2017)

Yıllara Göre Nüfus Sayısı				
Yıllar	Tunceli ili nüfus sayısı	Yüzdelerlik (%) artış/azalış oranları	Türkiye Geneli nüfus sayısı	Yüzdelerlik (%) artış/azalış oranları
2012	86 276		75 627 384	
2013	85 428	-0.98	76 667 864	1.38
2014	86 527	1.29	77 695 904	1.34
2015	86 076	-0.52	78 741 053	1.35
2016	82 193	-4.51	79 814 871	1.36

Türkiye'deki nüfus artış oranları 5 yılda yaklaşık olarak pozitif yönde artış göstermiştir. Tablodan görüldüğü üzere Tunceli'deki nüfus artışı bazı yıl Türkiye ile artış gösterirken bazı yıllarda ise azalış oldukça fazla değerinde kendini göstermektedir. Bunun çok çeşitli sebepleri olabilir. Nüfusla ilgili bu dalgalı değişim ayrı bir çalışma olarak incelenebilir. 2012-2016 yıllarına ait Tunceli ilinin Toplam Araç, Kaza, Ölü, Yaralı Sayıları ve Yüzdeler (%) Artış/Azalış oranları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'de 2012-2016 yılları arasında Tunceli ili için toplam kayıtlı araç sayısı, toplam kaza, ölü ve yaralı sayıları ile yüzdeler (%) artış/azalış oranında gösterilmiştir. Kayıtlı araç sayısında devamlı bir artış meydana gelirken; kaza, ölü ve yaralı sayılarında dalgalı bir değişim söz konusudur.

2012-2016 yıllarına ait Türkiye'nin Toplam Araç, Kaza, Ölü, Yaralı Sayıları ve Yüzdeler (%) artış-azalış oranları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 2. 2012-2016 Yıllarında Tunceli İli İçin Toplam Araç, Kaza, Ölü, Yaralı Sayıları ve Yüzdeler (%) artış- azalış oranları (URL1, 2017)

Yıllar	Kayıtlı araç sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)	Kaza sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)	Ölü sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)	Yaralı sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)
2012	6357	8.76	141	19.15	6	-16.67	277	9.03
2013	6914	6.39	168	-9.52	5	40.00	302	7.28
2014	7356	6.73	152	17.76	7	-28.57	324	18.21
2015	7851	4.02	179	-31.84	5	0.00	383	-36.81
2016	8167		122		5		242	

Tablo 3. 2012-2016 Yıllarında Türkiye'deki Toplam Araç- Kaza (ölü - Yaralı) Sayıları ve Yüzdeler (%) artış-azalış oranları (URL1, 2017)

Yıllar	Kayıtlı araç sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)	Kaza sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)	Ölü sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)	Yaralı sayısı	Yıllık Artış/Azalış Oranları (%)
2012	17 033 413	5.32	153 552	5.05	3750	-1.73	268 079	2.52
2013	17 939 447	4.96	161 306	4.47	3685	-4.37	274 829	3.72
2014	18 828 721	6.19	168 512	8.60	3524	113.68	285 059	6.79
2015	19 994 472	5.48	183 011	1.16	7530	-3.05	304 421	-0.20
2016	21 090 424		185 128		7300		303 812	

Tablo 3'de 2012-2016 yılları arasında Türkiye için toplam kayıtlı araç sayısı, toplam kaza, ölü ve yaralı sayıları ile yüzdeler (%) artış/azalış oranında gösterilmiştir. Kayıtlı araç ve kaza sayısında düzenli bir artış meydana gelmişken, ölü ve yaralı sayılarında dalgalı bir değişim söz konusudur.

2012-2016 Yıllarında Tunceli İlinde Araç Başına Düşen Kaza, Ölüm, Yaralı Yüzdeleri (%) ve Yüzde Ortalamaları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4'de görüldüğü üzere Tunceli ilinde kayıtlı araç sayısının, düzenli olarak arttığı görülmektedir. Diğer bütün parametrelerde ise düzensiz ve dalgalı bir eğilim görülmektedir. Bu nedenle Tablo 4 ve 5'deki verileri yorumlayabilmek açısından yüzdeler ortalama kavramı kullanılmıştır ve tablolarda bu değerlere yer verilmiştir.

2012-2016 Yıllarında Türkiye'de Araç Başına Düşen Kaza, Ölüm, Yaralı Yüzdeleri (%) ve Yüzde Ortalamaları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. 2012-2016 Yıllarında Tunceli İlinde Araç Başına Düşen Kaza, Ölüm, Yaralı Yüzdeleri (%) ve Yüzde Ortalamaları (URL1, 2017)

Yıllar	Kayıtlı Araç Sayısı	Kaza Sayısı	Ölü Sayısı	Yaralı Sayısı	Araç Başına Düşen Kaza Sayısı Yüzdesi (%)	Araç Başına Düşen Kaza Yüzdeleri Ortalaması	Araç Başına Düşen Ölü Sayısı Yüzdesi	Araç Başına Düşen Ölü Yüzdeleri Ortalaması	Araç Başına Düşen Yaralı Sayısı Yüzdesi	Araç Başına Düşen Yaralı Yüzdeleri Ortalaması
2012	6357	141	6	277	2.22	2.10	0.09	0.08	4.36	4.19
2013	6914	168	5	302	2.43		0.07		4.37	
2014	7356	152	7	324	2.07		0.10		4.40	
2015	7851	179	5	383	2.28		0.06		4.88	
2016	8167	122	5	242	1.49		0.06		2.96	

Tablo 5. 2012-2016 Yıllarında Türkiye’de Araç Başına Düşen Kaza, Ölüm, Yaralı Yüzdeleri (%) ve Yüzde Ortalamaları(URL1, 2017)

Yıllar	Kayıtlı araç sayısı	Kaza sayısı	Ölü sayısı	Yaralı sayısı	Araç başına düşen kaza sayısı yüzdesi	Araç Başına Düşen Kaza Yüzdeleri Ortalaması	Araç başına düşen Ölü Yüzdeleri	Araç Başına Düşen Ölü Yüzdeleri Ortalaması	Araç başına düşen Yaralı yüzdesi	Araç Başına Düşen Yaralı Yüzdeleri Ortalaması
2012	17 033 413	153 552	3750	268 079	0.90	0.90	0.02	0.03	1.57	1.52
2013	17 939 447	161 306	3685	274 829	0.90		0.02		1.53	
2014	18 828 721	168 512	3524	285 059	0.89		0.02		1.52	
2015	19 994 472	183 011	7530	304 421	0.92		0.04		1.52	
2016	21 090 424	185 128	7300	303 812	0.88		0.03		1.44	

Tablo 5’de görüldüğü üzere Türkiye’de araç başına düşen kaza yüzdesi, ölü yüzdesi ve yaralı yüzdesinin hemen hemen sabit kaldığı görülmektedir.

2012-2016 yıllarında Tunceli ili ve Türkiye’deki toplam araç sayıları, toplu taşıma araçlarının sayıları ve toplu taşıma araçlarının toplam araç sayısına oranı Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6’dan 2012-2016 yılları arasında hem Tunceli ili hem de Türkiye’de Toplam Araç Sayısında, kişi başına düşen araç sayısında ve Toplu Taşıma Araç sayısında sürekli bir artışın olduğu görülmektedir.

Ayrıca Tablo 6’dan Türkiye’de kişi başına düşen araç sayısının Tunceli iline oranlarının ortalaması alındığında, Türkiye de kişi başına düşen araç sayısının Tunceli ilinden 2.83 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun aksine Tablo 4 ve 5’den görüldüğü üzere Tunceli ilinde araç başına düşen kaza yüzdelik(%) ortalamasının Türkiye yüzdelik ortalamasından 2.33 kat büyük olduğu görülmektedir. Ayrıca Tablo 4 ve 5’deki veriler

Tunceli ilindeki ölüm ve yaralı sayılarında da Türkiye ortalamasından yaklaşık 3 kat daha büyük olduğunu göstermektedir.

Tunceli ilinde kişi başına düşen araç sayısının düşük olmasına rağmen kaza, ölüm ve yaralı oranlarının Türkiye oranlarından çok daha büyük oluşuna farklı bir bakış açısıyla araç cinsleri yönünden incelenmiş ve sonuçları Tablo 7’de özetlenmiştir.

Tablo 7’ de Tunceli ili ve Türkiye’nin Toplu Taşıma Araç Sayılarının Yüzdeleri oranları, ortalamaları ve birbirlerine oranı verilmektedir. Tablo 7’ den görüldüğü üzere Tunceli ilinde toplu taşıma araçlarının genel araç toplamı oranına bakıldığında Türkiye ortalamasından 2.88 kat daha büyük olduğu görülmektedir. Bu rakam Tunceli ilindeki ölü ve yaralı oranlarının Türkiye’den yaklaşık 3 kat büyük olmasını da açıklamaktadır. Yani Tunceli ilinde meydana gelen kazaların toplu taşıma araçları ile yapılma olasılığı büyük olduğundan ölü ve yaralı oranları da büyük çıkmaktadır.

Tablo 6. 2012-2016 yıllarında Tunceli ili ve Türkiye’deki toplam araç sayıları, kişi başına düşen araç sayısı, toplu taşıma araçlarının sayısı ve diğer araçların sayısı(URL1, 2017)

Yıllar	Toplam Araç Sayısı		Kişi Başına Düşen Araç Sayısı		Toplu Taşıma Araçlarının (Minibüs+Otobüs) Sayısı		Diğer Araçların Sayısı	
	Tunceli	Türkiye	Tunceli	Türkiye	Tunceli	Türkiye	Tunceli	Türkiye
2012	6357	17 033 413	0.074	0.225	670	632 068	5687	16 401 345
2013	6 914	17 939 447	0.081	0.234	717	641 733	6 197	17 297 714
2014	7 356	18 828 721	0.085	0.242	738	638 464	6 618	18 190 257
2015	7 851	19 994 472	0.091	0.254	755	666 269	7 096	19 328 203
2016	8167	21 090 424	0.100	0.264	748	684 294	7 419	20 406 130

Tablo 7. Tunceli-Türkiye’nin Toplu Taşıma Araçlarının yüzdeler oranları, ortalamaları ve birbirlerine oranı(URL1, 2017)

Toplu Taşıma Araçlarının Toplam Araç Sayısına Oranları (%)			Toplu Taşıma Araçlarının Yüzdeler Ortalamaları		Tunceli-Türkiye’nin Toplu Taşıma Araçlarının Yüzdeler Ortalamalarının Oranı
Yıllar	Tunceli	Türkiye	Tunceli	Türkiye	
2012	10.54	3.71	9.94	3.45	2.88
2013	10.37	3.58			
2014	10.03	3.39			
2015	9.62	3.33			
2016	9.16	3.24			

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan inceleme sonucunda; Türkiye’de kişi başına düşen araç sayısının Tunceli ili ortalamasından 2.83 kat büyük olduğu hesaplanmıştır. Araç başına düşen kaza yüzdeler ortalamalarına bakıldığında ise; Tunceli ilinin Türkiye oranından 2.33 kat daha büyük olduğu görülmüştür. Bu verilerden yola çıkarak araç başına düşen ölü ve yaralı yüzdeler ortalamalarının da sırasıyla 2.67 ve 2.77 kat yani yaklaşık 3 kat daha büyük olduğu görülmüştür. Tunceli ilindeki ölüm ve yaralı oranlarının Türkiye ortalamasının çok üzerinde olmasının nedenleri sayısal olarak irdelendiğinde şu sonuca varılmıştır: Toplu taşıma araçlarının (minibüs + otobüs) genel araç sayısı içerisindeki oranları çıkarılmıştır. Bu açıdan bakıldığında, Tunceli ili oranının ve Türkiye geneli oranından 2.88 kat daha büyük olduğu sonucuna varılmıştır. Bu oran bize Tunceli ilindeki trafik kazalarının toplu taşıma araçları ile yapılma olasılığının daha büyük olduğunu göstermektedir. Bu durum Tunceli ilindeki kazalarda ölü ve yaralı oranlarının

Türkiye ortalamasından yaklaşık 3 kat büyük olmasını da açıklamaktadır.

Trafik kazalarının nedenlerini kısaca 3 unsurda toplayabiliriz. Bunlar İnsan-Araç-Çevre öğeleri olmaktadır. Kazalar bu öğelerden biri ya da birkaçından dolayı meydana gelmektedir. Kazaların birçok nedeni olmakla birlikte en büyüğü insan kaynaklı olanıdır. Trafik Kazaları tamamen ortadan kaldırılamaz, ancak minimum seviyeye düşürülebilir. Bu nedenle kazaları azaltmanın en büyük çözümlerinden biri, bireylere trafik kuralları ile ilgili iyi bir eğitimin ilköğretimden başlayarak verilmesi ve bireylerin bu kuralları içselleştirerek pratiğe geçirmelerinin sağlanmasıdır. Diğer bir çözüm ise elektronik bilgi sistemleriyle araç güvenliklerinin artırılması ve trafikte yaygınlaştırılmasıdır. Çevre öğesi içerisinde yer alan yol ve trafik sistemlerinin daha modern bir hale getirilmesi gerekmektedir.

Tunceli ilindeki kazalarda ölü ve yaralı oranlarının düşürülmesi için şehir bağlantı yollarının genişletilerek bölünmesi ve şerit

sayılarının artırılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, şehir içi trafiğinin yoğun olduğu yollarda yoğunluğu azaltan modern kavşakların yapılması ve elektronik bilgi sistemleri ile bu kavşakların denetlenmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Atalay, A., ve Tortum, A., 2010. Türkiye'deki İllerin 1997-2006 Yılları Arası Trafik Kazalarına Göre Kümeleme Analizi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16(3), 335-343.
- Çodur, M. Y., Tortum, A., ve Çodur, M. 2013. Genelleştirilmiş Lineer Regresyon ile Erzurum Kuzey Çevre Yolu Kaza Tahmin Modeli. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 3(1), 79-84.
- Çodur, M. Y., Ünal A., ve Atalay A. 2016. Evaluation of Traffic Accidents Happening in Recent Years in Turkey. Proceedings of The Third International Conference on Traffic and Transport Engineering, 642-648.
- Çoruh, E., Bilgiç A., ve Tortum, A. 2015. Accident analysis with aggregated data: The random parameters negative binomial panel count data model. Analytic Methods in Accident Research, 7, 37-49.
- Demirel A., ve Akgüngör A.P., 2001. Karayollarında Trafik Güvenliği ve Trafik Kazaların Ekonomik Açısından Bir Değerlendirmesi. SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(1), 29-35.
- Gökdağ, M., Kaya M.D., Atalay A., ve Haşiloğlu A.S. 2004. Injuries and fatalities in Turkish road traffic accidents. Proceedings of The Institution of Civil Engineers-Transport, 157(4), 231-237.
- Gökdağ, M., ve Atalay, A., 2015. Trafik Eğitiminin Trafik Kazaları Üzerindeki Etkisi. EÜFBED Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 272-283.
- Guido, G., Saccomanno F., Vitale, A., Astarita, V., ve Festa, D., 2010. Comparing safety performance measure sobtained from video capture data. Journal of Transportation Engineering, 137(7), 481-491.
- Güngör, E., 2001. Kentsel Ulaştırma Politikaları. TMMOB Makina Mühendisleri Odası I. Kentiçi Ulaşım ve Trafik Sempozyumu, 31-36.
- Karayolları Trafik Yönetmeliği., 1997. Birinci Kısım Genel Esaslar Resmi Gazete Tarihi: 18.07.1997 Resmi Gazete Sayısı., 23053.
- Öztürk, O., 2009. Türkiye karayollarında trafik kazalarının nedeni ve bu kazaların analizi., Yüksek Lisans Tezi, Gazi üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Ulaştırma özel İhtisas Komisyonu Raporu Trafik Düzeni, Karayollarında Can güvenliği Alt Komisyonu Raporu, ANKARA 2001.
- Shahdah, U., Saccomanno F., ve Persaud B., 2014. Integrated traffic conflict model for estimating crash modification factors. Accident Analysis & Prevention, 71, 228-235.
- Tektaş, M., Akbaş, A. ve Topuz, V., 2002. Yapay Zeka Tekniklerinin Trafik Kontrolünde Kullanılması Üzerine Bir İnceleme, I. Uluslararası Trafik ve Yol Güvenliği Kongresi, 551-559.
- Temel, F., ve Özcebe, H., 2006. Türkiye'de Karayollarında Trafik Kazaları. Sted. 15(11),192-198.
- Tortum, A., ve Atalay, A. 2015. Spatial analysis of road mortality rates in Turkey. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport, 68(6), 532-542.
- Trafik Kazaları Özeti 2015. Trafik Güvenliği Daire Başkanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Ağustos 2016.
- URL1
<http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=istgosterge>, 14.10.2017.

Micro Water Structures As A Renewable Energy Source; A Case Study In Maçka Trabzon In Turkey

Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Mikro Su Yapıları; Maçka'da Örnek Bir Çalışma

Veli SÜME*

Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering (Hydraulic), 53100, Rize

• Geliş tarihi / Received: 02.03.2018 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 11.04.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 16.04.2018

Abstract

Obtaining energy from water as a renewable energy resource is gaining importance day by day. One of the most important reasons of this situation is that it has a low effect on the environment compared to the methods of gaining other energy resources. For the reasons such as less environmental impact, facilitating of small-scale energy production, being practical and easy to set up the system, using the produced energy by people in the region and economic support for the region, micro-water structures have been brought back to the agenda. In this study, five pieces of micro water structure (traditional water-mill) located in the Sümela valley in were discussed. In addition to the technical characteristics of these structures, hydraulic data such as the flow rate of water, fall-height, the channel dimensions, etc. were measured. According to the data, of the selected five pieces of micro-water micro-structure of water bodies in the study area, potential energy production was identified, projected separately and made into structures that can be obtained energy as a novelty of this region. Micro water structures defined as having an important role in electricity production and the viability to all available water facilities in the region were discussed.

Keywords: Micro-Water Structures, Water Power, Potential Energy, Fall Height, Sümela Valley

Öz

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak sudan enerji elde edilmesi diğer enerji kaynaklarına kıyasla gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bu durumun en önemli sebeplerinden biri, çevre üzerinde düşük bir etkiye sahip olmasıdır. Mikro su yapıları çevresel etkilerinin az olması, küçük ölçekli enerji üretiminin kolaylaştırılması, sistemin pratik ve kolay kurulması, üretilen enerjinin bölgedeki insanlar tarafından kullanılması ve bölgeye ekonomik destek sağlaması gibi nedenlerle, son zamanlarda gündemi meşgul etmektedir. Bu çalışmada, Sümela vadisinde yer alan beş adet mikro su yapısı (geleneksel su değirmeni) çalışılmış, bu yapıların teknik özelliklerine ek olarak, suyun akış hızı, düşme yüksekliği, kanal boyutları vb. gibi hidrolik veriler ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre, çalışma bölgesindeki bulunan beş adet mikro su yapısı projelendirilmiş, ayrı ayrı enerji üretim potansiyelleri belirlenmiştir. Elektrik üretiminde önemli rol oynayan mikro su yapıları olarak geleneksel su değirmenlerine uygulanabilirliği tartışılmış ve bölgede bol miktarda bulunan geleneksel su değirmenlerinin yenilenebilir enerji kaynağı olarak enerji elde edebilecek yapılara dönüştürülmesine örnek teşkil edecek bir çalışma ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Mikro Su Yapıları, Su Potansiyeli, Potansiyel Enerji, Düşü Yüksekliği, Sümela Vadisi

* Veli SÜME; veli.sume@erdogan.edu.tr; Tel: (0464) 213 75 18; orcid.org/0000-0001-8251-2461

1. Introduction

The mechanical device used to convert the rotary motion into linear motion of the water that flows in or poured is called simply water wheel. It consists primarily of a wheel mounted at the periphery of the pallet. It operates on the principle of the force exerted by the water wheel to move the pallet within the machine and so that it passes through the rotation to the center of the impeller shaft. The water wheel as the first mechanical energy source replacing human or animal power is used for different purposes such as high removal of water, milling of grains like corn, barley, wheat (water mills), etc. Such hydraulic structures made to operate and protect this system are called micro water bodies. According to the position of the paddles, there are horizontal paddle wheels and vertical paddle wheels (Abay et al., 2010).

In addition, vertical pallet wheels can be classified as above, in the middle and below according to the point which it first touches the top of the water. Horizontal water wheels do not require much equipment, so that it is particularly adapted to the grinding work by placing a millstone on the vertical shaft. Micro-water structures are made to benefit from low-flow streams. They provide electric energy up to 100 kW. Generally, it is a facility where the electricity network is not available, the installation of the system is costly and difficult and the demolition can be done to meet the basic needs of a small residential unit or facility such as a high plateau and avenue. It has recently become even more attractive for reasons such as its low environmental impact, ease of small scale energy production, practical and easy installation of the system, use of the generated energy by the people in the region and economic support for the region.

Micro-water structures are generally small-scale water power plants and they can be classified according to the criteria such as the fall height installed capacity of the installation and the network status (interconnected – isolated - independent) for water supply used (spring, transmission channels, rivers, lakes, etc.). However, installed capacity classification is often taken into consideration (Table 1).

This region is rich in water resources and in this region the water is highly being used in power and this rate has been increasing day by day recently. As the region's geographic structure is rugged, high falls occur over short distances.

Table 1. Classification of water power facilities.

Name	Installed power
Micro water structures	Up to 100 kW
Tiny water structures	100 - 500 kW
Small water structures	500 – 10,000 kW
Large water structures	> 10,000 kW

However, the rehabilitation of existing micro-water structure and repairing of the destroyed or demolished structures as a result of landslides and floods is quite difficult because of the terrain. Nevertheless, the Eastern Black Sea region is one of the areas where the micro-water structures are widely seen (Figure 2).

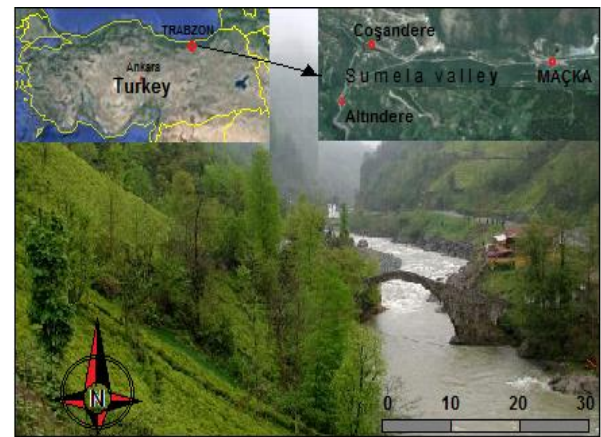


Figure 1. Study area (Sumela Valley)

The most important organization on small-scale water power plants is European Small Hydropower in Association (ESHA) and according to the classification adopted by the European Commission, small water power plants are classified as in Table 1 based on the installed capacity (Splash, 2005).

In Table 1, it is seen that the small-scale water power plants whose installed capacity is up to 100 kW is called as micro water structures (Figure 2).

These facilities can be easily installed in the riverbed of rivers, irrigation canals, weirs and on the transmission lines. The establishment and construction of the system are both practical and easy. Investment ease compared to larger plants, low environmental impact, and easiness for small-scale power generation, using the produced energy by people in rural areas and economic support to the region are among the reasons that make it attractive.



Figure 2. A view of micro-water structures in the Eastern Black Sea region (Watermill).

In addition, for the reasons such as increasing population and energy needs, they have come to the fore as clean, green, and renewable energy facilities.

The use of renewable energy sources is based on the previous century BC. In 600 BC Arabs started to use windmills. This could also be described as the invention of the mill. After 500 years from this date, water mills were started to be used in the former Yugoslavia and Albania. In the Roman Empire, it is known that water mill gear equipped was made by Vitruvius. There is very little information about the development of gear equipped watermill in the period from Vitruvius until the 12th century. One of the most important mills built in this period was a flour mill located in Barbegal (near to Arles, France). It is estimated that this mill with wood gear and 16 paddles had the water from the upside each 2 m in diameter grinding wheat for about 80 thousand people.

However, the real impact of them on the industry in the middle ages was seen in the Western European countries. After the 13th century, the water wheels having the water from the upside began to be used more widely than the water wheels having the water from the bottom. This system is also accepted as the first gear application actuated with a different power rather than manpower. This mill equipped with a paddle had the water at the bottom, as opposed to the middle or at the top impeller mills, could not benefit from the weight of water fallen. The water wheels and gear equipped mills that had the water from the upside or in the middle needed more

equipment, but as it allowed the use of any water power, this mill was also widely used.

Even today, water micro structures used in ancient times are still functional. When the studies are analyzed, it is seemed that among the places where most of the work is done for benefiting from micro water structures, there are the Far Eastern countries, India, Nepal, Pakistan, Myanmar and China (Lumin et al., 2005; Bibek, 2012; Ishara, 2001; Katmandu, the nineth plan, 2002; Shrestha et al., 2002; REDP, 1997; Adhikari, 1998).

Today, it is seen that as well as traditional practices in the villages and towns, micro-water structures are used in the operation of low-power electric generator, the evacuation of sewage and some irrigation system. 238 units of micro-water structure were developed and modernized and electricity production capacities were improved in Nepal in 2005.

Partha and Subbarao have estimated that 200.000 units of micro-water structure exist in India. Similar micro-water structures are available all over the world as the United States, Britain, Europe, Africa and the Middle East and are still used in the textile and forestry industries (Parthan and Subbarau, 2001).

In Turkey, the most comprehensive research in terms of power and energy data associated with traditional water mills was carried out especially in the Eastern Black Sea region. 2.000 micro-water structures, which were made for grinding as well as obtaining electrical power, were examined using the modern research techniques (Süme, 2009).

2. Turkey's Electricity Generated and Water Power Potential

Although Turkey's total water power potential is 433 thousand GWh/year, in the 1950s, only 800 GWh/year (Gigawatt per hour) energy was produced. According to data from the year 2006, the production was determined as 188 thousand GWh/year (Kaplan et al, 2006), in 2007 as economically calculated by the official institutions, it was estimated as 126 thousand GWh/year; in 2009, it was stated about 190-200 thousand GWh/year (Önsoy et al., 2009).

Hydroelectric power generation is about 70 thousand GWh / year; today, the ratio has reached about 151 thousand per year GWh/year. With the

installed capacity of 37 thousand five hundred MW/year (megawatts), 220 thousand GWh/year energy production per year is possible. For the reasons such as faults, maintenance, operation policy, economic stagnation, lack of demand, drought, yield and so on., 151 thousand GWh/year energy can be produced (TMMOB, 2015). As of April 2010 in Turkey, there are 74 small water power plants in the operation. Their total installed capacity is 192.95 MW and annual average production is at 722.28 GWh.

- Hydropower (Dam) 25%
- Hydropower(Streams) 10%
- Wind 5%
- Coal 20%
- Solar 1%
- Natural Gas + LNG 30%
- Thermal + Other 8%
- Geothermal 1%

In Turkey, the annual consumption of electricity per capita in the year 2004 was 2.100 kWh (kilowatt hours), while the world average was 2.500 kWh. This amount in the developed countries was 8.900 kWh; around 827 kWh in China and around 12.322 kWh in the US. When compared with other types, hydroelectric power plants have the lowest operating costs, the longest service life and maximum efficiency. There are a lot of economic, environmental and strategic reasons for Turkey to encourage prioritizing hydroelectric power plants that will use water as national resources relation to other energy alternatives. Turkey imports about 70 per cent of its energy demand. Until 2023, in order to meet the growing demand in Turkey in which about 120 billion dollars in the energy investment is needed, in electricity generation it has a share as below, (Figure 3).

The hydroelectric potential which is calculated based on the assumption that assessing all the natural flow to the country's borders or sea with 100% efficiency in a country is the gross theoretical hydropower potential of the country. However, with the existing technology it is not possible to use all available potential and the maximum potential that can be evaluated with the available technology can be called technical hydroelectric potential. Turkey's theoretical hydroelectric potential is 1% of the world theoretical potential and the economic potential is 16% of Europe's economic potential.

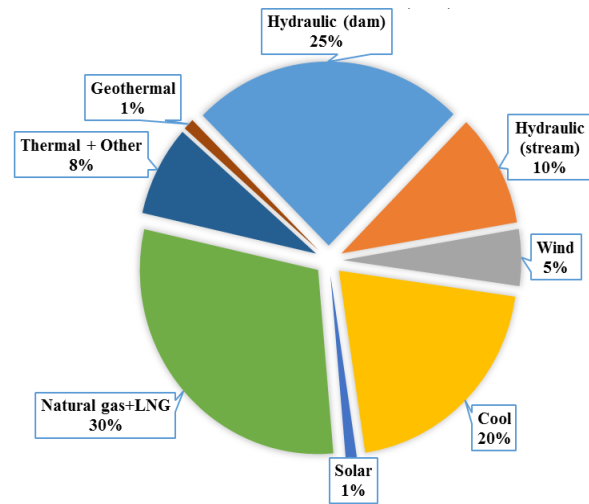


Figure 3. Percentage of electrical energy production in Turkey.

2.1. Geographical and Climatic Characteristics of the Süme Valley

Süme is within the borders of Trabzon with its 4685 km2 area in the Eastern Black Sea region in northern latitudes 40°-33° and 41°-07° and in eastern longitude 39°-07° and 40°-30°.

Gümüşhane, Giresun, and Rize are located in the south, west and east, respectively. Also, there is the Black Sea in the North. Height in the area rises starting from the sea level to the south and reaches 3000 meters (Haldizen Mountain at 3325m) (MGM, 2015). Süme Valley is a historical and touristic region. Every year dozens of domestic and foreign tourists visit there. It is on the highway of Gümüşhane-Trabzon and far 29 km from Trabzon. The area of the valley which is 365 meters above sea level is 1000 km².

The Eastern Black Sea region has the maximum rainfall in Turkey. due to the presence of the Eastern Black Sea Mountains extending near shore as set, the winter months are fairly mild compared to the other areas in the same latitude.

Downfall is usually observed as rain inshore areas and snow in the middle and higher parts. In summer, damp land masses carried out from the Black Sea leads to aerographic downfalls, often in the form of torrential rains in the coastal areas, and in the highlands continuous and abundant rains are observed. The status and total seasonal downfall are given in Table 2.

In this study, the micro- water structure in the Süme valley, which is still active and 5 other mills were selected as the sample application used for grinding. The energy potential was calculated

and the sample was created as a sustainable energy source (Süme, 2014).

Table 2. Seasonal downfall (kg/m²) distribution.

Seasons	Spring	Summer	Fall	Winter	Total
Trabzon	166.6	131.5	285.0	239.6	822.7
Maçka	223.3	136.6	167.4	166.5	693.8
Sümela (Meryemana)	291.2	266.2	204.4	145.2	907.0

3. Methods

On great rivers, identifying potential related to rivers, obtaining hydraulic data for this purpose and far projected have always been made and implemented. So, there are a lot of issues related to the method. Some methods need to be developed additionally related to small water streams and micro-water structures.

The most important aspect of that it is required to show as a significant source by making this micro-water structure from the electric potential of the small rivers. In this study, the following approach has been applied:

- It was obtained from the institutions and newsletters such as DMI, DSI and EIE that whether the region has been studied meteorologically and physically. Also if any, the flow measurement data, then the region's rainfall records and maps (Google maps, satellite maps) were acquired.
- Locations of the micro-water structures have been identified by using the 1:25000 topographic maps and the Google maps locations of MWS have been updated.
- Visiting the land with the research team, the availability of the MWS determined on the map is controlled.
- The depth of the existing transmission channel width was recorded measuring the data such as hydraulic water velocity and flow. Available measurements were made again as they are the basis of pre-feasibility studies.

Based on the obtained data micro hydro power potential was determined for each micro-water plant, 5 pieces micro-water structures were selected for the essential sampling. They were projected again, including the restoration of all data which are presented in the results table water structure, its sections and floor plans, and the section of the transmission channel (Figures 4-7).

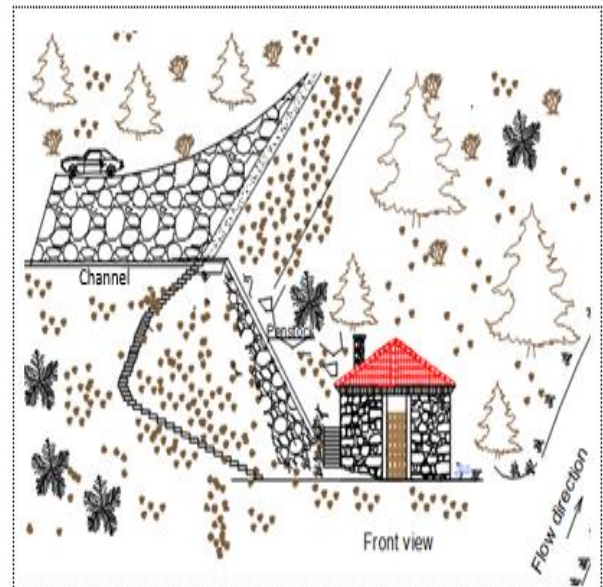


Figure 4. Front View (MWS).

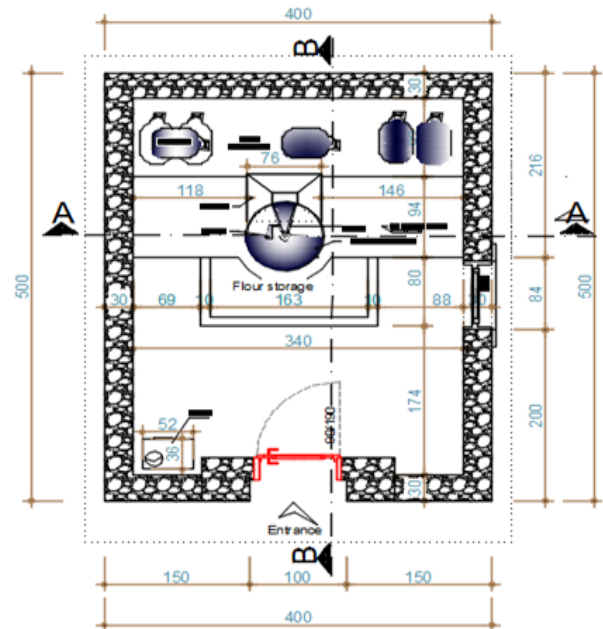


Figure 5. Floor Plan (MWS).

3.1. Determination of Estimated Energy Potential Criteria

Micro-water power potential (MWPP) requires detailed calculation, an extensive project work and dedication. The MWS results obtained in this study will provide major benefits in making the first study on the preparation of certain projects and plans. Some of the following several criteria consist of the planning of an economic plant.

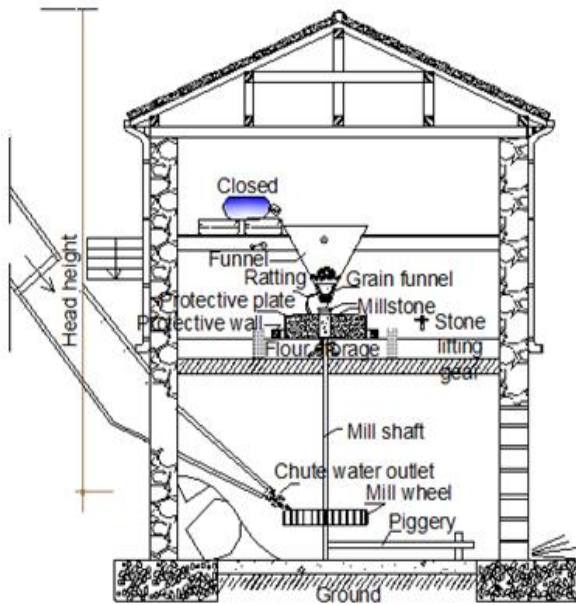


Figure 6. Cross Section (MWS).

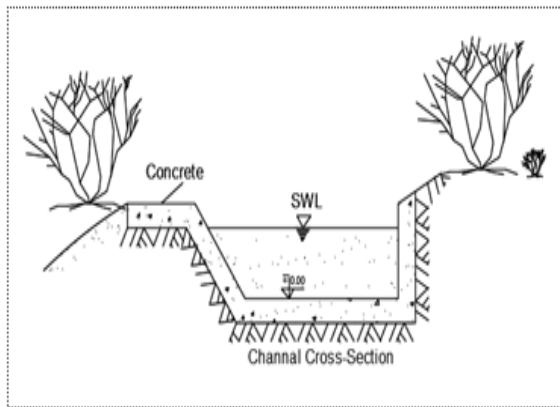


Figure 7. Channel Cross Section (MWS).

- a) Environmental (environmental impact assessment) planning,
- b) The amount of water (flow), such as falls from height and the power grid factors that should be considered,
- c) Planning the facility location, topography of the facility location and its geomorphology,
- d) Evaluation of water resources, determining the energy potential and basic drawings
- e) Technological planning (turbine, generator, control equipment, connection place and if necessary the transformer selection),
- f) Planning appropriate facility location and technology selection, accordingly developing plans,
- g) Taking necessary permits (environmental, construction and energy, power supply) and energy sales,
- h) Economically, construction costs, operating expenses and financial-maintenance-repair-control applications.

3.2. Determination of Estimated Water Power Potential

The equation (1) is used in calculating the plant flow of micro-water structure (MWS).

$$Q_0 = V_0 \cdot A_0 \quad (1)$$

Utilizing the potential power available water flow and fall height is calculated from the equation (2).

$$P = Q_0 \cdot H_0 \cdot \eta_{tur} \cdot \eta_{gen} \cdot \eta_{tra} \cdot g = Q_0 \cdot H_0 \cdot 0,81 \cdot 9,81 \approx 8 \cdot Q_0 \cdot H_0 \quad (2)$$

The concept of load factor related to the energy consumption is defined as the ratio of the average power (P_0) to the maximum (peak) power (P_a) (3).

$$Y_f = P_0/P_a = Q_0/Q_a \quad (3)$$

The energy to be generated at a certain time of water power plants can be found with (4) relation.

$$E = P_0 \cdot t = P_a \cdot t_0 = P_a \cdot t \cdot Y_f \quad (4)$$

Consequently, while planning the energy, if there is a water storage reservoir that the energy to be produced of the plant ($E = P_a \cdot t$) is certain, it is appropriate to determine the installed capacity (P_a) by choosing the average operating time (t_0) according to requirements.

To achieve the maximum energy from a stream, the minimum flow, to be provided for 365 days a year, should be selected as the installation flow of the facility. But in the days of the selected plants now flow from the installation of larger energy flow cannot be obtained from all of the flow. Therefore, corresponding to % 50 (182.5 days = 4380 hour) flow (Q_{50}) has been selected as the flow of the facility (Abay et al., 2011).

The data obtained by the measurements in the study area, and each micro-structure of the energy potentials were calculated using the above equations (Table 3). The flow rate can be increased by enlarged flow channel dimensions in Table 2 on the condition of being reformed of micro-water structures (MWS). In this case, the total potential energy is increased in 2.91 fold (Table 4).

The power of the projected micro-water structures (MWS) is calculated as approximately 150.020 kW. As channel size magnification increases, the potential electrical power output can be increased from 150.020 kWh to 437.320 kWh.

Table 3. Estimated electric power of micro-water structure (MWS).

No	Name of micro water structure	Creek name	Dimensions of channel (m)		Cross section (A _o) (m ²)	Speed (V _o) (m/s)	Flow (Q _o) (m ³ /s)	Drop (H _o) (m)	Av. effic. (η)	Grav. accel. (g) (m/s ²)	Power (P) (kWh)
			Wid.	Depth.							
1	Center (part 1)	Maçka stream	0.5	1.0	0.5	1.21	0.605	8.2	0.81	9.81	39.421
2	Center (part 2)	Maçka stream	0.5	1.0	0.5	0.98	0.49	8.2	0.81	9.81	31.927
3	Center (part 3)	Maçka stream	0.5	1.0	0.5	0.98	0.49	8.2	0.81	9.81	31.927
4	Altindere	Altın stream	0.4	0.9	0.36	1.04	0.374	7.4	0.81	9.81	22.015
5	Coşandere	Coşan stream	0.4	0.9	0.36	1.33	0.479	6.5	0.81	9.81	24.730
Total:											150.020

Table 4. Estimated electric power in MWS if the canal cross-section area is taken as 1.3m².

No	Name of micro water structure	Creek name	Dimensions of channel (m)		Cross section (A _o) (m ²)	Speed (V _o) (m/s)	Flow (Q _o) (m ³ /s)	Drop (H _o) (m)	Av. effic. (η)	Grav. accel. (g) (m/s ²)	Power (P) (kWh)
			Wid.	Depth.							
1	Center (part 1)	Maçka creek	1.3	1.0	1.3	1.21	1.573	8.2	0.81	9.81	102.490
2	Center (part 2)	Maçka creek	1.3	1.0	1.3	0.98	1.274	8.2	0.81	9.81	83.010
3	Center (part 3)	Maçka creek	1.3	1.0	1.3	0.98	1.274	8.2	0.81	9.81	83.010
4	Altindere	Altindere	1.3	1.0	1.3	1.04	1.352	7.4	0.81	9.81	79.500
5	Coşandere	Coşandere	1.3	1.0	1.3	1.33	1.729	6.5	0.81	9.81	89.300
Total:											437.320

Figure 8 can be used in turbine selection. With the drop height value in the vertical axis, the flow value on the horizontal axis is combined with the straight lines. In which area the joined point is located, one of the remaining turbines in the surrounding area can be selected. For example, get the flow 2 m³/s and the drop height 5m. The area in which they intersect gives guidance information that the one of the BANKI or KAPLAN turbines should be selected (Figure 8).

The situation described above means that the height of the water drops more than its micro-structure (MWS) is given to the energy obtained with the existing network of 82.6% of the lighting needs of centers and villages can be met.

The generated energy, even for lighting purposes, can be given to the cable car commonly used in area to carry the load or for heating purposes to the homes without giving existing network (Kösoğlu, 2009; EMO, 2007). The most important thing is the economic superiority that is ensured.

Key factors to overcome the energy crisis in our country are the use of renewable energy sources.

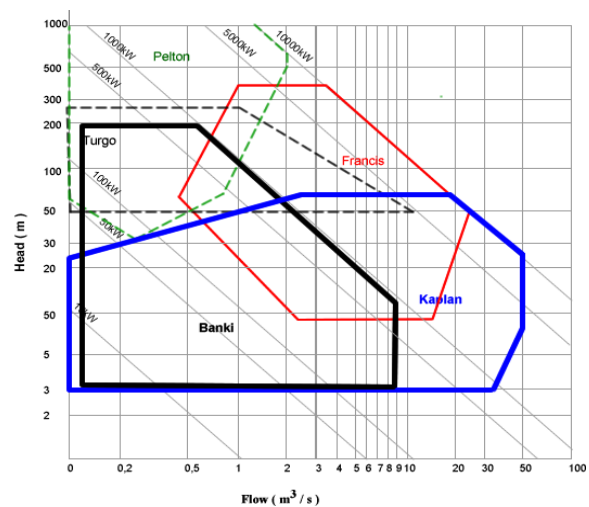


Figure 8. Turbine selection (Kaplan türbine, bounded area with blue line) (flow 0 to 50 m³/s., head 0 to 200 m).

One of the most important advantages of these resources is our hydro-electric potential. Thus it is created a steady source of energy (Kirtay, 2011; Kocaer and Ahıskalı, 2011; Aras, 2012).

With this project, the destruction in the forests for heating can be prevented. Also as the local community will benefit from the energy derived from the region, it would contribute to the region's economy. The actual amount of water used in electricity production in our country is 35%. The remaining 65% of our water resources is still not available.

This potential can be used with only small and very small power plants. Filling this space with micro-water structures (MWS) is an unavoidable fact. The most appropriate turbine type can be used to generate electricity in micro water structures (MWS) is Kaplan-Banki turbine (Figures 8,9), (IJRET, 2011; Özdemir et al., 2006; Jiandong et al., 1997; Leckscheidt and Tijaroko, 2002; Öziş, 1991; Demirbaş, 2001; Süme and Koçyiğit, 2012).

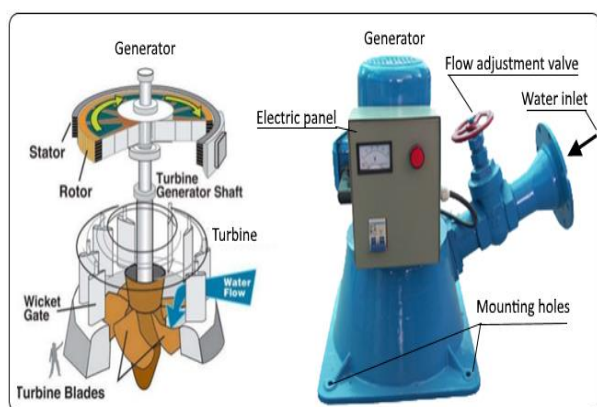


Figure 9. An example of a Kaplan turbine section and picture

4. Results and Discussion

With the using (MWS) micro-water structures electricity generation is growing along the worldwide so micro-water structures (MWS) method of power generation is simple, easy and cheap. Thus it is very important to inform people about this form of electricity generation.

Micro-water structure ((MWS) is an indigenous resource. It can be easily used in rural areas, not included in the normal power grid from the local environment. This system can work wherever appropriate or a regular flow is available though it is necessary to make an arrangement that will be at least 1 meter drop height for the operation of the water turbine system this value can go up to

head height of 8-10 meters in Sümela valley. For a house, power less than 1 kwh is more than enough in most cases. Generally, micro-hydroelectric plant will pay for itself in a period of approximately 4 years and at the same time becomes a source of energy that is more cost-effective and environmentally friendly.

With these aspects of renewable and harmless for the environment indications of this situation that, local people are start to produce their own energy locally by building turbines in many houses and even the companies in small creeks. Because of the potential power of water in Turkey and in the world, people consider the water as an important resource. The tendency for that resource is increasing day by day. As a result, the energy obtained from renewable energy sources are used in homes and industrial areas on a daily basis. Therefore, it is clear that new and more efficient renewable energy sources must be found, especially where micro water bodies in the region (MWS) using micro-scale hydro-electricity generation remains as a great alternative.

In this study, downfall data on micro water structure (MWS) in order to generate electrical energy which were obtained by measuring and calculating the amount of energy are given in Table2. Energy that can be obtained by enlarged dimensions of available channels is given in Table3. It is possible to apply this sample micro-water structure to the whole region given the view of in figure 5. According to the increase in flow energy charts in the fall of four different head height and the amount of energy obtained, turbine selection is made and Kaplan-Banki turbine have been selected as the most appropriate turbine for the production in Turkey.

As a result, annual electricity consumption in Maçka for the purpose of lighting is 1.48296 million kWh in the city center and the monetary value of that is £ 497.825 and in its villages the consumption is 3.090.773 kWh, the monetary equivalent of this is £ 961.163. In total, it is 4.573.733 kWh and monetary value is £ 1.440.988. For centers and villages 381.144.42 kWh is spent monthly on average and so it is £ 120.082. The heating is based on coal and wood (Aydın, 2015).

5. Conclusions

In micro-water structures (MWS) worked with per height is between 6.5-8.2 meters. Kaplan-Banki turbines can be used up to 200 meters height of

fall. This micro water structures in its current form is about 150.020 kWh electric can generate. But if the channel dimensions are enlarged, the electricity production of these plants can be increased to 455.945 kWh. This means that approximately 540 households consuming 200 kW per month can benefit from this energy. If upgraded that canal dimensions, the energy is increased by 3 times and it is approximately 1600 households benefit from this energy. It is understood that such a great potential is not used when it is thought that there are 2000 micro-water structures (MWS) in the Eastern Black Sea region as a renewable energy source. These micro-water constructions need to be started to building quickly generate electricity. Installation and operating costs are low. Since the energy obtained will be used by the local people, a great contribution will be made to family economies.

Considering our country's growing need for more energy, this energy to be generated should not be underestimated. Moreover, existing micro-water structures (MWS) should be preferred to non-renewable energy sources as they are environmentally friendly, and have no harmful effects to the environment. In micro-water structures (MWS) worked with per drop is between 6.5-8.2 meters. Kaplan-Banki turbines can be used up to 25 meters height of fall. This work in its current form is about 150.020 kWh, but the channel's potential is calculated as 455.945 kWh if the dimensions enlarged. Considering our country's growing need for more energy, this energy to be generated should not be underestimated. Moreover, existing micro-water structures (MWS) should be preferred to non-renewable energy sources as they are environmentally friendly, and have no harmful effects to the environment.

Notation

E: Energy generated in a given time interval [kWh],
Q₀: Average useful flow of water [m³/s],
Q_a: The maximum (peak) flow of water [m³/s],
V₀: The average speed of the water [m/s],
A₀: Cross-sectional area of flowing water [m²],
P₀: Average power [kW],
P_a: The maximum power [kW],
H₀: Net fall height [m]
t: Specific time [hour]
t₀: Average working time [hour]
Y_f: Load factor (It is a theoretical value taken in situations such as reduction and multiplication of production)
η_{tur}: Turbine efficiency

η_{gen}: Generator efficiency
η_{tra}: Transformers efficiency
η: Shows average efficiency $(\eta_{tur} + \eta_{gen} + \eta_{tra})/3$.
g: Gravitational acceleration [m/s²]

Acknowledgement

The field data collection and initial data analysis was held in conjunction with municipal engineers and in RTEÜ, Department of Civil Engineering, Hydraulic Main Branch Assistans. The experiments were conducted on the traditional water mill in RTEU Scientific Research Center Laboratory is operated employes by special a firm. Thanks to all of them.

References

- Abay, O., Baykan, N.O., and Yaşar, M., 2010. Küçük su kuvvetinin Türkiye'deki durumu üzerine bir değerlendirme, *vi. Ulusal hidroloji kongresi bildiriler kitabı*, Pamukkale Üniversitesi, s. 933-942, Denizli.
- Abay, O., Yaşar, M, and Baykan, N.O., 2011. Türkiye'nin mikro su kuvveti potansiyelinin belirlenmesi, II. Su Yapıları Sempozyumu, Diyarbakır.
- Adhikari, D.,P., 1998. Financing renewable energy technologies in Nepal.
- Aras, E., 2012. The role of nuclear and hydropower energy in Turkey energy policies, *Silascience.com*, 29, 1, 549-562.
- Aydın, M., 2015. Maçka enerji tüketim istatistikleri, Çoruh EDAŞ Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon.
- Bibek, R.K., 2012. Opportunies and challenges of traditional water mills climate change mitigation with local communities and indigenous peoples: practices, lessons learned, and prospects cairns, CRT Nepal, Australia.
- Demirbaş, A., 2001. Future energy sources: Energy Conversion and Management, Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey, *Silascience.com*, 42, 10, 1239–1258.
- EMO, 2007. Trabzon şubesi, Doğu Karadeniz bölgesi enerji forumu, Trabzon.

- IJRET, (Int. J. Renewable Energy Technology), 2011. Vol. 2, No. 1, 23 Copyright © Inderscience Enterprises Ltd., Sustainable rural energy: traditional water wheels in Padang (PWW), Indonesia.
- Ishara, M., 2001. CES: A Profile, Center for energy studies, institute of engineering, Tribhuvan University, Kathmandu, Nepal.
- Jiandong, T., Naibo, Z., Xianhuan, W., Jing, H., and Huisten, D., 1997. Mini hydropower, John Wiley & Sons, England, 312 p.
- Kaplan, H., Üçüncü, O., Saka, F., Kankal, M., and Yüksek, O., 2006. Türkiye'nin küçük ölçekli hidroelektrik enerji potansiyeli ve doğu karadeniz bölgesi örneği, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, s. 605-613, Isparta.
- Kathmandu, The Nineth Plan (1997-2002). His Majesty's Government, National Planning Commission, Nepal.
- Kirtay, E., 2011. The role of renewable energy sources in meeting Turkey's electrical energy demand, Energy Educ. Sci. Tech-A, 27, 1, 15-30.
- Kocaer, M., and Ahıskalı, A., 2011. Importance hydropower resources of Turkey, Energy Educ. Sci. Tech-A, 395-400.
- Kösoğlu, H., 2009. Elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımı, Ders notları, RÜ, RMYO, Elk. Ener. Bl., Rize.
- Leckscheidt J., and Tjaroko T.S., 2002. Overview of mini and small hydropower in Europe, ASEAN Centre for Energy, Jakarta, Indonesia.
- Lumin K.S., Ganesh R.S., and Rajeev M., 2005. Improving traditional water mills, Leisa Magazine, Nepal.
- MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015. Son 30 yıllık yağış miktarları, Trabzon, www.mteor.gov.tr.
- Önsoy, H., Akpınar, A., Kömürcü, M.İ., and Kankal, M., 2009. Türkiye'de hidroelektrik enerji alanındaki gelişmeler ve 4628 sayılı yasa, IV. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü, s. 501-510, İstanbul.
- Özdemir, M.T., Gençoğlu, M.T., and Cebeci, M., 2006. Küçük hes'lerde klasik türbin yerine banki türbini kullanmanın sağladığı avantajlar, FÜ, Müh. Fak. Elk., Elt., Müh. Bl., Sem., Elazığ.
- Öziş, U., 1991. Su kuvveti tesislerinin planlama esasları, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları No: 197, 317 s., İzmir.
- Parthan, B., and Subbarao, S., 2001. From age old watermills to modern energy and information technologies, IT power India: Pondicherry, India.
- REDP, 1997. Rural energy development program, Annual report, Nepal.
- Shrestha, J., Bajracharya, T.R., and Vaidya, B., 2002. Role of renewable energy technologies for rural development, Proceedings of International Conference, Institute of Engineering, 126-129, TU, Nepal.
- SPLASH, 2005. Spatial plans and local arrangement for small hydro guidelines for micro hydro power development, 48 p.
- Süme, V., 2009. Nehir tipi HES'lerin enerji potansiyeli, Rize Üniversitesi, RMYO, İnş. Tek. Bl., Rize.
- Süme, V., 2014. Determine the production potential of the energy of traditional water mill around the Salarha valley, International Refereed Journal of Engineering And Sciences, Civil Engineering, Issue: 01 Volume: 01, ID:01 K:18, İstanbul.
- Süme, V., and Koçyiğit, N., 2012. The determination of energy prduction potential of traditional water mills in the district of Kalkandere in Turkey, Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research, Volume (issue) Special Issue: 661-666.
- TMMOB, 2015. Elektrik Mühendisleri Odası, TEİAŞ, Ankara.

Aşındırıcı Türü ve Boyutunun Otomotiv Fren Balatalarının Sürtünme-Aşınma Performansına Etkisi

Effect of Abrasive Type and Size on the Friction-Wear Performance of Automotive Brake Friction Materials

Bülent ÖZTÜRK*

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 19.09.2017 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 12.04.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 16.04.2018

Öz

Bu çalışmada, aşındırıcı türü ve tane boyutunun otomotiv fren balatalarının sürtünme-aşınma özelliklerine etkisi incelenmiştir. Numune üretiminde farklı tür ve boyut aralıklarına sahip Al_2O_3 , SiC ve B_4C seramik tozlar kullanılmıştır. Numunelerin sürtünme ve aşınma davranışları, Chase tipi deney cihazında SAE J661 test prosedürüne uygun olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, en yüksek sürtünme katsayısının Al_2O_3 içeren A63 kodlu numunede 0,61, en düşük sürtünme katsayısının ise SiC içeren S63 kodlu numunede 0,489 olduğu görülmüştür. B_4C içeren B90 kodlu numune en fazla aşınma direnci sergilemiştir. Artan aşındırıcı tane boyutuyla numunelerin sürtünme katsayıları artarken özgül aşınma miktarları azalmıştır. Numunelerin aşınma davranışlarının ve mekanizmalarının ortaya konulması amacıyla da numune aşınma yüzeyleri ve aşınma parçacıkları taramalı elektron mikroskopuyla incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Aşındırıcı türü ve boyutu, Fren balatası, Sürtünme-aşınma

Abstract

This study investigated the effects of abrasive type and particle size on the friction-wear characteristics of automotive brake friction materials. The Al_2O_3 , SiC and B_4C ceramic powders with different type and particle size were used as abrasive. Friction tests were performed on a Chase friction material testing machine according to the brake lining quality test procedure as per SAE J661. The composites were contained typical ingredients for commercial brake friction materials. The results showed that the highest and the lowest friction coefficients were recorded as 0.61 and 0.489 for Al_2O_3 containing A63 and SiC containing S63 coded samples. The B90 coded composite containing B_4C showed the highest wear resistance. The friction coefficient of the composites increased and the specific wear rate decreased with increasing abrasive particle sizes. In order to reveal the wear behavior and mechanism, the worn surfaces of the composites as well as wear debris were examined under scanning electron microscopy.

Keywords: Abrasive type and size, Friction materials, Friction-wear

* Bülent ÖZTÜRK; bozturk@ktu.edu.tr; Tel: (0462) 377 35 77; orcid.org/0000-0002-8836-572X

1. Giriş

Bir fren sisteminin ana fonksiyonu hareket halindeki bir aracı güvenli bir şekilde yavaşlatmak veya tamamen durdurmaktır. Bu esnada aracın kinetik enerjisi, disk ve balata arasında oluşan sürtünme işi tarafından ısıya dönüştürülür (Ji vd., 2017; Bijwe, 1997).

Araç fren sistemlerinde kullanılan balatalar (sürtünme malzemeleri) değişken sıcaklık, hız, basınç ve çevre koşullarında kararlı ve yüksek sürtünme katsayısına, iyi bir aşınma direncine, yeterli dayanıma ve frenleme sırasında ses ve titreşim oluşturmama gibi özelliklere sahip olması gerekir (Satapathy ve Bijwe, 2005; Kim vd., 2001; Cai vd., 2015a; Öztürk vd., 2013). Balataların frenleme sırasındaki ortaya koyduğu performansları ise kendilerini oluşturan bileşenlere bağlıdır. Günümüzde fren balatalarının üretiminde yüzlerce farklı çeşit bileşen kullanılmaktadır. Kullanılan bu bileşenler genel olarak dört ana gruba ayrılır. Bunlar; bağlayıcı malzemeler, takviye ediciler (güçlendiriciler), dolgu malzemeleri ve sürtünme ayarlayıcılar (düzenleyiciler) şeklindedir. Bağlayıcı malzemeler, balatayı oluşturan bileşenleri bir arada tutmak ve kararlı bir matris oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Bağlayıcı olarak en sık kullanılan bileşen ise fenol-formaldehit reçinesidir ve sönümlemeyi arttırmak amacıyla balatalarda lastik tozu ile birlikte kullanılır. Takviye ediciler farklı tür elyaflar olup, balataya istenen mekanik dayanım, termal kararlılık, aşınma direnci ve sürtünme sağlarlar. Takviye edici malzemeler olarak genellikle cam yünü, taş (kaya) yünü, çelik yünü, seramik ve aramid (Kevlar) elyaflar tek başına veya farklı kombinasyonlarda birlikte bir arada kullanılırlar. Dolgu malzemesi, öncelikle maliyeti azaltmak amacıyla balatada boşluk doldurucu olarak görev yaparlar. Mika, talk, vermikülit ve barit en çok kullanılan dolgu malzemeleridir. Sürtünme düzenleyiciler, balatanın sürtünme ve aşınma özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılırlar. Düzenleyiciler, yağlayıcı ve aşındırıcılar olmak üzere iki kısma ayrılır. Yağlayıcılar, balatalarda yüksek sıcaklıklarda sürtünme katsayısını stabilize etme, aşınma miktarını kontrol etme, gürültüyü azaltma ve titreşim sönümlüme amacıyla kullanılmaktadır. Aşındırıcılar, balataya yüksek ve kararlı bir sürtünme katsayısı sağlamak için katılırlar. Balataların üretiminde farklı tür ve boyut aralığına sahip seramik esaslı aşındırıcılar kullanılmaktadır (Bijwe, 1997; Singh vd., 2017; Gurunath ve Bijwe, 2007; Cai, vd., 2015b). Aşındırıcı malzemeler, balata malzemesinin sürtünme

katsayısını arttırdığı gibi karşı yüzeyin aşınmasını da arttırır. Aşındırıcılar, genellikle 7-9 Mohs sertlik değerine sahip malzemelerdir. Bu malzemeler, frenleme esnasında balatanın yüzeyinde meydana gelen sürtünme filmi ortadan kaldırırlar. Balata malzemesinde aşındırıcı olarak genellikle alüminyum oksit, silisyum karbür, zirkonyum oksit, zirkonyum silikat ve bor karbür kullanılmaktadır (Chan ve Stachowiak, 2004).

Kim ve arkadaşları, SiC, ZrSiO₄, SiO₂ ve MgO içeren farklı aşındırıcıların balata malzemelerinin sürtünme performansına etkisini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlardan aşındırıcıların numunelerin sürtünme performansına, aşınma miktarına ve stick-slip (kay-dur) mekanizmasında önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür. Maksimum ve minimum sürtünme katsayılarının sırasıyla SiC ve MgO içeren numunelerde olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, SiC içeren numunenin frenleme esnasında mikro kesme davranışı göstererek şiddetli stick-slip olayı ve yüksek ses meydana getirdiği de belirtilmiştir (Kim vd., 2011). Diğer bir çalışmada Lee ve bir grup araştırmacı, ince ve iri taneli ZrSiO₄ ve SiO₂ içeren dört farklı numunenin sürtünme ve aşınma davranışlarını incelemişlerdir. SiO₂ içeren numunenin sürtünme katsayısının her iki tane boyutunda da, ZrSiO₄ içeren numuneye göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Lee vd., 2010). Boz ve Kurt fren balatalarının sürtünme performansına ZrSiO₄ aşındırıcı parçacığın etkisini araştırmışlardır. Çalışmada aşındırıcı parçacık oranı %0-6 aralığında sabit tutulmuştur. En yüksek sürtünme katsayısı %5-6 aşındırıcı içeren numunede elde edilirken, en yüksek aşınma oranı ise aşındırıcı içermeyen numunede elde edilmiştir (Boz ve Kurt, 2007). Diğer bir çalışmada Cho ve arkadaşları, ortalama 1µm, 6 µm, 75 µm ve 150 µm boyutlarına sahip ZrSiO₄ parçacık kullanarak üretilen balata malzemesinin tribolojik özelliklerine aşındırıcı boyutunun etkisini ortaya koymuşlardır. İri taneli zirkon içeren numunenin temas yüzeyinde oluşan kararlı sürtünme filmi sayesinde en iyi sürtünme ve en düşük aşınma sergilediği görülmüştür. Bununla birlikte, nispeten ince taneli zirkon içeren numunelerin ise geçici sürtünme filmi nedeniyle şiddetli aşınma ve zayıf sürtünme performansı gösterdiği belirtilmiştir (Cho vd., 2008). Tomasek ve bir grup araştırmacı, farklı oranlarda (%0, 3,4, 5,6, 9 ve 14,6) Al₂O₃ ilavesinin numunelerin sürtünme ve aşınma davranışına etkisini belirlemişlerdir. Çalışmalarında en iyi sürtünme ve aşınma performansının %5,6 oranında Al₂O₃ içeren numunede olduğunu tespit etmişlerdir (Tomasek vd., 2009). Etemadi

ve arkadaşları, nano boyutlu Al_2O_3 parçacıklarının numunelerin sürtünme katsayısını düşürdüğünü, aşınma dayanımını arttırdığını ifade etmişlerdir (Eemadi vd., 2014). Ma ve diğerleri, $ZrSiO_4$ ' ın fren balatalarının performansına etkisini incelemişler ve $ZrSiO_4$ ' ün sürtünme katsayısını arttırdığını belirtmişlerdir (Ma vd., 2008). Diğer bir çalışmada Sun ve diğerleri, SiO_2 parçacık boyutunun polimer esaslı fren balatalarının performansına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada 5 farklı boyutta SiO_2 parçacık (10 μm , 80 μm , 180-700 μm , 700 μm -2 mm ve 3 mm) kullanılmıştır. Parçacık boyutunun artmasıyla birlikte sürtünme katsayısı artmış daha sonra ise düşmüştür. En yüksek sürtünme katsayısı 80 μm aşındırıcı parçacık boyutuna sahip numunede elde edilmiştir (Sun vd., 2018). Sürtünme malzemelerinin fiziksel ve tribolojik özelliklerine farklı whiskerslerin (potasyum titanat, magnezyum borat ve kalsiyum sülfat) etkisinin araştırıldığı diğer bir çalışmada Zhu vd., potasyum titanatın aşınma direncini en fazla geliştirdiği buna karşılık kalsiyum sülfatın en yüksek sürtünme katsayısı ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir (Zhu, 2011).

Literatürde aşındırıcı konusu ile ilgili yapılan çalışmalar daha ziyade farklı tür aşındırıcıların balataların performansına etkisi şeklindedir. Ancak bu çalışmalarda, aşındırıcı boyutunun balataların sürtünme ve aşınma performansına etkisi incelenmemiştir. Yapılan bu çalışma ile

hem aşındırıcı türünün hem de aşındırıcı boyutunun balatanın performansına etkisi ortaya konmuştur.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Balata Numunesi Üretimi

Balata numunesi üretiminde bağlayıcı olarak fenolik reçine, takviye malzemesi olarak Kevlar ve Lapinus RB220 elyafı, dolgu olarak vermikülit, kalsiyum karbonat ve bronz, yağlayıcı olarak ise h-BN kullanılmıştır. Aşındırıcı olarak farklı tür ve boyut aralığına sahip seramik tozlar kullanılmıştır. Numune kodları ve numune üretiminde kullanılan bileşenlerin hacim oranları Tablo 1' de verilmiştir. Üretimde aşındırıcı türü ve aşındırıcı boyutu değişken olarak alınıp balatayı oluşturan diğer bileşenler sabit tutulmuştur. Balata numuneleri üç grup (A, S ve B şeklinde) halinde üretilmiştir. Aşındırıcı olarak partikül şeklinde, A grubu numunelerde Al_2O_3 , S grubu numunelerde SiC ve B grubu numunelerde B_4C seramik tozları kullanılmıştır. Belirlenen oranlarda hazırlanan karışım yüksek hızlı bir mixer içerisinde 3-4 dakika karıştırılmıştır. Karışımlar 25 MPa basınç ve 150 °C sıcaklıkta 15 dakika süreyle preslenmiştir. Presleme işleminin ardından sertleşmenin tamamlanması için numuneler fırında 180 °C sıcaklıkta 5 saat boyunca kütleme işlemine tabi tutulmuştur.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan balata malzemesinin bileşen ve oranları

Gruplar	Numuneler	Kompozisyon (% hacimsel olarak)							
		Ort. tane boyutu ($\square m$)	Aşındırıcılar			Reçine	Elyaf	Yağlayıcı	Dolgu M.
			Al_2O_3	SiC	B_4C				
A	A25	23	5	-	-	25	27	5	38
	A63	60	5	-	-	25	27	5	38
S	S63	53	-	5	-	25	27	5	38
	S90	85	-	5	-	25	27	5	38
B	B25	22	-	-	5	25	27	5	38
	B90	85	-	-	5	25	27	5	38
	B180	145	-	-	5	25	27	5	38

2.2. Test Düzenegi

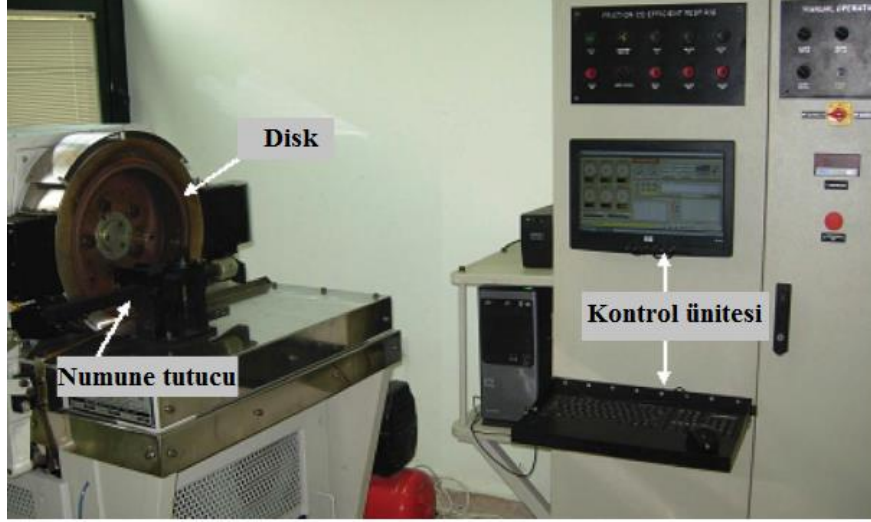
Numunelerin sürtünme ve aşınma davranışları Chase tipi test cihazında SAE J661 test prosedürüne uygun olarak tespit edilmiştir. Testler için kullanılan cihazın resmi Şekil 1'de gösterilmiştir. Cihaz temel olarak 3 ana kısımdan

oluşmuş olup bunlar numune tutucusu, disk ve kontrol birimi şeklindedir. Test cihazında 25 mm x 25 mm x 7 mm boyutlarına sahip balata numuneleri kullanılmıştır.

Sürtünme ve aşınma testinin uygulama aşamaları ve işlem basamakları Tablo 2' de verilmiştir.

Numune üzerine uygulanan yük pnömatik bir sistem tarafından sağlanmaktadır. Uygulanan yük ve disk (tambur) devir sayısı, yanma ve düzenleme aşamaları hariç sırasıyla 670 N ve 411 dev/dk şeklindedir. Test süresince disk sıcaklığı,

diskin çevresine yerleştirilmiş rezistanslar ve hava soğutma sistemi tarafından otomatik olarak kontrol edilmekte ve böylece istenen sıcaklıklara ayarlanmaktadır. Test sonuçları, sürtünme-aşınma test cihazına bağlı bir bilgisayardan alınmaktadır.



Şekil 1. Sürtünme-aşınma test cihazı (Chase tipi)

Tablo 2. Sürtünme ve aşınma testi uygulama aşamaları

Blok	Disk devir sayısı (devir/dk)	Disk sıcaklığı (°C)			Uygulanan yük (N)	Yükleme		Yük kaldırma		Çevrim sayısı
		Min.	Mak.	Artış		Dak.	Sn.	Dak.	Sn.	
Yanma	308	-	93	-	450	20	-	-	-	1
Düzenleme	205	82	93	-	230	5	-	-	-	1
1.Alıştırma	411	82	104	-	670	-	10	-	20	20
1.Yorma	411	82	289	28	670	10	-	-	-	1
1.Toparlama	411	261	93	56	670	-	10	-	-	1
Aşınma	411	193	204	-	670	-	20	-	10	100
2.Yorma	411	82	345	28	670	10	-	-	-	1
2.Toparlama	411	317	93	56	670	-	10	-	-	1
2.Alıştırma	411	82	104	-	670	-	10	-	20	20

Sürtünme ve aşınma deneyleri yanma (burnish), düzenleme (reset), 1.alıştırma (baseline I), 1.yorma (fade I), 1.toparlama (recovery I), aşınma (wear), 2.yorma (fade II), 2.toparlama (recovery II) ve 2.alıştırma (baseline II) kısımlarından oluşmaktadır. Numune özgül aşınma değerleri, denklem (1) de verilen formülle hesaplanmıştır (Vishwanath vd., 1991).

$$\dot{W}_s = \Delta m / \rho \cdot F_n \cdot L \quad (1)$$

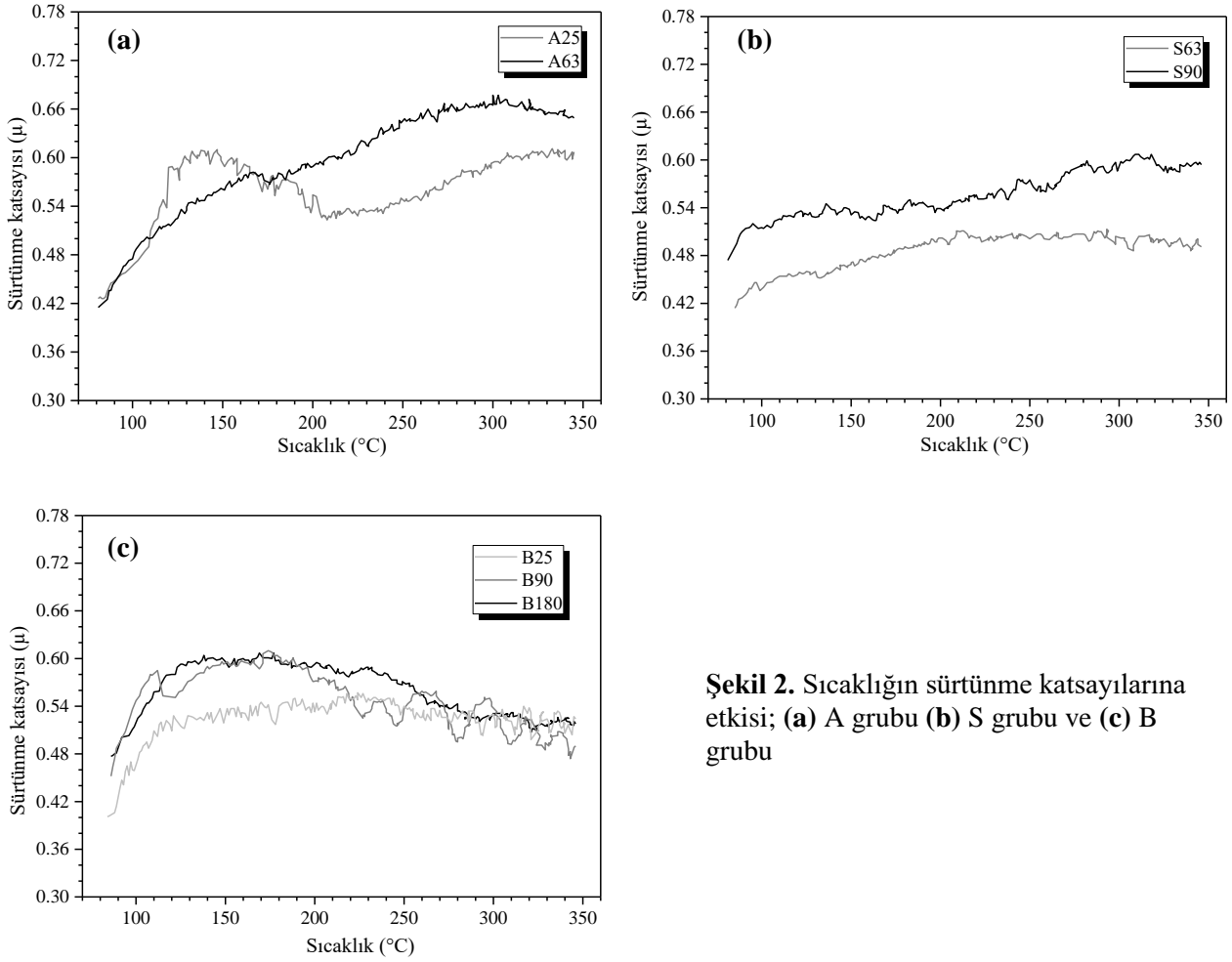
Burada; \dot{W}_s özgül aşınma miktarı (mm^3/Nm), Δm numune ağırlık kaybı (mg), ρ yoğunluk (g/cm^3),

F_n uygulanan yük (N), L kat edilen toplam yol (m)'dir. Aşınma yüzeylerin ve aşınma parçacıkların analizi Zeiss Evo LS10 model taramalı elektron mikroskopunda, aşınma parçacıkların boyut analizi ise Malvern Mastersizer 2000 cihazında yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Sürtünme Performansı

A, S ve B grubu numunelerin sürtünme katsayılarına disk sıcaklığının etkisi sırasıyla Şekil 2 (a-c)' de gösterilmiştir. Burada disk devir sayısı 411 d/dk ve uygulanan yük 670 N şeklindedir.



Şekil 2. Sıcaklığın sürtünme katsayılarına etkisi; (a) A grubu (b) S grubu ve (c) B grubu

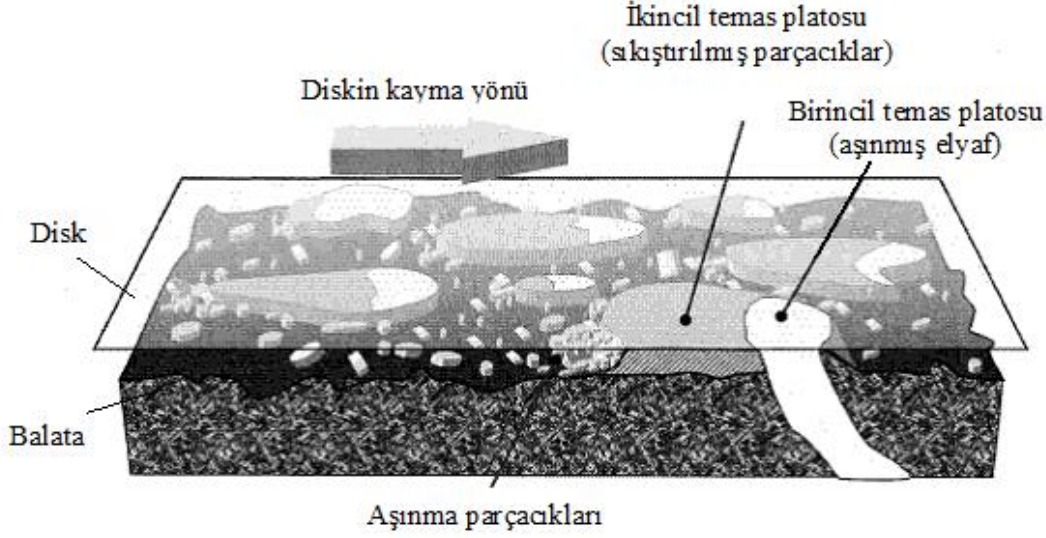
Şekil 2(a)' da görüldüğü gibi A25 kodlu numunenin sürtünme katsayısı deney başlangıcından 140 °C disk sıcaklığına kadar sürekli bir artış göstermiş daha sonra artan disk sıcaklığı birlikte bir miktar düşmüştür. Sürtünme katsayısı 200 °C disk sıcaklığından deney sonuna kadar tekrar yükselmiştir. A25 kodlu numunenin deney başlangıcındaki sürtünme katsayısı yaklaşık 0,42 iken bu değer deney sonucunda 0,60 olarak elde edilmiştir. Nispeten daha iri taneli Al_2O_3 içeren A63 kodlu numunenin sürtünme katsayısı test başlangıcında yaklaşık 0,42 iken bu değer disk sıcaklığının 300°C'ye artmasıyla birlikte 0,66 değerine ulaşmış olup, deney sonucunda bu değer 0,65 olarak elde edilmiştir. S63 kodlu numunenin sürtünme katsayısı 210 °C disk sıcaklığına kadar sürekli bir artış göstermiş daha sonra deney sonuna kadar sürtünme katsayısı yaklaşık olarak sabit kalmıştır. Diğer taraftan S90 kodlu numunenin sürtünme katsayısı deneyin başlamasıyla birlikte sürekli bir artış göstermiş ve bu durum deney sonuna kadar devam etmiştir. S63 ve S90 kodlu numunelerin deney başlangıcındaki sürtünme katsayıları sırasıyla yaklaşık 0,41 ve 0,47 iken deney sonucunda bu

değerler sırasıyla 0,48 ve 0,59 olarak bulunmuştur (Şekil 2(b)). B grubu numunelerde (Şekil 2(c)) ise en ince boyutta B_4C içeren B25 numunesinin sürtünme katsayısı deney başlangıcından 180 °C disk sıcaklığına kadar yükselmiş ve artan test süresiyle birlikte deney sonuna kadar sabit kalmıştır. Diğer taraftan B90 ve en büyük boyutta B_4C içeren B180 kodlu numunelerin sürtünme katsayısı ise deneyin başlamasıyla birlikte 180 °C disk sıcaklığına kadar artmış ancak artan sıcaklıkla birlikte deney sonuna kadar sürekli olarak azalmıştır. B25, B90 ve B180 kodlu numunelerin deney başlangıcındaki sürtünme katsayıları yaklaşık 0,40, 0,45 ve 0,48 iken deney sonucunda bu değerler sırasıyla 0,52, 0,49 ve 0,52 olarak elde edilmiştir.

A, S ve B grubu numunelerin sürtünme katsayıları deney başlangıcıyla birlikte artan sıcaklıkla artmıştır. Bunun nedeni numune yüzeyinde temas platolarının oluşması ve buna bağlı olarak numune ve karşı yüzey arasındaki gerçek temas alanının artmasıdır. Platolar, birincil plato ve ikincil plato olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 3). Yüksek aşınma direncine ve yüksek mukavemete sahip birincil

platolar genellikle elyaflardan ve aşındırıcı parçacıklardan meydana gelir. Bu parçacıklar, balatanın aşınan kısmı üzerinde engeller oluşturarak ikincil platoların oluşmasına önemli oranda katkı sağlarlar (Eriksson ve Jacobson, 2000; Neis vd., 2017). Deneyin başlangıç

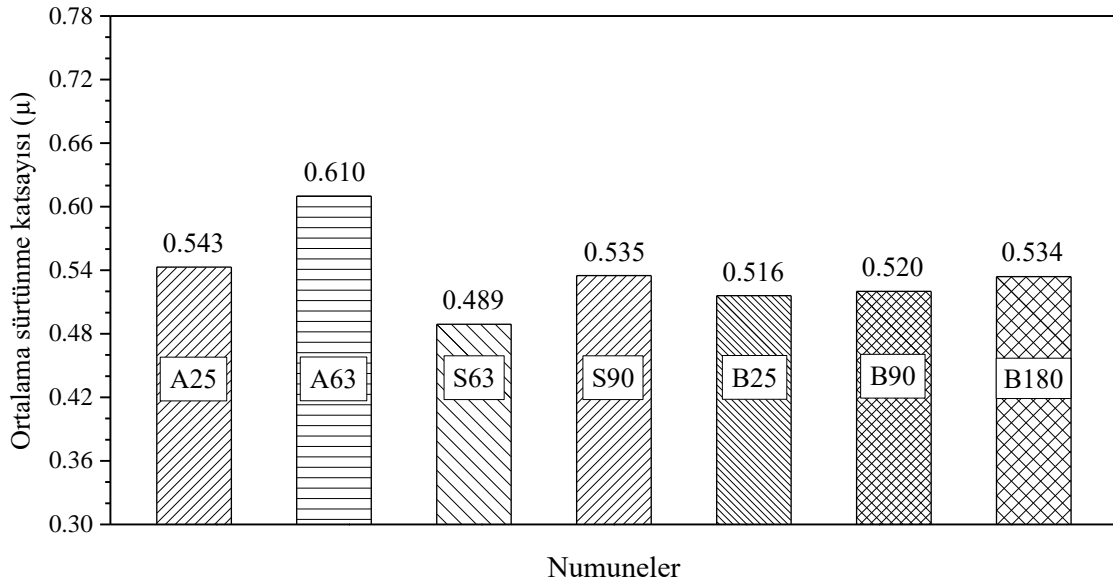
aşamasında sürtünme, genellikle matris ve karşı yüzey (disk) şeklinde olur. Ancak artan zaman ve sürtünme ısıyla matriste aşınma meydana gelerek elyaflar numune yüzeyine çıkar. Bunun sonucunda sürtünme büyük oranda elyaf ve disk arasında meydana gelir.



Şekil 3. Balata ve disk arasındaki temas durumunun şematik gösterimi (Eriksson ve Jacobson, 2000).

A, S ve B grubu numunelerin sürtünme katsayılarının ortalama değerleri Şekil 4’ de verilmiştir. Numunelerin ortalama sürtünme katsayılarının hesaplanmasında Tablo 2’ de verilen 10 farklı sürtünme katsayısının aritmetik ortalaması kullanılmıştır. Bunun için sıcaklıklar ise 1.toparlama 204 ve 149 °C, 2.yorma 232, 260, 288, 316 ve 343 °C ve 2.toparlama 260, 204 ve

149 °C şeklindedir. Şekil 4’ de görüldüğü gibi bütün numune grupları için ortalama sürtünme katsayısı artan aşındırıcı boyutu ile artmıştır. Bu artış en fazla A grubu numunelerde meydana gelmiştir (%12,33). Diğer taraftan aynı aşındırıcı boyutu göz önüne alındığında A grubu numunelerinin en yüksek sürtünme katsayısına sahip olduğu görülür (Şekil 4).

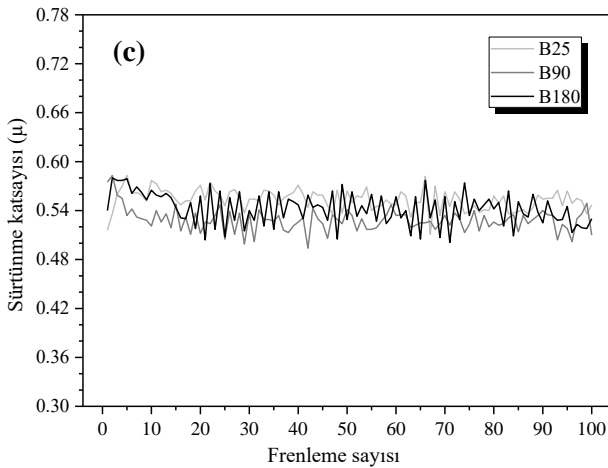
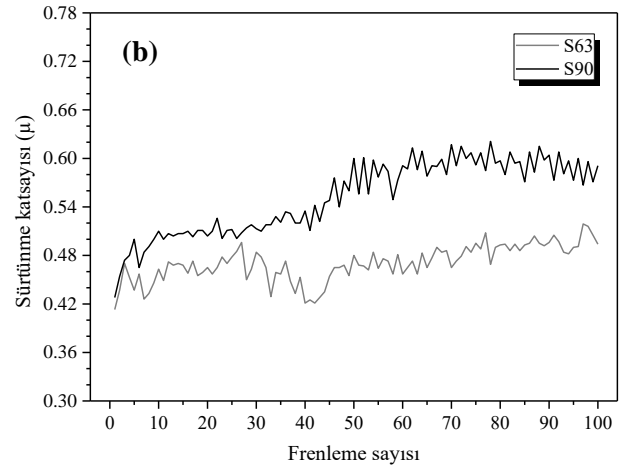
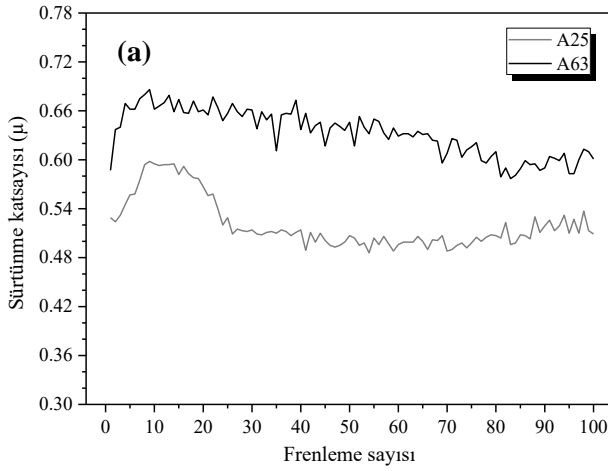


Şekil 4. Numunelerin ortalama sürtünme katsayılarındaki değişim.

Her üç grup numunelerin sürtünme katsayılarına frenleme çevriminin (1 çevrim, 20 sn yükleme ve 10 sn yüksüz kısımdan oluşur) etkisi Şekil 5 (a-c)'de ifade edilmiştir.

Şekil 5(a)'da görüldüğü gibi, A25 ve A63 kodlu numunelerin ilk on çevrimdeki (frenleme sayısı) sürtünme katsayıları sürekli bir artış göstermiştir. Sürtünme katsayısı bu çevrimden sonra A25 kodlu numunede artan çevrimle birlikte otuzuncu frenlemeye kadar bir düşüş göstermiş ancak bu değer üzerindeki çevrimlerde sürtünme katsayısı hemen hemen sabit kalmıştır. A63 kodlu numunede ise onuncu frenlemeden sonraki artan çevrimlerde sürtünme katsayısı sürekli olarak azalmış, bu azalma deney sonuna kadar devam

etmiştir. Deney sonunda A25 ve A63 kodlu numunelerin sürtünme katsayısı değerleri sırasıyla 0,51 ve 0,60 olarak bulunmuştur. Şekil 5(b)'de ise S63 ve S90 kodlu numunelerin sürtünme katsayıları deneyin başlamasıyla birlikte sürekli olarak artmış ve bu artış deney sonuna kadar devam etmiştir. Deney sonunda sürtünme katsayısı S63 kodlu numune için yaklaşık 0,50 olurken S90 kodlu numunede 0,59 olduğu görülmüştür. B grubu numunelerin sürtünme katsayıları frenleme sayısı ile belirgin bir değişim göstermemiştir. Her üç numune için (B25, B90 ve B180 kodlu) sürtünme katsayısı, artan frenleme ile birlikte deney başlangıcından deney sonuna kadar yaklaşık olarak sabit kalmıştır (Şekil 5c).

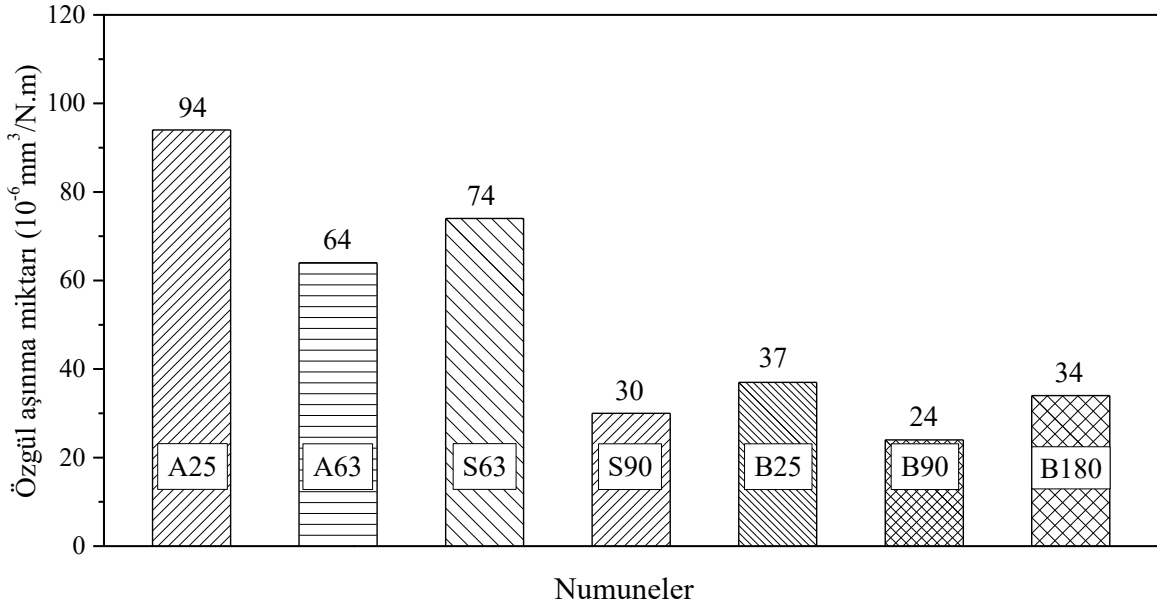


Şekil 5. Frenleme sayısının sürtünme katsayısına etkisi; (a) A grubu (b) S grubu; ve (c) B grubu

3.2. Aşınma Miktarı

Balatalarda meydana gelen aşınma sıcaklık, kayma hızı, uygulanan yük, çevre koşulları ve numune ve karşı yüzey (disk) arasındaki etkileşim gibi birçok faktöre bağlıdır (Kim ve Jang, 2000; Öztürk vd., 2007). Numunelerin özgül aşınma değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Şekilden

görülebileceği üzere, aynı aşındırıcı boyutuna sahip S63 ve A63 kodlu numuneler karşılaştırıldığında S63 kodlu numune daha yüksek aşınma değerine sahiptir. Diğer taraftan, A grubu numunelerin aşınma değeri sonuçları ise B grubu numunelere göre daha yüksek olup, aynı aşındırıcı boyutunda B grubu numuneler (A25'e kıyasla B25 ve S90'a kıyasla B90) en düşük özgül aşınmaya sahiptir.



Şekil 6. Numunelerin özgül aşınma miktarlarındaki değişim.

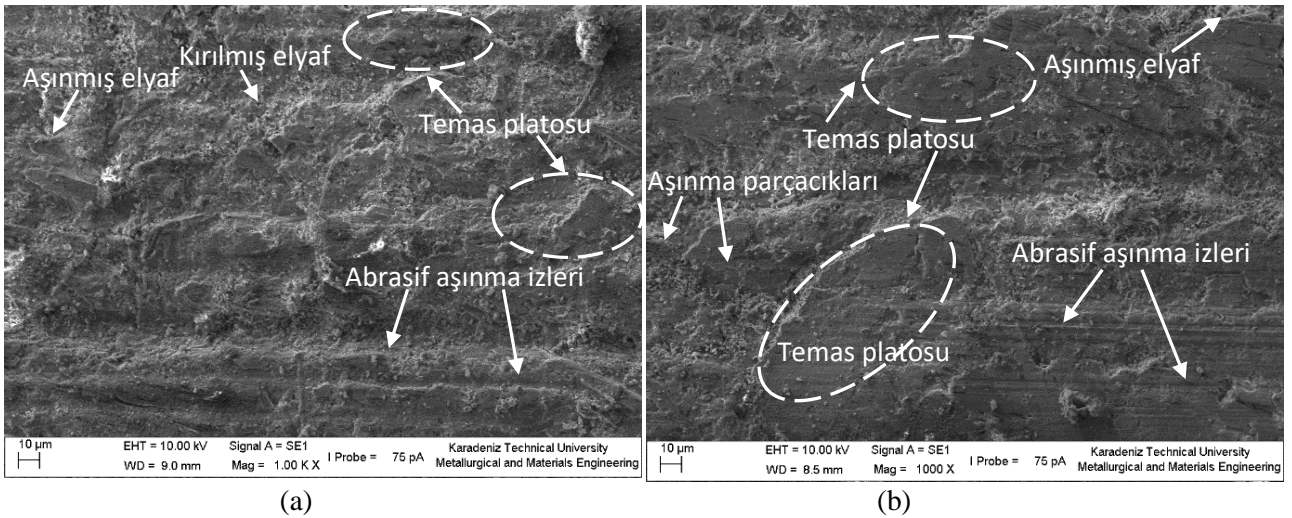
3.3. Aşınma Yüzeylerinin ve Aşınma Parçacıklarının SEM Analizi

Şekil 7-9' da A, S ve B grubu numunelerin aşınma yüzeylerinin SEM görüntüleri verilmiştir.

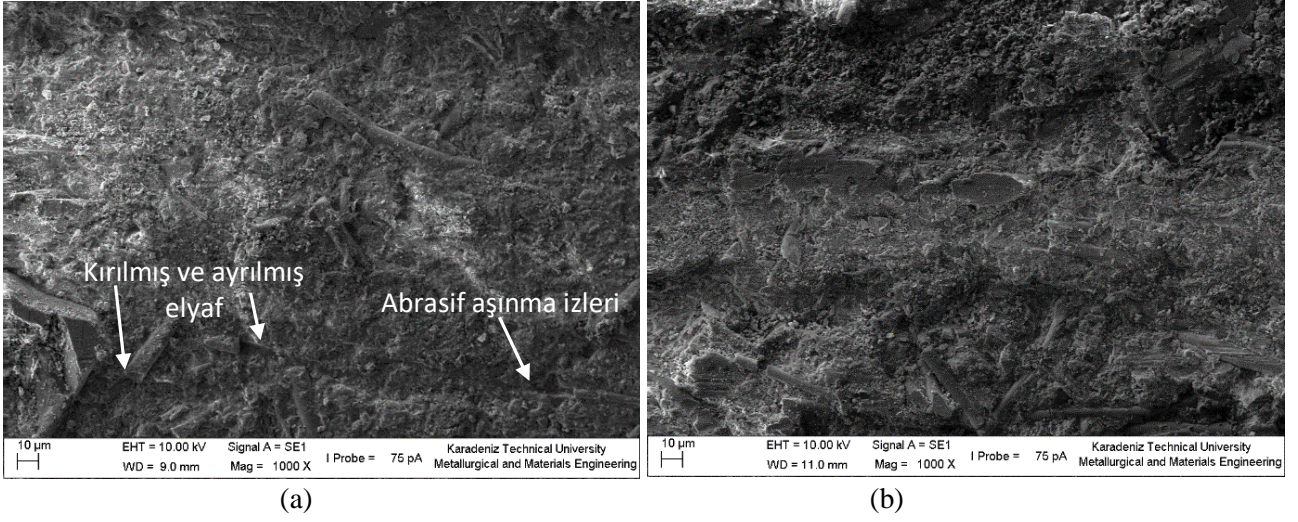
Şekil 7(a)' da görüldüğü gibi, A25 kodlu numunenin yüzeyinde aşınmış, kırılmış ve ayrılmış elyaf parçacıklarının yanında az da olsa temas platoları mevcuttur. Deney sırasında ayrılan elyaf parçacıkları, diğer aşınmış sert parçacıklarla birleşerek numune yüzeyinde abrasif etki meydana getirirler. Kırılmış ve yüzeyden kopmuş olan elyaflar, karşı yüzeyin pürüzlülüğünü artırmakta bunun sonucunda numunede daha fazla aşınma meydana getirmektedir. Şekil 7(b)' de ise

A63 kodlu numunenin aşınmış yüzey görüntüsü verilmiştir. Burada da Şekil 7(a)' ya benzer bir görüntü mevcut olmakla birlikte nispeten daha kalın ve daha geniş temas platolarının varlığı mevcuttur. Bu da numunede daha yüksek sürtünme katsayısının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Şekil 8 (a-b), sırasıyla S63 ve S90 kodlu numunelerin aşınmış yüzeylerinin SEM görüntülerini göstermektedir. Her iki numunenin aşınma yüzeyleri yaklaşık olarak benzer karakter sergilemektedir. Numunelerin yüzeyinde kırılmış ve yüzeyden ayrılmış elyaflara ilaveten elyaf-matris aşınması ve balatayı oluşturan diğer bileşenlerin aşınması görülmektedir.



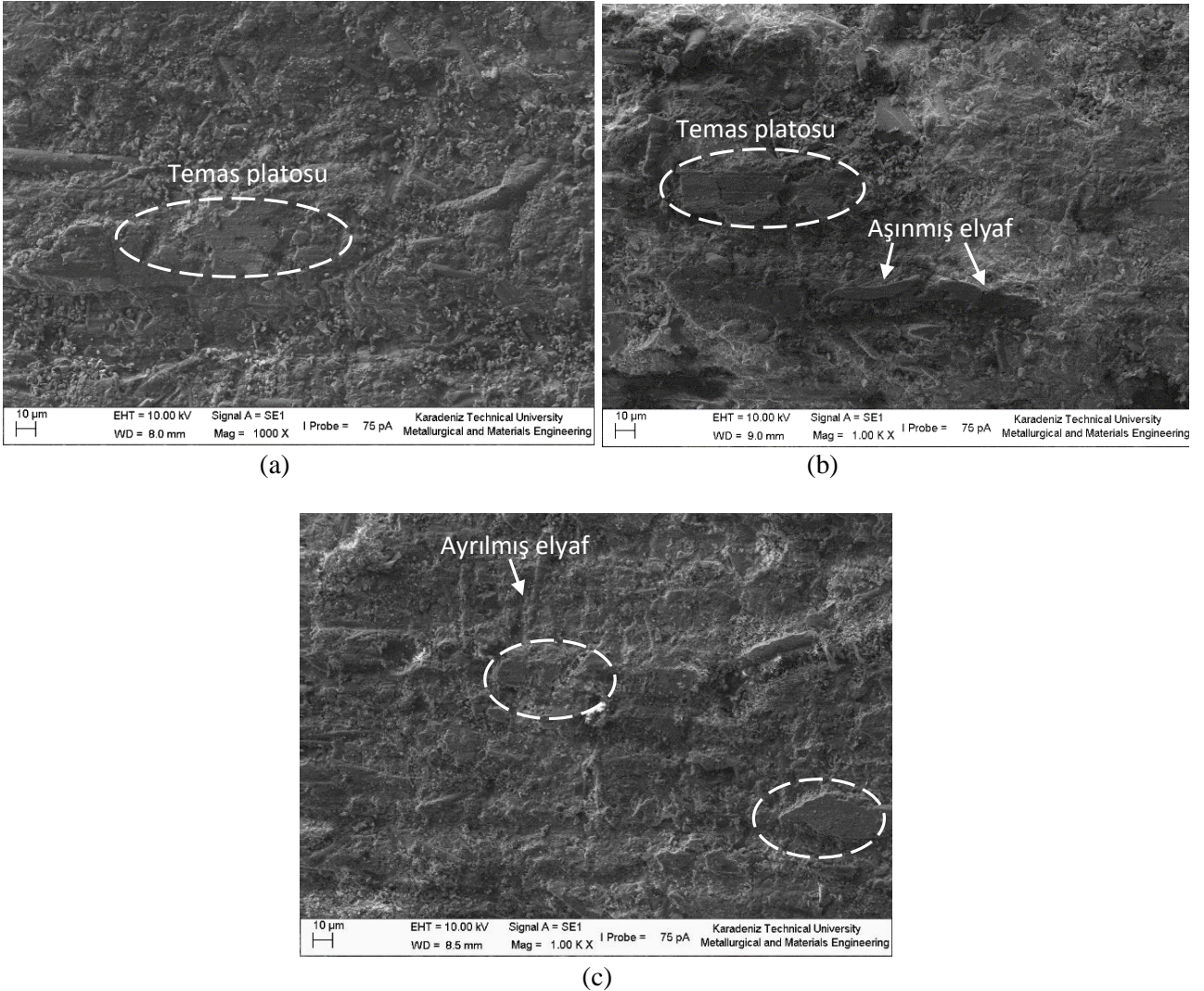
Şekil 7. A kodlu numunelerin aşınmış yüzeylerin SEM görüntüsü: (a) A25 ve (b) A63.



Şekil 8. S kodlu numunelerin aşınmış yüzeylerin SEM görüntüsü: (a) S63; ve (b) S90.

B25, B90 ve B180 kodlu numunelerin aşınmış yüzeylerin SEM görüntüleri Şekil 9 (a-c)' de verilmiştir. Her üç numune yüzeyinde birincil ve

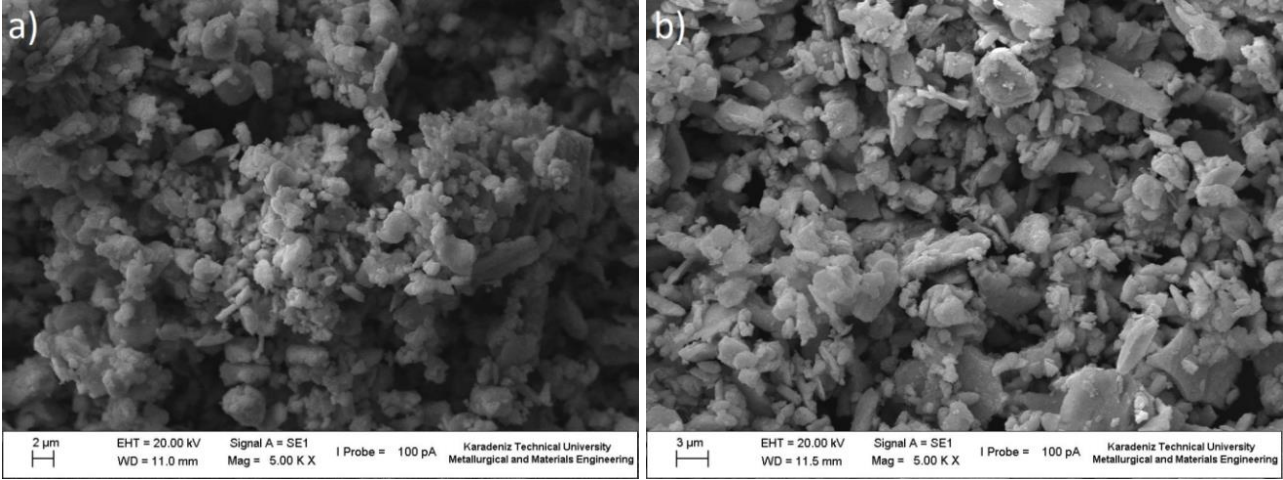
ikincil temas platolarına ilave olarak aşınmış ve kopmuş elyaflar ve aşınmış diğer bileşenler görülmektedir.



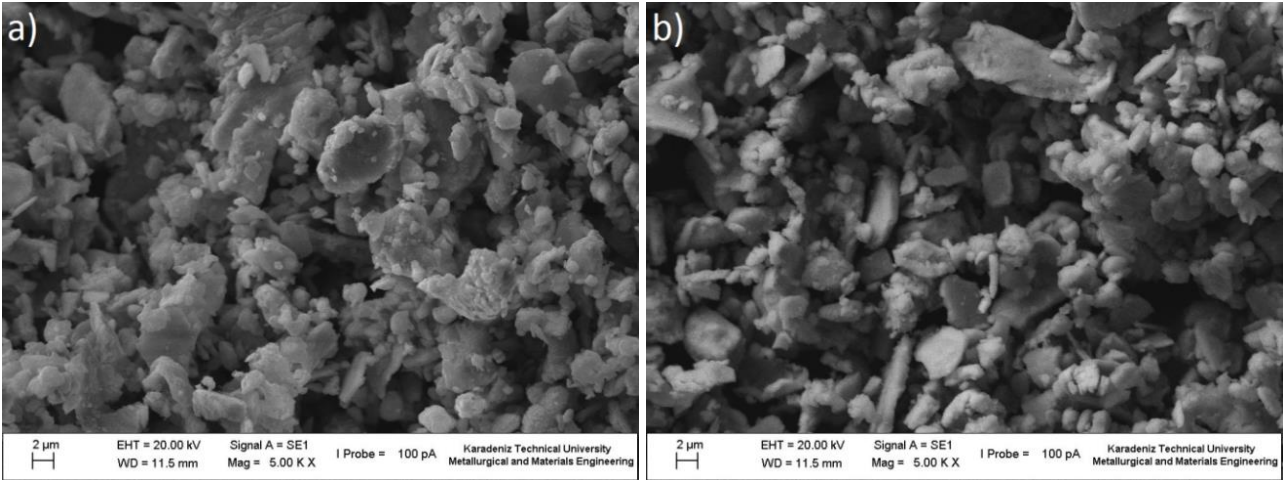
Şekil 9. B kodlu numunelerin aşınmış yüzeylerin SEM görüntüsü: (a) B25; (b) B90; ve (c) B180.

Şekil 10-12' de aşınma testi sırasında oluşan aşınma parçacıklarının SEM görüntüleri verilmiştir. Aşınma parçacıklarının incelenmesi, aşınma mekanizmalarının ortaya konması ve ayrıca balata ve disk arasındaki yüzey etkileşimi açısından önemlidir (Mosleh vd., 2004). Aşınma parçacıkları, bozunmuş ve balata numunesinden ayrılmış matris ve dolgu bileşenleri, kırılmış ve kopmuş elyaflar ve karşı yüzeyden gelen aşınmış

bileşenlerden oluşur. Şekilde görüleceği üzere, daha ince boyutta aşındırıcı içeren numunelerde, çoğunlukla daha fazla küresel yapıda ve az miktarda plaka şeklinde aşınma parçacıkları oluşurken (Şekil 10a, 11a ve 12a), daha iri aşındırıcı içeren numuneler ise çoğunlukla daha fazla plaka ve daha az oranda küresel formda aşınma parçacıkları ortaya koyarlar (Şekil 10b, 11b-c ve 12b).



Şekil 10. A kodlu numunelerin aşınma parçacıklarının SEM görüntüsü: (a) A25 ve (b) A63.



Şekil 11. S kodlu numunelerin aşınma parçacıklarının SEM görüntüsü: (a) S63 ve (b) S90.

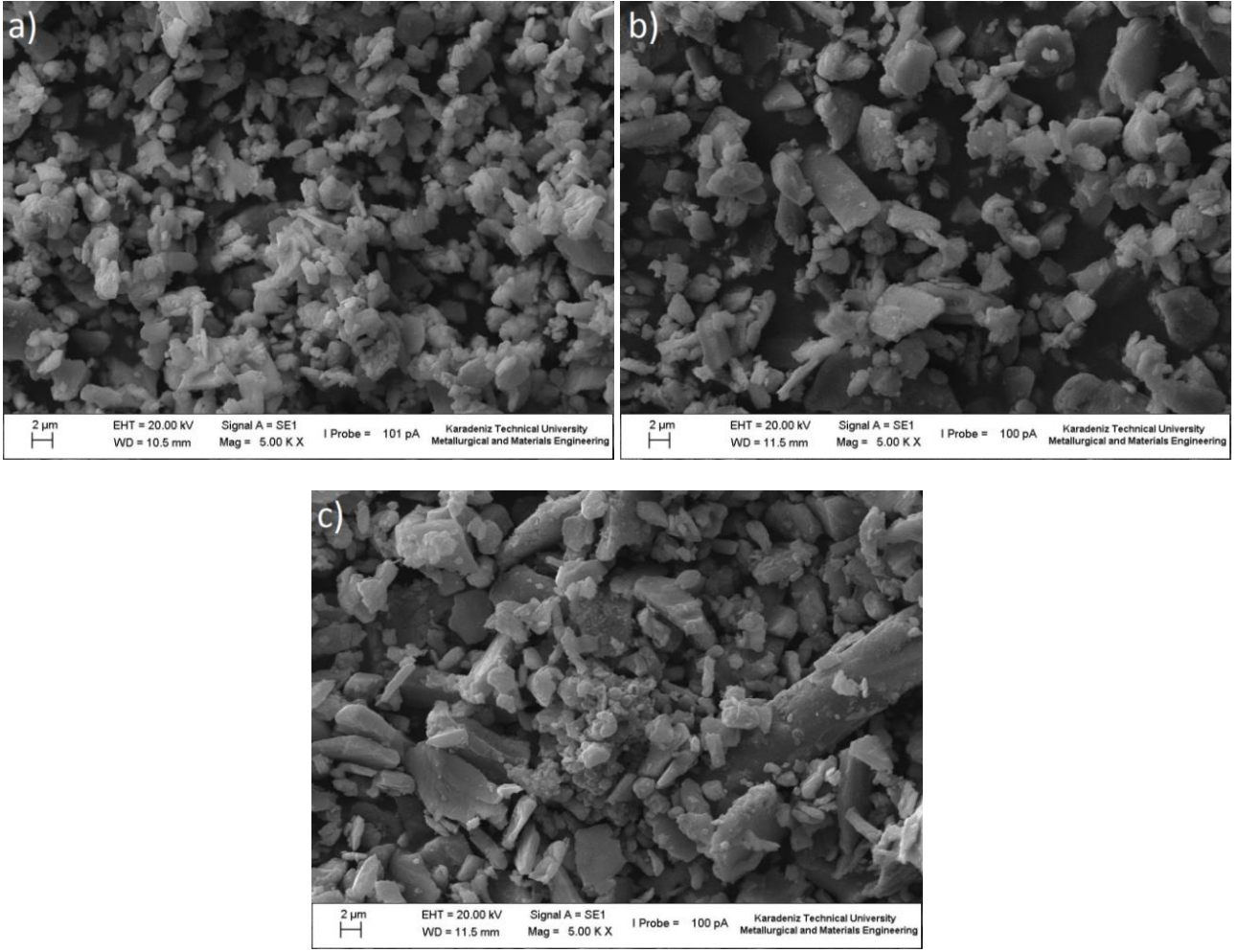
Tablo 3' de aşınma parçacıklarının ortalama boyutları verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi artan aşındırıcı tane boyutu ile aşınma parçacıklarının ortalama boyutu artmıştır.

4. Sonuçlar

Çalışmada aşındırıcı türü ve tane boyutunun balataların sürtünme-aşınma performanslarına etkisi tespit edilmiştir. Sürtünme-aşınma davranışları Chase tipi sürtünme-aşınma test

cihazında SAE J661 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. En yüksek sürtünme katsayısı Al_2O_3 içeren A63 kodlu numunede 0,61, en düşük sürtünme katsayısı ise SiC içeren S63 kodlu numunede 0,489 olarak bulunmuştur.
2. En iyi aşınma direnci B_4C içeren B90 kodlu numune göstermiştir.



Şekil 12. B kodlu numunelerin aşınma parçacıklarının SEM görüntüsü: (a) B25, (b) B90 ve (c) B180

Tablo 3. Numune aşınma parçacıklarının ortalama boyutu

Aşınma parçacıklarının ortalama boyutu (μm)					
A Grubu		S Grubu		B Grubu	
A25	3,21	S63	4,57	B25	3,48
A63	5,28	S90	6,41	B90	5,64
				B180	8,29

3. Aşındırıcı tane boyutunun artmasıyla numunelerin sürtünme katsayıları artmış buna karşılık özgül aşınma değerleri azalmıştır.
4. Artan frenleme sayısı ile birlikte sürtünme katsayıları genellikle Al_2O_3 içeren numunelerde düşmüş, SiC içeren numunelerde artmış ve B_4C içeren numunelerde ise değişmemiştir.
5. Artan aşındırıcı tane boyutu ile aşınma parçacıklarının ortalama boyutu artmıştır.

Kaynaklar

- Bijwe, J., 1997. Composites as Friction Materials: Recent Developments in Non-Asbestos-Fiber Reinforced Friction Materials-A Review. *Polymer Composites*, 18(3), 378–396.
- Boz, M. ve Kurt, A., 2007. Effect of ZrSiO_4 on the Friction Performance of Automotive Brake Friction Materials. *Journal of Materials Science and Technology*, 23(6), 843–850.

- Cai, P., Li, Z., Wang, T. ve Wang, Q., 2015b. Effect of Aspect Ratios of Aramid Fiber on Mechanical and Tribological Behaviors of Friction Materials. *Tribology International*, 92, 109–116.
- Cai, P., Wang, Y., Wang, T. ve Wang, Q., 2015a. Effect of Resins on Thermal, Mechanical and Tribological Properties of Friction Materials. *Tribology International*, 87, 1–10.
- Chan, D. ve Stachowiak, G.W., 2004. Review of Automotive Brake Friction Materials. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218, 953–966.
- Cho, K.H., Jang, H., Hong, Y.S., Kim, S.J., Basch, R.H. ve Fasch, J.W., 2008. The Size Effect of Zircon Particles on the Friction Characteristics of Brake Lining Materials. *Wear*, 264, 291–297.
- Eriksson, M. ve Jacobson, S., 2000. Tribological Surfaces of Organic Brake Pads. *Tribology International*, 33, 817–827.
- Etemadi, H., Shojaei, A. ve Jahanmard, P., 2014. Effect of Alumina Nanoparticle on the Tribological Performance of Automotive Brake Friction Materials. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 33(2), 166–178.
- Gurunath, P.V. ve Bijwe J., 2007. Friction and Wear Studies on Brake-Pad Materials Based on Newly Developed Resin. *Wear*, 263, 1212–1219.
- Ji, Z., Jin H., Luo, W., Cheng, F., Chen, Y., Ren, Y., Wu, Y. ve Hou S., 2017. The Effect of Crystallinity of Potassium Titanate Whisker on the Tribological Behavior of NAO Friction Materials. *Tribology International*, 107, 213–220.
- Kim, S.J. ve Jang, H., 2000. Friction and Wear of Friction Materials Containing Two Different Phenolic Resins Reinforced with Aramid Pulp. *Tribology International*, 33, 477–484.
- Kim, S.J., Cho, M.H., Lim, D.S. ve Jang, H., 2001. Synergistic Effects of Aramid Pulp and Potassium Titanate Whiskers in the Automotive Friction Material. *Wear*, 251, 1484–1491.
- Kim, S.S., Hwang, H.J., Shin, M.W. ve Jang, H., 2011. Friction and Vibration of Automotive Brake Pads Containing Different Abrasive Particles. *Wear*, 271, 1194–1202.
- Lee, E.J., Hwang, H.J., Lee, W.G., Cho, K.H. ve Jang, H., 2010. Morphology and Toughness of Abrasive Particles and Their Effects on the Friction and Wear of Friction Materials: A Case Study with Zircon and Quartz. *Tribology Letters*, 37, 637–644.
- Ma, Y., Martynkova, G.S., Valaskova, M., Matejka, V. ve Lu, Y., 2008. Effects of ZrSiO₄ in Non-Metallic Brake Friction Materials on Friction Performance. *Tribology International*, 41, 166–174.
- Mosleh, M., Blau, P.J. ve Dumitrescu, D., 2004. Characteristics and Morphology of Wear Particles from Laboratory Testing of Disk Brake Materials. *Wear*, 256, 1128–1134.
- Neis, P.D., Ferreira, N.F., Fekete, G., Matozo, L.T. ve Masotti D., 2017. Towards A Better Understanding of the Structures Existing on the Surface of Brake Pads. *Tribology International*, 105, 135–147.
- Öztürk, B., Arslan, F. ve Öztürk, S., 2007. Hot Wear Properties of Ceramic and Basalt Fiber Reinforced Hybrid Friction Materials. *Tribology International*, 40, 37–48.
- Öztürk, B., Öztürk, S. ve Adigüzel, A.A., 2013. Effect of Type and Relative Amount of Solid Lubricants and Abrasives on the Tribological Properties of Brake Friction Materials. *Tribology Transactions*, 56, 428–441.
- Satapathy, B.K. ve Bijwe, J., 2005. Fade and Recovery of Non-Asbestos Organic (NAO) Composite Friction Materials Based on Combinations of Rock Fibers and Organic Fibers. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 24, 563–576.
- Singh, T., Tiwari, A., Patnaik, A., Chauhan, R. ve Ali, S., 2017. Influence of Wollastonite Shape and Amount on Tribo-Performance of Nonasbestos Organic Brake Friction Composites. *Wear*, 386–387, 157–164.
- Sun, W., Zhou, W., Liu, J., Fu, X., Chen, G. ve Yao, S., 2018. The Size Effect of SiO₂ Particles on Friction Mechanisms of a Composite Friction Material. *Tribology Letters*, 35, 66–75.

Tomasek, V., Kratosova, G., Yun, R., Fan, Y. ve Lu, Y., 2009. Effects of Alumina in Nonmetallic Brake Friction Performance. *Journal of Material Science*, 44, 266-273.

Vishwanath, B., Verma, A.P. ve Rao, C.V.S.K., 1991. Effect of Fabric Geometry on Friction and Wear of Glass-Fibre-

Reinforced Composites. *Wear*, 145, 315–327.

Zhu, Z., Xu, L., ve Chen, G., 2011. Effect of Different Whiskers on the Physical and Tribological Properties of Non-metallic Friction Materials. *Materials Design*, 32, 54–61.

Eğri Ailelerinin $GL(n, \mathbb{R})$ deki Denklikleri ve Diferansiyel İnvaryantlar*Equivalence of Curve Families in $GL(n, \mathbb{R})$ and Differential Invariants***Yasemin SAĞIROĞLU^a, Uğur GÖZÜTOK^{*b}***Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, 61080, Trabzon*

• Geliş tarihi / Received: 24.02.2018 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 09.04.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 17.04.2018

Öz

Bu çalışmada $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ parametrik eğrileriyle oluşturulan $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ kümesinin üreteç kümesi bulunmuştur. Herhangi iki eğri ailesinin $GL(n, \mathbb{R})$ -denklik koşulları, diferansiyel invaryantlar kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca üreteç sisteminin minimal olduğu gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Denklik problemi, Diferansiyel invaryantlar, Eğriler

Abstract

In this study, the generating system of the set $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ formed by the parametric curves $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ is obtained. The conditions of $GL(n, \mathbb{R})$ -equivalence of two curve families are given by means of the differential invariants. It is also shown that the generating system is minimal.

Keywords: Curves, Differential invariants, Equivalence problem

^{*b} Uğur GÖZÜTOK; ugurgozutok@ktu.edu.tr; Tel: (0462) 377 37 06; orcid.org/0000-0002-6072-3134

^a orcid.org/0000-0003-0660-211X

1. Giriş

Öklid geometrisindeki problemlerin ilk olarak araştırılmasından sonra, Öklid'den daha geniş olan centro-affine, centro-equi-affine ve projektif gibi geometrilerde, geometrik objelerin özellikleri tartışılmıştır. Sonra Öklid'den farklı olan temel gruplara göre

$$(SL(n, \mathbb{R}), GL(n, \mathbb{R}), SAff(n, \mathbb{R}), Aff(n, \mathbb{R}))$$

diferansiyel geometrinin çalışılması fikri doğmuştur. Böylece Felix Klein'in Erlangen programından sonra farklı geometrilerde diferansiyel geometri çalışmalarına başlanmıştır.

Eğrilerin denklik problemi çokça bilinen ve uzun yıllar araştırılan bir konudur. Eğrilerin denklik probleminin diferansiyel invaryantlar kullanılarak araştırılması son yıllarda önem kazanmıştır (Izumiya ve Sano, 2000; Nadjafikhah, 2002). Öklid uzayında iki eğrinin denkliğinin, bu eğrilerin eğrilik ve burulmalarına bağlı olduğu bilinmektedir. Öklid geometrisi dışındaki geometrilerde de eğrilerin denklik probleminin araştırılması yapılmaktadır. Afin geometride ve alt gruplarının bazılarında bu problem araştırılmıştır (Giblin ve Sano, 2012; Khadjiev ve Pekşen, 2004; Sağıroğlu ve Pekşen, 2010; İncesu ve Gürsoy, 2017; Pekşen ve Khadjiev, 2004).

$GL(n, \mathbb{R})$ grubunda da literatürde diferansiyel invaryantlarla ilgili çalışmalar mevcuttur (Olver, 2010; Gardner ve Wilkens, 1997; Sağıroğlu ve Yapar, 2016; Pekşen ve Khadjiev, 2004). Afin grubun farklı alt gruplarında ve farklı boyutlarda eğri ailelerinin denklik problemi araştırılmıştır (Sağıroğlu, 2015; Sağıroğlu, 2016). $GL(n, \mathbb{R})$ grubunda eğrilerin denklik problemi, iki eğri için (Pekşen ve Khadjiev, 2004) çalışmasında araştırılmıştır. Ayrıca (Sağıroğlu ve Yapar, 2016) da ikili eğri aileleri için aynı problem araştırılmıştır.

Bu çalışmada $GL(n, \mathbb{R})$ grubunda keyfi, sonlu sayıda eğri ailelerinin denklik problemi araştırılmış, bunlar için bir genelleştirme elde edilmiştir. İkinci bölümde çalışmanın tabanını oluşturan temel tanım ve teoremlere yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise $GL(n, \mathbb{R})$ grubuna göre m tane eğrinin diferansiyel invaryantlarının üreteç kümesi elde edilmiştir. Ayrıca bu diferansiyel invaryantlar kullanılarak keyfi m eğrinin, bir başka m eğriye denklik koşulları oluşturulmuştur. Son olarak, burada elde edilen diferansiyel invaryantların cebirsel bağımsız yani minimal olduğu gösterilmiştir.

2. Ön Bilgiler

\mathbb{R} reel sayılar cismi ve $I = (a, b)$, \mathbb{R} de bir açık aralık olsun. Bir $x: I \rightarrow \mathbb{R}^n$ C^∞ -dönüşümüne \mathbb{R}^n de bir parametrik eğri denir. x_1, x_2, \dots, x_m \mathbb{R}^n de m tane parametrik eğri olsun. Bunları ve sonlu türevlerini içeren reel katsayılı bir polinom, bir $k \in \mathbb{N}$ için

$$P\{x_1, x_2, \dots, x_m\} \\ = P(x_1, x_2, \dots, x_m, x'_1, x'_2, \dots, x'_m, \dots, x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_m^{(k)})$$

olarak verilir. Bu polinoma bir diferansiyel polinom denir.

$$f \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle \\ = \frac{P_1\{x_1, x_2, \dots, x_m\}}{P_2\{x_1, x_2, \dots, x_m\}}, \quad P_2\{x_1, x_2, \dots, x_m\} \neq 0$$

fonsiyonuna da bir diferansiyel rasyonel fonksiyon denir. Bütün diferansiyel rasyonel fonksiyonların kümesi $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle$ ile gösterilir. Bu bir diferansiyel cisimdir.

$n \times n$ tipli bütün kare matrislerin kümesini $M_{n \times n}$ ile ifade edelim. $M_{n \times n}$ matrislerin çarpma işlemine göre bir grup yapısına sahiptir.

$$GL(n, \mathbb{R}) = \{g \in M_{n \times n} : \det g \neq 0\}$$

kümesi matrislerin çarpma işlemine göre $M_{n \times n}$ nin bir alt grubudur.

$$f \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle \in R \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle \\ \text{verilsin.}$$

Eğer keyfi $g \in GL(n, \mathbb{R})$ için

$$f \langle gx_1, gx_2, \dots, gx_m \rangle = f \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle$$

oluyorsa $f \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle$ diferansiyel rasyonel fonksiyonuna $GL(n, \mathbb{R})$ -invariant denir. Bütün $GL(n, \mathbb{R})$ -invariant diferansiyel rasyonel fonksiyonların kümesi $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ ile ifade edilir. $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ kümesi $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle$ kümesinin bir diferansiyel alt cisimdir.

Tanım 2.1. (Sağıroğlu, 2012) $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ nin boştan farklı bir S alt kümesi verilsin. Eğer S yi içeren en küçük diferansiyel alt cisim $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ ye eşitse, S kümesine $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ nin üreteç kümesi denir.

Lemma 2.2. (Sağıroğlu, 2012) \mathbb{R}^n deki keyfi $x_0, x_1, \dots, x_n, y_2, \dots, y_n$ vektörleri için

$$\begin{aligned} & [x_1 x_2 \dots x_n][x_0 y_2 \dots y_n] - [x_0 x_2 \dots x_n][x_1 y_2 \dots y_n] \\ & - \dots - [x_1 x_2 \dots x_0][x_n y_2 \dots y_n] \\ & = 0. \end{aligned}$$

Tanım 2.3. (Sağıroğlu, 2012) x, \mathbb{R}^n de bir parametrik eğri olsun. Eğer her $t \in I$ için $[x(t)x'(t) \dots x^{(n-1)}(t)] \neq 0$ ise x parametrik eğrisine $GL(n, \mathbb{R})$ -regülerdir denir.

Tanım 2.4. (Sibirskii, 1976) G -invariant fonksiyonlardan oluşan bir $P = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ tam sistemi için eğer keyfi bir $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ için $P \setminus \{f_i\}$ tam değil ise P ye minimal sistem denir.

3. Ana Teorem ve Sonuçlar

Teorem 3.1. $\{x_1, x_2, \dots, x_m\} \mathbb{R}^n$ de m tane parametrik eğri olsun öyle ki x_1 parametrik eğrisi $GL(n, \mathbb{R})$ -regülerdir. Bu durumda $\mathbb{R} < x_1, x_2, \dots, x_m >^{GL(n, \mathbb{R})}$ kümesinin üreteç sistemi aşağıdaki gibidir:

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(n)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_2 x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \dots, \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_m x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \quad (1)$$

$i = 0, 1, \dots, n - 1$.

İspat. $\{x_j, j \in T\}$, $T \subset \mathbb{N} \cup \{0\}$, \mathbb{R}^n de keyfi, sayılabilir sayıda vektör ailesi olsun. $G = GL(n, \mathbb{R})$ grubuna göre $\mathbb{R}(x_j, j \in T)^G$ kümesinin üreteç kümesi

$$\frac{[x_0 \dots x_{i-1} x_j x_{i+1} \dots x_{n-1}]}{[x_0 \dots x_{n-1}]}, \quad \begin{aligned} & i = 0, 1, \dots, n - 1, j \\ & \in T \setminus \{0, 1, \dots, n - 1\} \end{aligned}$$

biçimindedir (Sağıroğlu ve Yapar, 2016). Yukarıdaki x_j vektörleri yerine

$$x_1, x_2, \dots, x_m, x_1', x_2', \dots, x_m', \dots, x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_m^{(k)}, \dots$$

vektörlerini alacak olursak, $\mathbb{R}(x_1, x_2, \dots, x_m, x_1', x_2', \dots, x_m', \dots, x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_m^{(k)}, \dots)^G$ kümesinin üreteç kümesi

$$\begin{aligned} & \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad i = 0, 1, \dots, n - 1, j \in T \setminus \{0, 1, \dots, n - 1\} \\ & \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_2^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad j \geq 0, \dots, \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_m^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad j \geq 0 \end{aligned}$$

biçimindedir.

Aradığımız üreteç kümesinin (1) olduğunu göstermek için, öncelikle

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad j \geq n$$

fonksiyonlarının

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(n)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad i = 0, 1, \dots, n - 1$$

ifadeleri ile üretilbildiğini induksiyon ile göstereyim. $j = n$ için elde edilen fonksiyonlar (1) içerisindedir. $j > n$ olsun. $j - 1$ için doğru olsun. Yani,

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]},$$

$$i = 0, 1, \dots, n - 1$$

$$\begin{aligned} & [x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}] \\ &= [x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]' \\ & - [x_1 \dots x_1^{(i-2)} x_1^{(i)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}] \\ & - [x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]. \end{aligned}$$

fonksiyonları (1) ile üretilebilir.

$[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]'$
türevi ile aşağıdaki eşitlik elde edilir:

x_1 regüler olduğundan $[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}] \neq 0$ dir.
Her iki tarafın bu fonksiyona bölünmesiyle

$$\begin{aligned} & \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \\ &= \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]'}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} - \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-2)} x_1^{(i)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \\ & - \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \end{aligned} \quad (2)$$

elde edilir. Burada

$$\begin{aligned} \left(\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \right)' &= \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]' [x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]^2} \\ & - \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}] [x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]'}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]^2} \end{aligned}$$

olacağından

$$\begin{aligned} \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]'}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} &= \left(\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \right)' \\ & + \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}] [x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j-1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}] [x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \end{aligned}$$

bulunur.

Yukarıdaki eşitliğin sağ tarafındaki terimlerin her biri üreteç kümesi ile üretilebileceğinden sol taraf da (1) ile üretilebilir. (2) eşitliğinin sağ tarafındaki ikinci fonksiyon da üreteç kümesindedir. Üçüncü terimin de (1) ile üretilebildiğini göstermek için

$$\begin{aligned} x_1 &= x_1, x_2 = x_1', \dots, x_n = x_1^{(n-1)}, x_0 = x_1^{(n)}, y_2 \\ &= x_1, y_3 = x_1', \dots, y_n = x_1^{(n-2)} \end{aligned}$$

olarak alalım.

Lemma 2.2. ‘den

$$\frac{[x_1^{(n)} x_1 \dots x_1^{(j-1)} \dots x_1^{(n-2)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} = \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(n)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-2)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \frac{[x_1^{(i)} x_1 \dots x_1^{(j-1)} \dots x_1^{(n-2)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} + \frac{[x_1 \dots x_1^{(j-1)} \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \frac{[x_1^{(n-1)} x_1 \dots x_1^{(j-1)} \dots x_1^{(n-2)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}$$

elde edilir. Dolayısıyla

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(j-1)} \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}$$

ifadesi de (1) ile üretilebilir.

Sonuç olarak j üzerinden indüksiyon ile

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad j \geq n$$

ifadeleri (1) ile üretilebilir.

Şimdi

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(j)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad j \geq 0, k = 2, \dots, m$$

fonksiyonlarının j üzerinden indüksiyonla (1) ile üretilebildiğini gösterelim. $j = 0$ için

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad i = 0, 1, \dots, n - 1, k = 2, \dots, m$$

ifadesi (1) dedir. $j = r$ için

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \quad i = 0, 1, \dots, n - 1, k = 2, \dots, m$$

fonksiyonlarının (1) ile üretilebildiğini kabul edelim ve $j = r + 1$ için üretilebildiğini gösterelim.

$$\left(\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \right)' = \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]'}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} - \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \frac{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}$$

olacağından

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]'}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}$$

fonksiyonu (1) ile üretilebilir. Burada $[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]'$ türevi alınır ve sıfırlanan terimler atılırsa;

$$[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]' = [x_1 \dots x_1^{(i)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}] + [x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r+1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}] + [x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]$$

elde edilir. Bu eşitliğin her tarafı $[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]$ fonksiyonuyla bölünüp, istenilen determinant çekilirse;

$$\begin{aligned} & \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r+1)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \\ &= \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]'}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} - \frac{[x_1 \dots x_1^{(i)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \\ & \quad - \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} \end{aligned} \tag{3}$$

elde edilir. (3) eşitliğinin sağındaki terimlerden birincisinin (1) ile üretilebildiğini gösterdik. İkinci terim hipotez gereği (1) ile üretilebilir. Üçüncü terimin ise $x_1 = x_1, x_2 = x_1', \dots, x_n = x_1^{(n-1)}, x_0 = x_1^{(n)}, y_2 = x_1, y_3 = x_1', y_{i+1} = x_1^{(i-1)}, y_{i+2} = x_k^{(r)}, y_{i+3} = x_1^{(i+1)}, y_n = x_1^{(n-2)}$ seçimi ile Lemma 2.2. kullanılarak (1) ile üretilebildiği bir önceki gösterime benzer şekilde gösterilebilir. Dolayısıyla (3) eşitliğinden, tümevarım gereği

$$\frac{[x_1 \dots x_1^{(i)} x_k^{(r)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]},$$

$$i = 0, 1, \dots, n - 1, k = 2, \dots, m$$

fonksiyonlarının hepsi (1) ile üretilebilir. Dolayısıyla (1), $\mathbb{R} \langle x_1, x_2, \dots, x_m \rangle^{GL(n, \mathbb{R})}$ için üreteç kümesidir.

Tanım 3.2. $\{x_k, k = 1, 2, \dots, m\}$ ve $\{y_k, k = 1, 2, \dots, m\} \mathbb{R}^n$ de iki parametrik eğri ailesi olsun. Eğer her $t \in I$ için

$$y_k(t) = g x_k(t), \quad k = 1, 2, \dots, m$$

olacak şekilde bir $g \in GL(n, \mathbb{R})$ mevcutsa, bu iki eğri ailesine $GL(n, \mathbb{R})$ -denktir denir ve

$$\{x_k, k = 1, 2, \dots, m\} \underset{\sim}{GL(n, \mathbb{R})} \{y_k, k = 1, 2, \dots, m\}$$

ile gösterilir.

Teorem 3.3. $\{x_k, k = 1, 2, \dots, m\}$ ve $\{y_k, k = 1, 2, \dots, m\} \mathbb{R}^n$ de, x_1 ve y_1 $GL(n, \mathbb{R})$ -regüler olmak üzere, iki eğri ailesi olsun. Eğer $i = 0, 1, \dots, n - 1$ için

$$\begin{aligned} & \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(n)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} = \frac{[y_1 \dots y_1^{(i-1)} y_1^{(n)} y_1^{(i+1)} \dots y_1^{(n-1)}]}{[y_1 y_1' \dots y_1^{(n-1)}]}, \\ & \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_k x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]} = \frac{[y_1 \dots y_1^{(i-1)} y_k y_1^{(i+1)} \dots y_1^{(n-1)}]}{[y_1 y_1' \dots y_1^{(n-1)}]} \end{aligned} \tag{4}$$

oluyor ise bu durumda

$\{x_k, k = 1, 2, \dots, m\} \stackrel{GL(n, \mathbb{R})}{\sim} \{y_k, k = 1, 2, \dots, m\}$
dir.

x_1 parametrik eğrisi $GL(n, \mathbb{R})$ -regüler olduğundan $H(x_1)$ matrisinin tersi mevcuttur. $H^{-1}(x_1)H'(x_1) = A$ olsun. Buradan $H'(x_1) = H(x_1)A$ dır. Bu eşitlik ile

İspat. Aşağıdaki matrisleri göz önüne alalım:

$$H(x_1) = \begin{pmatrix} x_{11}(t) & \cdots & x_{11}^{(n-1)}(t) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1n}(t) & \cdots & x_{1n}^{(n-1)}(t) \end{pmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 0 & \cdots & 0 & a_{1n} \\ 1 & \cdots & 0 & a_{2n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & \cdots & 1 & a_{nn} \end{bmatrix}$$

$$H'(x_1) = \begin{pmatrix} x'_{11}(t) & \cdots & x_{11}^{(n)}(t) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x'_{1n}(t) & \cdots & x_{1n}^{(n)}(t) \end{pmatrix}. \quad \text{burada,}$$

$$a_{1n} = \frac{[x_1^{(n)} x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, a_{2n} = \frac{[x_1 x_1^{(n)} x_1'' \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}, \dots, a_{nn} = \frac{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-2)} x_1^{(n)}]}{[x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)}]}$$

şeklinde. Benzer şekilde H matrisindeki x_1 eğrisi yerine y_1 regüler eğrisi alınırsa $H'(y_1) = H(y_1)B$ olup $A = B$ elde edilir. Dolayısıyla,

$$H^{-1}(x_1)H'(x_1) = H^{-1}(y_1)H'(y_1)$$

olur. Buradan

$$\begin{aligned} (H(y_1)H^{-1}(x_1))' &= H'(y_1)H^{-1}(x_1) + H(y_1)(H^{-1}(x_1))' \\ &= H'(y_1)H^{-1}(x_1) + H(y_1)(-H^{-1}(x_1)H'(x_1)H^{-1}(x_1)) \\ &= H(y_1)[H^{-1}(y_1)H'(y_1) - H^{-1}(x_1)H'(x_1)]H^{-1}(x_1) = 0 \end{aligned}$$

bulunur. Böylece $H(y_1)H^{-1}(x_1) = g$, g sabit matristir.

$$\det g = \det(H(y_1)) \det(H^{-1}(x_1)) \neq 0$$

olduğundan $g \in GL(n, \mathbb{R})$ dir. Dolayısıyla

$$H(y_1) = gH(x_1) \tag{5}$$

olup,

$$y_1(t) = gx_1(t), \quad \forall t \in I \tag{6}$$

elde edilir.

$$K(x_j) = \begin{bmatrix} x_{j1}(t) \\ x_{j2}(t) \\ \vdots \\ x_{jn}(t) \end{bmatrix}, \quad j = 2, \dots, m$$

matrislerini göz önüne alalım.

$H^{-1}(x_1)K(x_j) = C$ olsun. Buradan $K(x_j) = H(x_1)C$ dir. Bu eşitliği açık olarak yazarsak:

$$\begin{bmatrix} x_{j1} \\ x_{j2} \\ \vdots \\ x_{jn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x'_{11} & \cdots & x_{11}^{(n-1)} \\ x_{12} & x'_{12} & \cdots & x_{12}^{(n-1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{1n} & x'_{1n} & \cdots & x_{1n}^{(n-1)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{11} \\ c_{12} \\ \vdots \\ c_{1n} \end{bmatrix}$$

olur. Buradan aşağıdaki diferansiyel denklem sistemi elde edilir:

$$\begin{aligned} c_{11}x_{11} + c_{12}x'_{11} + \cdots + c_{1n}x_{11}^{(n-1)} &= x_{j1} \\ c_{11}x_{12} + c_{12}x'_{12} + \cdots + c_{1n}x_{12}^{(n-1)} &= x_{j2} \\ &\vdots \\ c_{11}x_{1n} + c_{12}x'_{1n} + \cdots + c_{1n}x_{1n}^{(n-1)} &= x_{jn}. \end{aligned}$$

Katsayılar matrisinin determinantı sıfırdan farklı olduğundan, bu diferansiyel denklem sisteminin çözümü vardır ve bu çözüm:

$$c_{11} = \frac{[x_j x'_1 \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x'_1 \dots x_1^{(n-1)}]}, c_{12} = \frac{[x_1 x_j x''_1 \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x'_1 \dots x_1^{(n-1)}]}, \dots, c_{1n} = \frac{[x_1 \dots x_1^{(n-2)} x_j]}{[x_1 x'_1 \dots x_1^{(n-1)}]}$$

biçimindedir. Benzer biçimde, $H^{-1}(y_1)K(y_j) = D$ dersek (4) denklemlerinden $C = D$ bulunur. Dolayısıyla

$$H^{-1}(y_1)K(y_j) = H^{-1}(x_1)K(x_j), \quad j = 2, \dots, m$$

olur. Buradan (5) eşitliğinden

$$H^{-1}(x_1)K(x_j) = H^{-1}(y_1)K(y_j) = (gH(x_1))^{-1}K(y_j) = H^{-1}(x_1)g^{-1}K(y_j)$$

ve buradan da

$$K(x_j) = g^{-1}K(y_j)$$

elde edilir. Öyleyse bir $g \in GL(n, \mathbb{R})$ için,

$$K(y_j) = gK(x_j), \quad j = 2, \dots, m$$

olur. Buradan her $t \in I$ için,

$$y_j(t) = gx_j(t), \quad j = 2, \dots, m \quad (7)$$

elde edilir. (6) ve (7) denklemlerinden $\{x_k, k = 1, 2, \dots, m\} \stackrel{GL(n, \mathbb{R})}{\sim} \{y_k, k = 1, 2, \dots, m\}$ bulunur. \square

Teorem 3.4. $f_i(t), f_{2i}(t), \dots, f_{mi}(t)$, $t \in I$, $i = 0, 1, \dots, n-1$ fonksiyonları C^∞ -fonksiyonları olsunlar. Bu durumda, x_1 eğrisi $GL(n, \mathbb{R})$ -regüler olmak üzere, bir $\{x_k, k = 1, 2, \dots, m\}$ eğri ailesi

$$\begin{aligned} \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_1^{(n)} x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x'_1 \dots x_1^{(n-1)}]} &= f_i(t), \\ \frac{[x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_2 x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)}]}{[x_1 x'_1 \dots x_1^{(n-1)}]} &= f_{2i}(t), \end{aligned}$$

$$\frac{\begin{bmatrix} \vdots \\ x_1 \dots x_1^{(i-1)} x_m x_1^{(i+1)} \dots x_1^{(n-1)} \end{bmatrix}}{\begin{bmatrix} x_1 x_1' \dots x_1^{(n-1)} \end{bmatrix}} = f_{mi}(t), \quad i = 0, 1, \dots, n-1$$

olacak şekilde mevcuttur.

İspat. $H(x_1)$ matrisini göz önüne alalım ve $H^{-1}(x_1)H'(x_1) = A$ olsun. Buradan $H'(x_1) = H(x_1)A$ dır. Burada A matrisi aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & f_0(t) \\ 1 & \dots & 0 & f_1(t) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & f_{n-1}(t) \end{bmatrix}.$$

$H'(x_1) = H(x_1)A$ olduğundan, bu matris eşitliğinden aşağıdaki diferansiyel denklem sistemi elde edilir:

$$\begin{aligned} x_{11}(t)f_0(t) + x'_{11}(t)f_1(t) + \dots + x_{11}^{(n-1)}(t)f_{n-1}(t) &= x_{11}^{(n)}(t) \\ x_{12}(t)f_0(t) + x'_{12}(t)f_1(t) + \dots + x_{12}^{(n-1)}(t)f_{n-1}(t) &= x_{12}^{(n)}(t) \\ &\vdots \\ x_{1n}(t)f_0(t) + x'_{1n}(t)f_1(t) + \dots + x_{1n}^{(n-1)}(t)f_{n-1}(t) &= x_{1n}^{(n)}(t) \end{aligned} \quad (8)$$

$y(t) = (x_{11}(t), x_{12}(t), \dots, x_{1n}(t))$ denilirse (8) diferansiyel denklem sistemi

$$f_0(t)y(t) + f_1(t)y'(t) + \dots + f_{n-1}(t)y^{(n-1)}(t) - y^{(n)}(t) = 0 \quad (9)$$

biçiminde yazılabilir. $f_i(t)$, $i = 0, 1, \dots, n-1$, $t \in I$ fonksiyonları C^∞ -fonksiyonlar olduğundan (9) diferansiyel denkleminin en az bir çözümü vardır ve bu çözüme $x_1(t) = y(t)$ dersek, $x_1(t)$ istenen koşulları sağlar.

Diğer yandan

$$N(x_k) = \begin{bmatrix} x_{11} & x'_{11} & \dots & x_{11}^{(n-2)} & x_{k1} \\ x_{12} & x'_{12} & \dots & x_{12}^{(n-2)} & x_{k2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_{1n} & x'_{1n} & \dots & x_{1n}^{(n-2)} & x_{kn} \end{bmatrix}, \quad k = 2, \dots, m$$

matrislerini göz önüne alalım. Ayrıca $H^{-1}(x_1)N(x_k) = E$ olsun. Buradan $N(x_k) = H(x_1)E$ olup, burada

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 & f_{k0}(t) \\ 0 & 1 & \dots & 0 & f_{k1}(t) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 & f_{k(n-2)}(t) \\ 0 & 0 & \dots & 0 & f_{k(n-1)}(t) \end{bmatrix}, \quad k = 2, \dots, m$$

biçimindedir. $N(x_k) = H(x_1)E$ matris eşitliğinden aşağıdaki diferansiyel denklemleri elde edilir:

$$\begin{aligned} x_{11}(t)f_{k0}(t) + x'_{11}(t)f_{k1}(t) + \dots + x_{11}^{(n-1)}(t)f_{k(n-1)}(t) &= x_{k1}^{(n)}(t) \\ x_{12}(t)f_{k0}(t) + x'_{12}(t)f_{k1}(t) + \dots + x_{12}^{(n-1)}(t)f_{k(n-1)}(t) &= x_{k2}^{(n)}(t) \\ &\vdots \\ x_{1n}(t)f_{k0}(t) + x'_{1n}(t)f_{k1}(t) + \dots + x_{1n}^{(n-1)}(t)f_{k(n-1)}(t) &= x_{kn}^{(n)}(t) \end{aligned} \quad (10)$$

$f_{ki}(t), t \in I, k = 2, \dots, m, i = 0, \dots, n - 1$ fonksiyonlarının tümü C^∞ -fonksiyonlar olduğundan (10) diferansiyel denklem sistemlerinin en az bir çözümü vardır. Bu çözümlere $x_k(t), k = 2, \dots, m$ dersek, bu $x_k(t)$ eğrileri teoremdaki koşulları sağlayan parametrik eğrilerdir. Bu ise ispatı tamamlar.

4. Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu çalışmada $GL(n, \mathbb{R})$ grubuna göre sonlu sayıda parametrik eğrinin diferansiyel invariantlarının üreteç kümesi elde edilmiştir. Bu diferansiyel invariantlar kullanılarak $GL(n, \mathbb{R})$ grubunda, sonlu sayıda parametrik eğriden oluşan eğri ailelerinin denklik probleminde biz çözüm verilmiştir ve yine bu yolla bir genelleştirme elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen diferansiyel invariantların minimalliği belirlenmiştir.

Kaynaklar

- Gardner, R.B. ve Wilkens, G.R., 1997. The fundamental theorems of curves and hypersurfaces in centro-affine geometry. Bull. Belg. Math. Soc., 4, 379-401.
- Giblin, P.J. ve Sano, T., 2012. Generic equi-centro-affine differential geometry of plane curves. Topology Appl., 159, 476-483.
- Izumiya, S. ve Sano, T., 2000. Generic affine differential geometry of space curves. Proceedings of the Royal Soc. of Edinburgh, 128A, 301-314.
- İncesu, M. ve Gürsoy, O., 2017. $LS(2)$ -Equivalence conditions of control points and application to planar Bezier curves. NTMSCI, 5(3), 70-84.
- Khadjiev, Dj. ve Pekşen, Ö., 2004. The complete system of global differential and integral invariants for equi-affine curves. Diff. Geom. Appl., 20, 167-175.
- Nadjafikhah, M., 2002. Affine differential invariants for planar curves. Balk. J. Geom. Appl., 7, 69-78.
- Olver, P.J., 2010. Moving frames and differential invariants in centro-affine geometry. Lobachevskii J. Math., 31, 77-89.
- Pekşen, Ö. ve Khadjiev, D., 2004. On invariants of curves in centro-affine geometry. J. Math. Kyoto Univ., 44(3), 603-613.
- Sağıroğlu, Y., 2012. Affine Differential Invariants of Curves. LAP, Saarbrücken, 128p.
- Sağıroğlu, Y., 2016. Centro-equi-affine differential invariants of curve families. IEJG, 9, 23-29.
- Sağıroğlu, Y., 2015. Equi-affine differential invariants of a pair of curves. TWMS J. Pure. Appl. Math., 6, 238-245.
- Sağıroğlu, Y. ve Pekşen, Ö., 2010. The equivalence of equi-affine curves. Turk. J. Math., 34, 95-104.
- Sağıroğlu, Y. ve Yapar, Z. 2016. $GL(n, \mathbb{R})$ -Equivalence of a pair of curves in terms of invariants. Journal of Mathematics and System Science, 6, 16-22.
- Sibirskii, K.S., 1976. Algebraic invariants of differential equations and matrices, Kishinev, Stiintsa, 268p.

Arıcılık ve Organik Bal Üretimi için Narman (Erzurum, Türkiye) Doğal Meralarında Ballı Bitki Potansiyeli

Honey Plant Potential of Natural Rangelands of Narman (Erzurum, Turkey) for Beekeeping and Organic Honey Production

Mahir Murat CENGİZ*

Atatürk Üniversitesi, Erzurum Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 25240, Erzurum

• Geliş tarihi / Received: 27.12.2017 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 20.04.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 27.04.2018

Öz

Narman ilçesi, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Ortalama rakım 1650 m, yıllık toplam yağış yaklaşık 420 mm'dir. Çalışma alanında ana ekonomik faaliyet hayvancılıktır ve hayvansal üretim meralara dayalı geleneksel olarak yapılır. Tarımı yapılan önemli bitki türleri patates, fasulye, tahıl, arpa ve yonca, korunga, fiğ gibi yem bitkileri olup, bölgede az miktarda mercimek ve şeker pancarı da üretilmektedir. Tarım faaliyetlerine ek olarak, arıcılık ve bal üretimi de önemli bir tarımsal faaliyettir. Narman ilçesi, çok sayıda ballı bitki türü olan geniş doğal meralara sahiptir. Bölgedeki meralarda kimyasal gübreleme veya yabancı ot ve zararlı kontrolü için diğer kimyasal maddeler kullanılmadığından organik bal üretimi için önemli bir potansiyele sahiptir. Bölgede üretilen yüksek kaliteli organik bal, tüm ülke genelinde talep görmekte ve bal üreticileri, bal üretiminden önemli bir gelir elde etmektedir. Bu çalışma 2009-2011 yıllarında ilkbahar döneminde Erzurum ilinin Narman ilçesinin 14 farklı lokasyonunda yürütülmüştür. Florada, bal arıları için polen kaynağı olan baklagil çiçekli bitkilerin yanı sıra diğer çiçek açan bitki türleri de belirlenmiştir. Araştırma sahasında en fazla Yonca (*Medicago* sp), Kekik (*Thymus* sp), Civan perçemi (*Achillea* sp), Adaçayı (*Salvia* sp), Korunga (*Onobrychis* sp) ve Yabani çilek (*Fragaria* sp) türleri belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Arıcılık, Bal Arısı, Ballı Bitkiler, Meralar, Organik Bal

Abstract

Narman district is located at Eastern Anatolia Region of Turkey. The average altitude is 1650 m, annual total precipitation is about 420 mm. In study area, main economic activity is animal husbandry and animal production has made traditional practices, based on rangelands. Some important plant species are potato, beans, grain, barley and forage crop species such as alfalfa, sainfoin, vetch and also, in a small scale lentil and sugar beet has been produced in this regions. In addition to agricultural activity, beekeeping and honey production is another important agricultural activity. Narman district has wide natural rangelands with abundant honey plant species. Rangelands are important for organic honey production because in this vegetation, any chemical fertilization or other chemicals for weed and pest control never used. High-quality organic honey, produced in the region highly demands across all of the country and honey producers gain significant income from honey production. This study carried out, in years of 2009-2011, at 14 different locations of Narman district of Erzurum in the flowering time of natural plants. On natural flora, in addition to honey plant species, other flowering plant species were determined. In research area, it was determined the most common plant species were Alfalfa (*Medicago* sp), Thyme (*Thymus* sp), Yarrow (*Achillea* sp), Sage (*Salvia* sp), Sainfoin (*Onobrychis* sp) and Wild strawberry (*Fragaria* sp).

Keywords: Beekeeping, Honey Bee, Honey Plants, Rangelands, Organic Honey

* Mahir Murat CENGİZ; mcengiz@atauni.edu.tr; Tel: (0442) 231 37 23; orcid.org/0000-0002-9844-4229

1. Giriş

Üretim için çok fazla sermaye gerektirmemesi, toprak işlemeye gerek duymadan yapılabilmesi ve kısa bir dönemde gelir elde edilmesi gibi avantajlarından dolayı günümüzde arıcılık; tüm dünyada en yaygın tarımsal faaliyetlerden birisidir. Tozlayıcılar, özellikle bal arıları, bitkisel üretim üzerine etkilerinden dolayı karasal ekosistemler için oldukça önemlidirler (Patricio-Roberto ve Campos, 2014). Bu durum yalnızca ekosistem açısından değil aynı zamanda ekonomik açıdan da oldukça faydalı etkilere sahiptir. Yapılan hesaplamalara göre bal arılarının tozlaştırması sonucu elde edilen ürün artışının ekonomik değerinin bal ve bal mumu gibi arı ürünlerinden elde edilenin yaklaşık 20 katı olduğu ifade edilmektedir (Genç ve Dodoloğlu, 2017). İnsan gıdası olarak kullanılan bitkilerin tamamına yakınının 80 civarında bitki türünden sağlandığı ve bunların da büyük çoğunluğunun arılar tarafından tozlaştırılan bitkiler olduğu belirtilmektedir (Delaplane ve Mayer, 2000).

Arılar en önemli bitki tozlayıcıları olup, doğada yayılış gösteren çiçekli bitki türlerinden önemli bir kısmının arılar tarafından ziyaret edildiği bilinmektedir (Kaufman, 1989). Varlıklarını devam ettirebilmek için birbirlerine ihtiyaç duyan arılar ve bitkiler arasında güçlü ortak bağlar kurulmuştur (Rathcke ve Jules, 1993). Arıların bitki çiçeklerini ziyaret etmelerinin asıl amacı nektar ve polen toplamak olup nektar ve polen arıların için karbonhidrat ve protein kaynağını oluşturmaktadır (Genç ve Dodoloğlu, 2017). Hem yabani hem de bal arılar, ekolojik ve ekonomik açıdan oldukça önemli olan tozlaşma için gerekli görevi yerine getirmektedirler (Delaplane and Mayer, 2000; Murray vd., 2009; Blaauw ve Isaacs., 2014; Campbell vd., 2017).

Çayır ve meralarda yaygın olarak bulunan yabancı tozlaşan baklagiller familyasına dahil bir çok bitki türü aynı zamanda arılar için de zengin birer besin kaynağıdır. Bal arılarının bir bitkiyi ziyaret etmesi bitkinin nektar ve polen üretimleri arasında doğru bir orantı vardır. (Genç ve Dodoloğlu, 2017). Doğal çayır ve meralar arılar için zengin nektar ve polen kaynağı durumunda olup bu alanlar organik arıcılık açısından da önemlidir. Doğu Anadolu bölgesi meraları gibi kimyasal ilaç ve gübre kullanımının yok denecek düzeyde olduğu doğal mera alanları büyük baş ve küçükbaş hayvancılığın yanı sıra arıcılık açısından da oldukça önemlidir.

Türkiye, 14,6 milyon hektarlık mera ve çayır alanına sahiptir ve bu alanların dağılımı bölgeler

arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Doğu Anadolu Bölgesi en geniş mera alanına sahip bölge olup ülke toplam mera alanının yaklaşık %30'una sahipken Erzurum ilinin mera varlığı ise bölge meralarının %50'sine denk gelmektedir (TUİK, 2017).

Doğal meralar insanlara, yabani ve evcil hayvanlara pek çok fayda sağlar. Hayvanlar için yem üretimi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve toprak erozyonunun sınırlandırılması, meraların bazı avantajlarıdır (Altın vd., 2005; Havstad vd., 2007; Holechek vd., 2011).

Meralar esasen Türkiye'de hayvan otlatmak için kullanılırlar ve özellikle ilkbahar, yaz ve sonbahar dönemlerinde hayvanların ana besin kaynağıdır. Ekstrem iklim koşulları ve topoğrafik yapı, bu bölgede bazı bitki türleri üretimini kısıtlamaktadır. Bu koşullar bölge insanını en önemli tarımsal faaliyetlerden biri olan hayvan yetiştiriciliğine yönlendirmiştir (Koç ve Gökkuş, 1996). Arıcılık, Türkiye ve özellikle herbisit veya böcek ilacı uygulanmayan geniş doğal mera alanlarına sahip Doğu Anadolu Bölgesinde meralara bağlı diğer önemli bir faaliyettir. Bu nedenle organik bal üretimi için doğal meralar oldukça uygun vejetasyonlardır (Cengiz vd., 2010). Arıcılık faaliyetini sadece bal üretimi için önemli olduğunu düşünmek doğru bir yaklaşım olmayacaktır, çoğu durumda arıların bitkileri tozlaşması bal üretiminin değerinden çok fazla olabilmektedir (Anon., 2017). ABD tarımına balarılarının çiçekli bitkilerin büyük bir çoğunluğunda tozlaşma olayını gerçekleştirerek yılda milyarlarca dolarlık gelir sağladığı ifade edilmektedir (Robinson vd., 1989). Tozlaşmanın ekonomiye olan katkısı dünya genelinde her yıl 200 milyar doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Gallai vd., 2009). Çünkü polinatörler, tohumla çoğalan pek çok bitki türünün çoğaltılması için gerekli olan tozlama hizmetlerini sağlayarak ekosistem yapısını ve fonksiyonunu sürdürmede kritik bir rol oynamaktadır (Kearns vd., 1998; Harmon vd., 2011; Pufal, vd., 2017). Ayrıca, bal arılarının gerçek değerinin yaşam kalitesine çok yönlü katkı sağlamasından kaynaklandığını ifade etmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır (Kaluza vd., 2017).

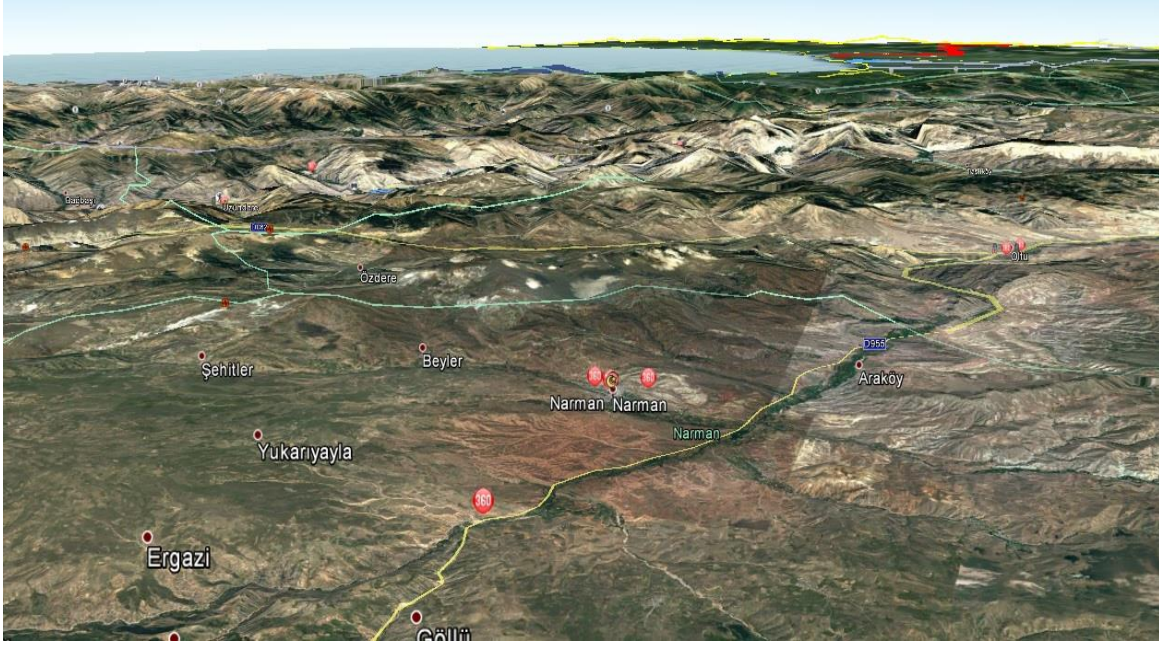
Bölgedeki meralar zengin bitki türlerine sahiptir ve bu bitkilerin önemli bir kısmı arı türleri tarafından tozlaştırılmaktadır (Tokgöz vd., 2015). Narman'da, arıcılık ve bal üretimi esas olarak doğal meralara bağlı olarak yapılmaktadır (Şekil 1). Bu araştırmanın amacı Narman ilçesi tabii

meralarının organik bal üretimi ve arıcılık açısından potansiyelini değerlendirmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2009-2011 yılları arasında Narman ilçesinin 14 değişik lokasyonunda gerçekleştiril-

miştir (Tablo 1). Çalışmanın yürütüldüğü mera alanı ilçenin toplam mera alanının yüzde 20'sine denk gelen yaklaşık 10555, 28 hektarlık alandır. Çalışma yerleri farklı topoğrafik yapıya sahip olup erken ilkbahardan geç sonbahara kadar büyükbaş hayvanlar tarafından otlatılmaktadır.



Şekil 1. Narman ilçesi uydu görünümü

Tablo 1. Çalışmanın yapıldığı mera alanları (lokasyonlar).

Çalışma alanları (Lokasyonlar)	Enlem	Boylam	Toplam mera alanı (da)
1. Narman (Tuzla)	40°21'1.80"N	41°52'37.53"E	12563.428
2. Narman (Meheng)	40°21'42.43"N	41°55'22.46"E	5831.397
3. Kuruçalı	40°23'28.43"N	41°54'42.53"E	4386.874
4. Araköy	40°22'56.72"N	41°56'28.04"E	1162.5
5. Kışlaköy	40°17'36.25"N	42° 0'46.09"E	18847.543
6. Serinsu	40°21'16.99"N	41°59'47.22"E	2837.327
7. Mahmutçavuş	40°20'35.01"N	41°57'9.39"E	9299.08
8. Yanıktaş	40°16'21.03"N	41°51'44.24"E	8996.825
9. Göllü	40°14'9.55"N	41°52'24.82"E	6762.992
10. Kamışözü	40°19'35.42"N	41°48'26.98"E	4367.52
11. Karapınar	40°17'12.97"N	41°41'42.55"E	6902.065
12. Sapanlı	40°20'36.32"N	41°45'44.05"E	5720.339
13. Karadağ	40°20'50.95"N	41°46'35.66"E	6671.703
14. Beyler	40°21'29.42"N	41°47'59.03"E	11203.173
Toplam			105552.766

Narman ilçesi yaklaşık 50.000 hektarlık mera alanına sahip olup bu doğal bitki örtüsü hayvan üreticileri tarafından otlatma amaçlı kullanılmaktadır. Hayvancılık yanında, arıcılık ve bal üretimi, meralar üzerinde yapılan başka bir

faaliyettir. Her iki çalışma yılı Temmuz ayı başında, araştırma lokasyonlarının mera alanlarında botanik kompozisyonu belirlemek için transekt yöntemi (Canfield, 1941) kullanılmış ve bitki örtüsünü oluşturan bitki türleri ait oldukları

familyalara göre tespit edilmiştir. Bitkilerin çiçeklenme periyodu boyunca her beş günde bir mera alanlarında gözlemler yapılmış ve sıkça bal arıları tarafından ziyaret edilen bitki türleri tespit edilmiştir.

3. Bulgular Tartışma

Çalışmanın sonuçlarına göre, tüm çalışma yerlerinde toplam 63 bitki türü tespit edilmiş ve 29 bitki türü, bal arıları tarafından sıklıkla ziyaret edilen çiçekli bitkiler olduğu belirlenmiştir. Tespit edilen bu bitkilerin büyük çoğunluğunun diğer familyalara ait olduğu belirlendi.

Baklagil türleri içerisinde yonca türüne (*Medicago sp*) bütün çalışma lokasyonlarda rastlanmış olup ikinci olarak en çok karşılaşılan baklagil türü dikenli geven türü (*Astragalus lagurus*) olup bu türe 6 lokasyonda rastlanmıştır. Çalışma lokasyonlarında rastlanan diğer baklagil türleri Sarı taşyoncası (*Melilotus officinalis*), Geven (*Astragalus lineatus*), Üçgül (*Trifolium sp.*), Gazal

boynuzu (*Lotus corniculatus*), Korunga (*Onobrychis sp.*), Taç otu (*Coronilla sp.*), Fiğ (*Vicia sp*) türleridir. Bu baklagil türü bitkilerinin sık sık bal arıları tarafından ziyaret edildiği görülmüştür. Baklagiller içerisinde Sarı taşyoncasının (*Melilotus officinalis*) bu bitkiler içinde en çok ziyaret edilen bitki türü olduğu gözlenmiştir. Bu bitki türünden sonra Korunga türü (*Onobrychis sp*) ve Yonca türü (*Medicago sp.*) ikinci olarak çok ziyaret edilen bitki türleri olarak gözlenmiştir. Bu bitkilerin dışında sıklıkla ziyaret edilen bitki türleri diğer familyalara ait olup Geven türü (*Artemisia spicigera*) en sık gözlenen tür olup Engerek otu (*Echium sp.*), Deliçay (*Stachys sp.*), Kekik türleri (*Thymus sp.*), Kirveotu (*Teucrium sp.*), Taş kekiği (*Teucrium polium*), Dağ reyhanı (*Ziziphoria sp.*) gibi diğer familyalara ait bitki türlerinin bal arıları tarafından sıkça ziyaret edildiği gözlenmiştir. Çalışma yerinin botanik kompozisyonunda çiçekli bitki türlerinin oranı % 78.87 (baklagil türleri + diğer familyalar) ve kalan bitki türü oranı% 21.13 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışma yerlerinin botanik kompozisyonunda belirlenen ballı bitkiler ve oranları (%).

Türler	Lokasyonlar														Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Baklagil															
<i>Melilotus officinalis</i>	8.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.11	0.00	29.41	10.53	17.40	5.29
<i>Medicago sp</i>	6.90	17.00	19.20	23.54	14.46	10.10	3.12	17.08	11.11	8.11	16.66	20.59	12.28	15.22	13.96
<i>Astragalus lineatus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.05	25.00	0.00	3.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.48
<i>Astragalus logurus</i>	0.00	3.12	5.89	35.28	0.00	3.04	0.00	0.00	11.11	0.00	5.55	0.00	0.00	0.00	4.57
<i>Trifolium sp.</i>	8.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.71	0.00	0.00	1.67
<i>Lotus corniculatus</i>	0.00	0.00	5.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.21	5.55	0.00	0.00	6.53	2.44
<i>Onobrychis sp.</i>	15.52	0.00	0.00	0.00	0.00	9.09	0.00	0.00	0.00	2.70	0.00	0.00	10.53	0.00	2.70
<i>Coronilla varia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.52
Genel Toplam	4.96	2.52	3.87	7.35	1.81	6.19	3.52	2.14	3.24	4.39	3.47	8.09	4.17	4.89	34.62
Diğer türler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Ort.
<i>Achilla millefolium</i>	1.73	0.00	17.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.53	0.00	2.14
<i>Achilla biebersteinii</i>	0.00	12.50	0.00	5.87	0.00	6.05	0.00	11.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.55
<i>Thymus parviflorus</i>	0.00	15.62	0.00	0.00	14.46	3.04	12.50	0.00	9.26	0.00	23.34	0.00	0.00	0.00	5.59
<i>Stachys sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	3.61	3.04	0.00	6.31	0.00	0.00	0.00	20.59	0.00	0.00	2.40
<i>Stachys iberica</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	19.28	0.00	0.00	3.08	0.00	21.61	0.00	0.00	0.00	0.00	3.14
<i>Artemisia spicigera</i>	19.30	0.00	0.00	11.77	0.00	0.00	10.76	9.23	16.66	8.11	0.00	2.95	0.00	0.00	5.63
<i>Crepis sp</i>	0.00	9.37	0.00	0.00	9.28	3.04	0.00	3.08	0.00	0.00	11.11	0.00	0.00	0.00	2.56
<i>Campanula stevenii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.77	0.00	0.63
<i>Helichyrsom pallasii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 2'nin devamı.

Diğer türler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Ort.
<i>Fragaria vesca</i>	8.79	15.62	0.00	11.77	1.20	0.00	0.00	0.00	7.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.20
<i>Salvia sp.</i>	6.90	0.00	0.00	0.00	3.61	0.00	0.00	7.31	0.00	10.81	0.00	0.00	10.00	8.69	3.38
<i>Verbascum sp.</i>	0.00	3.12	0.00	0.00	3.61	0.00	0.00	0.00	16.66	0.00	0.00	0.00	0.00	15.22	2.76
<i>Centaurea pulcherima</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.50	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
<i>Centaurea sessilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eryngium campestre</i>	1.73	0.00	0.00	11.77	0.00	0.00	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.86
<i>Cichorium intybus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.77	10.87	1.40
<i>Centaurea virgata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	0.00	5.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.29
<i>Nepeta sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.00	0.00	0.00	12.28	0.00	1.01
<i>Teucrium polium</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	16.87	0.00	3.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.69	2.05
<i>Ajuca sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	6.53	0.89
<i>Cirsium sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.87	0.78
Genel Toplam	1.83	2.68	0.84	1.96	3.43	0.72	2.85	1.92	3.00	1.93	1.64	1.12	2.68	2.90	44.25
Diğerleri	1.56	1.69	2.90	0.77	0.97	1.95	0.86	2.90	0.79	1.74	2.70	0.84	0.74	0.00	20.41

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, Narman ilçesinde doğal meralar önemli bal özlü bitki türlerine sahiptir. Sahada 29 bitki türünün arılarca sık sık ziyaret edildiği gözlenmiştir. Bu bitki türlerinin arıcılık ve bal üretimi açısından önemli olduğu ifade edilmektedir (Tokgöz vd., 2015; Çöçen vd., 2014; Anon., 2017; Kaluza vd., 2017). Yapılan çalışmalarda, bal arılarının iklim ve coğrafi yapıya bağlı olarak floralarda yetişen farklı çiçekli bitkileri nektar ve polen kaynağı olarak tercih ettikleri bildirilmiştir (Morse ve Calderone, 2000; Özbek, 2011; Çöçen vd., 2014; Devenci vd., 2015) Bal arılarının nektar ve polen bakımından zengin olan bitkileri ziyaret etmelerinin sebepleri bitkileri tozlaştırmanın yanı sıra beslenmeleri için polen ve bal üretimi için nektar toplamaktır. Dolayısıyla arıların ziyaret ettikleri bitki türleri bal ve polen üretimi açısından belirli bir potansiyele sahip bitkiler olarak değerlendirilebilir.

4. Sonuç

Değişik faktörlerin etkisiyle bozulan ekosistemin doğal dengesini yeniden düzeltmeye yönelik yapılan faaliyetlerden biri olan organik tarımın; en önemli unsurları arasında bal arıları önemli bir yere sahiptir. Birçok bitki türünün gelecek nesillere genlerini aktarabilmesi ve bitki örtüsünün doğal vejetasyondaki çeşitliliğinde bal arılarının çok önemli bir rolü vardır. Bal arılarının organik tarımın önemli bir aktörü olarak değerlendirilmesi ve tozlaşmada yoğun bir şekilde kullanılması gerekir. Bu sayede doğal mera

alanlarının nektar ve polen kaynakları arılar tarafından değerlendirilirken, diğer taraftan bu alanlardaki birçok bitki türünde kalite ve üretim miktarı artacaktır.

Çalışma sahasında saptanan çiçekli bitki türleri arıcılık ve bal üretimi için oldukça önemli türlerdir. Narman'da çalışma alanlarının botanik kompozisyonunda çiçekli bitki türlerinin oranı % 78,87 gibi yüksek bir oranda olduğu belirlenmiştir. Araştırmada arılarca en çok ziyaret edilen bitki türlerinin yonca türü ve dikenli geven türü gibi baklagil bitkileri olduğu belirlenmiştir. Çalışma lokasyonlarında rastlanan diğer baklagil türleri Sarı taş yoncası (*Melilotus officinalis*), Gazal boynuzu (*Lotus corniculatus*), Korunga (*Onobrychis sp.*), Taçotu (*Coronilla sp.*), Fiğ (*Vicia sp.*) gibi baklagil türü bitkilerinin sık sık bal arıları tarafından ziyaret edildiği tespit edilmiştir.

Kaynaklar

Altın, M., Gökkus, A., ve Koç, A., 2005. Çayır ve Mera Yönetimi, T.C. Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Anonymous, 2017. Top Honey Plants for Producing the Best Honey, <http://www.countryfarm-lifestyles.com/honey-plants.html>

- Blaauw, B. R. ve Isaacs, R. 2014. Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 890-898.
- Campbell, A. J., Wilby, A., Sutton, P. ve Wäckers, F.L. 2017. Do sown flower strips boost wild pollinator abundance and pollination services in a spring-flowering crop? A case study from UK cider apple orchards. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 239, 20-29.
- Canfield, R.H., 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39(4), 388-394.
- Cengiz., Genç, F. ve Dodoloğlu A., 2010. Arı ekoloji ilişkisi ve organik arıcılık, Türkiye I. Organik Hayvancılık Kongresi, Temmuz 2010, Gümüşhane, Türkiye, s. 52-57.
- Çöçen, E., Özcan, E.T., Atay, S., Pala, M. ve Murathan, İ., 2014. Gümüşhane İli Merkez İlçe Köyleri Florasında Yoğun Olarak Bulunan Ballı Bitki Türleri ve Meraların Çiçeklenme Periyotları, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 4(2), 126-133.
- Delaplane, K.S. ve Mayer, D.F., 2000. *Crop Pollination by Bees*: CABI Publishing, University press, Cambridge, 344p.
- Deveci, M., Cınbirtoğlu, Ş. ve Demirkol, G., 2015. İlkbahar Dönemi Bitkileri ve Arıcılıkta Polen Kaynağı Bakımından Önemi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(1),1-12.
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J. ve Vaissiere, B., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810–821.
- Genç, F. ve Dodoloğlu A., 2017, Arıcılığın Temel Esasları (Ders Notu): Atatürk Üniv. Zir. Fak. Yayınları, 341, Atatürk Üniv. Zir. Fak. Ofset Tesisi, Erzurum, 467s.
- Harmon, J.P., Ganguli, A.C. ve Solga M.J., 2011. An overview of pollination in rangelands: Who, Why, and How By. *Rangelands*, 33(3), 4-8.
- Havstad, K.M., Peters, D.P., Skaggs, R., Brown, J., Bestelmeyer, B., Fredrickson, E. ve Wright, J., 2007. Ecological services to and from rangelands of the United States. *Ecological Economics*, 64(2), 261-268.
- Holechek J., Pieper, R.D. ve Herbel, C.H., 2011. *Range management: principles and practices*: 6. Ed. Prince Hall. USA, 456p.
- Kaluza, B.F., Wallace, H., Keller, A., Heard, T.A., Jeffers, B., Drescher, N. ve Leonhardt, S.D., 2017. Generalist social bees maximize diversity intake in plant species-rich and resource-abundant environments. *Ecosphere*, 8(3), 1-19.
- Kaufman, P.B., 1989. *Biology and Importance*: New York, Haber & Row Publisher, 757p.
- Kearns, C.A., Inouye, D.W. ve Waser, N.M., 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual review of ecology and systematics*, 29(1), 83-112.
- Koç, A. ve Gökkuş, A., 1996. Annual variation of above ground biomass, vegetation height and crude protein yield on the natural rangelands of Erzurum. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 20(4), 305-308.
- Morse, R.A. ve Calderone, N.W. 2000. The value of honey bees as pollinators of US crops in 2000. *Bee culture*, 128(3), 1-15.
- Murray, T.E., Kuhlmann, M. ve Potts, S.G., 2009. Conservation ecology of bees: populations, species and communities. *Apidologie*, 40(3), 211-236.
- Özbek, H., 2011. Korunga (*Onobrychis viciifolia Scop.*): önemli bir arı bitkisi. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 2011(2), 51-56.
- Patricio-Roberto, G.B. ve Campos, M.J. 2014. Aspects of Landscape and Pollinators-What is Important to Bee Conservation?. *Diversity*, 6(1), 158-175.
- Pufal, G., Steffan-Dewenter, I. ve Klein, A.M., 2017. Crop pollination services at the landscape scale. *Current Opinion in Insect Science*, 21, 91-97.

Rathcke, B.J. ve Jules, E.S., 1993. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. *Current Science*, 65(3), 273-277.

Robinson, W.S., Nowogrodski, R. ve Morse, R.A., 1989. The value of honeybees as pollinators of US crops. *American Bee Journal*, 128(6), 411-423.

Tokgöz F., Angiş S. ve Şengül M., 2015. Palandöken Florası. Palandöken ilçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Yayınları, Erzurum, 245 s.

TUIK, 2017. Türkiye'nin Çayır Mera Arazi Varlığı. Türkiye İstatistik Kurumu Verileri. www.tuik.gov.tr. 17 Aralık 2017.

InSe ve InSe:Sn Yarıiletkenlerinde Farklı Tavlama Sıcaklıkları ve Süreleri için Lineer Soğurma Katsayılarının Belirlenmesi

Determination of Linear Attenuation Coefficients for Different Annealing Temperatures and Duration in InSe and InSe:Sn Semiconductors

Burcu AKÇA*^{1,a}, Salih Zeki ERZENEÖĞLU^{2,b}

¹Ardahan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 75000, Ardahan

²Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 25400, Erzurum

• Geliş tarihi / Received: 10.04.2018 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 07.05.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 11.05.2018

Öz

Bu çalışmada Bridgman/Stockbarger metodu ile büyütülmüş InSe ve InSe:Sn yarıiletken kristallerinin farklı tavlama sıcaklıkları ve zamanları için lineer soğurma katsayıları incelenmiştir. Yarıiletkenlerden geçirilen ²⁴¹Am'in gamma ışınları yüksek çözünürlüklü Si(Li) detektör tarafından detekte edilmiştir ve Enerji ayırmalı X-ışını Floresan Spektrometresi (EDXRFS) kullanılmıştır. InSe ve InSe:Sn yarıiletken kristallerinin lineer soğurma katsayılarının, tavlama süresi ve sıcaklığının artışıyla genelde arttığı gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Bridgman/Stockbarger, EDXRFS, Lineer soğurma katsayısı, InSe

Abstract

In this study have examined linear attenuation coefficients of InSe and InSe:Sn semiconductor crystals have been grown by using Bridgman/Stockbarger for different annealing temperature and time. Gamma rays of ²⁴¹Am passed through semiconductors have been detected by a high-resolution Si(Li) detector and by using energy dispersive X-ray fluorescence spectrometer (EDXRFS). It has been observed that the linear absorption coefficients of InSe and InSe: Sn semiconductor crystals generally increase with the increase of annealing time and temperature.

Keywords: Bridgman/Stockbarger, EDXRFS, Linear attenuation coefficient, InSe

*^a Burcu AKÇA; burcuakca@ardahan.edu.tr; Tel: (0478) 211 75 12 (dahili: 2221); orcid.org/0000-0003-2399-5971

^b orcid.org/0000-0002-0890-6099

1. Giriş

InSe ikili bileşikleri veya kristalleri tabakalı yapıya sahip olup tabakalı yapılar oldukça fazla anizotropik özelliklere sahiptir. II-VI, II-IV veya III-V grubu yarıiletkenlerdeki gibi 3 boyutlu bağlanma yerine bu kristallerde moleküler bağlanma iki boyutta I. mertebeden iyonik veya kovalent bağlardır. Bu bağlanma şekli, tabakalı yarıiletkenlerin eşsiz özelliklerinin ortaya çıkma sebebidir ve bu yarıiletkenler belirgin bir şekilde diğer klasik yarıiletkenlerin band yapısı, titreşim spektrumu, optik özellikleri ve mekanik özelliklerinden tamamen farklıdır (Segura vd., 1983). İndiyum III-A grubu elementi olup, atom numarası 49, kütle numarası ise 114,818'dir. VI-A grubu elementi olan selenyumun ise atom numarası 34, kütle numarası ise 78.950'dir. Yarıiletkenlerin III-VI tabakalı ailesinin en karakteristik özelliği katmanların varlığıdır. Bu aile $A^{III}B^{VI}$ tipi bileşiklerin tek kristali olarak bilinmektedir (Mooser, 1976). InSe kristali Se-In-In-Se yapısında kristalleşir (Olguin vd., 2003). Atomlar birbirlerine kovalent veya iyonik bağla bağlanmışlardır ve her bir tabaka arasında Van-der Waals bağı vardır. InSe bileşiğinde indiyum düzlemindeki her bir atom, bitişiğindeki selenyum atomik düzleminde yer alan üç selenyum atomuna ve diğer tarafta ise bir indiyum atomuna yakın komşudur. Selenyum atomları arasındaki mesafe, indiyum atomları arasındaki mesafeden daha fazladır ve indiyum ve selenyum atomları arasındaki bölgede bir asimetri söz konusudur. Birbiri üzerine gelen iki boyutlu atomik düzlemler arası mesafe, oluşan politipin örgüsünü belirler (Choi ve Peter 2003). İkili yarıiletken bileşikler, görünür ve kızılötesi ışık yayan diyotlar, kızılötesi detektörler, optik parametrik osilatörler, doğrusal olmayan optikler, güneş pilleri, optik frekans dönüştürücü, ikinci dereceden harmonik üretim cihazları ve birçok elektro-optik cihazlar gibi pratik uygulamalardan dolayı teknolojik olarak ilgi çekicidirler (Pellicer-Pores vd., 2002). Yarıiletken bileşikler ince film üretilmesi için substrat olarak kullanılmalarına rağmen, güneş pillerinin fabrikasyonu için son yıllarda daha dikkat çekici hale gelmişlerdir. Son zamanlarda ise indiyum selen ince filmlerin büyütülmesi, indiyum selenin optoelektronik ve fotovoltaiik uygulamalar için sahip olduğu potansiyelden dolayı fazlaca ilgi çeken bir çalışma konusu haline gelmiştir. Yarıiletken kristaller ile ilgili literatür de verilen birkaç çalışma: İçelli vd. (2005)'de Stockbarger metodu kullanılarak büyütülmüş n-tipi InSe ve Gd, Ho, Er elementleri ile katkılandırılmış InSe kristallerinin kütle azaltma katsayılarını, 15.746-40.930 keV enerji aralığında

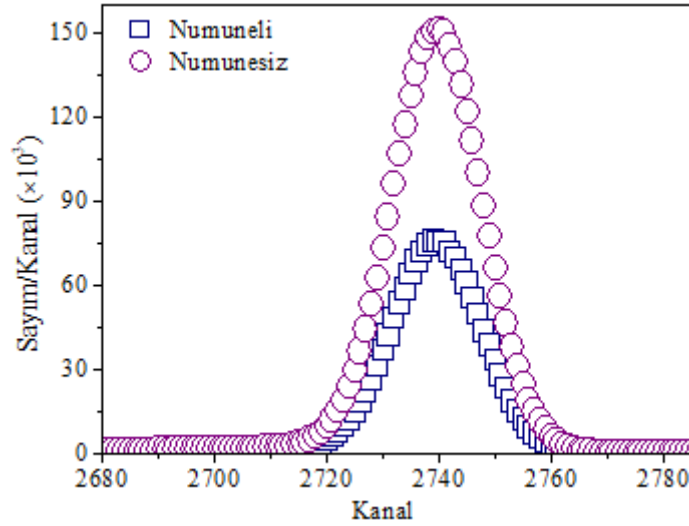
Si(Li) detektör ve EDXRF sistemi kullanarak ölçmüşlerdir. Erzeneoğlu vd. (2006)'da Bridgman-Stockbarger metodu kullanılarak elde edilmiş InSe ve farklı konsantrasyonlarda Holmiyum katkılanmış InSe kristallerinin 15.746-40.930 keV enerji aralığındaki kütle soğurma katsayılarını ölçmüşlerdir. Abdinov vd., (2012)'de n-tipi InSe kristalinin fotoiletkenliğine dış elektrik alanın etkisini çalışmışlardır. Darwish vd. (2013)'de Hegzagonal sistem ile InSe tozlarının polikristal olduklarını tespit etmişlerdir. Ayrıca X-ışını kırınımlı taramalı elektron mikroskobu kullanarak InSe filmlerin doğal nano yapıya sahip olduklarını göstermişlerdir. Akça vd. (2015)'de bazı katkılı ve katkısız yarıiletken kristallerin farklı tavlama sıcaklığı ve sürelerindeki gama transmisyon faktörlerini ölçmüşlerdir.

Bu çalışmada Bridgman/Stockbarger metodu ile büyütülmüş InSe ve InSe:Sn yarıiletken kristallerinin farklı tavlama sıcaklıkları ve zamanları için lineer soğurma katsayıları dar-ışın geometrisi kullanılarak ölçülmüştür. Yarıiletken malzemenin γ -ışını geçirgenliği hakkında bilgi veren lineer soğurma katsayılarının, kristalin kusur ve düzensizliğini minimuma indirmek için kullanılan tavlamanın, sıcaklık ve süresinin lineer soğurma katsayıları üzerindeki değişimi incelenmiştir. Çalışmamızdaki amaç, ihtiyaca göre kullanılacak numuneler de hangi amaç güdülüyorsa ona göre tavlama süresi ve tavlama sıcaklığı belirlenebileceğidir, öyleki amaç daha soğurucu bir numuneyse lineer soğurma katsayısını arttıracak yönde, daha geçirgen bir numuneyse de lineer soğurma katsayısını azaltacak yönde bir işlem yapılabileceğidir.

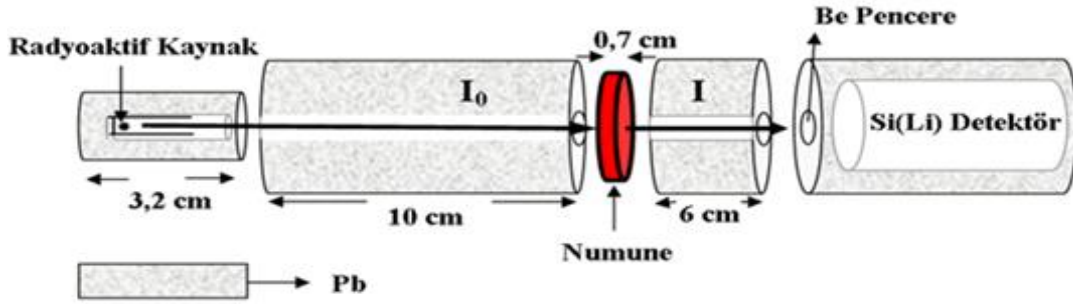
2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel Geometri

Çalışmada öncelikle kaynak-numune-detektör sistemi oluşturulmuştur. Sistemde dar-ışın geometrisi oluşturmak için yeterli foton akısını elde edebilecek şekilde, farklı delik çaplarına sahip, silindirik kolimatörler kullanılmıştır. Havadan saçılma etkilerinin ortadan kaldırılması için, aynı deneysel şartlar altında numunesiz ölçümler alınmıştır ve bu sayımlar numuneli ölçümlerden çıkarılmıştır. Numuneli ve numunesiz sayımlar için aynı sayma zamanı kullanılmıştır. Numuneli ve numunesiz sayımlar için bir örnek spektrum Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmamız için hazırlanan dar ışın geometrisi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Numuneli (InSe) ve numunesiz sayımlar için örnek bir spektrum



Şekil 2. Deney için hazırlanan dar-ışın geometrisi

Çalışmamız da aktif çapı 3.91 mm, aktif alanı 12 mm² ve 5.9 keV'de FWHM'u 160 eV olan bir Si(Li) detektör kullanılmıştır. Deney süresince sayaç kristali ve FET 30 litrelik bir sıvı azot kabına bağlı, sıvı azot sıcaklığında tutulmuştur. Detektör dış ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmelerini önlemek için 0.025 mm kalınlığında bir berilyum pencereye sahiptir. Ölçü alma süresince çevresel koşulların olabildiğince değiştirilmemesine dikkat edilmiştir. Deneyde, şiddeti 100 mCi olan Am-241 radyoaktif kaynağının 59.5 keV enerjili fotonları ve sayma sistemi olarak da EDXRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence) spektrometresi kullanılmıştır. Analizör 4096 kanalda olacak şekilde, 600 s sayma süresinde ölçüler en az üç kez tekrarlanarak ortalamaları alınmıştır.

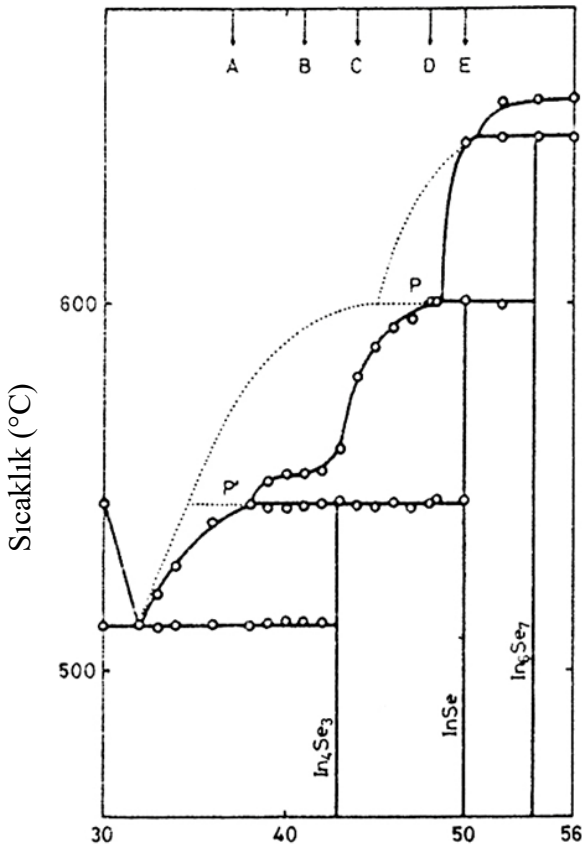
Çalışmamızda deneysel hataların bertaraf edilmesi ya da minimum seviyeye indirilmesi için gerekli çaba sarf edilmiştir. İdeal bir transmisyon deneyinde bütün fotonlar paralel bir şua gibi soğurucu materyale gönderilmelidir. Fakat deneysel çalışmalarda her durumda sistematik,

operasyonel vb. hatalar vardır. Bu hatalar; sayma istatistiği, soğurucunun bütünselliğinin olmaması, numunelerin kirlilik içermesi ve saçılan fotonların detektöre ulaşmamasından kaynaklanmaktadır. Bu hatalar için ortalama değerden sapmalar yüzde olarak I_0 ve I (<%1.3), numune kalınlığı (<%0.7), numunenin kütlesi (<%0.2), sistematik hata (<%0.8), tavlama sıcaklığının belirlenmesinden kaynaklanan hata (\leq %0.83) ve tavlama zamanının belirlenmesinden kaynaklanan hata (\leq %1.7) olarak tespit edilmiştir.

2.2. Numunelerin hazırlanması

InSe ve InSe:Sn (yüzde 0.01 ağırlık Sn) kristal büyütme araştırma laboratuvarımız da Bridgman/Stockbarger metodu kullanılarak Dr. Öğr. Üyesi Bekir GÜRBULAK tarafından büyütülmüştür. Stockbarger metoduyla kristal büyütme Bridgman tekniğinin geliştirilmiş şeklidir. Bridgman ve Stockbarger tekniklerinin her ikisinde de sabit bir fırın söz konusudur. Bridgman tekniğinde fırın içerisindeki ampul hareketlidir ve sabit fırın, sabit sıcaklık

gradyentine sahiptir. Stockbarger tekniğinde ise sabit fırın içerisindeki ampul hareketli olmayıp, fırın içerisindeki sıcaklık gradyenti belirli adımlarla düşürülmektedir. Bridgman tekniğinde, büyütülmek istenilen kristal, fırın tüpü boyunca oluşan sıcaklık gradyenti boyunca yatay veya düşey olarak hareket ettirilebilir. Bu metotlara sırasıyla yatay Bridgman ve düşey Bridgman metotları denilmektedir. Numuneler hazırlanırken külçe yüzeyde herhangi bir çatlak veya boşluk olmamalıdır. Numunelerin doğal aynaya benzer bölünme yüzeyleri üzerinde herhangi bir temizlik ve cilalama işlemi gerçekleştirilmemelidir. Katkısız ve katkılı InSe kristali yaklaşık 10 mm çapında ve 60 mm uzunluğunda külçe olarak hazırlanmıştır. Tek kristal elde etmek için, kristal büyütme işleminden önce bu kristallere ait faz diyagramlarının bilinmesi ve incelenmesi gerekir. Faz diyagramlarının koordinatları; basınç sabit kabul edilerek sıcaklık ve kompozisyon olarak ele alınmaktadır. Yarıiletken bileşiklerden, tek kristal elde edilebilmesi için erime sıcaklığı ve bileşiğin karşılıklı çözünebilirliğinin bilinmesi gerekir. İndiyum Selenyumun erime sıcaklığı, 660 ± 5 °C olarak belirlenmiştir. InSe yarıiletkeninin erime sıcaklığının tespiti için kullanılan faz diyagramı Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. InSe yarıiletken bileşiğinin faz diyagramı (Imai vd., 1981)

InSe ve InSe:Sn, 0-60 dak (dakika) zaman aralığında, 10 dakikalık zaman artışlarıyla 50°C sıcaklıktan başlanarak 50°C'lık sıcaklık artışlarıyla yanma sıcaklığına gelinceye kadar tavlama için kullanılan fırın 0-1200°C sıcaklık aralığında çalışmaktadır. InSe için yanma sıcaklığı 300°C iken, InSe:Sn için bu sıcaklık 350°C'dir. InSe için 300°C max tavlanaabildiği sıcaklıktır numune bu sıcaklıktan sonra yanmıştır, InSe:Sn içinde aynı durum 350°C' de ortaya çıkmıştır. Yarıiletken kristallerimizin kalınlığı ise 638 µm'dir.

2.3. Teori

Madde ve elektromanyetik radyasyon etkileşmesi sonucu meydana gelen soğurma ve saçılma olaylarının, daha iyi bir şekilde açıklanmasında tesir kesitleri, soğurma ve saçılma katsayıları önemli rol oynamaktadırlar. Literatürde birçok çalışmada; inşaat malzemeleri, metal alaşımlar, mineral numuneler, kemik, kas ve yağ gibi biyolojik numuneler için kütle soğurma, lineer azaltma, transmisyon katsayıları için doğru ölçümler aranmıştır. İletilen ışının azaltılması ölçülerek kütle azaltma katsayıları deneysel olarak elde edilebilir. Bu metot Beer-Lambert eşitliği denilen bir ifadeyle tanımlanır. Radyasyonun şiddetinde meydana gelen azalma soğurucu malzemenin kalınlığı (t) ile orantılıdır.

Başlangıçtaki şiddeti I_0 olan elektromanyetik radyasyonun bir soğurucu tabakasından geçtikten sonraki I şiddeti,

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu t} \quad (1)$$

$$\mu = \frac{\ln(I_0/I)}{t} \quad (2)$$

Burada μ (cm^{-1}) lineer soğurma katsayısı, I/I_0 oranı ise transmisyon faktörü veya transmisyon katsayısı (T) adını alır.

3. Bulgular ve Tartışma

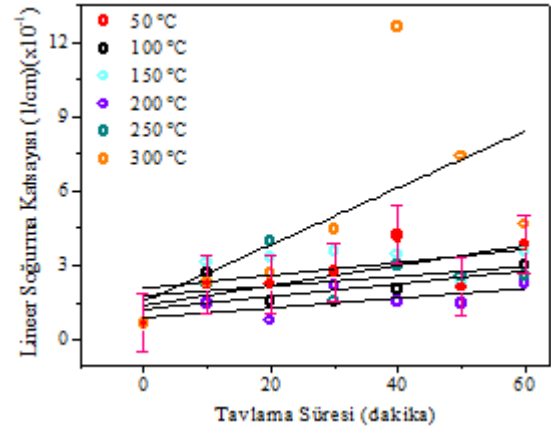
Yarıiletken malzemelerin veya kristallerin kusursuz olması mümkün değildir. Malzeme içerisinde kirlilik atomları veya örgü kusurları bulunabilir. Kirlilik atomları veya örgü kusurlarının etkisini minimuma indirmek için kristal gibi bir madde veya devre elemanı ısıya tabi tutulmaktadır. Tavlama işlemi, denilen bu işlem sonunda, yapıdaki atomik düzensizlikler

azalır ve daha düzenli bir faz oluşur. Yarıiletkenlerin tavlama, malzemeler üzerinde farklı etkiler oluşturmaktadır ki bu etkiler, şu şekilde sıralanabilir. Birincisi; yüksek sıcaklıklarda, yarıiletken maddeler katkılı karakteristiğini kaybederek, daha çok asal yarıiletken gibi davranmaya başlar. Çünkü asal taşıyıcı konsantrasyonu sıcaklığın kuvvetli bir fonksiyonudur. İkincisi; yarıiletkenlerde sıcaklığa bağlı olan taşıyıcı mobilitesini etkileyen fonon veya örgü saçılması ve iyonize olmuş kirlilik saçılması olabilir. Bir yarıiletken kristaldeki atomlar, mutlak sıfırın üzerindeki sıcaklıklarda belirli bir termal enerjiye sahiptirler ve bu enerji nedeniyle kristal içinde örgü atomları örgü pozisyonu civarında rasgele titreşim hareketi yaparlar. Örgü titreşimleri mükemmel periyodik potansiyel fonksiyonunda bir bozulmaya sebep olur. Üçüncüsü; oda sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara (> 300 K) çıktığında asal taşıyıcı konsantrasyonu artar ve iletkenlikle birlikte elektron konsantrasyonu baskın olmaya başlar. Dördüncüsü; asal taşıyıcı konsantrasyonu ve Fermi enerji seviyesi sıcaklığın kuvvetli bir fonksiyonudur.

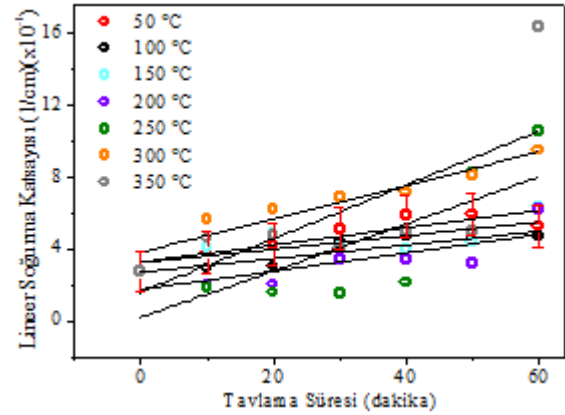
Sıcaklık artışıyla birlikte asal taşıyıcı konsantrasyonu artar ve Fermi enerji seviyesine yaklaşacak şekilde hareket eder. Yüksek sıcaklıklarda, yarıiletken madde katkılı karakteristiğini kaybetmeye ve daha çok asal yarıiletken gibi davranmaya başlar. Beşincisi ise; kristaldeki atomlar sıcaklığın bir fonksiyonu olarak termal enerjiye sahiptirler. Bu termal enerji, atomların denge örgü noktası civarında rasgele titreşmesine sebep olur. Bu rasgele termal hareket, atomların mükemmel geometrik dizilimini bozar veya düzenli dizilmiş atomlar arasındaki mesafenin rasgele değişmesine de sebep olabilir. Bu örgü kusuru olarak adlandırılır (Neamen, 2003).

Lineer soğurma katsayılarının tavlama sıcaklığı ve tavlama süresine göre değişimlerinin deneysel değerleri; Şekil 4–10'da verilmiştir. InSe ve InSe:Sn kristallerinin lineer soğurma katsayılarının, tavlama süresinin artışıyla genelde arttığı belirlenmiştir.

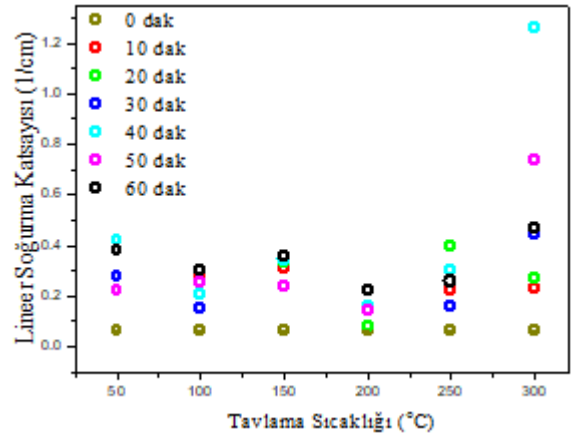
Tavlama sıcaklığı dikkate alındığında, InSe kristali için 40. dakika ve 300 °C' de; InSe:Sn kristali için ise 60. dakika ve 350 °C'de lineer soğurma katsayılarının maksimum değere ulaştığı belirlenmiştir. Normal şartlarda kalınlık arttıkça azalan lineer soğurma katsayısının, bu tek kristaller için kalınlık değiştirilmeksizin, belirli sıcaklık ve sürelerde tavlama yapıldığında tavlama süresi değişimiyle arttığı gözlenmiştir.



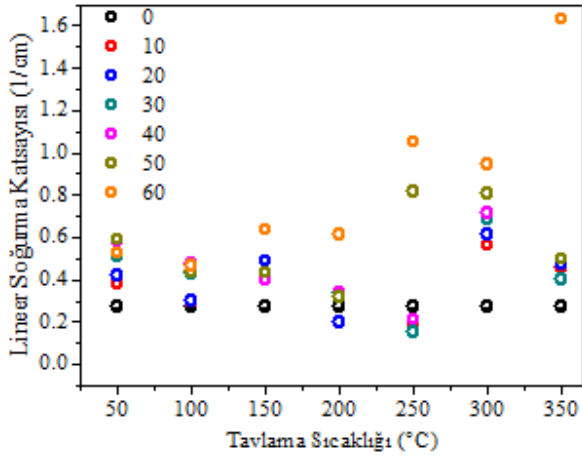
Şekil 4. InSe için tavlama süresi ile lineer soğurma katsayısı değişimi



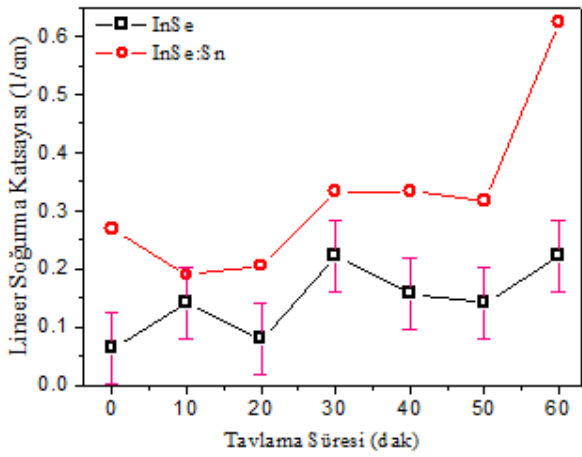
Şekil 5. InSe:Sn için tavlama süresi ile lineer soğurma katsayısı değişimi



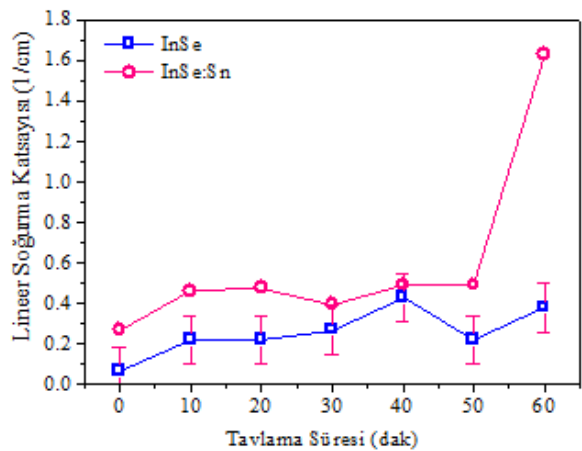
Şekil 6. InSe kristalinin farklı tavlama sürelerindeki lineer soğurma katsayılarının tavlama sıcaklığıyla değişimi



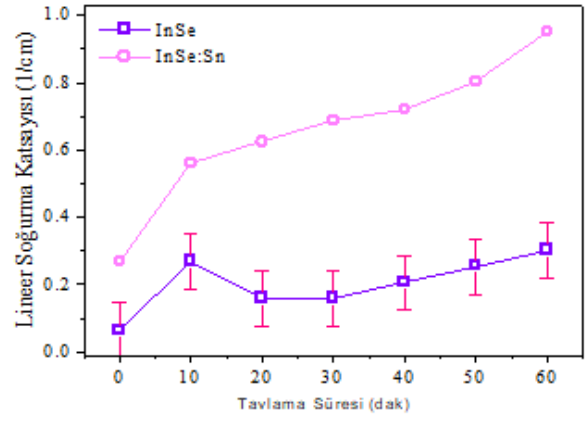
Şekil 7. InSe:Sn kristalinin farklı tavlama sürelerindeki lineer soğurma katsayılarının tavlama sıcaklığıyla değişimi



Şekil 8. InSe ve InSe:Sn kristallerinin 200 °C tavlama sıcaklığındaki lineer soğurma katsayılarının tavlama süresiyle değişimi



Şekil 9. InSe yarıiletken kristalinin 50 °C ve InSe:Sn kristalinin 350 °C tavlama sıcaklığındaki lineer soğurma katsayılarının tavlama süresiyle değişimi



Şekil 10. InSe kristalinin 100 °C ve InSe:Sn kristalinin 300 °C tavlama sıcaklığındaki lineer soğurma katsayılarının tavlama süresiyle değişimi

4. Sonuç

Çalışmada elde edilen bulgular dikkate alındığında, Bridgman/Stockbarger metodu kullanılarak büyütülmüş InSe ve InSe:Sn yarıiletken kristallerinin uzun tavlama süresi ve yüksek tavlama sıcaklıklarına çıkıldığında genelde daha soğurucu hale geldikleri sonucuna varabiliriz. Bu durum bize, uzun tavlama süresi ve yüksek tavlama sıcaklığında yapılan tavlamanın numunenin kristal yapısında, yapısal olarak homojenliğin artmasına sebep olduğunu düşündürmektedir. InSe ve InSe:Sn kristallerinin 0-60 dakika tavlama sürelerinde bazı sıcaklıklar için benzer değişimleri Şekil 8, 9 ve 10'dan görülmektedir. Özellikle Şekil 9 incelendiğinde InSe ve InSe:Sn için 40. dakikada lineer soğurma katsayıları hemen hemen kesişecek kadar yakın değerler almaktadır. Bu durum InSe (50 °C) ve InSe:Sn (350 °C) için, farklı tavlama sıcaklıkları ve aynı tavlama süresi (40 dak) için lineer soğurma katsayısının aynı değişimi veya karak-teristiği gösterdiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Başka bir deyişle bu tavlama süresi ve 350 °C sıcaklık için InSe:Sn, katkısız InSe gibi davranmıştır.

Teşekkür

Numuneleri hazırlayan Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Katıhal Fiziği Bilim Dalı Öğretim Üyesi, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Bekir GÜRBULAK'a bu değerli katkısından dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

Abdinov, A. Sh., Babaeva, R. F., ve Rzaev, R. M., 2012. Electric Field Effect on Photoconductivity Decay in n-InSe Single Crystals. Inorganic Materials, 48 (8), 781-785.

- Akça, B., Erzeneoğlu, S. Z., ve Gürbulak, B., 2015. Measurement of γ -ray transmission factors of semiconductor crystals at various annealing temperature and time. *Indian Journal of Pure & Applied Physics*, 53 (1), 49-55.
- Choi, In.H., ve Peter, Y. Yu., 2003. Properties of phase-pure InSe films prepared by metalorganic chemical vapor deposition with a single-source precursor. *Journal of Applied Physics*, 93 (8), 4673-4677.
- Darwish, A. A. A. , El-Nahass, M. M., ve Bahlol, M. N., 2013. Structural and electrical studies on nanostructured InSe thin films. *Applied Surface Science*, 2716, 210-216.
- Erzeneoğlu, S., İçelli, O., Gürbulak, B., ve Ateş, A., 2006. Measurement of mass attenuation coefficients for holmium doped and undoped layered semiconductors InSe at different energies and the validity of mixture rule for crystals around the absorption edge. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 102(3), 343-347.
- Imai, K., Suzuki, K., Haga, T., Haegawa, Y., Abe, Y., 1981. Phase diagram of In-Se system and crystal growth of indium monoselenide. *Journal of Crystal Growth*, 54, 501-506.
- İçelli, O., Erzeneoğlu, S., ve Gürbulak, B., 2005. Mass Attenuation Coefficients for n-type InSe, InSe:Gd, InSe:Ho and InSe:Er Single Crystals. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 90 (3-4), 399-407.
- Mooser, E., Ed., 1976. *Physics and Chemistry of Material With Layered Structure*, (Riedel, Dordrecht).
- Neamen, D. A., 2003, *Semiconductor Physics and Devices Basic Principles*, Third Edition, University of New Mexico.
- Olguin, D., Canterero, A., ve Syassen, U.K., 2003. Effect of Pressure on Structural roperties and Energy Band Gaps γ -InSe. *Physica Status Solidi B*, 235 (2), 456-463.
- Pellicer-Pores, J., Segura, A., Ferrer, Ch., Munoz, V., San Miguel, A., Polian, A., Itie, J.P., Gauthier, M., ve Pascarelli, S., 2002. High-pressure X-ray-absorption study of GaSe, *Physical Review B*, 65(1), 174103-7.
- Segura A., Guesdon, J. P., Besson, J. M., ve Chevy, A., 1983. Photoconductivity and photovoltaic effect in indium selenide. *Journal of Applied Physics*, 54(2), 876-889.

Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi (Bayburt Korkut Ata Lisesi Örneği)

Determination of Earthquake Performance in Masonry Buildings (Bayburt Korkut Ata High School Example)

Ömer CAN^{1,a}, Halime YILDIZOĞLU^{2,b}

¹Bayburt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 69000, Bayburt

²Bayburt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, 69000, Bayburt

• Geliş tarihi / Received: 17.01.2018 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 30.04.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 14.05.2018

Öz

Türkiye’de tarihi ve kültürel değeri olan birçok yapı bulunmaktadır. Bu yapılar farklı zaman ve kültürlerin birikim ve tekniklerini yansıtmaları bakımından büyük önem taşımaktadırlar. Günümüz teknolojisi ile inşa edilen betonarme ve çelik yapıların performansının gelişmiş sayısal metotlarla ayrıntılı olarak ortaya koymak mümkündür. Lakin tarihi yığma yapıların içerdiği süreksizlikler ve değişen malzeme özelliklerinden dolayı yapısal performansının belirlenmesinde ve yorumlanmasında zorluklarla karşılaşılabilir. Bu çalışmada; Bayburt ili merkezinde bulunan, 1944-1947 yılları arasında inşa edilen, Korkut Ata Lisesi’nin yapım tekniği, malzeme özellikleri ve konum özellikleri hakkında bilgiler derlenmiştir. Yapıda gözlemlenen mevcut problemler belirlenmiştir. StatiCAD-Yığma programı kullanılarak 2007 Deprem Yönetmeliği ve 2013 Riskli Yapılar Yönetmeliği esasları dikkate alınarak yapının performans analizini yapmak amaçlanmıştır. Yapılan analizlere paralel olarak taşıyıcı sistemin yapısal performansı değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Performans Analizi, StatiCAD- Yığma, Yığma Yapı

Abstract

There are many buildings which are historical and cultural values in Turkey. These structures are of great importance in terms of reflecting the accumulation and techniques of different times and cultures. It is possible to elaborate the performance of reinforced concrete and steel structures constructed with today's technology with advanced numerical methods. But difficulties can be encountered in determining and interpreting the structural performance due to the discontinuities and the changing material properties of the historic agglomerations. In this study; The construction technique, material properties and location features of Korkut Ata High School, which was built between 1944-1947 in Bayburt province center, was compiled. The existing problems observed in the structure have been identified. Using the StatiCAD-Masonry program, it was aimed to perform the performance analysis by taking into account the principles of the 2007 Earthquake Regulation and the 2013 Risky Buildings Regulation. Parallel to the analyzes carried out, the structural performance of the carrier system was evaluated.

Keywords: Performance Analysis, StatiCAD-Masonry, Masonry Building

*b Halime YILDIZOĞLU; halimeyildizoglu91@gmail.com; Tel: (0554) 988 1338; orcid.org/0000-0001-5888-285X

a orcid.org/0000-0002-8182-2967

1. Giriş

Ülkemizin büyük bir bölümü aktif fay hatları üzerinde bulunmaktadır. Son 30 yılda ülkemizde 7 ve üzeri büyüklüğünde birçok deprem meydana gelmiştir. Yapıların bu depremlere karşı yeterli dayanım sağlaması can ve mal kaybının olmaması için zorunludur (Atabey, 2011; Düzgün vd., 2015a).

İnsanlık tarihinin başlangıcından günümüze kadar binlerce yıllık uygarlık tarihi içinde insanın doğrudan veya doğa ile birlikte yarattığı değerler, bugün “kültürel ve doğal miras” olarak adlandırılır. Bu değerlerin korunması, çağımızda insanlığın ortak sorunudur (Aköz ve Yüzer, 2009).

Birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olan topraklarımız, tarihi eserler yönünden çok zengindir. Tarihi ve anıtsal yapılar toplum için kültürel miras olarak kabul edilmektedir. Bu tarihi mirasın korunması ve geleceğe en iyi şekilde aktarılması üzerinde hassasiyetle durulması gereken bir konudur (Aköz, 2008; Arıcan, 2010).

Tarihi yapılar yığma yapı tekniği ile inşa edilmişlerdir. Günümüzde inşa edilen betonarme binaların ekonomik ömürlerinin yaklaşık 50 yıl olduğu düşünülürken, tarihi yapıların yüzyıllar boyunca ayakta kalarak günümüze ulaştığı görülmektedir. Bu durum tarihi yığma yapıların yapısal özelliklerinin ve deprem etkisi altındaki davranışlarının daha iyi anlaşılması gerektiğini göstermektedir (Düzgün vd., 2015b).

Deprem olasılığının fazla olduğu bölgelerde, her bir tarihi yapının ayrı ayrı incelenip, yapısal davranış ve deprem performansının belirlenmesi gerekmektedir. Yapı malzemesinin dayanımındaki düşüşler, yapıda zamana bağlı deformasyonlar, zemin oturmaları, düzensiz yükleme doğal afetler, olumsuz çevre koşulları, ilgisizlik gibi nedenlerle bu yapıların deprem dayanımları kritik bir noktaya gelmiş olabilmektedir. Betonarme ve çelik yapıların gerek düşey gerek yatay yükler altında nasıl davrandığı yılların bilgi birikimi sonucu belli bir doğrulukta hesaplanabilmekte, matematiksel olarak ifade edilebilmektedir. Yığma yapıların düşey ve özellikle yatay yükler altındaki davranışı betonarme yapılarla kıyaslandığında, daha belirsizdir. Yığma yapıların içerdiği süreksizliklerden dolayı özelliklerinin farklı yönlerde değişiklik göstermesi ve malzeme kalitesinin değişebilmesi nedeniyle yapısal davranışlarının yorumlanmasında güçlüklerle karşılaşabilmektedir (Dabanlı, 2008; Sayın, 2009; Kılıç vd., 2013; Chamaky, 2014).

Tarihi yığma yapıların önce sistematik düzen içerisinde deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi, sonra da anlamlı bir öncelik sıralaması içinde depreme karşı güvenli duruma getirilmesi gerekmektedir (Sallio, 2005).

Tarihi yığma yapıların mevcut yükler altında ve ileride oluşması muhtemel deprem hasarlarına karşı yapısal davranışının bilinmesi için izlenilebilecek yolda;

- Birinci aşama, değerlendirilecek yapı hakkında bilgi edinilmesidir. Bunun için yapının tarihi gelişim süreci detaylı olarak araştırılmalı ve bölgesel veriler toplanarak yapının hangi etkilere maruz kalabileceğinin belirlenmesidir.
- İkinci aşama, yapının röleve çizimleri çıkarılarak, sistem geometrisini en iyi şekilde temsil edecek yapı modelinin oluşturulmasıdır.
- Üçüncü aşama, yapının maruz kalabileceği yüklerin belirlenerek model üzerinde uygulanması için yapının kendi ağırlığı ve dinamik yükler etkisi altındaki davranışının analiz edilmesidir.
- Dördüncü aşama ise yapı analiz sonuçlarına bakılarak hangi bölgelerde hasarlar oluşabileceği ve ortaya çıkan gerilmelerin izin verilen maksimum değerlere göre kıyaslanmasıdır (Çal ve Şahin, 2015).

Bu çalışmada, Bayburt ilinde bulunan Korkut Ata Lisesi'nin röleve çalışması yapılmıştır. Yapılan ölçümler AutoCAD Programına aktarıldıktan sonra analizler için StatiCAD-Yığma Programı kullanılmıştır. StatiCAD- Yığma Programında performans analizleri yapılarak, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Korkut Ata Lisesi

Bayburt ili Türkistan Caddesi Lise Sokakta bulunan Korkut Ata Lisesi 1943-1946 yılları arasında inşa edilmiştir. Sonraki yıllarda bu binaya bir ek bina yapılmıştır. Bu ek binanın yapım tarihi hakkında kesin bilgi elde edilmemiştir. Binanın onarım geçiren ve kullanım değişikliği olan bölümleri olmuştur. Yapılan incelemelerde sonradan yapılan değişikliklerin, binanın taşıyıcı sistemini etkilemediği belirlendiğinden, çizim ve hesaplarda dikkate alınmamıştır. Zemin ve bir normal kattan oluşan binanın iç ve dış duvarları Bayburt Taşı olarak bilinen doğal taş malzeme kullanılarak inşa edilmiştir. Dış cephe sıvanmıştır. Sadece ön cephe Bayburt Taşı ile kaplanmıştır.



Şekil 1. Korkut Ata Lisesi Sol Görünüş (2016)



Şekil 2. Korkut Ata Lisesi Yan Görünüş (2016)

2.1. Malzeme ve Özellikleri

Yapılan çalışmalarda doğal taşın basınç kuvvetlerine karşı dayanıklı, çekme kuvvetlerine karşı dayanımının düşük olduğu ve yığma yapı elemanlarının dayanım, dayanıklılık ve diğer malzeme özelliklerinin taş, harç, taşın işleniş biçimi ile birleşim dokusuna bağlı olduğu belirtilmektedir. Tarihi yığma yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerini belirlemenin mümkün olmadığı durumlarda, kullanılan malzemelerin özellikleri geçmiş çalışmalardan alınabilmektedir veya 2007 Deprem Yönetmeliğinde belirtilen malzemelerin dayanım ve fiziksel özellikleri kullanılabilir (Can ve Ünay, 2012; Çobanoğlu, 2014; Arslan, 2016).

Tarihi yığma yapılarda kullanılan doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Doğal yapı taşlarının ortalama fiziksel özellikleri (Ünay, 2002)

Taşın Cinsi	Basınç Dayanımı (N/mm ²)	Kayma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Elastisite Modülü (N/mm ²)
Granit	30-70	14-33	4-7	3x10 ³ -55x10 ³
Mermer	25-65	9-45	1-15	25x10 ³ -70x10 ³
Kireçtaşı	18-35	6-20	2-6	10x10 ³ -55x10 ³
Kumtaşı	5-30	2-10	2-4	13x10 ³ -50x10 ³
Kuvars	10-30	3-10	3-4	15x10 ³ -55x10 ³
Serpatin	7-30	2-10	6-11	23x10 ³ -45x10 ³

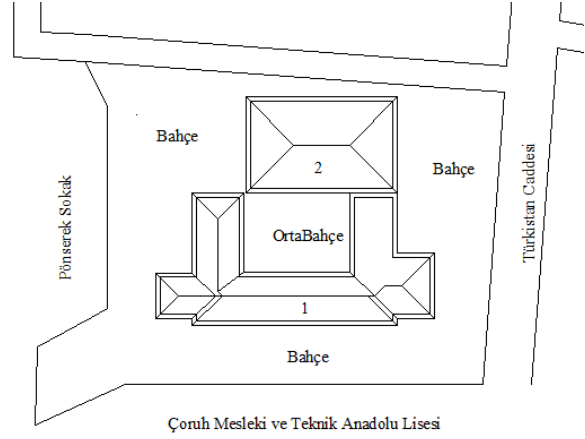
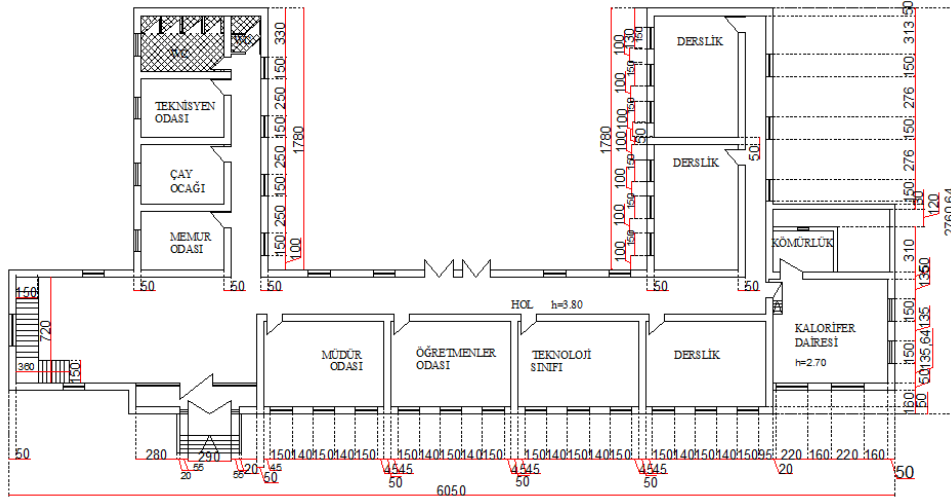
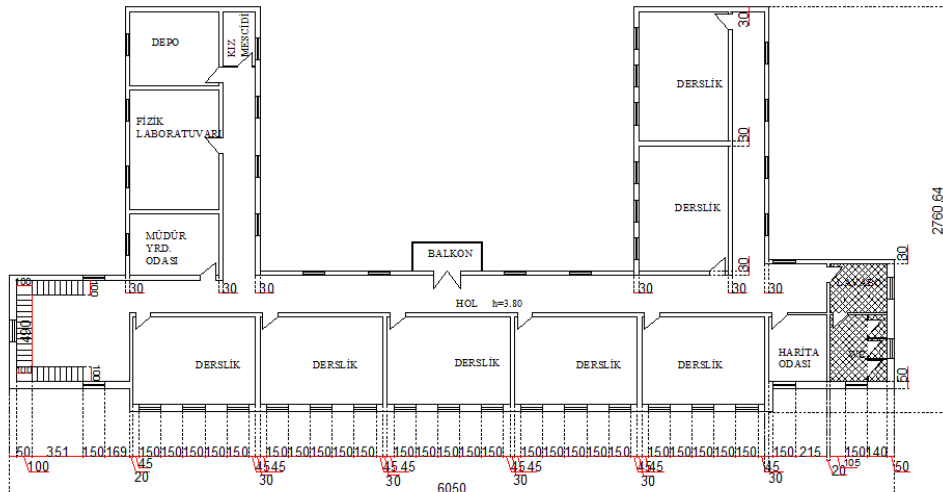
Tablo 2. Doğal taş mekanik özellikleri için yapılan kabuller (Durutürk, 2012)

Eleman Tipi	Elastisite Modülü (N/mm ²)	Özgül Ağırlık (kN/m ³)	Poisson Oranı
Taş Duvarlar (Harç ile Birlikte)	450	24	0.2

2.2. Korkut Ata Lisesi'nin Modellenmesi

Korkut Ata Lisesi'nin mevcut durum projelerinin yetersiz olması sebebiyle, öncelikle röleve çalışması yapılmıştır. Binanın doğu giriş cephesi 60.50 m, kuzey cephesi 27.60 m'dir. Yapı ön cepheden bakıldığında dikdörtgen bir geometriye sahiptir. Kuzey ve güney cephede, kuzeyde kömürlük ve kalorifer dairesi, güneyde merdiven

daireleri mevcuttur. Binanın arka cephesine iki kısımdan derslikler yerleştirilmiştir.

**Şekil 3.** Korkut Ata Lisesi'ne Ait Kroki**Şekil 4.** Korkut Ata Lisesi'ne Ait Röleve Örnekleri (Zemin Kat)**Şekil 5.** Korkut Ata Lisesi'ne Ait Röleve Örnekleri (1. Kat)

Bu çalışmada, tarihi yapının mevcut ölçülerine uygun şekilde modellenmesi için StatiCAD-Yığma Programı kullanılmıştır. StatiCAD-Yığma Programı depreme dayanıklı yapı tasarımı için geliştirilen, yığma yapıların statik analizini yapan programdır. Bu program ile yeni yapıların projelendirilmesi yapıldığı gibi mevcut yapıların deprem performans analizleri güçlendirmesi yapılabilmektedir. 2007 Deprem Yönetmeliği esaslarına veya 2013 Riskli Yapı Tespit Yönetmeliği'ne uygun olarak mevcut binaların performans analizleri yapılabilmektedir.

Korkut Ata Lisesi'nin boyutlandırılmasından önce yapıya ait zemin değerleri, etrafında inşa edilmiş son dönem yapılarının zemin etüt raporları incelenerek belirlenmiştir. Bu alınan zemin etüt raporlarında verilen değerler birbirine yakın bulunmuştur. Bunlardan okul binasının en yakında bulunan binanın zemin etüt raporu referans alınmıştır. Bu değerler Tablo 3'de verilmiştir.

Yapının boyutlandırılmasında gerçek malzemeye en uygun malzeme ile boyutlandırma yapılmaya çalışılmıştır. Zemin ve bir normal kattan oluşan yapının döşemesi betonarmedir. Düşey ve yataydaki hatıllar gerçek boyutlarına uygun olarak modellenmiştir. Betonarme döşeme için beton sınıfı 20 MPa alınırken donatı sınıfı S 220 alınmıştır.

Analiz yaparken gerekli olan yük kombinasyonları Tablo 4'de verilmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliğinin 5. bölümünde verilen yığma binalar için depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları incelendiğinde Tablo 5'teki veriler elde edilmiş ve program ayarları buna göre yapılmıştır.

Elde edilen tüm verilerle birlikte Korkut Ata Lisesi'nin modellenmesi yapılmıştır. Binanın oluşturulan modeline ait görünüşler Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir.

Tablo 3. Korkut Ata Lisesi'nin StatiCAD-Yığma Programına Aktarılabilmesi için Gerekli Değerler

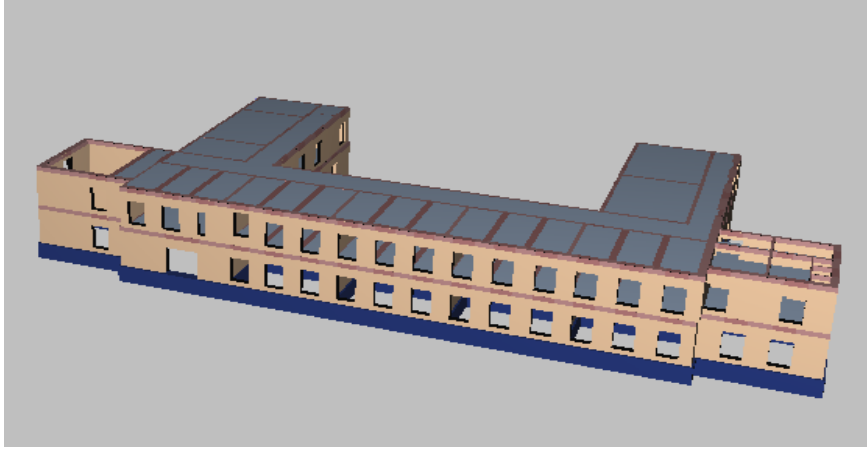
Zemin Grubu	C (Orta sıkı kum, Çakıl)
σ_{zem} (Zemin Emniyet Gerilmesi t/m ²)	18
Standart Penetrasyon Değeri	10-30
BHA (Beton Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³))	2500
Rölatif Sıklık	%35-65
Kayma Dalgası Hızı	200-400 m/s
Yerel Zemin Sınıfı	Z2
Spektrum Karakteristik Periyodu	TA=0.15 TB=0.40
Ao (Etkin Yer İvmesi Katsayısı)	0.2

Tablo 4. Korkut Ata Lisesi'nin StatiCAD-Yığma Programına Aktarılabilmesi için Gerekli Yük Kombinasyonları (TS 500,2000)

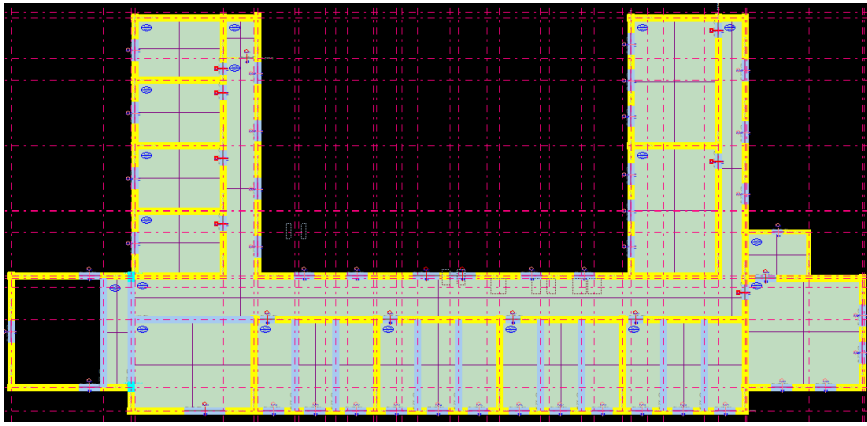
Yük Kombinasyonları	G (Ölü Yük)	Q (Hareketli Yük)	E (Deprem Yüğü)
Basınç Gerilmesi için Yük Kombinasyonu	1.0	1.0	
Döşeme Betonarme Hesabı için Kullanılan Yük Kombinasyonu	1.4	1.6	
Kayma Gerilmesi Hesabı için Kullanılan Yük Kombinasyonu	1.0	HYKK (Hareketli Yük Katılım Katsayısı)	1.0

Tablo 5. Taşıyıcı Sistem Katsayıları (DBYBHY,2007)

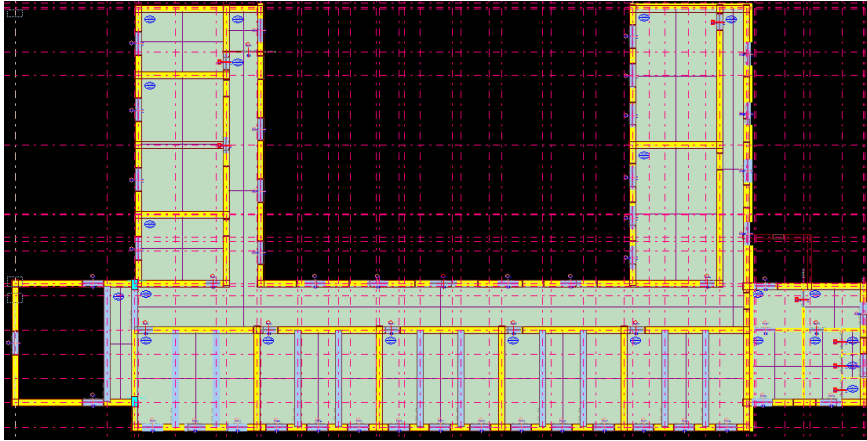
Bina Önem Katsayısı	1.4
R (Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı)	2
ST (Spektrum Katsayısı)	2.5



Şekil 6. Korkut Ata Lisesi'nin Üç Boyutlu Görüntüsü



Şekil 7. Korkut Ata Lisesi'nin StatiCAD Yığma Programı Çizimleri (Zemin Kat)



Şekil 8. Korkut Ata Lisesi'nin StatiCAD Yığma Programı Çizimleri (1. Kat)

Korkut Ata Lisesi'nin performans analizi yapılmadan önce analiz için 2007 Deprem Yönetmeliği seçilmiş, analiz öncesi orta bilgi düzeyine sahip olduğumuz bilgileri de programa girilmişti. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremler için, gerekli kabuller yapılarak yaptığımız hesaplar sonucunda, kayma gerilmesini sağlamayan yapı elemanlarının, toplam kesme kuvvetlerine oranları sırası ile;

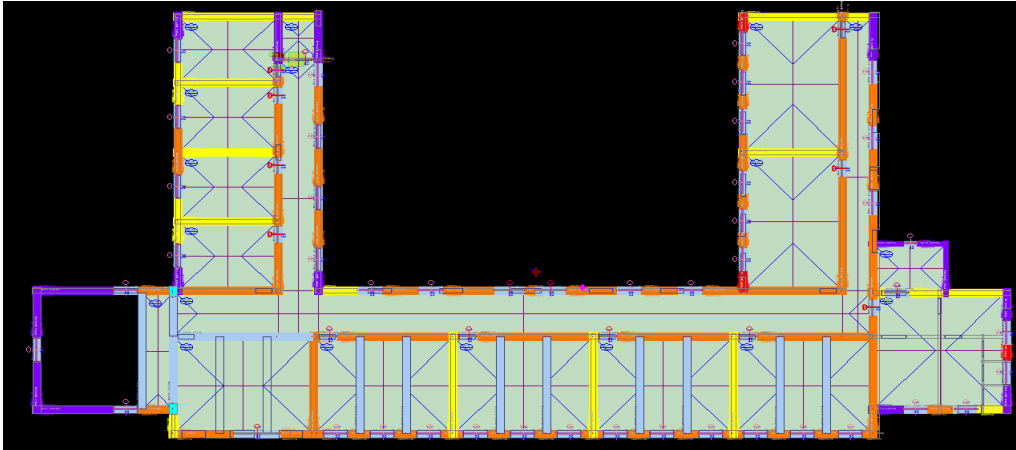
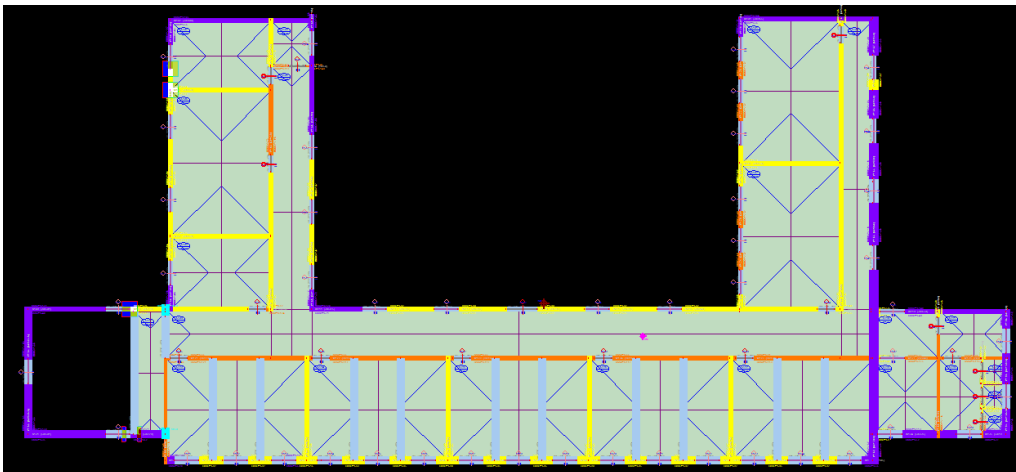
zemin kat X-X yönünde, %13.90, zemin kat Y-Y yönünde, %33.20, birinci kat X-X yönünde, %35.00, birinci kat Y-Y yönünde %55.10 olarak elde edilmiştir. 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre Korkut Ata Lisesi binasının göçme durumunda olduğu belirlenmiştir. Analiz özeti Tablo 6 ve Tablo 7'de verilmiştir. Analiz sonucunda basınç ve kayma gerilmelerini sağlamayan elemanlar Şekil 9 ve Şekil 10'da görülmektedir.

Tablo 6. StatiCAD-Yığma Programı analiz sonuçları (1)

PERFORMANS RAPORU							
Kat İsmi	Deprem Yönü	Q_i (ton)	e(m)	Mb_i (tm)	Qtb_i (ton)	$\sum V_r$ (Duvar) (ton)	$\sum V_e$ (ton)
Zemin Kat	X-X	989.79	2.93	2904.59	1032.11	1398.07	1032.11
	Y-Y	989.79	0.99	977.31	1028.64	1057.40	1028.64
1. Kat	X-X	617.71	6.11	3774.26	660.73	751.97	660.73
	Y-Y	617.71	2.02	1249.21	667.11	618.62	667.11

Tablo 7. StatiCAD-Yığma Programı analiz sonuçları(2)

PERFORMANS RAPORU							
Kat İsmi	Deprem Yönü	Yetersiz $\sum V_r$ (ton)	Yetersiz $\sum V_e$ (ton)	$\sum W_a$	$\sum W_n$	Yetersiz $\sum V_r$ (ton)	Yetersiz $\sum V_e$
Zemin Kat	X-X	91.48	143.03	80.01	46	5	13.90
	Y-Y	226.27	341.87	64.81	41	14	33.20
1. Kat	X-X	186.08	231.44	55.96	52	12	35.00
	Y-Y	234.64	367.78	50.04	44	16	55.10

**Şekil 9.** Analiz sonucu zemin katta basınç ve kayma gerilmelerini sağlamayan elemanlar**Şekil 10.** Analiz sonucu birinci katta basınç ve kayma gerilmelerini sağlamayan elemanlar

3. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada Korku Ata Lisesi'nin 2007 Deprem Yönetmeliğine göre 50 yılda gerçekleşme ihtimali %10 olan depremlerde beklenen performansı elde edilmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte StatiCAD Yığma programında kullanılan yapı malzemesinin mekanik özellikleri literatürdeki benzer çalışmalardan referans alınmıştır. Bayburt doğal taşının gerçek mekanik özelliklerinin bilinmemesi, taş ve harcın tek bir malzeme gibi modellenmesinden dolayı analiz sonuçları kaba bir yaklaşımla elde edilmiştir.

- Zemin katta X-X yönünde 46 duvardan 5 tanesi yetersizdir. Y-Y yönünde 41 duvardan 14 ü yetersizdir. 1. Katta X-X yönünde 52 duvardan 12'si yetersizdir. Y-Y yönünde ise 44 duvardan 16'sı yetersizdir.
- Yetersiz olan duvarlar Şekil 10 ve Şekil 11'de farklı renklerde gösterilmiştir. Turuncu renk ile gösterilen duvarlarda basınç gerilmesi sağlanmamıştır. Mor renk ile gösterilen duvarlarda kayma gerilmesi sağlanmamıştır. Kırmızı renk ile gösterilen duvarlarda hem basınç hem de kayma gerilmesi sağlanmamıştır.
- 2007 Deprem Yönetmeliğine göre Korkut Ata Lisesi'nin bulunduğu bölge için hazırlanan davranış spektrumunu verilerine göre hesap yapıldığında Korkut Ata Lisesi'nde meydana gelen basınç ve kayma gerilmelerinin literatürde alınan emniyet gerilmeleri değerlerinin altında olduğu yani, yapının geçme durumunda olduğu söylenebilmektedir.

Yapının iyileştirilmesi için taşıyıcı elemanlarda yani duvar ve hatılarda güçlendirme yapılarak, göçmenin önüne geçilmesi gerektiği düşünülmektedir. Çalışmanın yapıldığı yığma yapının bir okul binası olması nedeniyle, yapılacak güçlendirme müdahalelerinin geciktirilmeden yapılmasının gerektiği düşünülmektedir. İlimizde bulunan yığma binaların 2007 Deprem Yönetmeliği dikkate alınarak deprem davranışları tespit edilmeli, gerekli durumlarda bu yapılara güçlendirme yapılmalıdır.

Kaynaklar

Aköz, A., H., 2008. Deprem Etkisi Altındaki Tarihi Yığma Yapıların Onarım ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Aköz, F. ve Yüzer, N., 2009. Tarihi Yapılarda Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesinde Uygulanan Yöntemler, İMO- 1.İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu, Antalya.

Arıcan, Y., 2010. Yığma Yapıların Deprem Etkisi Altındaki Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Isparta.

Arslan, A., 2016. Süleymaniye Camii'nin Yerel Zemin Koşullarına Bağlı Deprem Performansının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Atabey, İ., 2011. Yığma Binaların Performans Analizi Sivas Şuşehri Aşağısarıca İlköğretim Okulu Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Can, H. ve Ünay., A.,İ., 2012. Tarihi Yapıların Deprem Davranışını Belirlemek İçin Sayısal Analiz Yöntemleri, Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 27, 1, 211-217, Ankara.

Chamaky, R., Y., 2014. Tarihi Yığma Yapıların Deprem Analizi ve Uygun Güçlendirme Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Çal, G. ve Şahin, A., 2015. Ortaköy Büyük Mecidiye Camii'nin Farklı Deprem Etkileri Altında Sismik Davranışının Değerlendirilmesi, 5.Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Erzurum.

Çobanoğlu, A.B., 2014. Türkiye'deki Yığma Binaların Malzeme Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Dabanlı, Ö., 2008. Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DBYBYHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik.

- Durutürk, G., 2012. Yalvaç Hamidiye Cami Deprem Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Düzgün, O. A., Hatipoğlu, Y.,S., Artar, M., Yurdakul, M. ve Öner, E., 2015b. Ahmed-i Zencani Kümbetinin Sonlu Elemanlar Analizi İle Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi, 5. Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Erzurum.
- Düzgün, O., A., Hatipoğlu, Y.,S., Artar, M., Yurdakul, M. ve Öner, E., 2015a. Zahit Efendi Camisi'nin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi, Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Erzurum.
- Kılıç, İ., Çoşkun, H. ve Uslu, H., 2013. Hatay Hükümet Konağının Deprem Yükleri Etkisinde Davranışının İncelenmesi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- Riskli Bina Tespit Yönetmeliği, 2013.
- Sallıo, N., 2005. Mevcut Yığma Yapıların Deprem Bakımından İncelenmesi ve Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sayın, E., 2009. Yığma Yapıların Lineer Olmayan Statik ve Dinamik Analizi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TSE, Ankara.
- Ünay, A., İ., 2002. Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Basım İşliği, Ankara.

Tarihi Bir Yığma Minarenin Onarım Sonrasındaki Dinamik Karakteristiklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi

Experimental Determination of the Dynamic Characteristics of a Historical Masonry Minaret after Repairing

Murat GÜNAYDIN*

Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane

• Geliş tarihi / Received: 18.01.2018 • Düzeltilek geliş tarihi / Received in revised form: 10.05.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 14.05.2018

Öz

Tarihi yapılar ülkemizin önemli kültür miraslarıdır. Bu yapılar; gerek geçmişi günümüze bağlamaları, gerek yapım tekniklerindeki yüksek mühendislik bilgisi, gerekse de buldukları bölgelere sağladıkları ekonomik katkılardan dolayı oldukça önemli olup geleceğe bozulmadan aktarılmalı kaçınılmaz bir zorunluluktur. Bu yapıların varlıklarını sürdürebilmesi, yapısal davranışlarının belirlenmesi ve gerekli onarım ve/veya güçlendirme işlemlerin uygulanmasıyla mümkündür. Bu amaçla ülkemizdeki birçok tarihi yapı onarılmış ya da güçlendirilmiştir. Uygulanan onarım ve/veya güçlendirme işlemin yapının yapısal davranışına etkisi, yapının bu işlemlerden sonraki özgün halinin korunması kadar önemlidir. Dolayısıyla, uygulanan onarım ve/veya güçlendirme işleminin yapısal davranışına olan etkisi ayrıca incelenmelidir. Bu çalışmada, Trabzon İskenderpaşa Camii minaresinin onarım sonrasındaki dinamik karakteristikleri deneysel olarak belirlenmiştir. Dinamik karakteristiklerin elde edilmesinde Deneysel Modal Analiz Yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen dinamik karakteristikler minarenin literatürde var olan onarım öncesi sonuçları ile karşılaştırılmış ve olası farklılıklar irdelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çevresel titreşim yöntemi, Dinamik karakteristikler, Tarihi yığma minare

Abstract

Historical structures are substantial cultural heritage of our country. These structures are very important due to connecting the past into the present, high engineering knowledge in construction techniques and economic contribution to the regions where they are located and thus transferring these structures to the future is an inevitable necessity without distortion. The survival of these structures depends on the determination of structural behavior and implementation of required repairing and/or strengthening applications. To this end, in our country, many historical structures have been repaired or strengthened. The effect of the repairing and/or strengthening implementation is as significant as the protection of original state after these applications. The effect of the repairing and strengthening on the structural behavior therefore should be examined separately. In this study, the dynamic characteristics of the Trabzon İskenderpaşa mosque minaret are identified experimentally after the repairing. The Experimental Modal Analysis Method is used to identify dynamic characteristics. The obtained results are compared with the pre-repair results of the minaret in the literature and the possible differences are examined.

Keywords: Dynamic characteristics, Historical masonry minaret, Operational Modal Analysis

* Murat GÜNAYDIN; mgunaydin@gumushane.edu.tr; Tel: (0456) 233 10 00 (dahili: 1644); orcid.org/0000-0002-8549-2985

1. Giriş

Tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapan ülkemiz, farklı yüzyıllarda inşa edilmiş çokça kültür mirası yapısına (cami ve minareler, hanlar, köprüler, saraylar, su kemerleri vesaire) sahiptir. Bu mirasın özgün niteliklerini bozmadan gelecek nesillere güvenle aktarılması; bilinçli bir toplumun yanında, bu yapıların yapısal davranışların doğru bir şekilde belirlenmesi ve gerekli onarım ve/veya güçlendirme işlemlerin uygulanmasıyla mümkündür.

Tarihi yapılar; inşa edildiği çağın malzeme özelliklerini, yapım tekniklerini ve mimari / mühendislik öğelerini günümüze taşıyan yapılardır. Zaman içerisinde bu yapılar; deprem, yangın, yağmalama, zeminde oturma, malzeme dayanım kayıpları ve çevresel etkiler gibi sayısız olumsuz etkiye maruz kalabilmektedir. Bu etkiler neticesinde; bazıları yıkılmakta, bazıları ağır hasar almakta bazıları ise hasar almayıp ayakta kalabilmektedir. Gerek hasar almış gerekse de almamış olanların yapısal davranışları titizlikle belirlenmeli, ihtiyacı olanlar onarılmalı veya güçlendirilerek gelecek nesillere aktarılmalıdır.

Tarihi yapılarımızın önemli bir kısmını oluşturan yığma minareler; narin yapılarından dolayı özellikle deprem ve rüzgâr gibi dinamik etkiler altında hasara uğrayabilmekte, hatta yıkılabilmektedirler (Şekil 1). Dolayısıyla bu yapıların olası dinamik etkilere karşı gösterecekleri yapısal davranışlarının belirlenmesi ve gerekli onarım / güçlendirme önlemlerin alınması gerekmektedir. Ayrıca onarılmış ve/veya güçlendirilmiş minarelerin dinamik davranışlarındaki değişimler, gerek onarım / güçlendirme öncesi ve sonrasında gerekse de deprem öncesi ve sonrasında belirlenmeli, hatta periyodik olarak da takip edilmelidir.

Yapıların dinamik davranışları doğal frekans, mod şekli ve sönüm oranı olarak tanımlanan dinamik karakteristiklere bağlı olarak analitik ve deneysel yöntemlerle belirlenmektedir. Analitik yöntemde yapı geometrisi, malzeme özellikleri ve sınır şartlarına göre sonlu eleman modelleri oluşturulur, gerçekleştirilen serbest titreşim (modal) analizleri sonucunda doğal frekanslar ve mod şekilleri elde edilir. Analitik dinamik karakteristikler yapının mevcut durumunu bazı durumlara tam olarak yansıtmayabilir. Çünkü sonlu eleman modellerinde dikkate alınan parametreler; yapı malzemelerinin zamanla dayanımını yitirmesi, yapının inşası sırasında gerçekleşen işçilik hataları, yapının maruz kaldığı farklı yüklemeler

sonucu oluşan çatlama, yorulmalar, mesnet çökmeleri, sıcaklık etkileri gibi nedenlerden dolayı değişime uğrayabilmekte ve zaman içerisinde hedeflenen değerlerinden uzaklaşabilmektedir. Özellikle tarihi yapılar gibi belirsizliklerin fazla olduğu sistemlerde; analitik olarak belirlenen dinamik karakteristiklerin, yapıların dinamik davranışlarının belirlenmesinde kullanılması yanlış sonuçların elde edilmesine neden olabilir. Yapı dinamik karakteristikleri, analitik yöntemlerin yanında deneysel yöntemlerle de belirlenebilmektedir. Deneysel yöntemler doğrudan yapı üzerine uygulandığından, elde edilen dinamik karakteristikler yapının o andaki mevcut durumunu yansıtmakta ve doğruluğu daha kesin olabilmektedir.

Yapıların dinamik karakteristikleri deneysel olarak “Deneysel Modal Analiz Yöntemi” yardımıyla belirlenebilmektedir. Bu yöntemde, yapı üzerinde bazı noktalara hassas ivmeölçerler yerleştirilmekte ve ivmeölçerlerden alınan titreşim sinyalleri veri toplama ünitesi yardımıyla toplanmaktadır. Toplanan sinyaller, yazılımlar vasıtasıyla bazı işlemlerden geçirildikten sonra dinamik karakteristikler elde edilmektedir. Deneysel Modal Analiz yöntemi; Zorlanmış Titreşim Yöntemi ve Çevresel Titreşim Yöntemi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Zorlanmış Titreşim Yöntemi’nde, yapı bilinen ve ölçülebilen bir etki ile (sarma tablası, darbe çekici, sarsıcılar vd.) titreştirilmekte ve yapının bu etkiye verdiği tepki ölçülmektedir. Çevresel Titreşim Yöntemi’nde ise yapının çevresel bir etki ile (rüzgâr, taşıt yükü, deprem, patlatma veya yaya hareketi gibi) titreştiği kabul edilmekte ve yapının bu etkiye göstermiş olduğu tepki ölçülmektedir. Tepkilerin ölçülüp değerlendirilmesinde frekans ve zaman ortamına dayalı birçok yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemlerin matematik tabanları aynı olmakla birlikte veri işleme, denklem çözme teknikleri ve matris dizilişleri birbirinden farklıdır (Altunışık, 2010; Sevim, 2010; Günaydın, 2016).

Son yıllarda oldukça popüler olan Deneysel Modal Analiz Yöntemi ile birlikte özellikle tarihi yapıların yapısal davranışları hasarsız bir şekilde elde edilebilmekte, hasar tespiti yapılabilmekte ve yapı sağlığı zamanla izlenebilmektedir. Gentile ve Saisi (2007) 74m yüksekliğindeki tarihi bir çan kulesinin yapısal durum değerlendirmesini yapmışlardır. Bu amaçla yapının dinamik karakteristikleri çevresel titreşim testi yöntemiyle elde edilmiş, yapının sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve bu model elde edilen deneysel sonuçlara göre iyileştirilmiştir.



a) Deprem sonrası yıkılan bazı tarihi yığma minareler (Doğangün ve Sezen, 2012).



b) Şiddetli rüzgâr sonrası yıkılan bazı tarihi yığma minareler (URL 1 ve 2, 2018).

Şekil 1. Dinamik etkiler neticesinde yıkılmış bazı yığma minareler.

Ivorra ve Pallares (2007) 15.yy da inşa edilmiş Santa Justa y Rufina çan kulesinin modal davranışının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışmada deneysel dinamik karakteristikler deneysel ölçümlerle belirlenmiştir. Bu amaçla dört ivmeölçer yapı üzerine bağlanarak çevresel titreşim sinyalleri toplanmıştır. Yapının ilk beş modu 0-10Hz arasında elde edilmiştir. Yapının sonlu eleman modeli ayrıca oluşturulmuş ve elde edilen deneysel verilere göre iyileştirilmiştir. Brencich ve Sabia (2008) 1866'da inşa edilmiş 18 açıklıklı tarihi Tanaro Köprüsünün yapısal davranışının belirlenmesi üzerine deneysel ve analitik çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Köprü'nün dinamik karakteristikleri servis yükleri altında çevresel titreşim testi yöntemiyle belirlenmiştir. Ramos vd. (2010) Portekiz'de bulunan tarihi bir saat kulesi ve tarihi bir kilisenin yapısal davranışlarını deneysel modal analiz yöntemi ile belirlemişlerdir. Çalışmada, yapıların hasar durumlarının incelenmesi, hasar durumlarının titreşim sinyalleri kullanarak önceden tahmin edilmesi ve yapıların yapı sağlıkları izlenerek korunması konularında deneysel ve analitik çalışmalar yapılmıştır.

Atamturktur ve Laman (2012) tarihi anıtsal yapıların yapısal durumların değerlendirilmesi konusunda son yıllarda meydana gelen gelişmeleri inceleyen bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Livaoglu vd. (2015) 15.yy da inşa edilen tarihi Hoca Tabip Camii minaresinin dinamik karakteristiklerini deneysel modal analiz yöntemiyle belirlemişlerdir. Elde edilen dinamik karakteristikler minarenin sonlu eleman modelinin iyileştirilmesinde kullanılmış ve sonlu eleman modelinin yapının yapısal davranışının elde edilmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir. Lourenço ve Ramos (2011) tarihi yapıların dinamik davranışların belirlenmesi ve izlenmesi konusunda çalışmışlardır. Çalışmada; titreşim verileriyle tarihi yapılarda oluşabilecek hasarların önceden belirlenebilmesi, tarihi yapıların yapı sağlıklarının izlenebilmesi ve geleneksel kablolu veri toplama üniteleri ile kablolu veri toplama ünitelerinden elde edilen deneysel sonuçların karşılaştırılması konularında irdemeler yapmışlardır. Saisi vd. (2015) 13.yy da inşa edilmiş 54m yüksekliğindeki Gabbia kulesinin yapısal durum değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışma Mayıs 2012'de İtalya'da

meydana gelen deprem sonrasında gerçekleştirilmiştir. Yapı dinamik karakteristikleri sekiz ay boyunca çevresel titreşim testi yöntemiyle izlenmiştir. Yapı doğal frekansların değişen sıcaklık değerlerinde (-2°C - 45°C) %5-11 arasında değiştiği ve bu değerlerin yapının sonlu eleman modelinin iyileştirilmesinde kullanılabilceği vurgulanmıştır. Türker (2014) yedi açıklıklı tarihi Aspendos köprüsünün yapısal davranışını belirlemiştir. Bu kapsamda köprünün dinamik karakteristikleri çevresel titreşim testi yöntemiyle belirlenmiştir. Köprünün başlangıç sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve deneysel sonuçlara göre iyileştirilmiştir. Daha sonra köprünün iyileştirilmiş sonlu eleman modeli kullanılarak statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Altunışık vd. (2016) tarihi Trabzon kalesinin yapısal davranışını deneysel ve analitik yöntemlerle belirlemişlerdir. Yapı dinamik karakteristikleri deneysel modal analiz yöntemiyle belirlenmiş, deneysel ve analitik frekanslar arasında %26 oranında bir farkın elde edildiği belirtilmiş ve bu farkın yapı sonlu eleman modelinin iyileştirilmesiyle azaltılması gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmada yapının deprem davranışı ayrıca belirlenmiştir. Çalık (2017) farklı taşıyıcı sistemli tarihi cami ve minarelerin deneysel dinamik karakteristikleri belirlemek amacıyla deneysel modal analiz yöntemi kullanmıştır. Restorasyon öncesi ve sonrasında elde edilen veriler irdelenerek tarihi yapılar üzerinde gerçekleştirilen restorasyon etkilerini ayrıca irdelenmiştir. Çalışmada, tarihi cami ve minarelerin analitik doğal frekanslarının deneysel yöntemlere dayalı geliştirilen formülasyonlar ile yaklaşık olarak elde edilebileceği, sönüm oranı ve modal davranışlarının tahmin edilebileceği ve restorasyon uygulamalarının yapıların dinamik karakteristiklerine önemli derecede etkisinin olduğu ifade edilmiştir. Torres vd. (2017) tarihi Santiago Metropolitan Katedrali'nin dinamik karakteristiklerini deneysel modal analiz yöntemiyle belirlemiş ve elde edilen sonuçları yapının sonlu eleman modelinin iyileştirilmesinde kullanmışlardır. Çalışma sonucunda iyileştirilmiş sonlu eleman modelinin yapının mevcut durumunun değerlendirilmesinde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, Trabzon il merkezinde bulunan tarihi İskenderpaşa camii minaresinin onarımı sonrasında dinamik davranışı deneysel olarak belirlenmiştir. Yapı dinamik davranışını temsil eden dinamik karakteristiklerinin (doğal frekanslar, mod şekilleri ve sönüm oranları) elde edilmesinde Çevresel Titreşim Yöntemi kullanılmıştır.

Elde edilen dinamik karakteristikler minarenin literatürde var olan onarım öncesi sonuçları ile karşılaştırılmış ve olası farklılıklar irdelenmiştir.

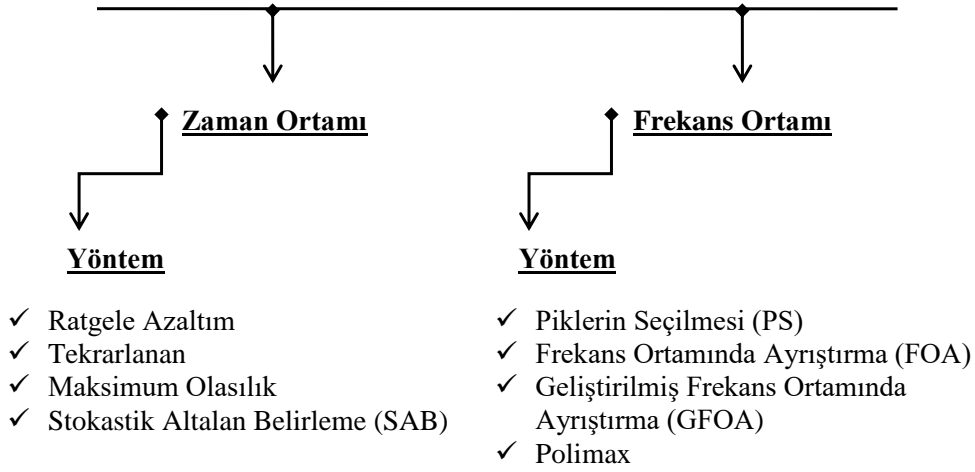
2. Deneysel Yöntem

2.1. Çevresel Titreşim Yöntemi

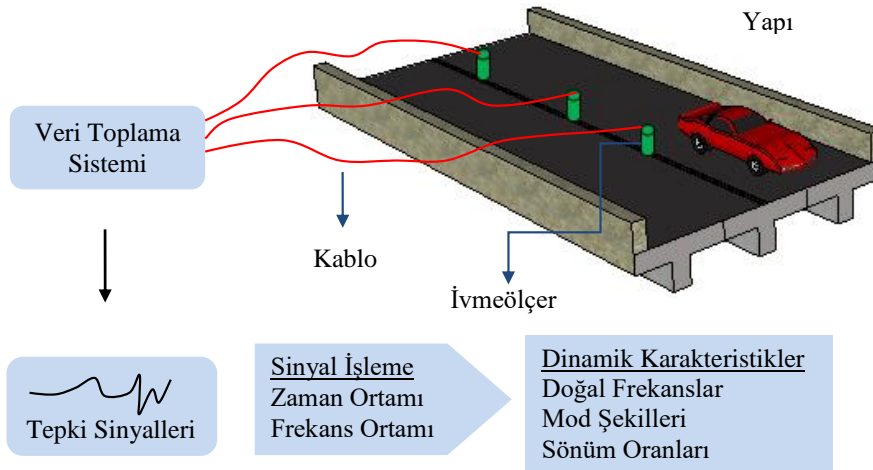
Çevresel Titreşim Yöntemi yapılarda rüzgâr, deprem, taşıt yükleri, yaya hareketleri ve darbe etkileri gibi çevresel etkilerden meydana gelen titreşimleri dikkate alarak yapı dinamik karakteristikleri deneysel olarak belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Yapılara etkileyen titreşimlerin genliği ve zamanla değişimi bu yöntem için bilinmemektedir. Dolayısıyla Etki Davranış Fonksiyonu belirlenmemektedir (Zhang vd., 2002; Brincker vd., 2003). Dinamik karakteristikler, titreşimlerin yapı üzerinde oluşturdukları tepki verilerinin zaman veya frekans tanım alanlarında işlenmesi sonucu elde edilen Tepki Davranış Fonksiyonu ile belirlenmektedir. Davranış Fonksiyonunun belirlenmesinde zaman veya frekans ortamında gerçekleştirilen işlemlerin birbirlerine göre bir üstünlüğü bulunmayıp her iki ortama dayalı yöntemler dinamik karakteristiklerin elde edilmesinde kullanılabilir. Zaman ve frekans ortamına dayalı pek çok yöntem literatürde bulunmaktadır. Bu yöntemlerin bazıları Şekil 2'de, Çevresel Titreşim Yöntemine göre yapı dinamik karakteristiklerinin elde edilmesine ait temsili akış şeması ise Şekil 3'te verilmektedir (Altunışık, 2010; Sevim, 2010; Günaydın, 2016).

Minareye ait dinamik karakteristiklerinin belirlenmesinde literatürde sıklıkla tercih edilen, Geliştirilmiş Frekans Ortamında Ayırıştırma (GFOA) ve Stokastik Altalan Belirleme (SAB) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlere ait temel denklemler aşağıda verilmiş olup ilgili yöntemlere ait denklemlerin kapsamlı teorisi literatürde verilmiştir (Brincker vd., 2003).

GFOA yönteminde, bir titreşim pikinin etrafında tanımlanan tek serbestlik dereceli Güç Spektral Yoğunluk fonksiyonu, Ters Ayırık Fourier Dönüşümü kullanılarak zaman ortamına geri dönüştürülebilmektedir. Doğal frekans, zamana bağlı sıfır geçiş sayısının belirlenmesiyle; sönüm ise tek serbestlik dereceli normalize edilmiş oto korelasyon fonksiyonunun logaritmik azalışıyla elde edilmektedir (Felber, 1993; Peeters, 2000; Rainieri vd., 2007; Altunışık, 2010; Sevim, 2010; Günaydın, 2016).



Şekil 2. Çevresel Titreşim Yöntemine göre dinamik karakteristiklerin belirlenmesinde kullanılan bazı yöntemleri.



Şekil 3. Çevresel Titreşim Yöntemine göre yapı dinamik karakteristiklerinin belirlenmesi.

GFOA yönteminde ölçülmeyen etki kuvveti ve ölçülen davranış fonksiyonu arasındaki ilişki;

$$\mathbf{G}_{yy}(j\omega) = \mathbf{H}(j\omega)^* \mathbf{G}_{xx}(j\omega) \mathbf{H}(j\omega)^T \quad (1)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Bendat ve Piersol, 2004). Eşitlik 1’de; $\mathbf{G}_{xx}(j\omega)$ etki sinyalinin Güç Spektral Yoğunluk fonksiyonunu, $\mathbf{G}_{yy}(j\omega)$ tepki sinyalinin Güç Spektral Yoğunluk fonksiyonunu ve $\mathbf{H}(j\omega)$ frekans davranış fonksiyonunu göstermektedir.

Stokastik Altalan Belirleme (SAB) yöntemi korelasyon veya spektruma ihtiyaç duymadan doğrudan zaman verileriyle çalışan, zaman

ortamına dayalı bir yöntemdir. Bu yöntem dinamik karakteristiklerin belirlenmesi için çok uygundur (Peeters ve Roeck, 2000; Peeters, 2000; Yu ve Ren, 2005). Bu yöntemde yapı sisteminin dinamik davranışı lineer, sabit katsayılı ikinci derece diferansiyel denklem olarak,

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{U}}(t) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{U}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{U}(t) = \mathbf{R}(t) = \mathbf{B}\mathbf{u}(t) \quad (2)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada; \mathbf{M} , \mathbf{C} , \mathbf{K} sırasıyla sistemin kütle, sönüm ve rijitlik matrisleridir. $\mathbf{R}(t)$ titreşim kuvvetini; $\mathbf{U}(t)$, $\dot{\mathbf{U}}(t)$, $\ddot{\mathbf{U}}(t)$ ise zamana bağlı yer değiştirme, hız ve ivme vektörlerini göstermektedir. Burada $\mathbf{R}(t)$ kuvvet vektörü, ortamdaki verileri

simgeleyen \mathbf{B} matrisi ve $\mathbf{u}(t)$ vektörü cinsinden ifade edilebilmektedir (Altunışık, 2010; Sevim, 2010; Günaydın, 2016).

Yapıların deneysel yöntemler ile elde edilen mod şekillerinin doğruluğu sadece frekans değerleri arasındaki farklılara bakılarak değerlendirilmemektedir. Deneysel olarak elde edilen mod şekilleri arasında tanımlanan Modal Güvence Kriteri (MGK), deneysel mod şekilleri arasındaki uyumu ifade etmektedir. MGK, deneysel olarak hesaplanan farklı mod şekil vektörlerinin karşılaştırılmasında ya da bir yöntem kullanılarak hesaplanan mod şekil grubunun doğruluğunun kontrol edilmesinde kullanılmaktadır. İki mod şekli arasındaki Modal Güvence Kriteri,

$$MGK(\Psi_a, \Psi_d) = \frac{|\Psi_a^T \Psi_d|^2}{(\Psi_a^T \Psi_a)(\Psi_d^T \Psi_d)} \quad (3)$$

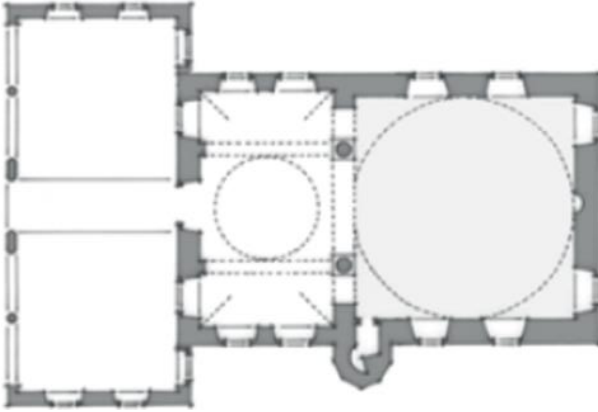
şeklinde ifade edilmektedir (Allemang, 2003; Sevim, 2010; Günaydın, 2016). Burada; Ψ_a ve

Ψ_d deneysel mod şekil vektörlerini göstermektedir. Eğer Ψ_a ve Ψ_d aynı mod şekil vektörleri iseler, MGK birim matris olmalıdır. Eğer Ψ_a ve Ψ_d farklı mod şekil vektörleri iseler, MGK değeri sıfıra yakın olmalıdır.

3. Deneysel Çalışma

3.1. Trabzon İskenderpaşa Camii

Trabzon İskenderpaşa Camii; 1529 yılında, Kanuni Sultan Süleyman'ın Padişahlığı zamanında Vali İskender Paşa tarafından inşa ettirilmiştir. Eser, dikdörtgen bir iç hacim ile buna yatay olarak birleşen dikdörtgen biçimli son cemaat revakından oluşmaktadır. Ana mekan; geniş bir kubbe ve bunun kuzeyinde bulunan küçük bir kubbe ile her iki yanında yarım kubbemsi tonozların oturduğu iki bölümden oluşmaktadır. Bu bölümleri birbirlerine geniş açıklıklı, duvarlara ise küçük açıklıklı kemerlerle bağlı iki sütun birbirinden ayırır (Tuluk, 2007). Cami minaresi iç mekan batı duvarına bitişik olup küçük bir kapı ile içine girilmektedir. Cami planı ve mevcut hali Şekil 4'te verilmektedir.

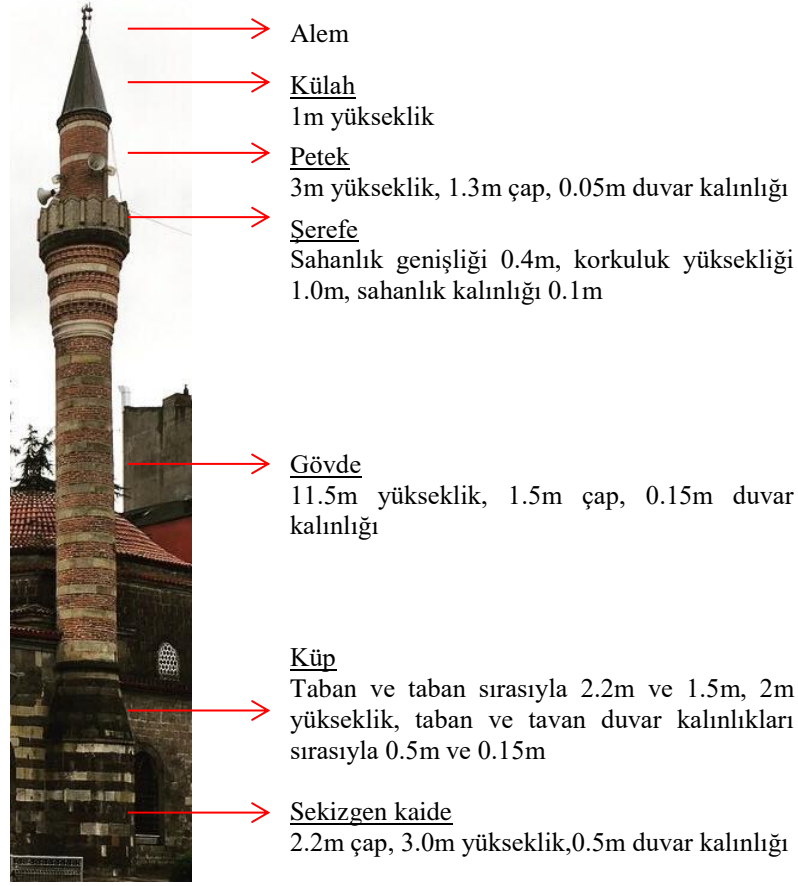


Şekil 4. Trabzon İskenderpaşa Camii planı ve genel görünümü (Tuluk, 2007; URL-3, 2018).

Camii minaresi tek şerefeli olup inşasında taş ve tuğla kullanılmıştır. Klasik Osmanlı mimarisini yansıtan minare; temel üzerine oturan kaide, küp, gövde, şerefe, petek, külâh ve alem gibi bölümlerden oluşmaktadır. Küp ve kaide kısmı taştan, gövde ve petek kısmı tuğladan, külâh kısmı ise ahşap üzerine kurşun kaplamadan yapılmıştır. Şerefe atında tuğladan yapılmış süslemeler vardır. Şerefe korkulukları taştan olup üzerleri motiflerle süslenmiştir. Şekil 5'te minarenin görünümü bölümleri ve bazı geometrik ölçülerine bilgiler verilmiştir.

Minare toplam boyu 20.5m dir. Minare iç kısmında 0.2m çapında taş bir sütun vardır. Taş sütun etrafında 0.2m basamak kalınlığına sahip şerefeye kadar devam eden merdiven bulunmaktadır.

2007 yılı sonunda Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından Trabzon İskenderpaşa Camii Minaresinin restorasyonu amacıyla bazı onarım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Onarım işlemlerine ait bazı aşamalar aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Trabzon İskenderpaşa Camii minaresi görünümü, bölümleri ve bazı geometrik özellikleri.

- Ahşap külâh üzerindeki kurşun örtü kaldırılmış, külâh, seren ve gergiler sökülmüştür. Şerefe altı, şerefe ve petek kısmının özgün halinin korunarak yeniden yapılmasının ardından ahşap külâh imalatı, seren ve gergiler hazırlanan projeye göre yenilenmiştir. Ahşap külâh üzerine 2mm kalınlığında membran serilmiş ve üzerine 1.5mm kalınlığında kurşun ile örtülmüştür. Ayrıca sökülen alem yüzey temizliği yapıldıktan sonra yerine takılmıştır.
- Minare peteği ve şerefesi sökülmüş, kullanılabilir sağlam taşları tespit edilmiş ve ıslah edildikten sonra özgün hali korunarak yeniden inşa edilmiştir. Ayrıca yeniden inşa edilen şerefe ve petek kısımlarında horosan harcı ile derzler teşkil edilmiştir.
- Şerefe korkulukları özenle sökülmüş, kullanılabilir sağlam taşları tespit edilmiş ve ıslah edildikten sonra özgün hali korunarak yeniden inşa edilmiştir. Şerefe altında ve petek üzerindeki kirpi motif imatları yapılmıştır.
- Sökülen merdiven basamakları özgün hali korunarak yenilenmiştir.

- Kaide ve küp kısmın birleştiği yerdeki taş korniş özgün hali korunarak yenilenmiştir.
- Minare gövdesindeki yonu taşı yüzeylerde ince dişli el tarağı ile, tuğla yüzeylerde ise tel fırça ile temizlik yapılmıştır. Gövdedeki tuğla ve yonu taşı yapı elemanları arasındaki derzler açılmış ve horasan harcıyla yeniden doldurulmuştur.
- Minarede değişmesi gereken taş ve tuğlalar özenle çürütülmüş, bazıları kaplanmış bazıları ise yenilenmiştir.

Minarenin onarım öncesi ve sonrasına ait bazı resimler sırasıyla Şekil 6'da verilmiştir.

İskenderpaşa Camii merkezi konumuyla yoğun bir kullanıma cevap vermektedir. Geniş bir avlusu olmasına rağmen özellikle Cuma günleri bu avlu yetersiz kalabilmektedir. Caminin tarihi dokusunun ortaya çıkarılması, mevcut avlunun büyütülmesi, avlu altına yeni bir abdesthane ve mescit kazandırılması amacıyla, caminin minare yönünde bulunan avlusunda Trabzon Belediyesi tarafından yenileme çalışmaları yapılmıştır.



Şekil 6. Trabzon İskenderpaşa Camii minaresinin onarım öncesi ve sonrasına ait bazı resimler.

Bu amaçla, cami avlusuna bitişik eklentiler kaldırılmış, abdesthane ve mescit inşası için avlu kazılmış ve ilgili birimler inşa edilmiştir (Şekil 7). Şekil 7’de görüleceği üzere kazısı yapılan alan minareye oldukça yakındır. Gerekli önlemlerinin alınmaması durumunda, kazı etkisiyle minarenin oturduğu zemin özelliklerinin değişebileceği dolayısıyla da minarenin mesnet koşullarının

değişebileceği açıktır. Mesnet koşullarında oluşacak bir değişim doğrudan yapı dinamik karakteristiklerini, yani yapı dinamik davranışını etkilemektedir. Dolayısıyla zemin parametrelerinde değişime neden olabilecek uygulamaların öncesi ve sonrasında dinamik karakteristiklerinin belirlenmesi, yapının dinamik davranışının doğru olarak elde edilmesinde büyük öneme sahiptir.



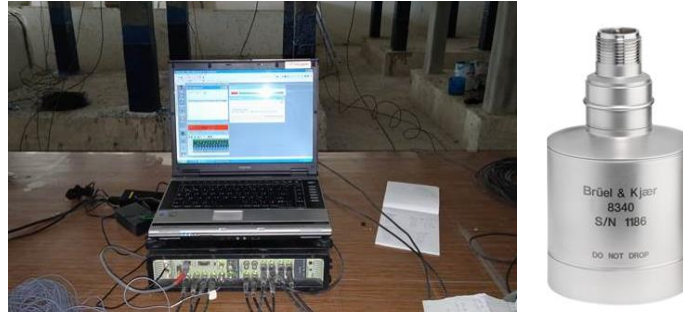
Şekil 7. Trabzon İskenderpaşa Camii avlusunda yapılan yenileme çalışması (URL-4, 2018).

3.2. Çevresel Titreşim Yöntemiyle Minare Dinamik Karakteristiklerinin Belirlenmesi

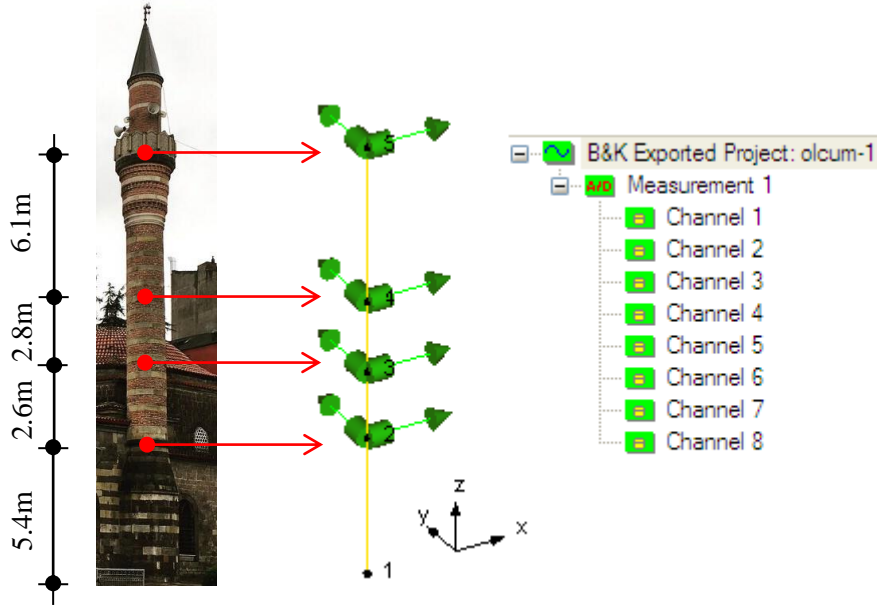
Çalışma kapsamında minarenin dinamik karakteristikleri Çevresel Titreşim Yöntemi ile elde edilmiştir. Titreşim sinyallerinin toplanmasında 8 adet B&K 8340 tipi ivmeölçer kullanılmıştır. Toplanan sinyaller 17 kanallı B&K 3560 veri toplama ünitesinde birleştirilerek PULSE (2006) yazılımına aktarılmıştır. Bu sinyaller OMA (2006) yazılımına transfer edilerek işlenmiş ve minareye ait dinamik karakteristikler

elde edilmiştir. Şekil 8’de veri toplama ünitesi ve ivmeölçere ait resimler verilmektedir.

Minarenin dinamik karakteristiklerini belirlemek amacıyla, minare içinde bulunan taş sütun üzerindeki dört farklı noktaya x ve y yönünde (birbirine dik olacak şekilde) toplam 8 adet tek eksenli ivmeölçer yerleştirilmiş ve minarenin çevresel etkiler altındaki titreşim verileri 10 dakika boyunca 0-25Hz aralığında toplanmıştır. İvmeölçer yerleşim düzeni ve PULSE yazılımında oluşturulan temsili minare modeli Şekil 9’da verilmektedir.



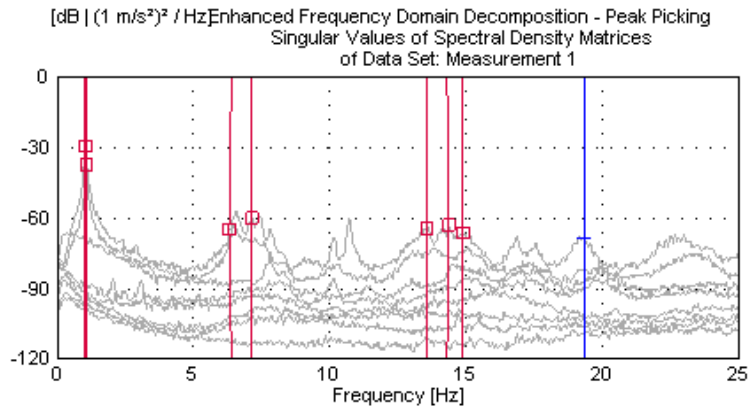
Şekil 8. Veri toplama ünitesi ve ivmeölçer.



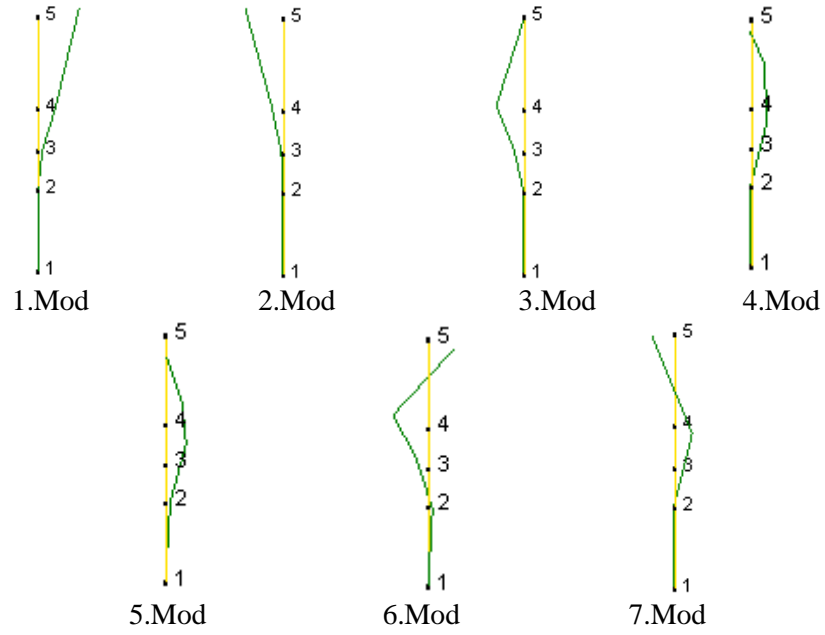
Şekil 9. İvmeölçer yerleşim planı ve PULSE yazılımında oluşturulan temsili minare modeli.

Minarenin çevresel titreşim testlerinden toplanan sinyallerin GFOA yöntemine göre ayrıştırılması sonucu elde edilen spektral yoğunluk matrislerinin tekil değerleri Şekil 10'da verilmektedir. Şekilde görülen sinyallerin pik yapan değerlerin her biri yapısal modlara karşılık gelmektedir. Bu piklerin seçilmesiyle minarenin doğal frekansları ve

sönüm oranları hesaplanmaktadır. Çalışmada dinamik karakteristikler ilk yedi mod için elde edilmiştir. Minarenin GFOA yöntemine göre elde edilen dinamik karakteristikleri Şekil 11'de verilmektedir. Minarenin ilk yedi modu farklı salınım hareketine sahip ötelenme modu şeklinde elde edilmiştir.



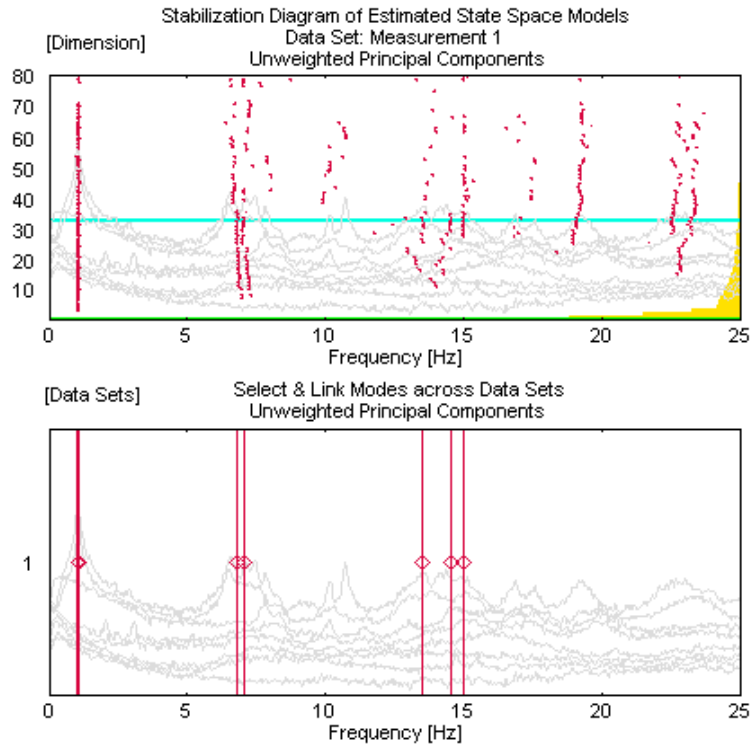
Şekil 10. Minare için elde edilen spektral yoğunluk matrislerinin tekil değerleri.



Şekil 11. Minarenin GFOA yöntemine göre elde edilen mod şekilleri.

Stokastik Altalan Belirleme (SAB) yöntemi kullanılarak minare için elde edilen stabilizasyon diyagramı ve spektral yoğunluk fonksiyonu grafikleri Şekil 12’de verilmektedir. Şekilde görülen ve genellikle sinyallerin pik yaptığı noktalarda ince bir çizgi oluşturan kısımlar yapısal modlara karşılık gelmektedir. Bu kısımların seçilmesiyle sistemin dinamik karakteristikleri elde edilmektedir.

Minarenin için GFOA ve SAB yöntemlerinden elde edilen mod şekilleri benzerdir. Her iki yöntemden elde edilen mod şekilleri arasındaki uyumu gösteren Modal Güvence Kriteri (MGK) değerleri Tablo 1’de verilmektedir. Tablo 1’den de görülebildiği ilk yedi mod şekli için MGK değerleri 1’e yakındır. Buradan GFOA ve SAB yöntemleri için elde edilen mod şekillerinin yüksek oranda benzerlikle aynı olduğu anlaşılır.



Şekil 12. Minare için elde edilen stabilizasyon ve spektral yoğunluk fonksiyonu diyagramları.

Tablo 1. GFOA ve SAB yöntemlerine göre hesap edilen MGK değerleri.

	1.041 Hz	1.084 Hz	6.814 Hz	7.07 Hz	13.53 Hz	14.54 Hz	14.99 Hz
1.04 Hz	0.9851	0.2366	0.0491	0.007614	0.02167	0.0006121	0.5435
1.063 Hz	0.03012	0.7426	0.003264	0.04741	0.02012	0.03737	0.0518
6.401 Hz	0.09694	0.04727	0.8191	0.03513	0.6073	0.1778	0.02249
7.15 Hz	0.004339	0.08113	0.02853	0.9294	0.1436	0.6681	0.1526
13.58 Hz	0.03112	0.002966	0.7827	0.1821	0.8788	0.008392	0.1634
14.32 Hz	0.01208	0.05157	0.1367	0.416	0.08703	0.9131	0.4886
14.91 Hz	0.1435	0.1105	0.1032	0.2981	0.06639	0.6909	0.7734

GFOA ve SAB yöntemlerinden elde edilen doğal frekans ve sönüm oranı değerleri Tablo 2’de verilmektedir. Tablo 2 incelendiğinde; GFOA ve SAB yöntemlerinden elde edilen doğal frekans değerleri birbirlerine oldukça yakın olduğu, sönüm oranı değerlerinde ise farklılıkların olduğu görülmektedir. Minarenin doğal frekans değerleri

1.04-14.99Hz arasında değişmektedir. İlk yedi moda karşılık gelen sönüm oranları ise %0.26-3.65 arasında değişmektedir. Sönüm oranları logaritmik azalma yöntemi ile sönüm oranların hesabına dayalı otomatik olarak program tarafından hesaplanır.

Tablo 2. GFOA ve SAB yöntemlerinden elde edilen doğal frekans ve sönüm oranı değerleri.

Mod	Frekans (Hz)		Sönüm Oranı (%)	
	GFOA	SAB	GFOA	SAB
1	1.04	1.04	2.43	0.63
2	1.06	1.08	0.93	0.90
3	6.40	6.81	0.26	2.49
4	7.15	7.07	1.03	2.59
5	13.58	13.53	0.61	1.45
6	14.32	14.54	1.93	3.65
7	14.91	14.99	-	1.21

3.3. Onarım Öncesi ve Sonrası için Dinamik Karakteristiklerinin Karşılaştırılması

Onarım öncesi ve sonrasında dinamik karakteristiklerde meydana gelen değişimin incelenmesi amacıyla, minarenin onarım öncesine ait deneysel dinamik karakteristikler literatürden elde edilmiştir. Bayraktar vd. (2011) tarafından, Trabzon İskenderpaşa Camii minaresinin onarım öncesi durumuna ait bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Minarenin dinamik karakteristikleri deneysel ve analitik olarak belirlenmiş, minarenin başlangıç sonlu eleman modeli oluşturulmuş ve model deneysel sonuçlara göre iyileştirilmiştir. İyileştirilen sonlu eleman modeli üzerinden minarenin dinamik davranışı belirlenmiştir.

Bayraktar vd. (2011) tarafından minare için belirlenen mod şekilleri Şekil 13’te verilmektedir. Onarım öncesi ve sonrasında elde edilen mod şekilleri incelendiğinde, her iki durumda elde

edilen mod şekillerin benzer olduğu görülmektedir. Buradan onarım uygulamalarının minarenin mod şekillerini değiştirmedeği anlaşılmaktadır.

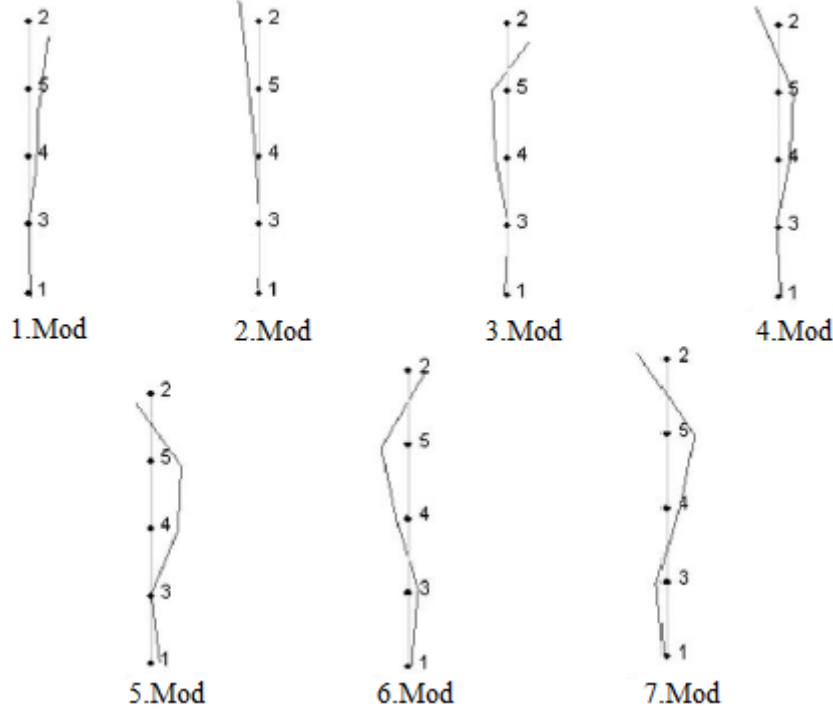
Minarenin onarım öncesi ve sonrasında GFOA ve SAB yöntemlerine göre hesap edilen doğal frekans ve sönüm oranlarının karşılaştırılması Tablo 3’te verilmektedir. Tablo 3 incelendiğinde; onarım sonrasında doğal frekans değerlerinde bazı modlarda artma bazı modlarda ise azalma, sönüm oranı değerlerinde ise genellikle artma meydana geldiği görülmektedir.

Tablo 3’te görüldüğü gibi, minarede onarım uygulamasından sonra doğal frekans değerlerinde meydana gelen maksimum fark; GFOA yöntemi için %19.01, SAB yöntemi için ise %28.70’dir.

Minare için GFOA yöntemine göre hesaplanan sönüm oranı değerleri literatürde verildiğinden, onarım sonrasında GFOA yöntemine göre elde

edilen sönüm oranı değerleri Tablo 3'te verilmiş ve kıyaslanmıştır. Tablo 3'te görüldüğü gibi; onarım öncesinde sönüm oranı değerleri %0.21-0.75Hz arasında, onarım sonrasında ise %0.26-2.43Hz arasında değişmektedir.

Burada belirtilmelidir ki; onarım sonrasında doğal frekans ve sönüm oranı değerlerinde meydana gelen değişimler, yapısal davranışında meydana gelen değişimi ifade etmektedir.



Şekil 13. Minarenin onarım öncesi durumuna ait mod şekilleri.

Tablo 3. Minarenin onarım öncesi ve sonrasına ait doğal frekans ve sönüm oranı değerlerinin karşılaştırılması.

Mod	Frekans (Hz)						Sönüm Oranı (%)	
	GFOA		SAB				GFOA	
	Onarım Öncesi	Fark (%)	Onarım Sonrası	Onarım Öncesi	Fark (%)	Onarım Sonrası	Onarım Öncesi	Onarım Sonrası
1	1.16	-11.53	1.04	1.29	-24.04	1.04	0.75	2.43
2	1.24	-16.98	1.06	1.39	-28.70	1.08	0.33	0.93
3	6.30	+1.58	6.40	5.58	+22.04	6.81	0.28	0.26
4	6.35	+12.60	7.15	5.70	+24.04	7.07	0.42	1.03
5	11.41	+19.01	13.58	11.39	+18.79	13.53	0.74	0.61
6	15.02	-4.89	14.32	14.00	+3.86	14.54	1.04	1.93
7	15.43	-3.49	14.91	14.10	+6.31	14.99	0.21	1.21

4. Sonuçlar

Bu çalışmada; Trabzon İskenderpaşa Camii Minaresinin onarım sonrasında dinamik karakteristikleri Çevresel Titreşim Yöntemi ile elde edilmiş, elde edilen sonuçlar literatürde var olan onarım öncesi sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

- Minarenin onarım sonrasında çevresel titreşim testinden toplanan sinyallerin GFOA ve SAB yöntemlerine göre ayrıştırılması sonucu belirlenen mod şekilleri birbiriyle uyumlu, hesaplanan doğal frekans değerleri ise birbirine oldukça yakındır.

- Minarenin onarım sonrasındaki doğal frekans değerleri 1.04-14.99Hz arasında, sönüm oranı değerleri ise %0.26-3.65Hz arasında değişmektedir.
- Onarım öncesi ve sonrasında elde edilen mod şekillerinin benzerdir.
- Onarım sonrasındaki doğal frekans değerlerinde, bazı modlar için artma bazı modlar için ise azalma elde edilmiştir. Sönüm oranı değerleri onarım sonrasında genellikle artmıştır.
- Onarım uygulamalarından sonra doğal frekans değerlerinde maksimum %28.70'lik bir değişim elde edilmiştir. Sönüm oranı değerleri ise oldukça artmıştır.
- Onarım sonrasındaki doğal frekans ve sönüm oranı değerlerinde meydana gelen farklılıklara; minare üzerinde gerçekleştirilen onarım uygulamalarının ya da minare yakınında gerçekleştirilen zemin kazısı nedeniyle mesnetlenme koşullarında meydana gelen değişimlerin neden olabileceği düşünülmektedir.

Yukarıda elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, minarenin onarım uygulamalarıyla birlikte dinamik karakteristikleri değişmektedir. Bu değişimin doğrudan yapının dinamik davranışına etki edeceği açıktır. Bu nedenle, tarihi yapılar üzerinde gerçekleştirilen onarım/güçlendirme ya da restorasyon müdahalelerinin öncesi ve sonrasında dinamik karakteristiklerin belirlenmesi oldukça önemli olmaktadır. Bu gibi kültür mirası yapıları gelecek nesillere özgün halini koruyarak aktarmak, olası bir dinamik etkide oluşacak can ve mal kaybını azaltmak ya da engellemek için deneysel yöntemler ile yapı sağlığının periyodik olarak izlenmesi oldukça önem arz etmektedir. Ayrıca yapının dinamik davranışının elde edilmesinde kullanılacak sonlu eleman modelinin deneysel ölçüm sonuçlarına göre iyileştirilmesi, iyileştirilen model üzerinden yapı dinamik davranışının elde edilmesi doğru sonuçların elde edilmesinde faydalı olacaktır.

Bu çalışmadan elde edilen dinamik karakteristikler, Trabzon İskenderpaşa Camii Minaresinin onarım sonrasındaki dinamik davranışının elde edilmesinde kullanılacak sonlu eleman modelinin iyileştirilmesinde kullanılabilir. Bu sayede yapının mevcut halini temsil eden sonlu eleman modeli oluşturulabilir ve dinamik davranışı elde edilebilir.

Teşekkür

Yazar, Trabzon İskenderpaşa Camii Minaresinin onarım uygulamalarıyla ilgili aşamaların öğrenilmesinde büyük katkıları olan Erzurum Vakıflar Bölge Müdürü İsmet ÇALIK'a teşekkür eder. Yazar ayrıca, minarenin deneysel ölçümlerinin alınması sırasındaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. Ali Fuat GENÇ'e ve Arş. Gör. Fatih Yesevi OKUR'a, katkılarından dolayı Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK'a teşekkür eder.

Kaynaklar

- Allemang, R.J., 2003. The Modal Assurance Criterion: Twenty Years of Use and Abuse, *Sound and Vibration*, 37, 8, 14-23.
- Altunışık, A.C., 2010. Karayolu Köprülerinin Yapısal Davranışlarının Analitik ve Deneysel Yöntemleriyle Belirlenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Altunışık, A.C., Adanur, S., Genç, A.F., Günaydın, M. ve Okur, F.Y., 2016. Non-Destructive Testing of an Ancient Masonry Bastion, *Journal of Cultural Heritage*, 22, 1049-1054.
- Atamturktur, S. ve A. Laman, J., 2012. Finite Element Model Correlation and Calibration of Historic Masonry Monuments: Review, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 21, 96-113.
- Bayraktar, A., Altunışık, A.C., Sevim, B. ve Türker, T., 2011. Seismic Response of a Historical Masonry Minaret using a Finite Element Model Updated with Operational Modal Testing, *Journal of Vibration and Control*, 17, 129-149.
- Bendat, J.S. ve Piersol, A.G., 2004. *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*, 3th Edition, John Wiley and Sons, USA.
- Brencich, A. ve Sabia, D., 2008. Experimental Identification of a Multi-Span Masonry Bridge: The Tanaro Bridge, *Constr. Build. Mater.*, 22, 2087-2099.
- Brincker, R., Ventura, C.E. ve Andersen, P., 2003. Why Output-Only Modal Testing is a Desirable Tool for a Wide Range of Practical Applications, *Proceedings of 21st*

- International Modal Analysis Conference on Structural Dynamics, Kissimmee, Orlando, USA.
- Çalık, İ., 2017. Tarihi Cami ve Minarelerin Deneysel Dinamik Karakteristiklerinin Belirlenmesi ve Restorasyon Etkilerinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Doğangun, A. ve Sezen, H., 2012. Seismic Vulnerability and Preservation of Historical Masonry Monumental Structures, Eng. Struct., 3, 83-95.
- Felber, A. J., 1993. Development of Hybrid Bridge Evaluation System, PhD Thesis, University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Gentile, C. ve Saisi, A., 2007. Ambient Vibration Testing of Historic Masonry Tower for Structural Identification and Damage Assessment, Constr. Build. Mater., 21, 1311-1321.
- Günaydın, M., 2016. Onarılmış ve Lifli Polimer Kompozit Malzemelerle Güçlendirilmiş Betonarme Binaların Dinamik Davranışlarının Deneysel ve Analitik Yöntemlerle İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ivorra, S. ve Pallares F.J., 2007. A Masonry Bell-Tower Assessment by Modal Testing. International Operational Modal Analysis Conference Copenhagen Denmark, s. 1-7.
- Livaoglu, R., Baştürk, M.H. ve Serhatoğlu, C., 2015. Dynamic Characteristics of Minarets of Hoca Tabip Mosque, 6th Iomac Internation Operational Modal Analysis Conference, 10-12 May, Gijon-Spain.
- Lourenço, P.B. ve Ramos, L.F., 2011. Dynamic Identification and Monitoring of Cultural Heritage Buildings, WCCE-ECCE-TCCE Joint Conference 2, Seismic Protection of Cultural Heritage, s. 55-78.
- OMA. 2006. Operational Modal Analysis, Release 4.0, Structural Vibration Solution A/S, Denmark.
- Peeters, B. ve Roeck, G.D., 2000. Reference Based Stochastic Subspace Identification in Civil Engineering, Inverse Problems in Civil Engineering, 8, 47-74.
- Peeters, B., 2000. System Identification and Damage Detection in Civil Engineering, Doktora Tezi, K.U, Leuven, Belgium.
- PULSE, 2006. Analyzers and Solutions, Release 11.2. Bruel and Kjaer, Sound and Vibration Measurement A/S, Denmark.
- Rainieri, C., Fabbrocino, G., Cosenza, E., and Manfredi, G. 2007. Implementation of OMA Procedures using Labview: Theory and Application, 2nd International Operational Modal Analysis Conference, 30 April-2 May, Copenhagen, Denmark, 1-13.
- Ramos, L.F., Marques, L., Lourenço, P.B., De Roeck, G., Campos-Costa, A. ve Roque, J., 2010. Monitoring Historical Masonry Structures with Operational Modal Analysis: Two Case Studies, Mechanical Systems and Signal Processing, 24, 1291-1305.
- Saisi, A., Gentile, C. ve Guidobaldi, M., 2015. Post-Earthquake Continuous Dynamic Monitoring of the Gabbia Tower in Mantua, Italy, Constr. Build. Mater., 81, 101-112.
- Sevim, B., 2010. Kemer Barajların Dinamik Davranışlarının Sonlu Eleman ve Deneysel Modal Analiz Yöntemleriyle Belirlenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Torres, W., Almazan, J.L., Sandoval, C., ve Boroschek, R., 2017. Operational Modal Analysis and FE Model Updating of the Metropolitan Cathedral of Santiago, Chile, Engineering Structures, 143, 169-188.
- Tuluk, Ö.İ., 2007. Trabzon İskender Paşa Camii: Fiziksel Gelişim Süreci Üzerine Bir Değerlendirme, Uluslararası Karadeniz İncelemeleri Dergisi, 3, 9-16.
- Türker, T., 2014. Structural evaluation of Aspandos (Belkis) Masonry Bridge, Structural Engineering and Mechanics, 50, 419-439.
- Yu, D.J. ve Ren, W.X., 2005. EMD- Based Stochastic Subspace Identification of Structures from Operational Vibration Measurements, Engineering Structures, 27, 1741-1751.

Zhang, L., Brincker, R. ve Andersen, P., 2002. An Overview of Operational Modal Analysis: Major Development and Issues, B&K Technical Paper, 152-161.

URL-1, <http://www.iha.com.tr/haber-firtina-minareleri-yikti-267638/>. 06 Ocak 2018.

URL-2, <http://www.iha.com.tr/haber-ruzgar-minareleri-yikti-109116/>. 06 Ocak 2018.

URL-3, <http://www.trabzon.bel.tr/haber-detay.aspx?id=7019>. 06 Ocak 2018.

URL-4, <http://www.milliyet.com.tr/mezdan-parki-2-etap-duzenleme-calismalari-trabzon-yerelhaber-206616/>.06 Ocak 2018.

Kobalt(II)'nin Amberlit XAD-4/SCHD Reçinesi Kullanılarak Yeni bir Katı-Faz Ekstraksiyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi ve Spektrofotometrik Tayini

Preconcentration of Co(II) by a New Solid-Phase Extraction Method using Amberlite XAD-4/SCHD Resin and Spectrophotometric Determination

Berrin TOPUZ^{*a}, Nazlı BALDAN PAKDİL^b, Aysel SOLMAZ^c

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 14030, Bolu

• Geliş tarihi / Received: 07.12.2017

• Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 27.04.2018

• Kabul tarihi / Accepted: 15.05.2018

Öz

Bu çalışmada, çevresel su numunelerinden eser miktardaki Co(II)'nin, Amberlit XAD-4-N,N-bis(salisilidin)-siklohegzandiamin (SCHD) reçinesi kullanılarak katı faz ekstraksiyon yöntemiyle ön deriştirilmesi, ayrılması ve UV-VIS spektrofotometrik yöntemle tayini için yeni bir metot önerilmiştir. Bu amaçla, Co(II) için XAD-4-SCHD reçinesi ile sorpsiyon ve elüsyon parametreleri (pH, elüent tipi ve konsantrasyonu, elüent hacmi, maksimum numune hacmi, numune akış hızı, elüent akış hızı) incelenmiştir. Box Behnken Dizayn Programı kullanılarak katı faz ekstraksiyonu ile Co(II)'nin geri kazanımı için sorpsiyon ve elüsyon bağımsız değişkenleri optimize edilmiştir. Önerilen yöntemin kalibrasyon grafiğinin $0.06-3 \mu\text{g mL}^{-1}$ aralığında doğrusal olduğu tespit edilmiştir ($r^2 = 0.9980$). Önderiştirme faktörü ve gözlenebilme sınırı sırasıyla 100 ve $8.4 \mu\text{g L}^{-1}$ 'dir. Yöntemin doğruluğu, sertifikalı standart su numunesinin (NW-TMDA-70.2) analizi ile kontrol edilerek % 90'ın üzerinde geri kazanım değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, bu çalışmada önerilen metot kullanılarak eser miktarda Co(II) içeren farklı çevresel su numunelerinden elde edilen ölçüm sonuçları, ICP-MS ölçüm sonuçları ile benzer bulunmuştur. Önerilen metot, çevresel su numunelerinde eser miktardaki Co(II)'nin tayini için başarıyla uygulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Amberlit XAD-4/SCHD reçinesi, Box-behnken dizayn, Co(II), Katı-faz ekstraksiyonu, UV-VIS spektrofotometri

Abstract

The study presents a novel method for the separation/enrichment and UV-VIS spectrophotometric determination of trace Co(II) from environmental water samples using Amberlite XAD-4 resin modified with N,N-bis(salisilidin)-siklohegzandiamin (SCHD). For this aim, sorption and elution parameters of Co(II) (pH, eluent type and concentration, eluent volume, maximum sample volume, sample flow rate, eluent flow rate) with XAD-4-SCHD resin were investigated. Sorption and elution independent variables were optimized using Box Behnken Design (BBD) program for the recovery of Co(II) by solid phase extraction. Calibration graph was linear in the range of $0.06-3 \mu\text{g mL}^{-1}$ ($r^2 = 0.9980$). Preconcentration factor and detection limit of the proposed methods were 100 and $8.4 \mu\text{g L}^{-1}$, respectively. The accuracy of the method was checked by analysis of the certified standard water sample (NW-TMDA-70.2), and recovery values above 90% were obtained. In addition, using the proposed method in this study, the measurement results obtained from different environmental water samples containing trace amounts of Co(II) were found to be similar to the ICP-MS measurement results. The proposed method was successfully applied for the determination of trace amount of Co(II) in environmental water samples.

Keywords: Amberlite XAD-4/SCHD resin, Box-behnken design, Co(II), Solid phase extraction, UV-VIS spectrophotometry

^{*a} Berrin TOPUZ; berrintopuz@ibu.edu.tr; Tel: (0374) 254 10 00 (dahili: 4909); orcid.org/0000-0002-0374-3921

^b orcid.org/0000-0003-2279-0405

^c orcid.org/0000-0002-8654-3887

1. Giriş

Vücudumuzdaki yaşamsal faaliyetler için gerekli B12 vitamininin yapıtaşı olan kobalt, ayrıca kan hücrelerinden biri olan eritrosit oluşumunda da önemli bir elementtir. Bu nedenle vücutta kobalt eksikliği durumunda “pernisyöz anemi” denilen kansızlık hastalığı, karaciğer, pankreas ve sinir sisteminde bozukluk gibi pek çok problemler ve semptomlar ortaya çıkar. Ancak aşırı kobalt alımı da, kobalt zehirlenmelerine yol açar.

Kobalt stratejik ve endüstriyel uygulamalarda ve askeri alanda önemli kullanım alanlarına sahiptir. Özellikle cam, porselen, seramik, boya v.b. yapımında kullanılmaktadır. Farklı sanayi kollarının atıksularının nehirlerle verilmesi ve sulama suyu olarak tarlalarda kullanılması toprak, sediment ve sudaki kobalt konsantrasyonlarının artışına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır. Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (United States of Environmental Protection Agency (USEPA)), tarafından içme sularında izin verilebilir maksimum kobalt miktarı $100 \mu\text{gL}^{-1}$ olarak belirtilmiştir. Bu nedenle sularda doğru ve hassas kobalt tayininin yapılması önemlidir (Jamali vd., 2017).

Sularda kobalt tayini için, indüktif eşleşmiş plazma–kütle spektrometri (ICP-MS), indüktif eşleşmiş plazma–opti kemiyon spektrometri (ICP-OES) ve atomik absorpsiyon spektrometri (AAS) gibi hassas ve seçici modern enstrümental teknikler kullanılabilmesine rağmen çok kompleks numune matriksi içerisinde düşük miktarlardaki metal seviyelerinin analizinde zorluklar halen devam etmektedir. Bu yüzden, matriks etkisi ve kirliliklerin ayrılması, farklı modern enstrümental tekniklerle tayin edilemeyen düşük tayin sınırındaki eser elementlerin analizi içintayin öncesi uygun ayırma ve önderiştirme yöntemleri gerekmektedir (Camel, 2003). Bu amaçla sıvı sıvı mikroekstraksiyonu (LLME) (Baliza, 2009), bulutlanma noktası ekstraksiyonu (CPE) (Citak ve Tüzen, 2010), birlikte çöktürme (Soylak vd., 2007), ve katı-sıvı ekstraksiyonu (SPE) (Safavi, 2006) gibi yöntemler uygulanmaktadır. Ancak SPE yönteminin, çevreye zararlı organik çözücülerin kullanılmaması, yüksek numune hacmi ile çalışılarak önderiştirme faktörünün yüksek elde edilebilmesi, kullanılan katı fazın tekrar tekrar kullanılabilmesi gibi avantajları vardır. SPE yönteminde karbonnanotüp (Wang vd., 2016), magnetik iyon yüklü polimerler (Khoddami ve Shemirani, 2016), silikagel (Sivrikaya vd., 2016), Amberlite XAD reçineleri (Alpdoğan, 2016) gibi farklı katı fazlar Co(II)

tayininde kullanılmaktadır. Amberlit XAD kopolimerlerinin, eser metal iyonlarının zenginleştirilmesinde, yüksek saflıkları, dayanıklılık, homojen por dağılımı, yüksek yüzey alanı gibi iyi sorpsiyon özellikleri nedeni ile diğer sorbentlere oranla daha geniş bir uygulama alanı vardır. Gözenek büyüklüğü ve yüzey alanı arasında ters bir ilişki vardır. Gözenek büyüklüğü küçüldükçe yüzey alanı büyür. Amberlite XAD reçineleri için bu özellikler incelendiğinde XAD-4 reçinesi XAD-2, XAD-2000, XAD-7, XAD-1180, reçinelerine göre daha yüksek yüzey alanına sahiptir. Çalışmamızda yüksek yüzey alanına sahip Amberlite XAD-4 reçinesi, azot ve oksijen donör atomu içeren ve Cu(II), Ni(II), Pb(II), Zn(II) Co(II), Mn(II) ve Cd(II) iyonları için yüksek seçicilik özellik gösteren N,N bis(salisilidin)siklohegzandiamin (SCHD) schiff bazı ile modifiye edilerek (Topuz ve Macit, 2011) Co(II) iyonunu su numunelerinden ayrılması ve önderiştirilmesi amacıyla kullanılmıştır.

Ditiyokarbamat (DTC) bileşikleri, içerdikleri iki adet elektron çifti vericisi kükürt atomu sayesinde birçok metalle formülü M(DTC)_n olan kararlı koordinasyon bileşikleri oluştururlar (Topuz, 2004). Metal ditiyokarbamat kompleksleri yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip olduklarından dolayı genellikle UV-VIS spektrofotometresi ile ölçülebilmektedir. Bakır, nikel, kobalt, mangan gibi metallere karşı yüksek metal bağlayıcılık kapasitesi olan DTC bileşikleri, metal iyonları ile renkli kompleksler vermektedir. Farklı metallere DTC bileşiklerinin özgün renk oluşumunun sağlanması, UV-VIS Spektrofotometrik ölçümlerde metal iyonuna karşı seçici analizlerde önemli avantajdır.

Önderiştirmeyle ilgili çalışmaların çoğunda metal iyonları, değişkenlerin bir tanesi kullanılarak optimize edilir. Böyle bir optimizasyon sürecinde, diğer değişkenlerin etkileşimleri dikkate alınmaz ve elde edilen cevap tek bir değişkenin geri kazanım üzerine etkisini gösterir. Öte yandan deneysel tasarım, değişkenlerin birbiriyle ilişkisini de ortaya koymaktadır. Box Behnken Dizayn Programı ikinci dereceden bir polinom modelinin inşa edilmesi ve değişkenlerin ilişkilerini matematiksel olarak gösterir.

Bu çalışmada, N,N bis(salisilidin)siklohegzandiamin (SCHD) ile modifiye edilen Amberlit XAD-4 reçinesiyle Co(II) iyonunun önderiştirilmesi ve ayrılması için geliştirilen SPE yöntem parametrelerinin deneysel verileri, Box-Behnken Yanıt Yüzey Yöntemi kullanılarak sabit fazın sorpsiyon ve elüsyon kapasitesini maksimize eden

optimum SPE şartları belirlenerek bağımsız ve bağımlı değişkenler arasındaki matematiksel ilişki net bir şekilde ifade edilmiştir. Önderiştirilen ve ayrılan Co(II) iyonunun UV-VIS spektrofotometrik tayini için sentezlenen 2,6 dimetilmorfolinditiyokarbamat (DMMDTC) reaktifi kullanılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Kullanılan Cihazlar

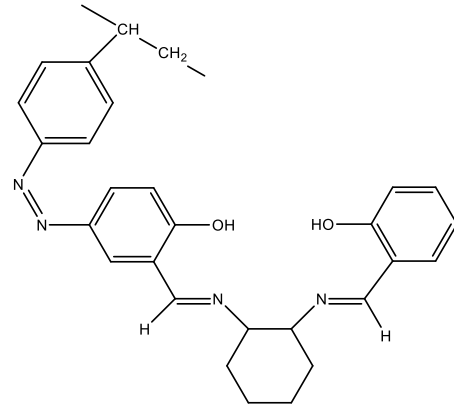
Bu çalışmada Co(II) tayini için 1 cm kuvarz küvet ile UV-VIS spektrofotometre (Spektroquant Pharo 300 Merck) kullanılmıştır. Co(II) iyonunun yeşil renkli DMMDTC kompleksinin dalga boyu 342nm olarak belirlenmiştir. pH ölçümleri ISOLAB dijital pH-metre ile gerçekleştirilmiştir. Tartımlar RADWAG marka analitik terazi (0.00001 duyarlılıkta) ile gerçekleştirilmiştir. Çevresel su numunelerinin süzülmesi işleminde 0.45 µm gözenekli (MerckMillipore) selüloz membran filtre kağıdı kullanılmıştır. Önderiştirme çalışmalarında 10 cm uzunluğunda 1cm iç çapında bir mini cam kolon ile BLUPUMP marka AKM pompası kullanılmıştır. Batch yöntemi çalışmalarında MEDİSPEC marka roller karıştırıcı kullanılmıştır. Ayrıca önerilen yöntemin analiz sonuçlarını karşılaştırmak için PerkinElmer-SCIEX ELAN DRCE ICP-MS cihazı kullanılmıştır.

2.2. Kullanılan Reaktifler ve Standart Çözeltiler

Co(II) iyonunun katı-sıvı ekstraksiyon tekniği ile önderiştirilmesi ve çözelti ortamından ayrılmasında, daha önce gerçekleştirilen bir çalışmada sentezlenen Amberlit XAD-4-SCHD (Şekil 1) reçinesi kullanılmıştır (Topuz 2011). Yöntemin doğruluğunun belirlenmesi amacıyla bir sertifikalı referans madde (NW-TMDA-70.2, Environmental Matrix Reference Material Canada) kullanılmıştır.

Önderiştirilen Co(II) iyonlarının UV-VIS spektrofotometrik tayini için, daha önceden belirlenen prosedüre göre potasyum 2,6-dimetilmorfolinditiyokarbamat (KDMMMDTC) reaktifi sentezlenerek (Topuz 2004) bu reaktiften 0.01 g tartılıp deiyonize su ile 100 mL'ye tamamlanmak suretiyle, % 0.01'lik çözeltisi hazırlanmıştır. Önderiştirme parametreleri için uygulanan deneyler ve cihaz ölçümlerinde kullanılan kalibrasyon çözeltileri için Co(II)'nin 0.5 molL⁻¹ HNO₃'teki 1000 mgL⁻¹ (Merck) stok çözeltisi kullanılmıştır. Co(II) çalışma ve kalibrasyon çözeltileri stok çözeltiden deiyonize su ile uygun seyreltmelerle hazırlanmıştır.

Co(II) iyonunun Amberlit XAD-4/SCHD reçinesi üzerinde sorpsiyonuna pH'nın etkisinin incelenmesi amacıyla yükleme çözeltilerinin pH ayarlamalarında ve kolon şartlandırmasında 0.5 molL⁻¹ HNO₃, NH₃ ve derişik çözeltileri kullanılmıştır. Geliştirilen yöntemde çözelti pH'sını 4-6 aralığına ayarlamak için kullanılan CH₃COOH/CH₃COONa tampon çözeltisi, 1 molL⁻¹ CH₃COONa çözeltisine 1 molL⁻¹ CH₃COOH çözeltisinin uygun hacminin eklenmesi ile hazırlanmıştır.



Şekil 1. Amberlit XAD-4/SCHD reçinesinin açık yapısı

2.3. Amberlit XAD-4/SCHD Reçinesi ile Kolon Hazırlanması

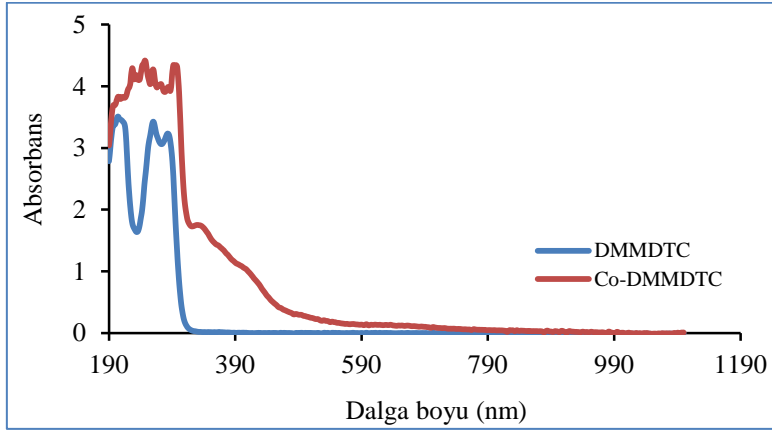
1 cm iç çapında ve 5 mL hacminde kolonun iç kısmı cam pamuğu ile kapatılarak 0.2 g Amberlit XAD-4-N,N'-bis(salisilidin)-1,2'-diaminosiklohegzan reçinesi ile doldurulmuş olup reçinenin üst kısmı da yine cam pamuğu ile kapatılmıştır. Temizleme işlemi için kolona doldurulmuş olan reçine üzerinden sırasıyla deiyonize su, 1 molL⁻¹ HNO₃, 1 molL⁻¹ HCl ve devamında asit kalıntıları uzaklaşana kadar deiyonize su ve ardından kolondan asetat tampon geçirilerek kolonun şartlandırılması gerçekleştirilmiştir. Her bir yıkama ve şartlandırma işleminden sonra çözeltideki Co(II) iyonunun önerilen yöntemle önderiştirilme işlemi yapılmıştır.

2.4. Absorpsiyon Spektrumu

UV-VIS spektrofotometrik tayin için, sentezlenen potasyum 2,6-dimetilmorfolinditiyokarbamat (KDMMMDTC) ile Co(II) iyonlarının oluşturduğu yeşil renkli Co(DMMDTC)₂ kompleksinin dalga boyuna karşı absorpsiyon spektrumları kör numunedeki absorpsiyon spektrumları ile birlikte

incelenmiş ve sonuçlar Şekil 2’de gösterilmiştir. Co(II) iyonu kompleksinin maksimum absorpsiyon kapasitesi 342 nm olarak gözlenmiştir ve kör çözeltileri bu dalga boyu değerinde absorpsiyon gözlenmemiştir.

Co(DMMDTC)₂ kompleksinin molar absorpsiyon kapasitesi (ϵ), $3.8 \times 10^4 \text{ Lmol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Kör çözelti, DMMDTC ve Co(II)-DMMDTC spektrumları (Co(II) 2 mgL^{-1} , % 0,01 (w/v) KDMMDTC).

2.5. Yöntem

Önceden yıkama ve şartlandırılması yapılan XAD-4/SCHD kolonu üzerinden, asetat tamponu ile pH’sı 6-7 aralığına ayarlanan 100–1000 mL hacimli çevresel su numuneleri yaklaşık 2.5 mLdak^{-1} akış hızında geçirilmiştir. Reçineye tutunan Co(II) iyonları, 3 mLdak^{-1} akış hızında 10 mL, 1 molL^{-1} HNO₃ çözeltisiyle elüe edilerek (sıyrılarak) geri alınmıştır. Önderiştirilen Co(II) iyonlarının absorpsiyonları pH 6–7 aralığında 2,3 dimetilmorfolindiyokarbamat (DMMDTC) reaktifi ile 342 nm’de UV-VIS spektrofotometrede ölçülmüş ve kalibrasyon grafiğinden numunedeki Co(II) derişimi hesaplanmıştır. Geliştirilen yöntem, Bölüm 3.7’de verilen çevresel su numunelerininve seçilen standart referans maddenin içerdiği Co(II) derişiminin belirlenmesinde kullanılmıştır.

2.6. Optimizasyon Stratejisi

Bu çalışmada sorpsiyon ve elüsyon basamakları için kobalt iyonunun tayininde bağımsız parametrelerin etkisini belirlemek ve verim artırmak amacıyla bilgisayar istatistik programı MİNİTAB 17.1 programı ile yanıt yüzeyi dizaynı olan Box-Behnken Dizaynı kullanılarak optimum şartlar belirlenmiştir. George E. P. Box ve Donald Behnken tarafından geliştirilen bu dizayn ile bağımlı değişkenler (geri kazanım ve sorpsiyon verimi) üzerinde birden fazla bağımsız değişkenin (pH, NH, NA, EA, EK, EH gibi) etkileri belirlendi

(Tablo 1). Dizayna göre oluşturulan her bir bağımlı değişken için 15 etaplık deneysel çalışma prosedürü sonunda her bir bağımlı değişken için cevap fonksiyonu adı verilen denklemler oluşturulup (Denklem 1) bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişki kolayca grafiklendirildi (Box ve Behnken, 1960; Montgomery, 1991).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ij} X_i^2 + \sum_{i,j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

Denklem 1’de Y tahmin edilen cevap fonksiyonunu, β_0 , β_i , β_{ij} fonksiyon katsayılarını ve X_i , X_j , X_{ij} bağımsız değişken parametrelerini belirtmektedir. Bilgisayar programı kullanılarak ANOVA analiz tabloları oluşturulmuş, yapılan analizlerin güvenilirliği ve her bir parametrenin diğer parametrelerle arasındaki ilişkiler ortaya konulmuştur.

Optimizasyon prosedürü, sorpsiyon ve elüsyon basamakları için en etkili deneysel koşulları belirlemek için kullanılmaktadır. Co(II) iyonunun tayin işlemine etki eden değişkenlerin cevabının araştırılması için deneylerin optimizasyonu, Box Behnken Dizayn Programı kullanılarak yapıldı. Co(II) iyonunun sorpsiyonu için pH, numune akış hızı ve hacmi, elüent (geri kazanım çözeltisi) konsantrasyonu, hacmi ve akış hızı bağımsız değişkenleri optimize edildi.

Tablo 1. Box behnkendizayını istatistiksel analizi için kullanılan bağımsız değişkenler değerleri

Bağımsız Değişkenler	Sembol	Düşük değer	Yüksek değer
pH	pH	2.7	5.7
Elüentin akış hızı (mldak ⁻¹)	EA	0.6	3.2
Numunenin akış hızı (mldak ⁻¹)	NA	1.5	7
Elüentkonsantrasyonu (molL ⁻¹)	EK	0.5	4
Elüent hacmi (mL)	EH	5	25
Numune hacmi (mL)	NH	50	1500

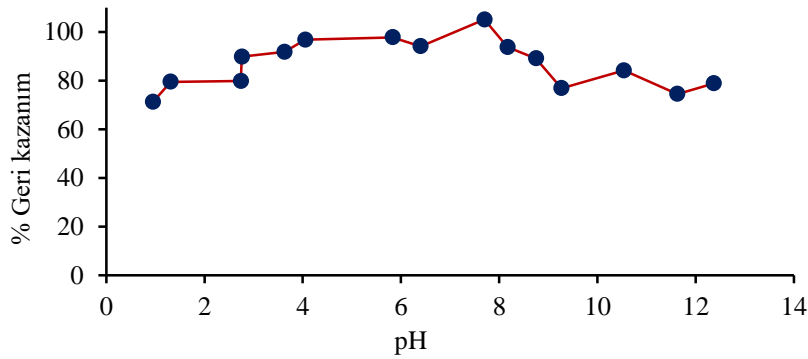
İstatistiksel analizde optimum değerlerin hassas bir şekilde saptanabilmesi için, 20 µg Co(II) için üç tekrarlı ön denemeler gerçekleştirilmiş ve bulunan sonuçlar temel alınarak kullanılan bağımsız değişken değer aralıkları belirlenmiştir (Tablo 1).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. pH Etkisi

Co(II) iyonunun XAD-4/SCHD reçinesi üzerinde sorpsiyonu, sulu numune çözeltisinin pH'sına yüksek oranda bağlıdır. Co(II)'nin sorpsiyon davranışı pH 1–12 aralığında test edilmiştir. 20 µg

Co(II) içeren numune çözeltilerinin pH'sı HNO₃ ve NH₃ çözeltileri ile 1–12 aralığına ayarlanarak kolon metodu ile bölüm 2.5'de verilen yöntem uygulanmıştır. Şekil 2'de verilen sonuçlara göre düşük pH değerlerinde ekstraksiyon verimi, XAD-4/SCHD reçinesinin aktif bölgelerinde protonlanmadan dolayı azalmıştır. Yüksek sorpsiyon verimi, protonlanmamış reçine yüzeyinden dolayı pH 2.7 üzerinde elde edilmiştir. pH'nın 8'den yüksek olduğu değerlerde Co(II) iyonunun pH ayarlamalarında kullanılan NH₃ ile Co(NH₃)₆²⁺ kompleksi oluşturma eğiliminden dolayı ekstraksiyon verimi düşmüştür. Bu nedenle pH değişkeninin optimizasyon dizaynında kullanılması için 2.7-5.7 aralığı kullanılmıştır.



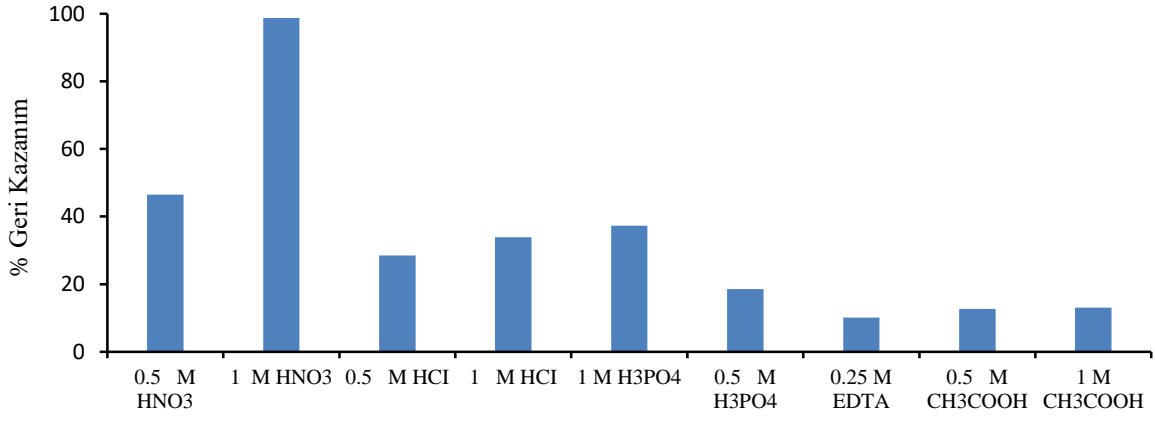
Şekil 2. Numune çözeltisinin pH'sının Co(II) iyonunun XAD-4/SCHD üzerine sorpsiyonuna etkisi.

3.2. Elüentin Türü ve Konsantrasyonu Etkisi

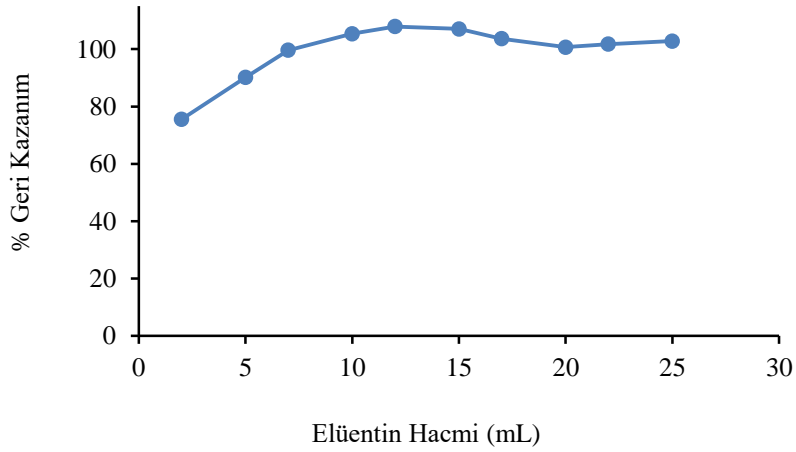
XAD-4/SCHD üzerinde sorplanan Co(II) iyonu miktarı, farklı konsantrasyonlardaki HNO₃, HCl, EDTA, H₃PO₄ ve CH₃COOH çözeltileri ile kolondan geri kazanılarak Bölüm 2.5'de verilen UV-VIS spektrofotometrik metot ile tayin edildi. Şekil 3'de verilen sonuçlardan, Co(II) iyonunun desorpsiyonu için 1 molL⁻¹ HNO₃ çözeltisinin %99 geri kazanımla en uygun elüsyon çözeltisi olduğu belirlendi.

3.3. Elüent Çözeltisi Hacminin Etkisi

Reçinede tutunan Co(II) iyonunun geri kazanımı için 1molL⁻¹ HNO₃ çözeltisinin 2–25 mL hacim aralığındaki hacimler kullanılarak ölçülen Co(II) konsantrasyonundan % geri kazanım değerleri belirlenmiştir. Şekil 4'de elde edilen sonuçlardan elüent hacminin 5 ml ve üzerinde en az %90 geri kazanım değeri elde edildiği belirlenmiştir.



Şekil 3. Co(II)'nin elüasyonuna geri kazanım çözeltisinin türü ve derişiminin etkisi.



Şekil 4. Co(II)'nin elüasyonuna elüent hacminin etkisi.

3.4. Sorpsiyon ve Elüasyona Akış Hızının Etkisi

20 µg Co(II) içeren ve pH'sı 4–6'ya ayarlanan 50 mL hacimli model numune çözeltileri, 0.7–8.0 mL dak⁻¹ akış hızında XAD-4/SCHD kolonundan geçirildi ve elüe edildikten sonra Co(II) iyon içerikleri UV-VIS spektrofotometri ile tayin edildi. Şekil 5'de gösterilen sonuçlardan, 3 mL dak⁻¹ üzerindeki numune akış hızında Co(II)'nin sorpsiyonunun azaldığı gözlenmiştir. Bu yüzden % 98 geri kazanımla 3 mL dak⁻¹ sorpsiyon akış hızı optimum olarak seçilmiştir. Benzer şekilde, 0.5–7 mL dak⁻¹ elüent akış hızı aralığında, elüasyon verimi de 2 mL dak⁻¹'dan sonra azaldığı gözlenmiştir.

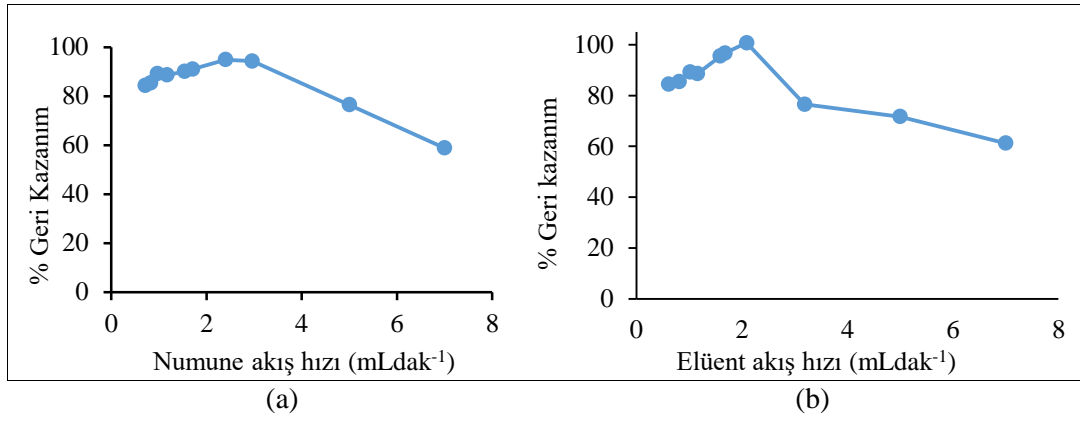
3.5. Numune Hacminin Etkisi

Yüksek önderiştirme faktörü elde etmek için numune hacminin de yüksek olması istenir. Co(II) iyonunun XAD-4/SCHD reçinesi üzerinde

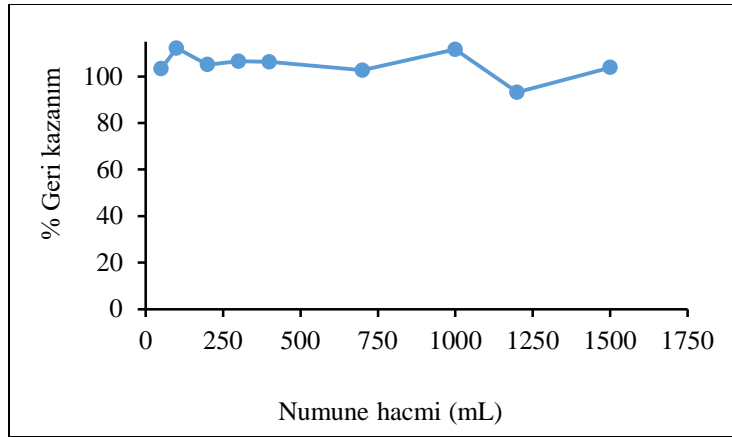
sorpsiyonuna 25–1600 mL aralığında numune hacminin etkisi araştırıldı. Şekil 6'da verilen sonuçlara göre, 1000 mL'ye kadar numune hacminde %100-110 aralığında geri kazanım değerleri elde edilmiştir. Buna göre 10 mL ölçüm çözeltisiyle önderiştirme faktörünün 100 olduğu görülmektedir.

3.6. Yabancı İyon Etkisi

20 µg Co(II) içeren 50 mL hacimli model çözeltilerin önerilen yöntemle geri kazanımına ayrı ayrı alkali, toprak alkali, bazı anyon ve geçiş metallerinin yabancı iyon olarak etkileri araştırıldı. %95 ve %105 sınırdaki geri kazanım değerleri tolerans limit sınırları olarak belirlendi. Tablo 2'de verilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi, araştırılan anyon ve katyonların belirlenen miktarlarında önemsenmeyecek oranda girişimin olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Co(II)'nin sorpsiyon(a) ve elüasyonuna (b) akış hızının etkisi.



Şekil 6. Co(II) iyonunun XAD-4/SCHD reçinesi üzerinde sorpsiyonuna numune hacminin etkisi.

Tablo 2. Co(II)'nin önderiştirilmesine yabancı iyon etkisi.

İyon	Miktar (μg)	Eklenen	Co(II) için % Geri Kazanım
Cl^-	20000	NaCl	98.2
NO_3^-	20000	KNO_3	95.4
K^+	20000	KCl	90.4
CO_3^{2-}	20000	Na_2CO_3	102.6
SO_4^{2-}	20000	Na_2SO_4	96.8
I^-	20000	KI	98.2
Ca^{2+}	20000	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	103.2
Mg^{2+}	20000	MgCl_2	101.5
Na^+	20000	NaF	94.3
Mn^{2+}	500	$\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	101.2
Cu^{2+}	500	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$	122.9
	250		104.3
Ni^{+2}	500	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	103.5
Cd^{2+}	500	$\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$	73.43
	250		104.3
Fe^{3+}	500	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	101.2
	250		92.05

3.7. Metodun Geçerliliği ve Uygulamaları

Tablo 3’de yöntemin kalibrasyon grafiğinin korelasyon katsayısı (r^2) değeri, gözlenebilme ve tayin sınırı verilmiştir. Co(II) iyonu için gözlenebilme sınırı ve tayin limiti (sınırı) değerleri için, 20 adet kör çözeltiye Bölüm 2.5’de verilen yöntem uygulanarak 342 nm dalga boyundaki absorbans değerlerinin standart sapması hesaplandı. Standart sapmanın, gözlenebilme sınırı değeri için 3 katına, tayin sınırı için 10 katına karşılık gelen Co(II) iyon konsantrasyonu hesaplandı. Bu konsantrasyonlar zenginleştirme faktörü olan 100 rakamına bölünerek zenginleştirmeden önceki konsantrasyonlar hesaplandı. Ayrıca 10 μg Co(II) içeren çözeltilere ($n=4$) önerilen yöntemin uygulanması sonucunda % BSS değeri 1.9 olarak bulunmuştur. %5’den küçük BSS değeri yöntemin tekrarlanabilirliğini göstermektedir.

Tablo 3. Metodun analitiksel özellikleri

Korelasyon katsayısı(r^2)	0.9980
Gözlenebilme sınırı (mgL^{-1})	0.0084
Tayin sınırı (mgL^{-1})	0.0638
Doğrusal aralık ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	0.06–3
%BSS* ($n=4$)	1.9
Geri Kazanım Faktörü	100

*BSS: Bağıl standart sapma

Tablo 4. Sertifikalı standart madde analiz sonucu

Sertifikalı standart su numunesi	Sertifikalı Co(II) değeri($\mu\text{g L}^{-1}$)	Bulunan Co(II)değeri($\mu\text{g L}^{-1}$)	(%) Geri Kazanım
NW-TMDA-70.2	290±21*	310±6	% 106.8

* %95 güven seviyesinde dört ölçümün ortalaması ($\bar{X} \pm ts/\sqrt{N}$)

Tablo 5. Farklı su numunelerinin önerilen metot ve ICP-MS metodu ile bulunan Co(II) içeriklerinin karşılaştırılması

Metot	Doğancı Mudurnu Çayı($\mu\text{g L}^{-1}$)	Musluk suyu($\mu\text{g L}^{-1}$)	Sızıntı suyu($\mu\text{g L}^{-1}$)
ICP-MS	0.23±0.06*	0.15±0.25	66.8±3.35
Önerilen	0.35±0.09	0.17±0.10	71.4±1.8

* %95 güven seviyesinde dört ölçümün ortalaması ($\bar{X} \pm ts/\sqrt{N}$)

Önerilen yöntemin doğruluğunu belirlemek amacıyla sertifikalı standart su numunesi (NW-TMDA-70.2), Bölüm 2.5’de verilen yöntemle göre analiz edilmiş ve hesaplanan sonuçlarının sertifikalı değerlerle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 4). Yöntemin doğruluğu kanıtlandıktan sonra geliştirilen yöntem son olarak farklı çevresel su numunelerine, içerdikleri Co(II) miktarlarının tayini için uygulanmış ve sonuçlar ICP-MS yöntemi ile karşılaştırılmıştır. (Tablo 5).

Bu çalışmada çevresel su numunesi olarak Ankara Mogan Gölü ve Bolu ve çevresinden, Gököy bölgesi göl ve kaynak suyu, katı atık depolama sahası sızıntı suyu, organize sanayi bölgesi (metal sanayi) atıksuyu, Karaköy büyüğü deresi, doğancı mudurnu çayı ve araştırma laboratuvarı musluk suyu kullanılmıştır. Önerilen metot ile analiz edilecek çevresel su numuneleri 0.45 μm gözenek genişliğindeki selüloz-nitrat filtreden vakumla süzümüştür. Süzüntü asit ve deiyonize suyla yıkanmış şişelere alınarak birkaç gün içerisinde geliştirilen yöntemle analiz edilmiştir. Çeşme suyu numuneleri ise hiçbir ön işlem yapılmadan doğrudan kullanılmıştır. 100-1000 mL hacimli su numunelerine farklı derişimlerde Co(II) iyonu ayrı ayrı eklenerek (Ekleme / geri kazanma) ve eklenmeden metal içerikleri Bölüm 2.5’de verilen yöntemle göre belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Farklı çevresel su numunelerinin önerilen metot ile bulunan Co(II) analiz sonuçları

Numune	Co(II) (μgL^{-1})		Geri Kazanım (%)
	Eklenen	Bulunan	
Mogan Gölü (Ankara)	-	9 \pm 5.0*	
	20	27.90 \pm 2.50	96.2
Karaköy Büyüksu Deresi (Bolu)	-	25.90 \pm 0.84	
	20	46.80 \pm 0.42	102.1
Gölköy Kaynak Çeşmesi (Bolu)	-	16.80 \pm 0.81	
	40	56.70 \pm 0.55	96.5
Gölköy Gölü (Bolu)	-	< T.S.	
	100	101.8 \pm 1.8	102.0
Arçelik Atıksuyu (Bolu)	-	244.7 \pm 2.7	
	100	342.9 \pm 4.4	99.4

* %95 güven seviyesinde dört ölçümün ortalaması ($\bar{X} \pm ts/\sqrt{N}$), T.S.: Tayin Sınırı

3.6. Değişkenlerin Optimizasyonu

Yanıt yüzey yönteminde örnekleme yöntemi olarak tanımlanan Box-Behnken tasarımı “Denemelerin Optimum Koşullara Ulaşması” ismi ile 1951 yılında Box and Wilson tarafından geliştirilmiş ve genel olarak “Proseslerin geliştirilmesi ve optimizasyonu için gerekli istatistiksel ve matematiksel tekniklerin birlikte kullanıldığı bir yöntem” olarak tanımlanmıştır.

Çalışmada öncelikle Box-Behnken istatistiksel analizine uygun olarak bağımsız değişken aralıkları belirlenmiş ve istatistiksel olarak oluşturulan 15 etaplık deneysel çalışma prosedürüne göre deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar

sonucunda elde edilen bağımlı değişken sonuçları Minitab17.1 programı vasıtasıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucunda oluşturulan bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi ifade eden denklemler elde edilmiştir (Denklem 1 ve 2). Deneysel olarak bulunan değerlerin istatistiksel değerler ile uyumluluğu (R^2 sorpsiyon: 0,95 ve R^2 elüsyon: 0,99) ve istatistiksel analiz metodu seçimi (R^2 sorpsiyon(adj): 0,86 ve R^2 elüsyon(adj): 0,97) denetlenerek istatistiksel olarak optimum değerler tespit edilmiştir. Bu sonuçlar deneysel çalışmaların istatistiksel olarak da ifade edilebileceğini göstermiştir. Aynı zamanda istatistiksel analiz vasıtasıyla, parametreler arasındaki ilişki de 3 boyutlu yanıt-yüzey grafiklerle ifade edilmiştir.

$$y = -51,7 + 44,77 pH + 7,27 NA - 0,0258 NH - 3,001 pH^2 - 0,895 NA^2 - 0,000005 NH^2 - 0,776 pH * NA - 0,00048 pH * NH + 0,00649 NA * NH \quad (2)$$

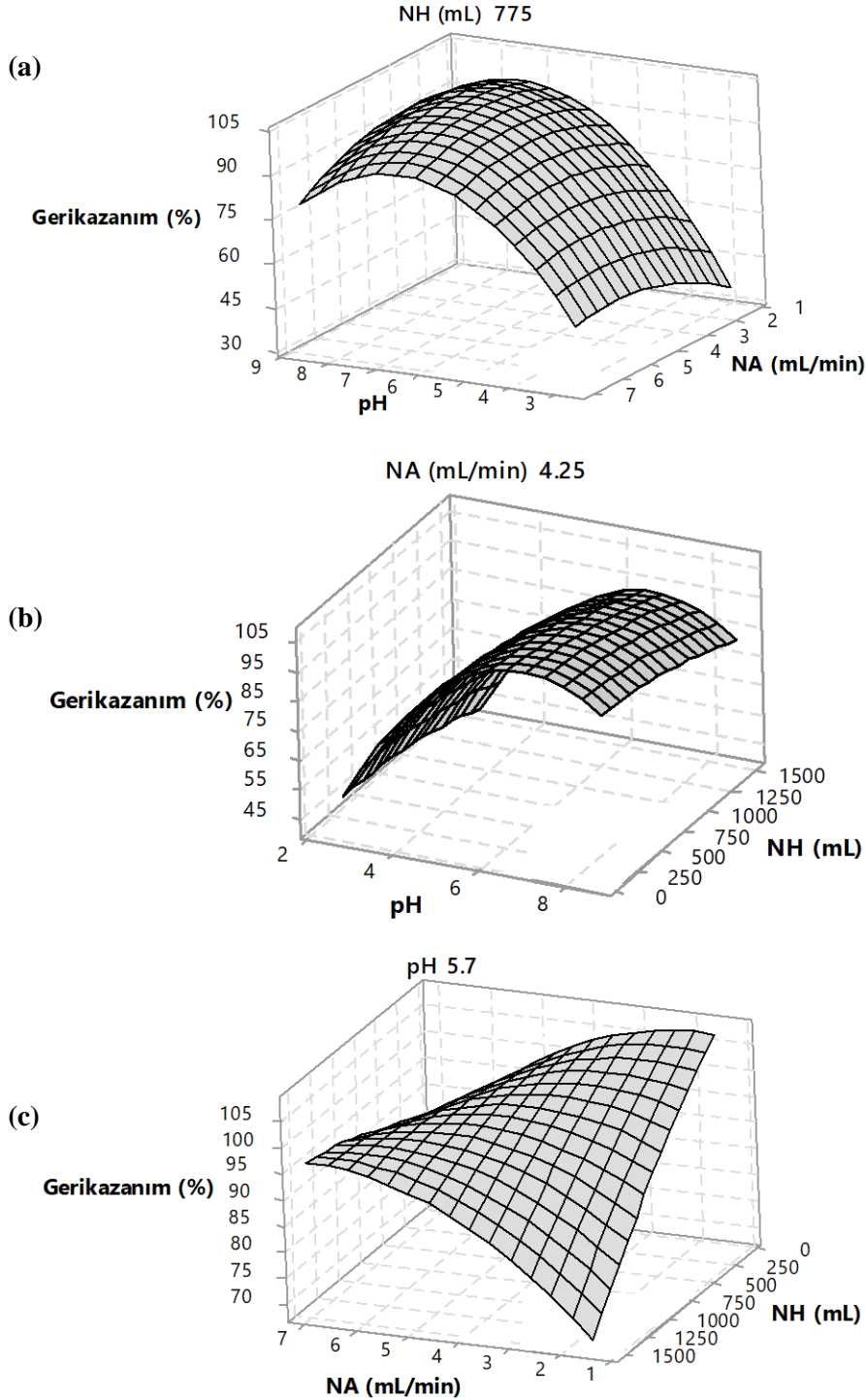
$$y = -73,3 + 47,62 EA + 9,165 EH + 22,07 EK - 9,76 EA^2 - 0,3192 EH^2 - 3,077 EK^2 - 0,293 EA * EH + 0,48 EA * EK + 0,621 EH * EK \quad (3)$$

SPE değişkenleri için tahmini yanıt yüzey çalışması olarak sorpsiyon için $[NA]/[pH]$, $[NH]/[pH]$, $[NH]/[NA]$ elüsyon için $[EK]/[EH]$, $[EK]/[EA]$, $[EA]/[EH]$ Şekil 7 ve 8’de gösterilmiştir. Sorpsiyon ve elüsyon değişkenleri arasında üç boyutlu (3D) yanıt yüzey çizildikten sonra %100’e yakın geri kazanım elde edilebilen değişkenlerin teorik değerlerini hesaplamak için kuadratik eşitlik kullanıldı. Şekil 7’de sorpsiyon

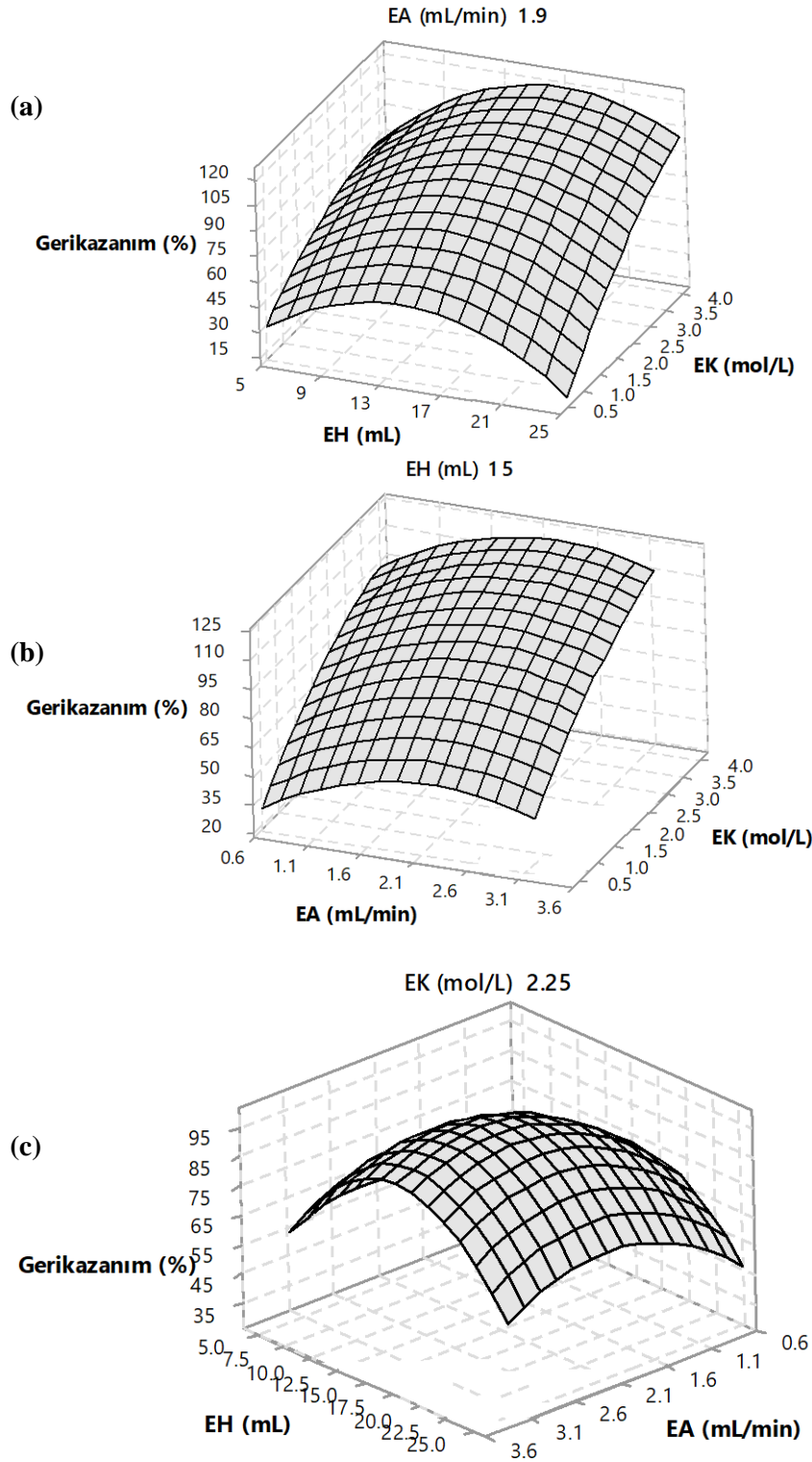
için NH, NA ve pH bağımsız değişkenlerinin geri kazanım üzerine etkisi gösterilmiştir. NH ortalama değeri olan 775 mL sabit tutularak pH ve NA değerlendirildiğinde pH değerinin çok etkili olduğu görülmektedir. Özellikle nötral değerlerde geri kazanım değerinin %95’e kadar yükseldiği belirlenmiştir (Şekil 7a). NA 4.25 mldk⁻¹’da sabit tutulduğunda ise yine pH değerinin nötral seviyelerde gerikazanım değerlerinin maksimum

seviyeye ulaştırdığı gözlenmiştir. NH parametresinin pH kadar etkili olmadığı görülmüştür (Şekil 7b). Her iki grafik incelendiğinde pH bağımsız değişkeninin işlemin kontrolü üzerinde çok etkili olduğu belirlenerek nötr pH değerlerinde geri kazanım değerini maksimize ettiği dikkate alınarak pH orta değer olan 5.7 de sabit tutulmuş NH ve NA etkisi incelenmiştir (Şekil 7c). NH değişkenini düşük, NA değişkeni ise daha yüksek tutulduğunda geri

kazanımın en yüksek değerde başarılabilceği tespit edilmiştir. Sonuç olarak üç bağımsız değişken değerlendirildiğinde gerikazanım değerini sorpsiyon için maksimize etmek için pH değişkeninin en önemli parametre olduğu görülmüş ve aynı zamanda yapılan istatistiksel analiz sonucunda en etkili % geri kazanım değerini sağlamak amacıyla optimum pH: 7.2, NH:50 mL ve NA: 1.5 mLdk⁻¹ olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. Sorpsiyon için geri kazanım üzerinde (a) pH ve NA (NH=775 ml için), (b) pH ve NH (NA=4.25 mLdk⁻¹ için), (c) NA ve NH (pH= 5.7 için) etkisi.



Şekil 8. Elüasyon için geri kazanım üzerinde (a) EH ve EK (EA=1.9 mLdak⁻¹ için), (b) EA ve EK (EH=15 mL için), (c) EH ve EA (EK= 2.25 molL⁻¹ için) etkisi.

Elüasyon için yapılan geri kazanım testlerinde sorpsiyon değerlerinde olduğu gibi 3 bağımsız değişkenin (EH, EK ve EA) etkileri araştırılmıştır. EA 1.9 mLdk⁻¹'de sabit tutulduğunda EH'ye nispetle EK bağımsız değişkeninin daha etkili olduğu sistemin performansını artırmak için EK değerinin yükseltilmesi gerektiği görülmüştür

(Şekil 8a). Benzer şekilde EH: 15 mL'de sabit tutulduğunda yine EA'dan daha fazla EK'nın etkili olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8b). EK'nın geri kazanım üzerindeki önemli etkisi görüldüğünden EK bağımsız değişkeni 2.25 molL⁻¹ ortalama değerinde sabitlenerek EH ve EA parametrelerinin ortalama değerlerinde geri

kazanım değerini maksimize ettiği görülmüştür (Şekil 8c). Şekil 7'de verilen grafikler topluca değerlendirildiğinde geri kazanım bağımlı değişkeni üzerinde en etkili olanın EK bağımsız değişkeni olduğu, EA ve EH değişkenlerinin EK kadar olmasa da gerikazanım değerini bir miktar

değiştirdikleri belirlenmiştir. İstatistiksel olarak yapılan değerlendirmede ise yüksek % geri kazanım değeri sağlamak amacıyla optimum EA: 2.3 mLdk⁻¹ EH:17.1 mL ve EK: 4 mLdk⁻¹ olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. UV-VIS Spektrofotometre, ICP-AES ve FAAS ile kobalt(II) tayini için farklı katı faz ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması.

ADSORBAN	pH	ELÜENT	CİHAZ	ZF	LOD (µgL ⁻¹)	REFERANS
Amberlite XAD-2-pyrocatechol	7.0-8.0	HCl/HNO ₃	FAAS	23	0.59	Lemos vd., 2006
Amberlite XAD-1180	9.0	1 M HNO ₃ (Aseton içinde)	FAAS	100	110	Soylak vd., 2003
Amberlite XAD-2-Nitroso R-tuzu	6.5-8.0	HCl	FAAS	79	1.25	Lemos vd., 2003
XAD-2-2-(2-Thioazolylazo)-p-kresol	8.0	HCl	ICP-AES	100	12	Ferreira ve De Brito, 1999
Politetrafloroetilen	5.5	Kloroform	UV-VIS Spektrofotometre	100	1.2	Hejazi vd., 2004
Yüklü silika jel	9.2	6 M HNO ₃	UV-VIS Spektrofotometre	7.21	0.51	Teixeira Tarley vd., 2011
Amberlit-XAD-4/SCHD	5	1 M HNO ₃	UV-VIS Spektrofotometre	100	8.4	Bu çalışma

ZF: Zenginleştirme Faktörü; ICP-AES: İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi; FAAS: Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

4. Sonuç

Bu çalışmada. SCHD ile modifiye edilmiş Amberlit XAD-4 reçinesi kullanılarak çevresel su numunelerinden Co(II)'nin ayrılması ve önderleştirilmesi ve akabinde önerilen DMMDTC ligantıyla kullanımı kolay, ucuz ve ek bir teknik bilgi gerektirmeyen UV-VIS spektrofotometrik yöntemle Co(II) iyonunun analizi gerçekleştirilmiştir. Son yıllardaki metal zenginleştirme çalışmalarında ligand ile modifiye edilmiş reçinelerin kullanımı ile kolon kapasitesinin ve zenginleştirme faktörünün daha yüksek, tayin sınırının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Co(II) iyonunun önerilen SPE yöntemiyle elde edilen 100 kat zenginleştirilmesi ve sudaki matriks iyonlarından etkili bir şekilde ayrılması sağlanmıştır. Ayrıca, önerilen yöntemin düşük tayin sınırı sayesinde standart su numunesinde %95'in üzerinde geri kazanım sağlanmış ve ICP-MS yönteminden elde edilen sonuçlarla da uyum içerisinde olduğu tespit edilmiş doğruluğu, kesinliği ve hassasiyeti yüksek bir yöntemin geliştirilmiş olduğu kanıtlanmıştır.

Yapılan deneysel ve istatistiksel çalışmaların sonucunda geri kazanım değeri üzerinde en etkili bağımsız değişken parametresinin; sorpsiyon işleminde pH, elüasyon işleminde EK olduğu tespit edilmiştir. Buna göre maksimum geri kazanım değerinin sorpsiyon işleminde pH: 7.2, NH:50 mL ve NA: 1.5 mLdk⁻¹. elüasyon işleminde ise EA: 2.3 mLdk⁻¹, EH:17.1 mL ve EK: 4 molL⁻¹ olduğu, bu bağımsız değişken değerlerinin uygulanması ile %100 geri kazanım değerleri sağlanabileceği tespit edilmiştir. Tablo 7'de farklı enstrümental cihazlarla tayin edilen Co(II) iyonu için katı faz ekstraksiyon yöntemleri karşılaştırılmış ve önerilen yöntemin zenginleştirme faktörü ve tayin limiti ile diğer çalışmalara göre avantajlı olduğu gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

Alpdoğan, G., 2016. Solid phase extraction of Cu (II), Ni (II), Co (II) and Fe (III) ions in water samples using salicylaldehyde-benzoylhydrazone on Amberlite XAD-4 and their determinations by flame atomic

- absorption spectrometry, *Toxicological & Environmental Chemistry*, 98(2), 179-188.
- Baliza, P.X., Teixeira L.S.G., ve Lemos.V. A., 2009. A procedure for determination of cobalt in water samples after dispersive liquid-liquid microextraction, *Microchemical Journal*, 93(2), 220-224.
- Box, G.E.P., ve Behnken, D.W., 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables, *Technometrics*, 2, 455-475.
- Camel, V., 2003. Solid phase extraction of trace elements, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 58(7), 1177-1233.
- Citak, D., ve Tuzen, M., 2010. A novel preconcentration procedure using cloud point extraction for determination of lead, cobalt and copper in water and food samples using flame atomic absorption spectrometry, *Food and Chemical Toxicology*, 48(5), 1399-1404.
- Ferreira, S.L.C., ve De Brito, C.F., 1999. Separation and preconcentration of cobalt after sorption onto Amberlite XAD-2 loaded with 2-(2-thiazolylazo)-p-cresol, *Analytical Sciences*, 15(2), 189-191.
- Hejazi, L., Mohammadi, D.E., Yamini, Y., ve Brereton, R.G., 2004. Solid-phase extraction and simultaneous spectrophotometric determination of trace amounts of Co, Ni and Cu using partial least squares regression, *Talanta*, 62(1), 183-189.
- Jamali, M.R., Soleimani, B., ve Rahnama, R., 2017. A novel separation/preconcentration procedure using in situ sorbent formation microextraction for the determination of cobalt (II) in water and food samples by flame atomic absorption spectrometry, *Arabian Journal of Chemistry*, 10, 3150-3155.
- Khoddami, N., ve Shemirani, F., 2016. A new magnetic ion-imprinted polymer as a highly selective sorbent for determination of cobalt in biological and environmental samples, *Talanta*, 146, 244-252.
- Lemos, V.A., Gama, E.M., ve Da Silva Lima, A., 2006. On-line preconcentration and determination of cadmium, cobalt and nickel in food samples by flame atomic absorption spectrometry using a new functionalized resin, *Microchimica Acta*, 153(3-4), 179-186.
- Lemos, V.A., Santos, J.S., Nunes, L.S., De Carvalho, M.B., Baliza, P.X., ve Yamaki, R.T., 2003. Amberlite XAD-2 functionalized with Nitroso R salt: synthesis and application in an online system for preconcentration of cobalt, *Analytica Chimica Acta*, 494(1-2), 87-95.
- Montgomery, D.C., 1991. *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley Sons Inc., Singapore.
- Safavi, A., Iranpoor, N., Saghir, N., ve Momeni, S., 2006. Glycerol-silica gel: a new solid sorbent for preconcentration and determination of traces of cobalt (II) ion, *Analytica Chimica Acta*, 569(1), 139-144.
- Sivrikaya, S., Imamoglu, M., Yıldız, S.Z., ve Kara, D., 2016. Novel Functionalized Silica Gel for On-line Preconcentration of Cadmium (II), Copper (II) and Cobalt (II) with Determination by Flame Atomic Absorption Spectrometry, *Analytical Letters*, 49(7), 943-957.
- Soylak, M., Karatepe, A.U., Elçi, L., ve Doğan, M., 2003. Column preconcentration / separation and atomic absorption spectrometric determinations of some heavy metals in table salt samples using amberlite XAD-1180, *Turkish Journal of Chemistry*, 27(2), 235-242.
- Soylak, M., Kaya, B. ve Tuzen, M., 2007. Copper (II)-8-hydroxquinoline coprecipitation system for preconcentration and separation of cobalt (II) and manganese (II) in real samples, *Journal of Hazardous Materials*, 147(3), 832-837.
- Teixeira Tarley, C.R., Fernandes, F.F., Lucas, P.O., ve Segatelli, M.G., 2011. Enhanced Selectivity and Sensitivity for Flow Injection Spectrophotometric Determination of Cobalt Using Solid Phase Extraction with a 2D Ion-Imprinted Adsorbent, *Analytical Letters*, 44(1-3), 216-231.
- Topuz, B., 2004. Potasyum 2,6-dimetilmorfolin-ditiyokarbamat sentezi ve bazı içeceklerde bakır ve kurşunun FAAS ile tayininde

kullanılması, Yüksek lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 85s.

Topuz, B., ve Macit. M., 2011. Solid phase extraction and preconcentration of Cu (II), Pb (II) and Ni (II) in environmental samples on chemically modified Amberlite XAD-4 with a proper Schiffbase, *Environmental Monitoring and Assessment*, 173(1), 709-722.

Wang, L., Zhou, J.B., Wang, X., Wang, Z.H., ve Zhao, R.S., 2016. Simultaneous determination of copper, cobalt and mercury ions in water samples by solid-phase extraction using carbon nanotubesponges as adsorbent after chelating with sodiumdiethyldithiocarbamate prior to high performance liquid chromatography, *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408 (16), 4445-4453.

Kısmi Metrik Uzaylarda İntegral Tip Büzülme İçin Sabit Nokta Teoremleri

Fixed Point Theorems for Integral Type Contraction in Partial Metric Spaces

Vildan ÖZTÜRK*

Artvin Çoruh Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, 08000, Artvin

• Geliş tarihi / Received: 16.02.2018 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 02.05.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 15.05.2018

Öz

Bu çalışmada kısmi metrik uzaylarda, uzaklığı değiştiren fonksiyonlar aracılığıyla (E.A)-özellğini sağlayan dönüşümler için integral tipli büzülme tanımlanmış ve bu tipteki büzülme sağlayan dört dönüşüm için ortak sabit nokta teoremi ispatlanmıştır.

Anahtar kelimeler: İntegral Tipli Büzülme, Kısmi Metrik, Sabit Nokta

Abstract

In this work, integral type contraction by altering distance functions for mappings satisfying (E.A)-property was introduced and common fixed point theorems for four mappings satisfying this type contraction was proved.

Keywords: Integral Type Contraction, Partial Metric, Fixed Point

* Vildan Öztürk; vildanozturk84@gmail.com; Tel: (0543) 484 20 61; orcid.org/0000-0001-5825-2030

1. Giriş

Tam metrik uzaylarda, sabit nokta teori üzerine ilk çalışmalar 1922 yılında Banach ile başlamıştır. Banach (1922), aşağıda verilen ve Banach büzülme prensibi olarak bilinen teoremi ispatlamıştır. Bu teorem, sabit noktanın varlığını kanıtladığı gibi tekliğini ve nasıl bulunacağını da ifade eder.

1.1. Teorem

(X, d) bir tam metrik uzay, $f: X \rightarrow X$ dönüşümü her $x, y \in X$ ve bir $\alpha \in [0, 1[$ sayısı için $d(fx, fy) \leq \alpha d(x, y)$ eşitsizliğini sağlarsa f dönüşümünün tek bir sabit noktası vardır ve her $x \in X$ için $y_n = f^n x$ dizisi sabit noktaya yakınsar (Banach 1922).

Sabit nokta teori, matematikte olduğu kadar fizik, biyoloji, ekonomi, mühendislik, ve bilgisayar bilimleri gibi pek çok alanda uygulanmıştır. Zamanla, Banach büzülme prensibinin problemleri çözmek için yeterli olmadığı görülmüştür.

Khan, Swaleh ve Sessa (1984), uzaklığı değiştiren fonksiyonları tanımlamıştır. Bu yardımcı fonksiyonlar aracılığıyla, Banach büzülme prensibinin bir genelleştirmesi olarak tam metrik uzaylarda zayıf büzülmeyi üretmiş ve zayıf büzülmeyi sağlayan bir dönüşümün sabit noktasının varlığını ve tekliğini ispatlamıştır. Ayrıca, araştırmacılar tarafından uzaklığı değiştiren fonksiyonlar kullanılarak gerek tek bir dönüşümün sabit noktasını kanıtlayan gerekse birden fazla dönüşümün ortak sabit noktasının varlığını ve tekliğini kanıtlayan daha genel sonuçlar verilmiştir (Babu vd., 2007; Dutta vd., 2008; Naidu, 2003; Rhoades, 2001).

1.2. Tanım

$\psi: [0, \infty[\rightarrow [0, \infty[$ dönüşümü

(a) $\psi(0) = 0$,

(b) sürekli ve monoton azalmayan

özelliklerini sağlarsa uzaklığı değiştiren fonksiyon olarak tanımlanır (Khan vd., 1984)

1.3. Teorem

(X, d) bir tam metrik uzay, ψ uzaklığı değiştiren fonksiyon ve $f: X \rightarrow X$ dönüşüm olsun. f dönüşümü her $x, y \in X$ ve bir $c \in (0, 1)$ sayısı için

$\psi(d(fx, fy)) \leq c\psi(d(x, y))$ eşitsizliğini sağlarsa f dönüşümünün tek bir sabit noktası vardır (Khan vd., 1984). Banach büzülme prensibinin diğer bir genelleştirmesi ise tam metrik uzaylarda Brianciarı (2001) tarafından verilen integral tipli büzülmedir.

1.4. Teorem

(X, d) bir tam metrik uzay ve $f: X \rightarrow X$ dönüşüm olsun. $\omega: [0, \infty[\rightarrow [0, \infty[$ Lebesgue integrallenebilir, toplanabilir ve her $\eta > 0$ için

$$\int_0^\eta \omega(t) dt > 0$$

özellikliğini sağlayan fonksiyon olmak üzere, her $x, y \in X$ ve bir $c \in]0, 1[$ sayısı için

$$\int_0^{d(fx, fy)} \omega(t) dt \leq c \int_0^{d(x, y)} \omega(t) dt$$

eşitsizliği sağlanırsa f dönüşümünün bir tek sabit noktası vardır (Brianciarı, 2001).

Son yıllarda, metrik uzayların sabit nokta teori için yeterli olmadığı ve metrik uzaylardan daha geniş uzayların olabileceği görülmüştür. Kısmi metrik uzaylar, metrik uzayların bir genelleştirmesi olarak Matthew tarafından tanımlanmış ve Banach büzülme prensibi bu uzaylara aktarılmıştır (Matthew 1992, 1994). Kısmi metrik uzayların en önemli özelliği bir noktanın kendisine olan uzaklığının sıfırdan farklı olabileceğidir. Bu özellikten dolayı yakınsaklık, süreklilik, tamlık gibi kavramlar metrik uzaylardakinden farklılık göstermekte ve en önemlisi de bir dizinin yakınsadığı nokta tek olmak zorunda değildir. Sabit noktanın varlığını ve tekliğini ispatlamak için yakınsaklığın tek olması önemlidir. Matthew (1992, 1994) bu sorunu çözmek için kısmi metrik ile metrik arasında bir bağıntı vermiştir. Ayrıca, pek çok araştırmacı tarafından kısmi metrik uzaylarda çeşitli sabit nokta teoremleri ispatlanmıştır. (Abdeljawad, 2011; Altun vd., 2010; Kadelburg vd., 2013; Karapınar, 2011; Turkoglu vd., 2012; Valero, 2005).

2. Temel Bilgiler

2.1. Tanım

X boş olmayan bir küme ve $p: X \times X \rightarrow [0, \infty[$, bir dönüşüm olsun. Her $x, y, z \in X$ için
(p1) $x = y \Leftrightarrow p(x, x) = p(x, y) = p(y, y)$,

- (p2) $p(x, x) \leq p(x, y)$,
 (p3) $p(x, y) = p(y, x)$,
 (p4) $p(x, y) \leq p(x, z) + p(z, y) - p(z, z)$,

şartları sağlanırsa (X, p) ikilisine kısmi metrik uzay denir (Matthew, 1994).

(p1) ve (p2) özelliğinden, $p(x, y) = 0$ ise $x = y$ dir. Fakat, $x = y$ iken $p(x, y) = 0$ olmak zorunda değildir (Matthew, 1994). Dolayısıyla, her kısmi metrik bir metrik değildir.

2.2. Örnek

$p: [0, \infty[\times [0, \infty[\rightarrow [0, \infty[$, $p(x, y) = \max\{x, y\}$ olarak tanımlanan dönüşüm bir kısmi metriktir. Fakat metrik değildir (Matthew 1994). Gerçekten; $x, y \in [0, \infty[$ için $x \neq 0$, $y \neq 0$ ve $x = y$ olsun. Bu durumda $p(x, y) = \max\{x, y\} \neq 0$ elde edilir.

2.3. Tanım

(X, p) kısmi metrik uzay, $x \in X$ ve $\varepsilon > 0$ bir reel sayı olsun. Bu durumda

$$B_p(x, \varepsilon) = \{y \in X: p(x, y) < p(x, x) + \varepsilon\} \quad (1)$$

kümesine x merkezli ε yarıçaplı açık yuvar,

$$\overline{B}_p(x, \varepsilon) = \{y \in X: p(x, y) \leq p(x, x) + \varepsilon\} \quad (2)$$

kümesine de x merkezli ε yarıçaplı kapalı yuvar denir (Matthew, 1994).

Matthew (1994), metrik ile kısmi metrik arasındaki bağıntıyı aşağıdaki önermeyle vermiştir.

2.4. Önerme

(X, p) kısmi metrik uzay olsun. $p^s, p^w: X \times X \rightarrow [0, \infty[$,

$$p^s(x, y) = 2p(x, y) - p(x, x) - p(y, y) \quad (3)$$

$$p^w(x, y) = p(x, y) - \min\{p(x, x), p(y, y)\} \quad (4)$$

olarak tanımlanan dönüşümler X üzerinde birer metriktir (Matthew, 1994).

2.5. Tanım

(X, p) kısmi metrik uzay ve $\{x_n\}$, X de bir dizi olsun.

(i) $\{x_n\}$ dizisinin bir $x \in X$ noktasına yakınsaması için gerek ve yeter şart $\lim_{n \rightarrow \infty} p(x, x_n) = p(x, x)$ olmasıdır.

(ii) $\lim_{n, m \rightarrow \infty} p(x_n, x_m)$ limiti var ve sonlu ise $\{x_n\}$ dizisine Cauchy dizisi denir.

(iii) X deki her $\{x_n\}$ Cauchy dizisi yakınsak ise yani $x \in X$ için $\lim_{n, m \rightarrow \infty} p(x_n, x_m) = p(x, x)$ oluyorsa X tamdır denir.

(iv) Her $\varepsilon > 0$ için en az bir $\delta > 0$ var öyle ki $f(B(x_0, \delta)) \subset B(f(x_0, \varepsilon))$ oluyorsa $f: X \rightarrow X$ dönüşümüne süreklidir denir (Matthew 1994).

2.6. Lemma

(X, p) kısmi metrik uzay olsun.

(i) (X, p) de bir $\{x_n\}$ dizisinin Cauchy dizisi olması için gerek yeter şart (X, p^s) metrik uzayında Cauchy dizisi olmasıdır.

(ii) (X, p) kısmi metrik uzayının tam olması için gerek ve yeter koşul (X, p^s) metrik uzayının tam olmasıdır.

(iii) $\lim_{n \rightarrow \infty} p^s(x_n, x) = 0 \Leftrightarrow p(x, x) = \lim_{n \rightarrow \infty} p(x_n, x) = \lim_{n, m \rightarrow \infty} p(x_m, x_n)$ dir (Matthew, 1994).

2.7. Lemma

(X, p) kısmi metrik uzay olsun. $\lim_{n \rightarrow \infty} p(x_n, x) = p(x, x) = 0$ ise her $y \in X$ için, $\lim_{n \rightarrow \infty} p(x_n, x) = p(x, y)$ dir (Karapınar, 2011).

Diğer taraftan, (E.A)-özelliği, Aamri ve Moutawakil (2002) tarafından metrik uzaylarda tanımlanmış ve Nazir ve Abbas (2014) tarafından kısmi metrik uzaylara aktarılmıştır. Bu çalışmada, integral tipli büzülme, kısmi metrik uzaylarda (E.A)-özelliğini sağlayan dönüşümler için tanımlanacaktır. (E-A)-özelliği sayesinde uzayın tamlığına ihtiyaç duyulmadan sabit noktanın varlığı ve tekliliği ispatlanacaktır.

2.8. Tanım

(X, p) kısmi metrik uzay ve $f, g: X \rightarrow X$ iki dönüşüm olsun.

(i) X de bir $\{x_n\}$ dizisi için $\{fx_n\}$ ve $\{gx_n\}$ bir $t \in X$ noktasına yakınsak iken

$\lim_{n \rightarrow \infty} p(fgx_n, gfx_n) = p(t, t)$ ise f ve g dönüşümlerine bağdaşıktır denir.

(ii) X de bir $\{x_n\}$ dizisi için $\{fx_n\}$ ve $\{gx_n\}$ bir $t \in X$ noktasına yakınsak iken $\lim_{n \rightarrow \infty} p(fgx_n, gfx_n)$ limiti yok ise f ve g dönüşümlerine bağdaşık olmayan dönüşümlerdir denir (Nazir ve Abbas, 2014).

2.9. Tanım

(X, p) kısmi metrik uzay ve $f, g: X \rightarrow X$ iki dönüşüm olsun. X de bir $\{x_n\}$ dizisi için $\{fx_n\}$ ve $\{gx_n\}$ bir $t \in X$ noktasına yakınsak ise f ve g dönüşümleri (E.A)-özelliğini sağlar denir (Nazir ve Abbas 2014).

2.10. Tanım

$X \neq \emptyset$ ve $f, g: X \rightarrow X$ iki dönüşüm olsun. Herhangi bir $x \in X$ için, $fx = gx$ ise x noktasına ise f ve g dönüşümlerinin çakışık noktası denir. f ve g dönüşümleri çakışık noktada değişmeli ise f ve g zayıf bağdaşabilir dönüşümlerdir denir (Jungck, 1986).

3. Sabit Nokta Teoremleri

3.1. Teorem

(X, p) kısmi metrik uzay ve $f, g, h, k: X \rightarrow X$ dört dönüşüm olmak üzere $f(X) \subseteq k(X)$ ve $g(X) \subseteq h(X)$ olsun. $\omega: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ Lebesgue integrallenebilir, toplanabilir ve her $\eta > 0$ için

$$\int_0^\eta \omega(t) dt > 0 \tag{5}$$

$$\psi \left(\int_0^{p(fx_n, gy_n)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{M(x_n, y_n)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(x_n, y_n)} \omega(t) dt \right) \tag{8}$$

olup burada

$$M(x_n, y_n) = \max \left\{ p(hx_n, ky_n), p(fx_n, hx_n), p(gy_n, ky_n), \frac{p(fx_n, ky_n), p(hx_n, gy_n)}{2} \right\} \tag{9}$$

dir. (8) de $n \rightarrow \infty$ için limit alınır,

$$\psi \left(\int_0^{p(r, s)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{p(r, s)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{p(r, s)} \omega(t) dt \right) \tag{10}$$

ve böylece $\Phi \left(\int_0^{p(r, s)} \omega(t) dt \right) \leq 0$ elde edilir.

Φ fonksiyonunun tanımından $\int_0^{p(r, s)} \omega(t) dt = 0$ ve $p(r, s) = 0$ olup $s = r$ dir. Böylece, $\lim_{n \rightarrow \infty} gy_n = r$ dir.

$k(X)$ kümesi X in kapalı alt kümesi olsun. Bu durumda, $ku = r$ olacak şekilde bir $u \in X$ vardır. (6) dan

özelliğini sağlayan fonksiyon ve ψ, Φ uzaklığı değiştiren fonksiyonlar olmak üzere, her $x, y \in X$ için

$$M(x, y) = \max \left\{ p(hx, ky), p(fx, hx), p(gy, ky), \frac{p(hx, gy) + p(fx, ky)}{2} \right\}$$

iken

$$\psi \left(\int_0^{p(fx, gy)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{M(x, y)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(x, y)} \omega(t) dt \right) \tag{6}$$

sağlansın.

(i) $f(X), g(X), k(X)$ veya $h(X)$ kümesi X in kapalı bir altkümesi ve

(ii) $\{f, h\}$ veya $\{g, k\}$ çifti (E.A)-özelliğini sağlarsa $\{f, h\}$ veya $\{g, k\}$ çakışık noktaya sahiptir. Ayrıca, $\{f, h\}$ veya $\{g, k\}$ zayıf bağdaşabilir ise f, g, h ve k dönüşümlerinin tek bir ortak sabit noktası vardır.

İspat

I. Adım. $\{f, h\}$, (E.A)-özelliğini sağlasın. Bu durumda X de bir $\{x_n\}$ dizisi ve $r \in X$ için $\lim_{n \rightarrow \infty} fx_n = \lim_{n \rightarrow \infty} hx_n = r$ dir. $f(X) \subseteq k(X)$ olduğundan, $fx_n = ky_n$ olacak şekilde X de bir $\{y_n\}$ dizisi vardır. Böylece,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} fx_n = \lim_{n \rightarrow \infty} hx_n = \lim_{n \rightarrow \infty} ky_n = r \tag{7}$$

yazılır. $\lim_{n \rightarrow \infty} gy_n = r$ olduğunu gösterelim. $\lim_{n \rightarrow \infty} gy_n = s$ olsun. (6) eşitsizliğinden,

$$\psi \left(\int_0^{p(fx_n, gu)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{M(x_n, u)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(x_n, u)} \omega(t) dt \right) \quad (11)$$

yazılır ve burada

$$M(x_n, u) = \max \left\{ p(hx_n, ku), p(fx_n, hx_n), p(gu, ku), \frac{p(fx_n, ku), p(hx_n, gu)}{2} \right\} \quad (12)$$

dir. (11) de $n \rightarrow \infty$ için limit alınırsa,

$$\psi \left(\int_0^{p(r, gu)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{p(r, gu)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{p(r, gu)} \omega(t) dt \right) \quad (13)$$

ve böylece Φ fonksiyonunun tanımından $\int_0^{p(r, gu)} \omega(t) dt = 0$ ve $gu = r$ elde edilir. u noktası g ve k dönüşümlerinin çakışık noktasıdır.

Şimdi, $g(X) \subseteq h(X)$ sağlandığından, $gu = hv = r$ olacak şekilde bir $v \in X$ vardır. $fv = r$ olduğunu gösterelim. (6) dan,

$$\psi \left(\int_0^{p(fv, gu)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{M(v, u)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(v, u)} \omega(t) dt \right) \quad (14)$$

yazılır ve burada

$$\begin{aligned} M(v, u) &= \max \left\{ p(hv, ku), p(fv, hv), p(gu, ku), \frac{p(fv, ku), p(hv, gu)}{2} \right\} \\ &= \max \left\{ p(r, r), p(fv, r), p(r, r), \frac{p(fv, r) + p(r, r)}{2} \right\} = p(fv, r) \end{aligned} \quad (15)$$

olup, (14) den

$$\psi \left(\int_0^{p(fv, r)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{p(fv, r)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{p(fv, r)} \omega(t) dt \right) \quad (16)$$

elde edilir. Sonuç olarak, $p(fv, r) = 0$ olup $fv = r$ bulunur ve $ku = gu = hv = fv = r$ olur. $\{f, h\}$ ve $\{g, k\}$ zayıf bağdaşabilir ise $fr = hr$ ve $gr = kr$ 'dir.

II. Adım. r noktasının f, g, h ve k dönüşümlerinin ortak sabit noktası olduğunu gösterelim. (6) dan

$$\psi \left(\int_0^{p(fr, r)} \omega(t) dt \right) = \psi \left(\int_0^{p(fr, gu)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{M(r, u)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(r, u)} \omega(t) dt \right) \quad (17)$$

olup burada

$$\begin{aligned} M(r, u) &= \max \left\{ p(hr, ku), p(fr, hr), p(gu, ku), \frac{p(fr, ku), p(hr, gu)}{2} \right\} \\ &= \max \left\{ p(fr, r), p(fr, fr), p(r, r), \frac{p(fr, r), p(r, fr)}{2} \right\} = p(fr, r). \end{aligned} \quad (18)$$

Böylece,

$$\psi \left(\int_0^{p(fr, r)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{p(fr, r)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{p(fr, r)} \omega(t) dt \right) \quad (19)$$

ve $\Phi \left(\int_0^{p(fr, r)} \omega(t) dt \right) \leq 0$ elde edilir. Sonuç olarak, $fr = hr = r$ ve benzer olarak $gr = kr = r$ elde edilir.

III. Adım. f, g, h ve k dönüşümlerinin ortak sabit noktasının tek olduğunu gösterelim. Aksini kabul ederek, z noktası, f, g, h ve k dönüşümlerinin başka bir ortak sabit noktası olsun yani $fz = gz = kz = hz$ ve $z \neq r$ olsun. (6) dan

$$\psi \left(\int_0^{p(r,z)} \omega(t) dt \right) = \psi \left(\int_0^{p(fr,gz)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{M(r,z)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(r,z)} \omega(t) dt \right) \quad (20)$$

ve

$$\begin{aligned} M(r, z) &= \max \left\{ p(hr, kz), p(fr, hr), p(gz, kz), \frac{p(fr,kz)+p(hr,gz)}{2} \right\} \\ &= \max \left\{ p(r, z), p(r, r), p(z, z), \frac{p(r,z)+p(r,z)}{2} \right\} = p(r, z). \end{aligned} \quad (21)$$

Sonuç olarak,

$$\psi \left(\int_0^{p(r,z)} \omega(t) dt \right) \leq \psi \left(\int_0^{p(r,z)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{p(r,z)} \omega(t) dt \right) \text{ ve } \Phi \left(\int_0^{p(r,z)} \omega(t) dt \right) \leq 0$$

elde edilir. Böylece, $p(r, z) = 0$ ve dolayısıyla $r = z$ 'dir.

3.2. Sonuç

(X, p) kısmi metrik uzay ve $f, h, g, k: X \rightarrow X$ dört dönüşüm olmak üzere $f(X) \subseteq k(X)$ ve $g(X) \subseteq h(X)$ olsun. $\omega: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ Lebesgue integrallenebilir, toplanabilir ve her $\eta > 0$ için

$$\int_0^\eta \omega(t) dt > 0 \quad (22)$$

koşulunu sağlayan fonksiyon ve ψ, Φ uzaklığı değiştiren fonksiyonlar olmak üzere, her $x, y \in X$ için

$$\begin{aligned} M(x, y) &= \max \left\{ p(hx, ky), p(fx, hx), p(gy, ky), \frac{p(hx,gy)+p(fx,ky)}{2} \right\} \text{ iken,} \\ \int_0^{p(fx,gy)} \omega(t) dt &\leq \int_0^{M(x,y)} \omega(t) dt - \Phi \left(\int_0^{M(x,y)} \omega(t) dt \right) \end{aligned} \quad (23)$$

sağlansın.

(i) $f(X), h(X), g(X)$ veya $k(X)$ kümesi X in kapalı bir altkümesi ve

(ii) $\{f, h\}$ veya $\{g, k\}$ çifti (E.A)-özellikli sağlarsa

$\{f, h\}$ veya $\{g, k\}$ çakışık noktaya sahiptir. Ayrıca, $\{f, h\}$ veya $\{g, k\}$ zayıf bağdaşabilir ise f, h, g ve k dönüşümlerinin tek bir ortak sabit noktası vardır.

3.3. Sonuç

(X, p) kısmi metrik uzay ve $f, k: X \rightarrow X$ iki dönüşüm olmak üzere $f(X) \subseteq k(X)$ olsun.. $\omega: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ Lebesgue integrallenebilir, toplanabilir ve her $\eta > 0$ için

$$\int_0^\eta \omega(t) dt > 0 \quad (24)$$

koşulunu sağlayan fonksiyon ve ψ, Φ uzaklığı değiştiren fonksiyonlar olmak üzere, her $x, y \in X$ için

$$\begin{aligned} M(x, y) &= \max \left\{ p(kx, ky), p(fx, kx), p(fy, ky), \frac{p(kx,fy)+p(fx,ky)}{2} \right\} \text{ iken} \\ \psi \left(\int_0^{p(fx,fy)} \omega(t) dt \right) &\leq \psi \left(\int_0^{M(x,y)} \omega(t) dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(x,y)} \omega(t) dt \right) \end{aligned} \quad (25)$$

sağlansın.

- (i) $f(X)$ veya $k(X)$ kümesi X in kapalı bir altkümesi ve
- (ii) $\{f, k\}$ çifti (E.A)-özelliğini sağlarsa

$\{f, k\}$ çakışık noktaya sahiptir. Ayrıca, $\{f, k\}$ zayıf bağdaşabilir ise f ve k dönüşümlerinin tek bir ortak sabit noktası vardır.

3.4. Örnek

$X = \{0,1,2,3, \dots\}$ olmak üzere, $p: X \times X \rightarrow [0, \infty[$, $p(x, y) = \begin{cases} 2, & (x, y) = (3,0) \\ \max\{x, y\}, & \text{diğer} \end{cases}$ kuralıyla verilsin. Ayrıca, $\psi, \Phi: [0, \infty[\rightarrow [0, \infty[$ ve $\omega: \mathbb{R}^+ \rightarrow \mathbb{R}^+$ fonksiyonları $\psi(x) = 4x$ $\Phi(x) = \sqrt{x}$ ve $\omega(x) = 2x$ olarak tanımlansın. $f, h, g, k: X \rightarrow X$

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \\ 2x + 1 & x \neq 0 \end{cases}, \quad h(x) = \begin{cases} 0, & x = 0 \\ 3x & x \neq 0 \end{cases}, \quad g(x) = 0, \quad k(x) = x$$

olarak tanımlanırsa

- i) $f(X) \subseteq k(X)$ ve $g(X) \subseteq h(X)$ dir.
- ii) $g(X)$ kapalıdır.
- iii) $\{f, h\}$ dönüşümleri (E.A)-özelliğini sağlar ve bağdaşık değildir: $x_n = 1$ dizisi için $fx_n \rightarrow 3$ ve $hx_n \rightarrow 3$ olup 2.9. Tanımdan dolayı $\{f, h\}$ dönüşümleri (E.A)-özelliğini sağlar.
- iv) (6) şartını göstermek için:

$x = 0$ ve her $y \in X$ için (6) sağlanır.

$x = 1$ ve her $y \in X$ için,

$$\begin{aligned} \psi \left(\int_0^{p(fx,gy)} \omega(t)dt \right) &= \psi \left(\int_0^{p(3,0)} 2tdt \right) = 4 \cdot 2^2 \leq 4 \cdot 3^2 - 3 \\ &= \psi \left(\int_0^{p(fx,hx)} 2tdt \right) - \Phi \left(\int_0^{p(fx,hx)} 2tdt \right) \end{aligned}$$

olup (6) şartı sağlanır.

$x > 1$ ve her $y \in X$ için,

$$\begin{aligned} \left(\psi \int_0^{p(fx,gy)} \omega(t)dt \right) &= \psi \left(\int_0^{2x+1} 2tdt \right) = 4(2x + 1)^2 \leq 4 \cdot (3x)^2 - 3x \\ &= \psi \left(\int_0^{p(fx,hx)} 2tdt \right) - \Phi \left(\int_0^{p(fx,hx)} 2tdt \right) \leq \psi \left(\int_0^{M(x,y)} \omega(t)dt \right) - \Phi \left(\int_0^{M(x,y)} \omega(t)dt \right) \end{aligned}$$

elde edilir ve (6) şartı sağlanır. Böylece 3.1 Teoreminin bütün koşulları sağlanır. Ayrıca, $f(0) = g(0) = h(0) = k(0) = 0$ olup $x = 0$ noktası f, g, h, k dönüşümlerinin tek ortak sabit noktasıdır.

4. Sonuç

Matematikte pek çok problemin çözümünde kimi zaman tam sonucu bulmak mümkün değildir. Bu bakımdan varlık ve teklik problemlerinin çözümünde Banach büzülme prensibi önemli bir rol oynar. Banach büzülme prensibinde uzayın tam olması ve dönüşümün sürekli olması sabit noktanın varlığını göstermek açısından önemlidir.

Gerek uzay gerekse dönüşümün özellikleri değiştirilerek Banach büzülme prensibinin literatürde pek çok genelleştirmesi verilmiştir. Bu çalışmada, metrik uzaylardan daha genel olan kısmi metrik uzaylar üzerinde (E.A)-özelliğini sağlayan dört dönüşüm için integral tip büzülme tanımlanmıştır. (E.A)-özelliği sayesinde uzayın tam olması gereksiz dönüşümlerin ortak sabit noktasının varlığı gösterilmiştir.

Kaynaklar

- Aamri, M. ve El-Moutawakil, D., 2002. Some new common fixed point theorems under strict contractive conditions. *Journal Of Mathematical Analysis And Applications*, 270, 181-188.
- Abdeljawad, T., 2011. Fixed points for generalized weakly contractive mappings in partial metric spaces. *Mathematical and Computer Modelling*, 54, 2923-2927.
- Altun, I., Sola, F. ve Simsek, H., 2010. Generalized contractions on partial metric spaces. *Topology And Its Applications*, 157, 2778-2785.
- Babu, G.V.R., Lalitha, B. ve Sandhya, M.L., 2007. Common fixed point theorems involving two generalized altering distance functions in four variables. *Proceeding Of The Jangjeon Mathematical Society*, 10 (1), 83-93.
- Banach, S., 1922. Sur les opérations dans les ensembles abstraits et leur applications aux équations intégrales. *Fundamental Mathematics*, 3, 133-181.
- Branciari, A., 2002. A fixed point theorem for mappings satisfying a general contractive condition of integral type. *International Journal of Mathematics and Mathematical Sciences*, 29 (9), 531-536.
- Dutta, P.N. ve Binayak, S.C., 2008. A generalisations of contraction principle in metric spaces, *Fixed Point Theory and Appl.*, 2008, Article ID 406368.
- Jungck, G., 1986. Compatible mappings and common fixed points. *Int. J. Math. Sci.*, 9, 771-779.
- Kadelburg, Z., Nashine, H.K. ve Radenovic, S., 2013. Fixed point results under various contractive conditions in partial metric spaces. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Serie A. Matematicas*, 107 (2), 241-256.
- Karapinar, E., 2011. Generalizations of Caristi Kirk's theorem on partial metric spaces, *Fixed Point Theory and Applications*, 2011, Article ID 4.
- Matthews, S.G., 1992. *Partial Metric Topology*, Research Report 212, Department of Computer Science University Of Warwick.
- Matthews, S.G., 1994. Partial Metric topology in *Proceedings of the 8th Summer Conference at Queens College, S. Andima, Ed.*, 728 of *Papers on General Topology and Applications*, *Annals of the New York Academy of Sciences* 183-197.
- Naidu, S.V.R., 2003. Some fixed point theorems in metric spaces by altering distances. *Czechoslovak Mathematical Journal*, 53 (1), 205-212.
- Nazir, T. ve Abbas, M., 2014. Common fixed points of two pairs of mappings satisfying (E.A)-property in partial metric spaces. *J. Inequal. Appl.* 2014, Article ID 23.
- Rhoades, B.E., 2001. Some theorems on weakly contractive maps. *Nonlinear Analysis: Theory, Methods and Applications*, 47 (4), 2683-2693.
- Turkoglu, D. ve Ozturk, V., 2012. Common fixed point results for four mappings on partial metric spaces. *Abstract And Applied Analysis*, Article ID 190862.
- Valero, O., 2005. On Banach fixed point theorems for partial metric spaces. *Applied General Topology*, 6 (2), 229-240.

LP-Kosimpletik Manifoldunun Kontak Pseudo-Slant Altmanifoldların Geodeziklik Durumları

Geodesic Situations of Contact Pseudo-Slant Submanifolds in a LP-Cosymplectic Manifold

Sibel TORUN^{1,a}, Süleyman DİRİK^{*2,b}

¹Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 05100, Amasya

²Amasya Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, 05100, Amasya

• Geliş tarihi / Received: 20.02.2018 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 07.05.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 15.05.2018

Öz

Bir LP-kosimpletik manifoldunda kontak pseudo-slant altmanifoldların geodeziklik durumları için yeni sonuçlar gösterildi. Bir alt manifoldun kontak pseudo-slant olması için gerek ve yeter şartlar verildi. Kontak pseudo-slant çarpım karakterize edildi ve kontak pseudo-slant altmanifoldun kontak pseudo-slant çarpım olması için gerek ve yeter şartlar verildi. Ayrıca, konuyu açıklamak için hemen hemen parakontak metrik manifold örneği incelendi.

Anahtar kelimeler: LP-Kosimpletik manifold, Kontak pseudo-slant, Total geodezik altmanifold

Abstract

New results are shown for the geodesic situations of contact pseudo-slant submanifolds in a LP-cosymplectic manifold. Necessary and sufficient conditions for a submanifold to be contact pseudo-slant are given. The contact pseudo-slant product is characterized and necessary and sufficient conditions for a contact pseudo-slant submanifold to be the pseudo-slant product is given. Also, an example of a contact pseudo-slant submanifold is investigate in an almost paracontact metric manifold to explain the subject.

Keywords: LP-Cosymplectic manifold, Contact pseudo-slant submanifold, Totally geodesic submanifold

*^b Süleyman DİRİK; slymdirik@gmail.com; Tel: (0507) 235 13 52; orcid.org/0000-0001-9093-1607

^a orcid.org/0000-0002-4256-9225

1. Giriş ve Literatür Özeti

Slant altmanifoldları Chen (1990) tarafından yapılmış olan çalışmada İnvaryant (holomorfik) ve anti-invaryant(total-reel) altmani-foldların bir genellemesi olarak tanımlandı. Daha sonra, farklı yazarlar farklı manifoldlara uyguladı ve çalışmalar günümüzde özgün bir şekilde devam etti (Chen, 1990). Kompleks manifoldlar üzerinde çalışılan slant altmanifoldları hemen hemen kontak metrik manifoldlara taşıyan Lotta (1996)'dır. Lotta, daha sonra K-Kontak manifoldların 3-boyutlu anti-invaryant(total-reel) olmayan slant altmani-foldların geometrisi ile ilgili çalışma yapmıştır (Lotta, 1998). Takip eden yıllarda, L. Cabrerizo ve arkadaşları bir Sasakian manifoldun slant altmanifoldlarını çalışıp ilginç sonuçlar elde etmişlerdir (Cabrerizo vd., 2000). Daha sonra 2007 yılında Khan ve Khan (2207) Sasakian manifoldunun pseudo-slant altmanifoldlar ile ilgili çalışmayı literatüre kazandırmışlardır (Khan ve Khan., 2007). Referanslarda belirtilen literatüre kazandırılmış pseudo-slant altmanifoldları ile ilgili birçok çalışmaları bulunmaktadır (Dirik vd., 2016; Dirik vd., 2017; Dirik vd., 2018; Atçeken vd., 2013; Atçeken vd., 2014; Atçeken vd., 2017; De ve Sarkar, 2011; Siddesha vd., 2017).

Bu bilgiler ışığında, (φ, ξ, η, g) parakontak metrik yapısıyla verilen $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, n-boyutlu hemen hemen parakontak metrik manifold $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ ve bu manifold üzerinde tanımlanan Levi-civita konneksiyonu $\tilde{\nabla}$ olmak üzere, $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ bir hemen hemen parakontak metrik manifoldu eğer her $X, Y \in \Gamma(TM)$ için $(\tilde{\nabla}_Y \varphi)X = 0$ şartını sağlıyorsa $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ hemen hemen parakontak metrik manifolduna Lorentzian parakontak manifold adı verilir. Ayrıca D_θ -total geodezik, D^\perp -total geodezik ve mixed-total geodeziklik kavramları verilip kontak pseudo-slant çarpım kavramı tanımlanmıştır. Daha sonra hemen hemen parakontak metrik yapısıyla \mathbb{R}^{11} da 4-boyutlu kontak pseudo-slant altmanifold örneği kurulmuştur.

2. Lorentzian Hemen Hemen Parakontak Manifoldlar

Bu bölümde, hemen hemen Lorentzian parakontak manifoldlar tanıtılarak, Lorentzian hemen hemen parakontak manifoldların bazı özellikleri verilmiştir. Daha sonra Lorentzian parako-

simpletik manifoldlar tanıtılarak temel özellikleri gösterilmiştir.

\tilde{M} bir n-boyutlu manifold olsun. Eğer \tilde{M} üzerinde φ , (1,1) tipinde bir tensör alanı, ξ bir vektör alanı ve η da bir 1- form olmak üzere

$$\eta(\xi) = -1 \quad (1)$$

$$\varphi^2 = I + \eta \otimes \xi \quad (2)$$

şartlarını sağlayan bir (φ, ξ, η) üçlüsü varsa \tilde{M} bir *hemen hemen parakontak manifold* ve (φ, ξ, η) üçlüsüne de \tilde{M} bir *hemen hemen parakontak yapı* denir (Matsumoto, 1989).

\tilde{M} bir (φ, ξ, η) hemen hemen parakontak yapısına sahip n-boyutlu hemen hemen parakontak manifold olsun. Bu durumda

$$\varphi\xi = 0 \quad (3)$$

$$\eta \circ \varphi = 0, \quad \text{rank}(\varphi) = n - 1 \quad (4)$$

dir (Matsumoto, 1989).

\tilde{M} , bir (φ, ξ, η) hemen hemen parakontak yapısı ile birlikte n-boyutlu bir hemen hemen parakontak manifold olsun. Eğer \tilde{M} her $X, Y \in \Gamma(TM)$ vektör alanları için

$$g(\varphi X, \varphi Y) = g(X, Y) + \eta(X)\eta(Y) \quad (5)$$

olacak şekilde bir g Lorentzian metriğine sahipse $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ ye bir *Lorentzian hemen hemen parakontak metrik manifold* ve (φ, ξ, η, g) dörtlüsüne de \tilde{M} üzerinde bir *Lorentzian hemen hemen parakontak metrik yapı* denir.

Eğer (5) eşitliğinde Y yerine ξ alınırsa,

$$0 = g(\varphi X, \varphi\xi) = g(X, \xi) + \eta(X)\eta(\xi)$$

yazılır. Buradan (1) ve (3) eşitlikleri göz önüne alınarak

$$g(X, \xi) = \eta(X) \quad (6)$$

elde edilir.

n-boyutlu $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, Lorentzian hemen hemen parakontak metrik manifold olsun. Her

$X, Y \in \Gamma(\tilde{TM})$ için $\varphi: \Gamma(\tilde{TM}) \rightarrow \Gamma(\tilde{TM})$ tanımlanmak üzere

$$g(\varphi X, Y) = g(X, \varphi Y) \quad (7)$$

dir. Buradan φ nin g ye göre simetrik olduğu söylenir.

$\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, n -boyutlu Lorentzian hemen hemen parakontak metrik manifold ve bunun bir alt manifoldu M olsun. Eğer $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, hemen hemen Lorentzian parakontak metrik manifoldu üzerinde $\tilde{\nabla}$ Levi-Civita konneksiyonunu göstermek üzere her $X, Y \in \Gamma(\tilde{TM})$ için

$$(\tilde{\nabla}_Y \varphi)X = 0 \quad (8)$$

şartı sağlanıyorsa $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ ye *Lorentzian parakosimpletik manifold* adı verilir. Bundan sonra Lorentzian parakosimpletik manifold ifadesini kısaca LP-Kosimpletik manifold olarak göstereceğiz. Burada $\tilde{\nabla}$ kovaryant türev operatörü ve $\Gamma(\tilde{TM})$ de vektör alanları kümesini gösteriyor. Böylece (8) eşitliğinde $X = \xi$ alınırsa

$$\tilde{\nabla}_X \xi = 0 \quad (9)$$

durumuna dönüşür.

\tilde{M} , Riemann manifoldunun altmanifoldu M olmak üzere TM , M altmanifoldunun tanjant demetini ve $T^\perp M$ de M altmanifoldunun bütün normal vektörlerin vektör demetini gösterebilir. Bu durumda, \tilde{M} manifoldunun tanjant demetini $\tilde{TM} = TM \oplus T^\perp M$ şeklinde yazabiliriz.

∇ ve $\tilde{\nabla}$ sırasıyla M ve \tilde{M} üzerindeki Riemann konneksiyonlar olsun. Bu durumda, her $X, Y \in \Gamma(TM)$ için

$$h: \Gamma(TM) \times \Gamma(TM) \rightarrow \Gamma(TM)$$

$$(X, Y) \rightarrow h(X, Y) = \tilde{\nabla}_X Y - \nabla_X Y$$

ile tanımlı h simetrik bilineer forma M nin *ikinci temel formu* denir. Ayrıca

$$\tilde{\nabla}_X Y = \nabla_X Y + h(X, Y) \quad (10)$$

şeklinde tanımlanan eşitliğe de *Gauss formülü* denir. Burada sırasıyla $\nabla_X Y$ ve $h(X, Y)$, $\tilde{\nabla}_X Y$ nin teğet ve normal parçalarıdır.

M 'nin normal demetindeki konneksiyon ∇^\perp olmak üzere her $X \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için

$$A: \Gamma(T^\perp M) \times \Gamma(TM) \rightarrow \Gamma(TM)$$

$$(V, X) \rightarrow A(V, X) = A_V X = \nabla_X^\perp V - \tilde{\nabla}_X V$$

ile tanımlanan bilineer dönüşümüne M nin *şekil operatörü* denir.

$$\tilde{\nabla}_X V = -A_V X + \nabla_X^\perp V \quad (11)$$

ifadesine de *Weingarten formülü* denir (Chen, 1973).

Her $X, Y \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için (10) ve (11) eşitlikleri kullanılarak gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$g(A_V Y, X) = g(h(X, Y), V) \quad (12)$$

elde edilir. Bu son eşitlik M nin ikinci temel formu h ile A_V şekil operatörü arasındaki bağıntıyı verir (Chen, 1973).

M nin normal demeti $T^\perp M$ deki konneksiyonu ∇^\perp ve tanjant demeti TM deki konneksiyonu ∇ olmak üzere (10) ve (11) eşitliklerinden her $X, Y \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için ikinci temel form h ve şekil operatörü A_V ye ilişkin eşitlik (12) yi göstermiştik. Eğer $X, Y \in \Gamma(TM)$ için

$$h(X, Y) = 0 \quad (13)$$

ise M *total geodezik alt manifold* adını alır.

$\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ Lorentzian hemen hemen parakontak metrik manifold ve bunun bir alt altmanifoldu M olmak üzere $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ deki g Riemann metriği M üzerine indirgenmiş olur. Bu durumda (M, g) de bir Riemann manifoldu olur. Her $X \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için

$$\varphi X = PX + FX \quad (14)$$

ve

$$\varphi V = BV + CV \quad (15)$$

şeklinde yazabiliriz.

Burada sırasıyla PX ve FX φX in teğet ve normal parçalarını, BV ve CV de φV nin teğet, normal parçalarını göstermektedir. Böylece altmanifold üzerine indirgemiş olduğumuz tensörler

$$P : \Gamma(TM) \rightarrow \Gamma(TM), \quad F : \Gamma(TM) \rightarrow \Gamma(T^\perp M)$$

ve

$$B : \Gamma(T^\perp M) \rightarrow \Gamma(TM) \quad C : \Gamma(T^\perp M) \rightarrow \Gamma(T^\perp M)$$

şeklinde tanımlanır.

Burada, $P=0$ ise M ye anti-invariant, $F=0$ ise M ye invariant, altmanifold adı verilir.

Altmanifoldta indirgenen bu tensörler arasındaki bağıntılar kullanılarak

$$P^2 = I + \eta \otimes \xi - BF \tag{16}$$

$$FP + CF = 0 \tag{17}$$

ve

$$C^2 = I - FB \tag{18}$$

$$PB + BC = 0 \tag{19}$$

eşitlikleri vardır.

Her $X, Y \in \Gamma(TM)$ için, (7) ve (14) eşitlikleri kullanılırsa

$$g(PX + FX, Y) = g(X, PY + FY)$$

yazılır. Buradan

$$g(PX, Y) = g(X, PY) \tag{20}$$

dir. Aynı şekilde $V, W \in \Gamma(T^\perp M)$ için (7) eşitliğinden

$$g(\varphi V, W) = g(V, \varphi W)$$

yazılır. Buradan (15) eşitliği kullanılırsa

$$g(BV + CV, W) = g(V, BW + CW)$$

elde edilir. Buradan

$$g(V, CW) = g(CV, W) \tag{21}$$

dir. Bunlar da bize P ve C nin simetrik tensör alanları olduğunu gösterir. Aynı biçimde her $X \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için (7) eşitliğinden

$$g(\varphi X, V) = g(X, \varphi V)$$

yazılır.

Böylece (14) ve (15) eşitlikleri kullanılırsa,

$$g(PX + FX, V) = g(X, BV + CV)$$

denkleminde gerekli düzenlemeler yapılırsa,

$$g(FX, V) = g(X, BV) \tag{22}$$

eşitliği vardır. Bu da bize F ve B arasındaki ilişkiyi verir.

Ayrıca, $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, Lorentzian hemen hemen parakontak metrik manifoldu üzerinde $\tilde{\nabla}$ Levi-Civita konneksiyonunu göstermek üzere her $X, Y \in \Gamma(\tilde{M})$ için φ tensörünün kovaryant türevi

$$(\tilde{\nabla}_Y \varphi)X = \tilde{\nabla}_Y \varphi X - \varphi \tilde{\nabla}_Y X \tag{23}$$

şeklinde tanımlanır.

Burada altmanifoldta indirgenen tensörlerin kovaryant türevleri de her $X, Y \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için

$$(\nabla_Y P)X = \nabla_Y PX - P\nabla_Y X \tag{24}$$

$$(\nabla_Y F)X = \nabla_Y^\perp FX - F\nabla_Y X \tag{25}$$

$$(\nabla_Y B)V = \nabla_Y BV - B\nabla_Y^\perp V \tag{26}$$

$$(\nabla_Y C)V = \nabla_Y^\perp CV - C\nabla_Y^\perp V \tag{27}$$

şeklinde tanımlanırlar (Pandey ve Gupta, 2008).

$\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun bir alt manifoldu M olsun. Her $X, Y \in \Gamma(TM)$ için $(\tilde{\nabla}_X \varphi)Y$ nin teğet ve normal bileşenleri sırasıyla

$$(\nabla_Y P)X = A_{FX} Y + Bh(X, Y) \tag{28}$$

$$(\nabla_Y F)X = Ch(X, Y) - h(Y, PX) \tag{29}$$

dir.

Benzer olarak her $X \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için $(\tilde{\nabla}_X \varphi)V$ nin teğet ve normal bileşenleri sırasıyla

$$(\nabla_X B)V = A_{CV}X - PA_VX \quad (30)$$

$$(\nabla_X C)V = -h(BV, X) - FA_VX \quad (31)$$

olur.

$\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun bir alt manifoldu M olsun. Bu durumda her $X \in \Gamma(TM)$, $\xi \in \Gamma(TM)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için (9) ve (10) denklemleri kullanılırsa,

$$\nabla_X \xi = 0 \quad (32)$$

$$h(X, \xi) = 0 \quad (33)$$

$$A_V \xi = 0 \quad (34)$$

elde edilir.

Tanım 2.1. (Lotta, 1996) $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, Lorentzian hemen hemen parakontak metrik manifoldunun bir alt manifoldu M ve $p \in M$ için ξ_p ile lineer bağımsız sıfırdan farklı bir vektör X olsun. $T_M(p)$ ile φX arasındaki açıya *slant açısı* denir. Bu açıyı $\theta(p)$ ile gösterelim. $\forall p \in M$ noktası ve her $X \in T_M(p) - \{\xi_p\}$ için $\theta(p)$ slant açısı sabitse M ye $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ 'nin *slant alt manifoldu* denir. Ayrıca $\theta(p) \in [0, \frac{\pi}{2}]$ dir.

Buna göre bir Lorentzian hemen hemen parakontak metrik manifoldunun

i) Anti-invariant altmanifoldları özel olarak $\theta = \frac{\pi}{2}$ slant açılı slant altmanifoldlardır.

ii) İnvaryant altmanifoldları ise $\theta = 0$ slant açılı slant altmanifoldlardır.

Bir slant altmanifold ne anti-invariant nede invaryant altmanifold değilse *proper slant altmanifold* olarak adlandırılır.

Teorem 2.2. (Cabrerizo vd., 2000a) Bir $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-Kosimpletik manifoldunun, ξ ye teğet altmanifoldu M olsun. Bu durumda M slant altmanifolddur gerek ve yeter şart

$$P^2 = \lambda(I + \eta \otimes \xi) \quad (35)$$

olacak şekilde bir $\lambda \in [0,1]$ sabitinin olmasıdır.

Bu durumda, M θ slant açısına sahip ve $\lambda = \cos^2 \theta$ dir.

Sonuç 2.3. (Cabrerizovd., 2000a) $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, bir LP-kosimpletik manifoldunun θ slant açılı bir alt manifoldu M olmak üzere, her $X, Z \in \Gamma(TM)$ için

$$g(PX, PZ) = \cos^2 \theta \{g(X, Z) + \eta(X)\eta(Z)\} \quad (36)$$

ve

$$g(FX, FZ) = \sin^2 \theta \{g(X, Z) + \eta(X)\eta(Z)\} \quad (37)$$

sonucuna ulaşılır.

3. LP-Kosimpletik Manifoldun Kontak Pseudo-Slant Altmanifoldlarının Geodeziklik Durumları

Bu bölümde, LP-kosimpletik manifoldunun, kontak pseudo-slant altmanifold olması için gerekli ve yeterli şartlar verilmiştir. Ayrıca, D_θ -total geodezik, D^\perp -total geodezik ve mixed total geodeziklik kavramları ile kontak pseudo-slant çarpım kavramı verilmiştir. Daha sonra hemen hemen kontak metrik yapısıyla \mathbb{R}^{11} da 4-boyutlu kontak pseudo-slant altmanifold örneği kurulmuştur.

Tanım 3.1. (Khan ve Khan., 2007) $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldun alt manifoldu M olsun. Bu durumda

i) $TM = D^\perp \oplus D_\theta$, $\xi \in \Gamma(D_\theta)$ (38)

ii) D^\perp distribüsyonu, anti-invariant (total reel) distribüsyon yani,

$$\varphi D^\perp \subset (T^\perp M)$$

iii) M – üzerinde D_θ , θ – slant açılı slant distribüsyon

şartlarını sağlayan iki ortogonal distribüsyon D^\perp , D_θ varsa M ye $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ nin *kontak pseudo-slant altmanifoldu* denir.

Bu tanıma göre eğer, $\theta = 0$ ise kontak pseudo-slant alt manifoldu *semi-invariant altmanifoldu* adını alır. Böylece kontak pseudo-slant alt manifold semi-invariant altmanifoldların bir genellemesidir. Diğer taraftan eğer, $boy(D^\perp) = d_1$

ve $\text{boy}(D_\theta) = d_2$ ile gösterilirse aşağıdaki koşullar elde edilir.

- i) Eğer $d_2 = 0$ ise M , bir anti-invaryant altmanifolddur.
- ii) Eğer $d_1 = 0$ ve $\theta = 0$ ise M , bir invaryant altmanifolddur.
- iii) Eğer $d_1 = 0$ ve $\theta \in (0, \frac{\pi}{2})$ ise M , bir proper-slant altmanifolddur.
- iv) Eğer $\theta = \frac{\pi}{2}$ ise, M , bir anti-invaryant altmanifolddur.
- v) Eğer $d_2 d_1 \neq 0$ ve $\theta = 0$ ise M , bir semi-invaryant altmanifolddur.
- vi) Eğer $d_2 d_1 \neq 0$ ve $\theta \in (0, \frac{\pi}{2})$ ise M , bir proper kontak pseudo-slant altmanifolddur.

Bir LP-kosimpletik manifoldu $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$ nin kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun.

$$\omega_1 : \Gamma(TM) \rightarrow \Gamma(D^\perp), \quad \omega_2 : \Gamma(TM) \rightarrow \Gamma(D_\theta)$$

ortogonal projeksiyonları gösterebilir. Her $X \in \Gamma(TM)$ için

$$X = \omega_1 X + \omega_2 X + \eta(X)\xi \tag{39}$$

şeklinde yazılabilir.

Eğer μ , $\varphi(TM)$ nin $T^\perp M$ deki ortogonal tümleyeni olmak üzere \tilde{M} LP-kosimpletik manifoldun bir kontak pseudo-slant alt manifoldu M nin $T^\perp M$ -normal uzayını, $\varphi(D^\perp) \perp F(D_\theta)$ olduğundan,

$$T^\perp M = \varphi(D^\perp) \oplus F(D_\theta) \oplus \mu \tag{40}$$

şeklinde ifade edebilir.

Teorem 3.2. $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun, kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun. Bu durumda

i) Her bir $X \in \Gamma(D_\theta)$ için

$$P^2 X = \lambda(X + \eta(X)\xi), \tag{41}$$

ii) D_θ ya ortogonal her $X \in \Gamma(TM)$ için

$$PX = 0 \tag{42}$$

şartları sağlar. Burada $\lambda = \cos^2 \theta$ dır.

İspat: i) Teorem 2.2 ve Tanım 3.1 den her $X \in \Gamma(D_\theta)$ için $D_\theta \subset TM$ olduğundan $\varphi X = PX$ yazılır. Buradan (41) açıktır.

ii) Tanım 3.1 ve Teorem 2.2 den $TM = D_\theta \oplus D^\perp$ olduğundan D_θ ya ortogonal olan $\forall X \in D^\perp$ için. $\varphi X = FX$ yazılır. Böylece (42) ifadesi açıktır. Şimdi, her $Y, Z \in \Gamma(D^\perp)$, $W \in \Gamma(TM)$ için,

$$\begin{aligned} g(A_{FZ}Y - A_{FY}Z, W) &= g(A_{FZ}Y, W) - g(A_{FY}Z, W) \\ &= g(h(Y, W), FZ) - g(h(Z, W), FY) \\ &= g(h(Y, W), FZ) - g(\tilde{\nabla}_W Z, \varphi Y) \\ &= g(h(Y, W), FZ) - g(\varphi \tilde{\nabla}_W Z, Y) \\ &= g(h(Y, W), FZ) - g(\tilde{\nabla}_W \varphi Z, Y) \\ &= g(h(Y, W), FZ) + g(\tilde{\nabla}_W Y, \varphi Z) \\ &= g(h(Y, W), FZ) + g(\tilde{\nabla}_W Y, FZ) \\ &= 2g(h(Y, W), FZ) = 2g(A_{FZ}Y, W) \end{aligned}$$

dir. Buradan da birinci terimlerin eşitliğinden

$$A_{FZ}Y = -A_{FY}Z \tag{43}$$

yazılır.

Teorem 3.3. $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun, kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun. Bu durumda D^\perp nin integrallenebilmesi için gerek ve yeter şartlardan biri her $Y, Z \in \Gamma(D^\perp)$ için,

$$A_{FD^\perp} D^\perp = 0 \tag{44}$$

dir.

İspat: Her $Y, Z \in \Gamma(D^\perp)$ için,

$$\tilde{\nabla}_Z \varphi Y = \varphi \tilde{\nabla}_Z Y$$

denkleminde (10) ve (11) eşitlikleri kullanılırsa,

$$-A_{FY}Z + \nabla_Z^\perp FY = \varphi(\nabla_Z Y) + \varphi h(Z, Y) \tag{45}$$

yazılır. (45) eşitliğinde (14) ve (15) denklemleri kullanılırsa,

$$-A_{FY}Z + \nabla_Z^\perp FY = P\nabla_Z Y + F\nabla_Z Y + Bh(Z, Y) + C(Z, Y) \tag{46}$$

olur. (46) denkleminin teğet bileşenlerinden

$$-A_{FY}Z = P\nabla_Z Y + Bh(Z, Y) \quad (47)$$

yazılır.

Bu denklemde Y ile Z in yer değiştirmesiyle

$$-A_{FZ}Y = P\nabla_Y Z + Bh(Y, Z) \quad (48)$$

denklemleri elde edilir. Buradan (48) eşitlinden (47) eşitliği çıkartılırsa,

$$P\nabla_Y Z - P\nabla_Z Y = A_{FZ}Y - A_{FY}Z \quad (49)$$

olur. Buradan

$$P[Y, Z] = A_{FZ}Y - A_{FY}Z \quad (50)$$

elde edilir. (43) ve (50) denklemlerinden $P[Y, Z] = 2A_{FZ}Y$ sonucuna ulaşılır. Buradan her $Y, Z \in \Gamma(D^\perp)$ için

$$P[Y, Z] = 0$$

dir. Bu son ifade teoremi ispatlar.

Teorem 3.4. $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, bir LP-kosimpletik manifoldun pseudo-slant altmanifoldu M olsun. Bu halde slant distribüsyon D_θ nın integrallenebilir olması için gerek ve yeter şartlardan biri,

$$\omega_1 \{ \nabla_X PY - P\nabla_Y X - A_{FY}X - Bh(X, Y) \} = 0 \quad (51)$$

olmasıdır.

İspat: Her $X, Y \in \Gamma(D_\theta)$ için (8) eşitliğinden

$$\tilde{\nabla}_X \varphi Y - \varphi \tilde{\nabla}_X Y = 0$$

yazılır. Buradan (10) ve (14) eşitliklerinden

$$\tilde{\nabla}_X PY + \tilde{\nabla}_X FY - \varphi(\nabla_X Y + h(X, Y)) = 0 \quad (52)$$

elde edilir. (52) denkleminde (10) ve (11) eşitlikleri kullanılarak

$$\nabla_X PY + h(X, PY) - A_{FY}X + \nabla_X^\perp FY - \varphi(\nabla_X Y) - \varphi h(X, Y) = 0$$

olduğu görülür. Böylece (14) ve (15) denklemlerinden

$$\nabla_X PY + h(X, PY) - A_{FY}X + \nabla_X^\perp FY - P\nabla_X Y - F\nabla_X Y - Bh(X, Y) - Ch(X, Y) = 0 \quad (53)$$

dir. Bu durumda (53) denkleminin teğet bileşenleri

$$\nabla_X PY - A_{FY}X - P\nabla_X Y - Bh(X, Y) = 0 \quad (54)$$

yazılır. Bu denkleme $P\nabla_Y X$ ekleyip çıkarırsak,

$$\nabla_X PY - A_{FY}X - P\nabla_X Y + P\nabla_Y X - P\nabla_Y X - Bh(X, Y) = 0$$

elde edilir. Buradan gerekli düzenlemeler yapılırsa,

$$P\nabla_Y X - P\nabla_Y X = \nabla_X PY - P\nabla_Y X - A_{FY}X - Bh(X, Y)$$

olur. Böylece

$$P[X, Y] = \nabla_X PY - P\nabla_Y X - A_{FY}X - Bh(X, Y) \quad (55)$$

denklemleri yazılır. (55) denkleminin ω_1 uygulanırsa,

$$\omega_1 \{ \nabla_X PY - P\nabla_Y X - A_{FY}X - Bh(X, Y) \} = 0$$

olduğu görülür.

Tanım 3.5. (Chen, 1990) $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun, kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun. O zaman,

- i) Her $X, Y \in \Gamma(D^\perp)$ için $h(X, Y) = 0$ ise M ye D^\perp -total geodezik,
- ii) Her $X, Y \in \Gamma(D_\theta)$ için $h(X, Y) = 0$ ise M ye D_θ -total geodezik,
- iii) Her $X \in \Gamma(D_\theta)$ ve $Y \in \Gamma(D^\perp)$ için $h(X, Y) = 0$ ise M ye mixed-total geodezik altmanifold denir.

Teorem 3.6. $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun, proper kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun. Bu durumda, M anti-invariant veya mixed-total geodezik altmanifolddur.

İspat: Her $X \in \Gamma(D_\theta)$, $Y \in \Gamma(D^\perp)$ ve $V \in \Gamma(T^\perp M)$ için, (12) denkleminde (10) eşitliği uygulanırsa,

$$g(A_V X, Y) = g(\tilde{\nabla}_X Y - \nabla_X Y, V) = g(\tilde{\nabla}_X Y, V) = -g(\tilde{\nabla}_X V, Y)$$

denklemini elde edilir. Buradan (5) eşitliği kullanılırsa,

$$g(A_V X, Y) = -g(\tilde{\varphi}\tilde{\nabla}_X V, \varphi Y) \quad (56)$$

olduğu görülür. (56) denkleminde (23) eşitliği kullanılırsa

$$g(A_V X, Y) = g((\tilde{\nabla}_X \varphi)V - \tilde{\nabla}_X \varphi V, \varphi Y)$$

olur. Böylece (9) eşitliğinden

$$g(A_V X, Y) = -g(\tilde{\nabla}_X \varphi V, \varphi Y)$$

yazılır. Buradan

$$g(A_V X, Y) = -g(\tilde{\nabla}_X \varphi V, FY) \quad (57)$$

elde edilir. Şimdi (57) denkleminde (15) eşitliği kullanılırsa

$$g(A_V X, Y) = -g(\tilde{\nabla}_X BV + \tilde{\nabla}_X CV, FY)$$

şekline dönüşür. Burada (10) ve (11) eşitlikleri uygulanırsa

$$g(A_V X, Y) = -g(\nabla_X BV + h(X, BV), FY) - g(-A_{CV} X + \nabla_X^{\perp} CV, FY)$$

olur. Böylece gerekli düzenlemeler yapırsa

$$g(A_V X, Y) = -g(h(X, BV), FY) - g(\nabla_X^{\perp} CV, FY) \quad (58)$$

olduğu görülür. O halde (58) denkleminde (27) eşitliği kullanılırsa,

$$g(A_V X, Y) = -g(h(X, BV), FY) - g((\nabla_X C)V + C\nabla_X^{\perp} V, FY)$$

denklemini elde edilir. Bu denklem (31) den gerekli düzenlemeler yapılarak,

$$\begin{aligned} g(A_V X, Y) &= -g(h(X, BV), FY) - g(-h(X, BV) - FA_V X, FY) \\ &= -g(h(X, BV), FY) + g(h(X, BV), FY) + g(FA_V X, FY) \\ &= g(FA_V X, FY) \end{aligned}$$

şekline dönüşür. Buradan

$$g(A_V X, Y) = g(BFA_V X, Y) \quad (59)$$

dir. O halde (59) denkleminde (16) eşitliği uygulanırsa,

$$\begin{aligned} g(A_V X, Y) &= g(A_V X + \eta(A_V X)\xi - P^2 A_V X, Y) \\ &= g(A_V X, Y) + \eta(A_V X)\eta(Y) - g(P^2 A_V X, Y) \end{aligned}$$

bulunur. Buradan gerekli düzenlemeler yapırsa

$$g(P^2 A_V X, Y) = 0$$

elde edilir. Bu denkleme (35) eşitliği uygulanırsa

$$\cos^2 \theta g(A_V X + \eta(A_V X)\xi, Y) = 0$$

dir. Buradan da

$$\cos^2 \theta g(A_V X, Y) = \cos^2 \theta g(h(X, Y), V) = 0 \quad (60)$$

şekline dönüşür. Böylece (60) eşitliğinde

$$\cos^2 \theta = 0 \text{ ise } \theta = \frac{\pi}{2} \text{ olur. Bu durum } M \text{ nin}$$

anti-invariant olduğunu gösterir. Ayrıca, (60) eşitliğinde

$$g(h(X, Y), V) = 0 \text{ ise } h(X, Y) = 0$$

olur. Buradan da M nin mixed-total geodezik olduğu görülür.

Teorem 3.7. $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun, proper kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun. Bu durumda, M anti-invariant veya D^{\perp} total-geodezik altmanifolddur.

İspat: Her $Z, Y \in \Gamma(D^{\perp})$ ve $V \in \Gamma(T^{\perp}M)$ olmak üzere, (12) eşitliğine (11) eşitliği uygulanırsa,

$$\begin{aligned} g(h(Y, Z), V) &= g(\tilde{\nabla}_Y Z - \nabla_Y Z, V) = g(\tilde{\nabla}_Y Z, V) \\ &= -g(\tilde{\nabla}_Y V, Z) \end{aligned}$$

denklemini elde edilir. Bu denkleme (5) eşitliği,

$$g(h(Y, Z), V) = -g(\tilde{\varphi}\tilde{\nabla}_Y V, \varphi Z)$$

olduğu görülür. Burada (23) eşitliğinden, denklem

$$g(h(Y, Z), V) = g((\tilde{\nabla}_Y \varphi)V - \tilde{\nabla}_Y \varphi V, \varphi Z)$$

şeklinde ifade edilir. Böylece (8) eşitliğinden

$$g(h(Y, Z), V) = -g(\tilde{\nabla}_Y \varphi V, \varphi Z) \quad (61)$$

denklemini elde edilir. $Z \in \Gamma(D^{\perp})$ olduğundan, (61) denklemi

$$g(h(Y, Z), V) = -g(\tilde{\nabla}_Y \varphi V, FZ)$$

dir. Bu denklemde (15) eşitliği kullanılırsa

$$g(h(Y, Z), V) = -g(\tilde{\nabla}_Y BV + \tilde{\nabla}_Y CV, FZ)$$

olur. Burada (10) ve (11) eşitliklerinden

$$\begin{aligned} g(h(Y, Z), V) &= -g(\nabla_Y BV + h(Y, BV), FZ) - \\ &g(-A_{CV}V + \nabla_Y^{\perp} CV, FZ) \\ &= -g(h(Y, BV), FZ) - g(\nabla_Y^{\perp} CV, FZ) \end{aligned}$$

yazılır. Buradan (27) ve (31) denklemleri kullanılırsa

$$\begin{aligned} g(h(Y, Z), V) &= -g(h(Y, BV), FZ) - \\ &g((\nabla_Y C)V + C\nabla_Y^{\perp} V, FZ) \\ &= -g(h(Y, BV), FZ) - g(h(BV, Y) - FA_V Y, FZ) \end{aligned}$$

elde edilir. Buradan gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$\begin{aligned} g(h(Y, Z), V) &= -g(h(Y, BV), FZ) + g(h(BV, Y), FZ) \\ &+ g(FA_V Y, FZ) = g(FA_V Y, FZ) \end{aligned}$$

olur. Böylece

$$g(h(Y, Z), V) = g(BFA_V Y, Z) \quad (62)$$

şeklinde yazılır. O halde (62) denkleminde (16) eşitliği kullanılırsa

$$g(h(Y, Z), V) = g(A_V Y + \eta(A_V Y)\xi - P^2 A_V Y, Z)$$

denklemi elde edilir. Bu denklemde gerekli düzenlemelerle

$$g(h(Y, Z), V) = g(A_V Y, Z) + g(P^2 A_V Y, Z)$$

dir. Şimdi bu denkleme (12) eşitliği uygulanırsa

$$g(P^2 A_V Y, Z) = 0 \quad (63)$$

elde edilir. Böylece (63)'te (35) eşitliği kullanılırsa

$$\cos^2 \theta g(A_V Y + \eta(A_V Y)\xi, Z) = 0$$

denklemi oluşur. Buradan da

$$\cos^2 \theta g(A_V Y, Z) = \cos^2 \theta g(h(Y, Z), V) = 0 \quad (64)$$

şekline dönüşür. (64) denkleminde $\cos^2 \theta = 0$

ise $\theta = \frac{\pi}{2}$ olur. Bu durum M nin anti-invariant olduğunu gösterir. Ayrıca, (64) eşitliğinde

$$g(h(Y, Z), V) = 0 \text{ ise } h(Y, Z) = 0$$

olur. Buradan da M nin D^{\perp} -total geodezik altmanifold olduğu görülür.

Tanım 3.8. $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun proper kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun. Eğer M nin D_{θ} ve D^{\perp} distribüsyonları M de total geodezik iseler M ye *kontak pseudo-slant çarpım* denir (Chen, 1990).

Her $X, Y \in \Gamma(D_{\theta})$ ve $Z \in \Gamma(D^{\perp})$ için, (6), (10), (11), (22), (29) ve (39) eşitlikleri kullanılarak,

$$\begin{aligned} g(\nabla_Y X, Z) &= g(\varphi \tilde{\nabla}_Y X, \varphi Z) \\ &= g(\tilde{\nabla}_Y \varphi X, \varphi Z) = g(\tilde{\nabla}_Y \varphi X, FZ) \\ &= g(h(Y, PX), FZ) + g((\nabla_Y F)X + F\nabla_Y X, FZ) \\ &= g(h(Y, PX), FZ) + g(Ch(Y, X), FZ) \\ &\quad - g(h(Y, PX), FZ) + g(F\nabla_Y X, FZ) \\ &= g(F\nabla_Y X, FZ) = g(BF\nabla_Y X, Z) \end{aligned}$$

elde edilir. Buradan,

$$g(\nabla_Y X, Z) = g(\nabla_Y X + \eta(\nabla_Y X)\xi - P^2 \nabla_Y X, Z) \quad (65)$$

olur. Böylece (65) denkleminde gerekli düzenlemeler yapılırsa ,

$$-g(P^2 \nabla_Y X, Z) = -\cos^2 \theta g(\nabla_Y X + \eta(\nabla_Y X)\xi, Z)$$

bulunur. Buradan da

$$-g(P^2 \nabla_Y X, Z) = -\cos^2 \theta g(\nabla_Y X, Z) = 0 \quad (66)$$

olduğu görülür. Diğer taraftan $Z, Y \in \Gamma(D^{\perp})$ ve $X \in \Gamma(D_{\theta})$ olmak üzere,

$$\begin{aligned} g(\nabla_Y Z, X) &= -g(\tilde{\nabla}_Y X, Z) = -g(\varphi \tilde{\nabla}_Y X, \varphi Z) \\ &= -g(\tilde{\nabla}_Y \varphi X, \varphi Z) = -g(\tilde{\nabla}_Y \varphi X, FZ) \\ &= -g(h(PX, Y), FZ) - g(\nabla_Y^{\perp} FX, FZ) \\ &= -g(h(PX, Y), FZ) - g((\nabla_Y F)X + F\nabla_Y X, FZ) \\ &= -g(h(PX, Y), FZ) - g(Ch(X, Y), FZ) \\ &\quad + g(h(Y, PX), FZ) - g(F\nabla_Y X, FZ) \\ &= -(BF\nabla_Y X, Z) \\ &= -g(-\nabla_Y X - \eta(\nabla_Y X)\xi + P^2 \nabla_Y X, Z) \end{aligned}$$

elde edilir. Böylece

$$g(\nabla_Y Z, X) = g(\nabla_Y Z, X) - g(P^2 \nabla_Y X, Z) \quad (67)$$

olur. (67) denkleminde gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$-\cos^2 \theta g(\nabla_Y X + \eta(\nabla_Y X)\xi, Z) = -\cos^2 \theta g(\nabla_Y X, Z) = 0$$

dir. Buradan

$$\cos^2 \theta g(\nabla_Y X, Z) = 0 \tag{68}$$

olur.

Bu durumda (66) ve (68) eşitliklerinden aşağıdaki teoremi verebiliriz.

Teorem 3.9. Her $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, LP-kosimpletik manifoldunun proper kontak pseudo-slant altmanifoldu M , kontak pseudo-slant çarpımdır.

Teorem 3.10. $\tilde{M}(\varphi, \xi, \eta, g)$, kosimpletik manifoldunun kontak pseudo-slant altmanifoldu M olsun. Eğer F tensörü, D_θ slant distribüsyon üzerinde paralel ise M , D_θ -geodeziktir ya da h , D_θ üzerinde $\cos^2 \theta$ karakteristik değeri ile C^2 nin bir karakteristik vektörüne sahiptir.

İspat: F tensörü D_θ slant distribüsyon üzerinde paralel ise her $X, Y \in \Gamma(D_\theta)$ için $(\nabla_X F)Y = 0$ dir. (29) eşitliğinden

$$Ch(X, Y) - h(X, PY) = 0$$

dir. Burada bu denklemde Y yerine $Y - \eta(Y)\xi \in \Gamma(D_\theta)$ alınırsa,

$$Ch(X, Y + \eta(Y)\xi) - h(X, P(Y + \eta(Y)\xi)) = 0$$

elde edilir. Böylece,

$$Ch(X, Y + \eta(Y)\xi) = h(X, PY)$$

yazılır. Şimdi bu denkleme C uygulanırsa

$$C^2 h(X, Y + \eta(Y)\xi) = Ch(X, PY) \tag{69}$$

olur. O halde (69) eşitliğinde Y yerine PY alınırsa

$$Ch(X, PY) = h(X, P^2 Y) \tag{70}$$

denklemine dönüşür. Böylece (69) ve (70) eşitliklerinden

$$\begin{aligned} C^2 h(X, Y + \eta(Y)\xi) &= Ch(X, PY) = h(X, P^2 Y) \\ &= \cos^2 \theta h(X, Y + \eta(Y)\xi) \end{aligned}$$

olduğu görülür. Burada ya $h = 0$ dir. Bu da M nin D_θ - geodezik ya da h , $\cos^2 \theta$ karakteristik değeri C^2 nin bir karakteristik vektörüdür.

Örnek 3.11. M , \mathbb{R}^{11} de

$$\begin{aligned} \chi(u, v, w, t) &= (v \cos u, w \cos u, v + w, -w \cos u, \\ &-v \cos u, v \sin u, w \sin u, v + w, w \sin u, v \sin u, t) \end{aligned}$$

şeklinde tanımlanan altmanifoldu olsun. M nin tanjant demeti

$$\begin{aligned} E_1 &= -v \sin u \frac{\partial}{\partial x_1} - w \sin u \frac{\partial}{\partial x_2} + w \sin u \frac{\partial}{\partial x_4} + v \sin u \frac{\partial}{\partial x_5} \\ &+ v \cos u \frac{\partial}{\partial y_1} + w \cos u \frac{\partial}{\partial y_2} + w \cos u \frac{\partial}{\partial y_4} + v \cos u \frac{\partial}{\partial y_5} \end{aligned}$$

$$E_2 = \cos u \frac{\partial}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial x_3} - \cos u \frac{\partial}{\partial x_5} + \sin u \frac{\partial}{\partial y_1} + \frac{\partial}{\partial y_3} + \sin u \frac{\partial}{\partial y_5}$$

$$E_3 = \cos u \frac{\partial}{\partial x_2} + \frac{\partial}{\partial x_3} - \cos u \frac{\partial}{\partial x_4} + \sin u \frac{\partial}{\partial y_2} + \frac{\partial}{\partial y_3} + \sin u \frac{\partial}{\partial y_4}$$

ve

$$E_4 = \frac{\partial}{\partial t}$$

yukarıda verilen tanjant vektörleri tarafından oluşturduğu kolayca görülebilir. \mathbb{R}^{11} in koordinat sistemi

$(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, z)$ şeklinde seçilirse, \mathbb{R}^{11} in φ hemen hemen kontak yapısını

$$\varphi \left(\sum_{i=1}^5 \left\{ X_i \frac{\partial}{\partial x_i} + Y_i \frac{\partial}{\partial y_i} \right\} + Z \frac{\partial}{\partial z} \right) = \sum_{i=1}^5 \left(Y_i \frac{\partial}{\partial x_i} + X_i \frac{\partial}{\partial y_i} \right)$$

$$\xi = \frac{\partial}{\partial z}, \quad \eta = dz, \quad g = \eta \otimes \eta + \sum_{i=1}^5 (dx_i^2 + dy_i^2)$$

şeklinde tanımlayabiliriz. Bu durumda

$$W = \mu_i \frac{\partial}{\partial x_i} + v_i \frac{\partial}{\partial y_i} + \lambda \frac{\partial}{\partial z} \in T(\mathbb{R}^{11})$$

olmak üzere

$$\varphi W = \mu_i \varphi \left(\frac{\partial}{\partial x_i} \right) + v_i \varphi \left(\frac{\partial}{\partial y_i} \right) + \lambda \varphi \left(\frac{\partial}{\partial z} \right) = \mu_i \frac{\partial}{\partial y_i} + v_i \frac{\partial}{\partial x_i},$$

$$g(\varphi W, \varphi W) = \mu_i^2 + \nu_i^2, \quad g(W, W) = \mu_i^2 + \nu_i^2 - \lambda^2, \\ \eta(W) = g(W, \xi) = \lambda, \quad \eta(\xi) = -1$$

olur.

Bu durumda

$$\varphi^2 W = \mu_i \frac{\partial}{\partial x_i} + \nu_i \frac{\partial}{\partial y_i} = U + \eta(U)\xi,$$

$$g(\varphi W, \varphi W) = g(W, W) + \eta^2(W)$$

artları sağlanmış olur.

Böylece (φ, ξ, η, g) , \mathbb{R}^{11} in hemen hemen para kontak metrik yapısıdır. Yukarıdaki baz vektörüne φ uygulanırsa,

$$\varphi E_1 = -v \sin u \frac{\partial}{\partial y_1} - w \sin u \frac{\partial}{\partial y_2} + w \sin u \frac{\partial}{\partial y_4} + v \sin u \frac{\partial}{\partial y_5} \\ + v \cos u \frac{\partial}{\partial x_1} + w \cos u \frac{\partial}{\partial x_2} + w \cos u \frac{\partial}{\partial x_4} + v \cos u \frac{\partial}{\partial x_5}$$

$$\varphi E_2 = \cos u \frac{\partial}{\partial y_1} + \frac{\partial}{\partial y_3} - \cos u \frac{\partial}{\partial y_5} + \sin u \frac{\partial}{\partial x_1} + \frac{\partial}{\partial x_3} + \sin u \frac{\partial}{\partial x_5}$$

$$\varphi E_3 = \cos u \frac{\partial}{\partial y_2} + \frac{\partial}{\partial y_3} - \cos u \frac{\partial}{\partial y_4} + \sin u \frac{\partial}{\partial x_2} + \frac{\partial}{\partial x_3} + \sin u \frac{\partial}{\partial x_4}$$

olduğu görülür.

Buradan da gerekli işlemler yapılırsa,

$$\cos \theta = \frac{g(\varphi E_2, E_2)}{\|\varphi E_2\| \|E_2\|} = \frac{g(\varphi E_3, E_3)}{\|\varphi E_3\| \|E_3\|} = \frac{g(\varphi E_3, e_2)}{\|\varphi E_3\| \|E_2\|} \\ = \frac{g(\varphi E_2, E_3)}{\|\varphi E_2\| \|E_3\|} = \frac{1}{2}, \theta = 60^\circ$$

sonucuna ulaşırız. Bu sonuç yorumlanırsa $D_\theta = span\{E_2, E_3\}$ slant açısına sahip bir slant distribüsyondur diyebiliriz. Diğer taraftan $i = 2, 3, 4$ için $g(\varphi E_1, E_i) = 0$ olduğundan E_1, E_4 vektörleri M ye ortogonaldir. Böylece $D^\perp = span\{E_1, E_4\}$ total reel (anti-invariant) distribüsyondur. Bu halde M, \mathbb{R}^{11} de hemen hemen parakontak metrik yapısıyla 4-boyutlu proper kontak pseudo-slant altmanifoldu olur.

Kaynaklar

Atçeken, M., ve Dirik, S., 2014. On the geometry of pseudo-slant submanifolds of a Kenmotsu manifold, Gulf Journal of Mathematics, 2, 51-66.

Atçeken, M., ve Hui, S. K., 2013. Slant and pseudo-slant submanifolds in $(LCS)_n$ -manifolds, Czechoslovak Mathematical Journal, 63, 138, 177-190.

Atçeken, M., Yıldırım, Ü. ve Dirik, S., 2017. Sub-Manifolds of a Riemannian Manifold, Manifolds: Current Research Areas, Prof. Paul Bracken, InTech, DOI: 10.5772/65948.,2017.

Cabrerizo, J. L., Carriazo, A., Fernandez, L. ve Fernandez, M., 2000. Slant submanifolds in Sasakian manifolds, Glasgow Mathematical Journal, 42, 125-138.

Cabrerizo, J. L., Carriazo, A., Fernandez, L. ve Fernandez, M., 2000. Structure on a Slant Submanifolds of a contact manifold, Indian Journal Pure and Applied Mathematics, 31, 7, 857-864.

Cabrerizo, J. L., Carriazo, A., Fernandez, L. ve Fernandez, M., 1999. Slant submanifolds in Sasakian manifolds, Geometriae Dedicata., 78, 183-199.

Chen, B. Y., 1990. Geometry of slant submanifolds: Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, Belgium. View at Zentralblatt Mathematics.

Chen, B. Y., 1990. Slant immersions, Bulletin Australian Mathematical Society, 41, 135-147.

Chen, B. Y., 1973. Geometry of submanifolds, Pure ve Applied Mathematics, No.22., Marcel Dekker, Inc., New York.

Chen, B. Y., 1990. Geometry of slant submanifolds, Katholieke Universiteit Leuven.

Dirik, S. ve Atçeken, M., 2013. Pseudo-slant submanifolds of a nearly Cosymplectic manifold, Turkish Journal of Mathematics & Computer Science, ID 20140035, pp:14.

- Dirik, S., 2014. Pseudo-Slant Altmanifoldların Geometrisi Üzerine, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 1-122.
- Dirik, S. ve Atçeken, M., 2016. Pseudo-slant submanifold in Cosymplectic space forms, Acta Universitatis Sapientiae Mathematica, 8, 1, 53-74.
- Dirik, S. ve Atçeken, M., 2016. On the geometry of pseudo-slant submanifolds of a Cosymplectic manifold, International Electronic Journal of Geometry, 9, 1, 45-56.
- Dirik, S., Atçeken, M. ve Yıldırım, Ü., 2018. On the geometry of contact pseudo-slant submanifolds in $(LCS)_n$ - manifold, International Journal of Applied Mathematics and Statistics, 57, 2, 96-109.
- Dirik, S., Atçeken, M. ve Yıldırım, Ü., 2017. Contact pseudo-slant submanifolds of a normal paracontact metric manifold, International Journal of Applied Mathematics and Statistics, 56, 3, 33-41.
- De, U.C. ve Sarkar, A., 2011. On pseudo-slant submanifolds of Trans Sasakian manifold, Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, 60, 1, 1-11.
- Khan, V. A. ve Khan, M. A., 2007. Pseudo-slant submanifolds of a Sasakian manifold, Indian Journal Prue Applied Mathematics, 38, 1, 31-42.
- Lotta, A., 1996. Slant submanifolds in contact geometry, Bulletin Mathematical Society Roumanie, 39, 183-198.
- Lotta, A., 1998. Three-dimensional slant submanifolds of k-contact manifolds, Balkan of Journal Geometry and its Applications, 3, 1, 37-51.
- Matsumoto, K., 1989. On Loretzian paracontact manifolds, Bull. of Yamagata Univ. Nat. Sci., 12, 151-156.
- Matsumoto, K., Mihai, I. ve Rosca, R., 1995. ξ -Null geodesic gradient vector fields ona Lorentzian para-Sasakian manifold, Journal of the Korean Mathematical Society, 32, 1, 17-31.
- Pandey, P.K. ve Gupta, R. S., 2008. Characterization of a slant submanifold of a Kenmotsu manifold, Novi Sad Journal Mathematics, 38, 1, 97-102.
- Siddesha, M.S., Begawadi, C.S, Nirmala, D. ve Srikantha, N., 2017. On the geometry of pseudo-slant submanifolds of LP-cosymplectic manifold, International Journal of Mathematics and its Applications, 5 ,4, 81-87.

Üçgensel Müdahaleli Yarı-Markov (s,S) Tipli Modellerin Momentleri İçin Tahmin Ediciler

Estimators of the Moments for a Semi- Markovian Model of Type (s,S) With a Triangular Distributed Interference of Chance

Melek ERİŞ BÜYÜKKAYA^{1,a}, Aşlı BEKTAŞ KAMIŞLIK^{2,b}, Tülay KESEMEN^{3,c}

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü, 61080 Trabzon

²Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, 53100, Rize

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 20.02.2018 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 09.05.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 15.05.2018

Öz

Bu çalışmada üçgensel müdahaleli (s,S) tipli yarı-Markov bir envanter(stok kontrol) model yenileme süreci ele alınmış, ve bu sürecin ergodik dağılımının momentleri için tahmin edici problemi araştırılmıştır. Yenileme süreçlerinde, yenilemeler arasında geçen sürenin dağılımı tam olarak bilinmediğinde yenileme fonksiyonu için tahmin ediciler literatürde mevcuttur. Bu çalışmanın ana motivasyonu ise, Frees (1986b) tarafından yenileme fonksiyonu için önerilmiş tahmin edicidir. Bu amaçla Frees (1986b)'in yaklaşımı kullanılarak ele alınan modelin ergodik dağılımının momentleri için istatistiksel bir tahmin edici bulunmuş ve bu tahmin edici için sırasıyla tutarlılık, asimptotik yansızlık ve asimptotik normallik gibi istatistiksel özellikler araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: (s,S) tipli yarı-Markov envanter model, Asimptotik Normallik, Asimptotik Yansızlık, İstatistiksel tahmin edici, Tutarlılık

Abstract

In this study inventory model of type (s,S) with triangular interference of chance has been investigated by using renewal process and the statistical estimator problem for moments of ergodic distribution of the process which define the model has been obtained. Different estimators for the renewal function are available in the literature, when the distribution which defines the time between renewals is not known precisely. The main motivation of this study is the publication by Frees (1986b) in which he proposed a statistical estimator for the renewal function. By using the estimator by Frees (1986b) we obtained a new estimator for the moments of ergodic distribution function of the process describing inventory model of type (s,S). Moreover statistical properties such as consistency, asymptotic unbiasedness and asymptotic normality were investigated for the obtained estimator, respectively.

Keywords: Inventory model of type (s,S), Asymptotic Normality, Asymptotic Unbiasedness, Statistical estimators, Consistency

*c Tülay KESEMEN; tkesemen@gmail.com; Tel: (0462) 377 25 70; orcid.org/0000-0002-8807-5677

^a orcid.org/0000-0002-6207-5687

^b orcid.org/0000-0002-9776-2145

1. Giriş

(s,S) tipli yarı-Markov envanter modeller stok kontrol, kuyruk teorisi, stokastik finans gibi aktüerinin önemli problemlerinde yaygın olarak karşılaşılan süreçlerdir. Dolayısı ile (s,S) tipli yarı-Markov envanter modellerin sayısal ve istatistiki karakteristiklerini incelemek envanter teorisi ile ilgili problemlerin çözümünde oldukça önemli bir role sahiptir. Literatürde bu modellerin asimptotik olarak incelenmesini ele alan pek çok çalışma mevcuttur (Kesemen vd., 2016; Khaniyev ve Atalay, 2010; Khaniyev vd., 2013).

Yarı-Markov envanter modelini ifade eden sürecin ergodik dağılımı ve ergodik dağılımının momentleri bazı durumlar dışında kolaylıkla elde edilememektedir. Böyle durumlarda kesikli müdahaleli yarı-Markov envanter modeller yenileme fonksiyonları aracılığı ile ifade edilebilir. Yenileme teorisine bir elektrik ampul sigortası veya sınırlı bir ömre sahip diğer bir ekipman parçası standart örnek olarak verilebilir. Parça bozulur bozulmaz yeni parça ile değiştirilir ve süreç bu şekilde devam eder (Feller, 1971). Yenileme teorisinde genel olarak bu parçaların arızasız biçimde çalıştığı süreleri temsil eden bağımsız aynı dağılıma sahip $(X_i)_{i \in \mathbb{N}}$ rasgele değişkenleri bulunur ve bu rasgele değişkenlerin kısmi toplamları, $S_0 = 0$, $S_n = \sum_{i=1}^n X_i$ olarak gösterilir. Bu durumda $N(t) = \sup\{n \in \mathbb{N}_0 : S_n \leq t\}$ biçiminde tanımlanan süreç "t" anına kadar meydana gelen yenilemelerin sayısıdır. Bu tip bir yapı genellikle [s,S] tipli yarı-Markov envanter modeller de dahil olmak üzere pek çok karmaşık stokastik yapının modellenmesinde kullanılır. Yenileme teorisi, bu tür modellerin analizi için bazı temel teknikler sağlar ve yenileme fonksiyonu $U(t) = E(N(t))$ bu modellerin analizinde anahtar rolü oynar. Bu nedenle yenileme fonksiyonunun asimptotik açılımını ya da yenileme fonksiyonu için elde edilmiş olan tahmin edicileri bilmek, (s,S) tipli stok kontrol modelleri de dahil olmak üzere, yenileme süreçleri ile ifade edilen modellerin karakteristiklerinin elde edilmesi açısından oldukça önemlidir. Fakat yenilemeler arası geçen ardışık zaman sürelerinin dağılımı bilinmiyorken, yenileme fonksiyonu olan $U(t)$ ' nin kesin ifadesine ulaşmak her zaman mümkün olmayabilir. Böyle durumlarda yenileme fonksiyonu verilerden tahmin edilmek durumundadır. $U(t)$ yenileme fonksiyonu, yenileme teorisi yardımı ile ifade edilen pek çok uygulamada rol oynadığından, yenileme fonksiyonunun istatistiki tahmin edicileri ile ilgili

çalışmalar günümüzde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir.

Yenileme fonksiyonunun tahmin edilmesi ile ilgili problemler literatürde bazı yöntemlerle ele alınmıştır. Vardi (1982) yenileme fonksiyonunun parametrik olmayan en çok olabilirlik tahmin edicisini bir algoritma kullanarak elde etmiştir. Feller (1971) yenileme fonksiyonunun iki terimli asimptotik açılımını

$$U(t) = \frac{t}{\mu_1} + \frac{\mu_2}{2\mu_1^2} + o(1)$$

olarak ifade etmiştir. t' nin yeterince büyük değerleri için Feller (1971)' in önerdiği asimptotik ifadeye bağlı tahmin edicisi parametrik olmayan bir yaklaşım kullanılarak Frees (1986 b) tarafından aşağıdaki gibi önerilmiştir:

$$\hat{U}(t) = \frac{t}{\hat{\mu}_1} + \frac{\hat{\mu}_2}{2\hat{\mu}_1^2}.$$

Frees (1986 b) çalışmasında elde ettiği tahmin edicinin küçük t değerleri için tutarlı olmadığını ispatlamış fakat büyük t değerleri için bu tahmin edicinin istatistiki özelliklerini araştırmamıştır. Bu tahmin edicinin istatistiki özellikleri ilk defa Gökpınar (2016b), Gökpınar vd. (2015a, 2015b), Gökpınar vd. (2016a) ve Gökpınar vd. (2018) çalışmalarında ele alınmıştır. Frees (1986 a) aynı zamanlarda yaptığı başka bir çalışmada yenileme fonksiyonu için hem U hem de V istatistiğine dayalı parametrik olmayan tahmin ediciler önermiştir. Schneider vd. (1990) yaptıkları çalışmada yenileme fonksiyonu için parametrik olmayan bir tahmin edici önermişlerdir ve bu tahmin ediciyi Frees'in önerdiği tahmin ediciler ile karşılaştırmışlardır. Gröbel ve Pitts (1993), Schneider vd. (1990) ve Frees (1986 a) tarafından yenileme fonksiyonu için tek taraflı olarak elde edilmiş olan tahmin edici problemini iki taraflı duruma taşımışlardır. Frees (1986 b) tahmin edicisine benzer bir histogram tipli tahminci, Markovich ve Krieger (2006) tarafından önerilmiştir. $E(X^2) = \infty$ durumu için Sgibnev (1981), $U(t)$ yenileme fonksiyonu için aşağıdaki asimptotik sonucu elde etmiştir:

$$U(t) - \frac{t}{\mu_1} \sim \frac{1}{\mu_1^2} \int_0^t \left(\int_y^\infty \bar{F}(x) dx \right) dy.$$

Burada $\bar{F} = 1 - F$, F dağılımının kuyruğudur. F ise $U(t)$ yenileme fonksiyonunu üreten rasgele değişkenlere ait dağılım fonksiyonudur. Bu asimptotik sonuç kullanılarak $E(X^2) = \infty$ durumunda Bebbington (2007) tarafından $U(t)$ yenileme fonksiyonunun parametrik olmayan tahmin edicisi

$$U_n(t) = \frac{t}{\hat{\mu}_1} + \frac{1}{\hat{\mu}_1^2} \int_0^t \left(\int_y^\infty \bar{F}_n(x) dx \right) dy$$

biçiminde elde edilmiştir. Burada $\hat{\mu}_1$, F dağılımının birinci örneklem ortalamasını temsil eder. Bebbington (2007) tarafından elde edilen bu sonuç, F dağılım fonksiyonu $\frac{1}{2} < \alpha < 1$ indeksi ile S_α nın kararlılık çekim alanında olduğunda $U(t)$ için güven aralıklarının elde edilmesine de olanak sağlamıştır. Daha sonra Necir vd. (2010) tarafından yenilemeler arası geçen zaman ağır kuyruklu bir dağılıma sahip iken uç değer teorisi ve ESAD yöntemi kullanılarak yenileme fonksiyonu için Bebbington tarafından önerilmiş olan tahmin edicinin daha kullanışlı bir formu elde edilebilmiştir.

Yenileme sürecinde yenilemeler arasında geçen sürenin dağılımı F bilinmediğinde yenileme fonksiyonunun tahmini için, yukarıda da belirtildiği gibi birçok tahmin edici önerilmiştir. Fakat bu tahmin edicilerin birçoğunu pratik hayata uygulamak, özellikle büyük t değerleri için oldukça zordur. Fress (1986 b) büyük t değerleri için örnek momentlere dayanan bir tahmin edici önermiştir. Bu tahmin ediciyi uygulamak zor değildir. Bu nedenle, bu tahmin edicinin asimptotik yansız, tutarlılık ve normallik gibi bazı istatistiksel özellikleri araştırılmış ve farklı dağılımlar altında bu tahmin edicinin performansı simülasyon çalışmalarında incelenmiştir (Gökpınar, 2016b). Elde edilen sonuçlar, bu tahmin edicinin farklı t ve n değerlerine göre yenileme fonksiyonu $U(t)$ ye oldukça yakın değerler verdiğini göstermiştir. (s,S) tipli stok kontrol modellerinin uzun süredeki davranış karakteristiklerini (dağılım fonksiyonu, momentleri, vb.) bilmek önemli olduğu için bu tahmin edicinin kullanılması yenileme fonksiyonu içeren karmaşık stok kontrol modelleri için gereklidir. Fakat günlük hayatta talep değişkenine ait dağılım fonksiyonu F genelde bilinmediğinden, (s,S) tipli stok kontrol modellerinin uzun süredeki davranış karakteristiklerini tahmin etmek gerekmektedir. Bu amaçla, bu çalışmada Fress (1986 b)' in önerdiği tahmin edici kullanılarak,

(s,S) tipli stok kontrol modelini ifade eden sürecin ergodik dağılımının momentleri için tahmin edici bulunmuş ve elde edilen tahmin edicinin sırasıyla tutarlılık, asimptotik yansızlık ve asimptotik normallik gibi istatistiksel özellikler araştırılmıştır.

1.1. (s,S) Tipli Stok Kontrol Modeli

Bu bölümde, (s,S) tipli envanter (stok kontrol) modeli tanıtılmıştır. Buna göre bu modelin matematiksel tanımı verilmeden önce temel notasyonlar aşağıdaki gibidir.

- $Y(t)$: t anında bir depodaki stok seviyesi,
 η_n : Talep miktarlarını temsil eden rasgele değişkenler,
 ξ_n : Talepler arasında geçen süreyi temsil eden rasgele değişkenler,
 τ_1 : Stok seviyesinin s seviyesinin altına düştüğü ilk an,
 ζ_n : Kesikli müdahaleyi ifade eden rasgele değişken,
 N_1 : Stok seviyesinin s seviyesinin altına düştüğü ana kadar gerekli talep sayısı,
 s : Stok kontrol seviyesi,
 S : Maksimum stok seviyesi,

Depoda başlangıç $t = 0$ anındaki stok seviyesi $Y(0) \equiv Y_0 \equiv z \in [s, S)$ olsun. Depodaki stok seviyesinin önceden belirlenmiş bir s seviyesinin altına düştüğü ana kadar her bir rasgele (T_n) anında sisteme rasgele (η_n) miktarında talepler gelmektedir. Bu durumda

$$T_n = \sum_{i=1}^n \xi_i$$

biçiminde olacaktır. Buna göre depodaki stok seviyesi değişimi aşağıdaki gibi olur:

$$\begin{aligned} Y(T_1) &\equiv Y_1 = z - \eta_1 \\ Y(T_2) &\equiv Y_2 = z - (\eta_1 + \eta_2) \\ &\vdots \\ Y(T_n) &\equiv Y_n = z - \sum_{i=1}^n \eta_i. \end{aligned}$$

Görüldüğü gibi depodaki stok miktarının değişimi $\{\eta_i\}$, $i \geq 1$ doğrultusundadır. Bu değişim depodaki stok miktarı “ s ” stok kontrol seviyesinin altına ilk düştüğü ana yani τ_1 ’ e kadar devam eder. Depodaki stok seviyesi önceden belirlenmiş bir s seviyesinin altına düştüğü anda ζ_1 seviyesine kadar stokla doldurulur. Böylece ilk periyot tamamlanmış olur. İkinci periyot başlangıç

seviyesi olarak ζ_1 seviyesinden başlar ve ilk periyoda benzer şekilde devam eder. Bu çalışmada ele aldığımız (s, S) tipli envanter model (stok kontrol) belirli koşulları sağlamaktadır. Buna göre sistemde iki ardışık talep miktarı arasında geçen süreleri ifade eden $\{\xi_i\}$, $i \geq 1$ rasgele değişkenleri, talep miktarlarını ifade eden $\{\eta_i\}$, $i \geq 1$ rasgele değişkenleri ve müdahaleyi ifade eden $\{\zeta_i\}$, $i \geq 1$ rasgele değişkenleri bağımsız aynı dağılımlıdır. Bunlara ek olarak ξ_i , η_i ve ζ_i rasgele değişkenleri de birbirinden bağımsızdır.

Bu çalışmada, (s, S) tipli envanter modelin ergodik dağılımının momentleri için tahmin edici bulma problemi ele alınmış ve bu tahmin edicilerin bazı istatistiksel özellikleri araştırılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar kısaca şu şekilde olacaktır: Bölüm 2' de (s, S) tipli envanter modeli ifade eden sürecin matematiksel kuruluşu verilmiştir. Bölüm 3' de bu sürecin momentleri için Frees (1986 b)' in tahmincisine dayanan tahmin edici önerilmiş, son olarak ise bu tahmin edici için bazı istatistiksel özellikler araştırılmıştır.

2. Y(t) Sürecinin Matematiksel Kuruluşu

$\{\xi_n, \eta_n, \zeta_n\}$, $n \geq 1$ aynı (Ω, F, P) olasılık uzayında tanımlanmış bağımsız aynı dağılıma sahip rasgele değişkenler dizisi olsun. Burada ξ_n rasgele değişkenleri keyfi dağılıma sahip olduğundan yarı-Markov özelliğini sağlamaktadır. Ayrıca ξ_n ve η_n rasgele değişkenleri pozitif değerler alırken, ζ_n rasgele değişkenleri $[s, S]$ aralığında değerler alır. ξ_n , η_n ve ζ_n rasgele değişkenleri kendi aralarında da bağımsız rasgele değişkenlerdir ve dağılım fonksiyonları sırası ile aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned}\Phi(t) &= P\{\xi_1 \leq t\}, \\ F(x) &= P\{\eta_1 \leq x\}, \\ \pi(z) &= P\{\zeta_1 \leq z\}, \pi(0) = 0.\end{aligned}$$

ξ_n , η_n ve ζ_n başlangıç rasgele değişkenleri aracılığıyla, T_n ve Z_n yenileme dizileri aşağıdaki gibi tanımlansın:

$$T_n = \sum_{i=1}^n \xi_i, \quad Z_n = \sum_{i=1}^n \eta_i, \quad n \geq 1, \quad T_0 = Z_0 = 0.$$

$\{N_n\}$ tam değerli rasgele değişken dizisi aşağıdaki gibi tanımlansın:

$$N_0 = 0, \quad N_1 = \min\{k \geq 1: z - Z_k < s\}, \quad N_{n+1} = \min\{k \geq N_n + 1: \zeta_n - (Z_k - Z_{N_n}) < s\}$$

N_1 , $\{Z_n\}$ tarafından “s” seviyesini ilk geçiş zamanı olan τ_1 anına kadar gerekli talep sayısıdır. Ayrıca

$$\begin{aligned}\tau_0 &= 0, \tau_1(z) = T_{N_1} = \sum_{i=1}^{N_1} \xi_i; \tau_n = T_{N_n} \\ &= \sum_{i=1}^{N_n} \xi_i; n \geq 2\end{aligned}$$

olmak üzere $v(t) = \max\{n \geq 0: T_n \leq t\}$, $t > 0$ tanımlansın. Bu durumda, depodaki stok miktarının değişimini gösteren $Y(t)$ süreci aşağıdaki gibi inşa edilir:

$$Y(t) = \zeta_n - (Z_{v(t)} - Z_{N_n}), \quad \tau_n \leq t < \tau_{n+1}; \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Burada $\zeta_0 = z \in [s, S]$ dir.

3. Y(t) Sürecinin Ergodik Dağılımının Momentleri

Khaniyev vd. (2013) yaptığı çalışmasında $Y(t)$ ifadesi ile matematiksel kuruluşu verilmiş olan sürecin ergodiklik koşulları ve bu koşullar altında genel ergodiklik teoreminin şartlarını sağladığını göstermiştir. Ayrıca Khaniyev vd. (2013) notasyon kolaylığı açısından $Y(t)$ sürecinin ergodik dağılımının n . dereceden momentleri $E(Y^n)$ ile gösterilmiştir. Bu durumda $E(Y^n) = \lim_{t \rightarrow \infty} E(Y^n(t))$, $n \geq 1$ dir. Ek olarak $Y(t)$ sürecinin standartlaştırılmış hali olarak $\tilde{Y}(t) = Y(t) - s$ olarak tanımlanmıştır. Bu durumda

$$E(\tilde{Y}^n) = \lim_{t \rightarrow \infty} E(\tilde{Y}^n(t)); \quad \tilde{\zeta}_n = \zeta_n - s, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

olacaktır. Khaniyev vd. (2013) çalışmasında $t \rightarrow \infty$ durumunda $\tilde{Y}(t)$ sürecinin ergodik dağılım fonksiyonunun n . mertebeden momentleri için kesin formül,

$$E(\tilde{Y}^n) = \frac{n}{E(U(\tilde{\zeta}))} \int_0^{2a} v^{n-1} E(U(\tilde{\zeta}_1 - v)) dv$$

biçiminde verilmiştir. Burada $\tilde{\zeta} = \zeta - s$, $a \equiv (S - s)/2$, ve $U(x)$, $\{\eta_n\}$, $n \geq 1$ rasgele değişkenleri tarafından üretilen yenileme fonksiyonudur.

$Y(t)$ süreci Önerme 3.1.'de verildiği gibi genel ergodik teoreminin şartlarını sağladığı görülmektedir.

Önerme 3.1. (Khaniyev vd., 2013) $Y(t)$ süreci aşağıdaki koşullar altında ergodiktir:

- 1) $0 < E(\xi_1) < \infty$.
- 2) $E(\eta_1) > 0$.
- 3) η_1 aritmetik olmayan bir rasgele değişkendir.
- 4) Markov zincirini oluşturan $\{\zeta_n\}$ rasgele değişkenleri $\pi(z)$ dağılım fonksiyonu ile $[s, S]$ aralığında üçgensel dağılıma sahiptir, yani

$$\pi(z) \equiv \lim_{n \rightarrow \infty} P\{\zeta_n \leq z\} = \int_s^z p(x) dx,$$

$$p(x) = \begin{cases} \frac{4(x-s)}{(S-s)^2}, & s \leq x \leq \frac{S+s}{2} \\ \frac{4(S-x)}{(S-s)^2}, & \frac{S+s}{2} \leq x \leq S \end{cases}$$

dır. Bu çalışmada müdahaleyi ifade eden $\zeta_n, n \geq 1$ rasgele değişkenlerinin üçgensel dağılıma sahip olması varsayımı aşağıdaki iki nedene dayandırılarak yapılmıştır (Khaniyev vd., 2013):

- 1) Her bir periyodun sonunda sistem $\zeta_n, n \geq 1$ müdahalesi ile başlamaktadır. Örneğin ikinci periyod için başlangıç stok seviyesi ζ_1 dir. Burada ζ_1 başlangıç seviyesinin, stok kontrol seviyesi olan “s” seviyesine çok yakın olması tercih

edilmez. Eğer ζ_1 , “s” seviyesine çok yakın bir değer alır ise, sistem çok kısa bir süre içinde yeniden başlamış demektir ve bu da pratikte tercih edilir bir durum değildir. Sistemin her periyodunun çok kısa bir süre içinde sonlanıp yeniden başlaması siparişlerin sayısını, böylece de sipariş maliyetini artıracaktır. Dolayısıyla, ζ_1 müdahale rasgele değişkeni, “s” stok kontrol seviyesine çok düşük bir olasılık ile yakın olacak biçimde belirlenmelidir.

- 2) Yeniden başlama seviyesi olan ζ_1 , aynı zamanda S maksimum stok seviyesine de çok yakın olmamalıdır. ζ_1 'in “S” seviyesine çok yakın olması ortalama stok seviyesinin artmasına neden olur ki bu da stoklama maliyet tutarının artması demektir. Başka bir deyişle, ζ_1 müdahale rasgele değişkeni aynı zamanda “S” maksimum stok seviyesine çok düşük bir olasılık ile yakın olacak biçimde belirlenmelidir.

ζ_1 rasgele değişkeni için (s, S) aralığında seçilmiş olan üçgensel dağılım bu iki kriteri de sağladığından (s, S) tipli yarı-Markov envanter modellerde müdahaleyi ifade etmek için en uygun dağılımdır.

Önerme 3.2. (Khaniyev vd., 2013) Önerme 3.1'in şartları sağlansın. $E(\eta_1^3) < +\infty$ olduğunda $\tilde{Y}(t) \equiv Y(t) - s$, sürecinin ergodik dağılımının n. momenti ($n=1,2,3,\dots$) $a \rightarrow \infty$ için aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$E(\tilde{Y}^n) = \tilde{M}^{(k)*} = kn_1 a^n + kn_2 c m_1 a^{n-1} - m_1^2 [Akn_3 + c^2 kn_2] a^{n-2} + o(a^{n-2}) \quad (3.1)$$

dir. Burada

$$kn_1 = \frac{2^{n+3} - 2}{(n+1)(n+2)(n+3)}; kn_2 = \frac{(n+1)2^{n+2} - 2(n+2)}{(n+1)(n+2)(n+3)};$$

$$kn_3 = \frac{2^{n+1} - 2}{n+1}; c = \frac{m_2}{2m_1^2}; A = \frac{2m_3 m_1 - 3m_2^2}{12m_1^4}; m_k = E(\eta_1^k); k = 1, 2, 3; a = \frac{S-s}{2}$$

dir. Ayrıca, $a = (S-s)/2 \rightarrow \infty$ olduğundan S nin büyük değerleri için (3.1) ifadesi elde edilmiştir.

4. Üçgensel Müdahaleli Yarı-Markov (s,S) Tipli Modellerin Momentlerinin Tahmini ve İstatistiksel Özellikleri

Bu bölümde, (3.1)'deki m_1, m_2 ve m_3 nin tahmin edicilerini kullanarak sürecin ergodik dağılımı için tahmin ediciler aşağıdaki gibi verilebilir:

Burada $\bar{X} = \hat{m}_1 = \sum_i^n \eta_i / n$, $\overline{X^2} = \hat{m}_2 = \sum_i^n \eta_i^2 / n$ ve $\overline{X^3} = \hat{m}_3 = \sum_i^n \eta_i^3 / n$ dir ve m_1, m_2 ve m_3 tahmin edicileri $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_3$ rasgele örneklemine dayanmaktadır. Şimdi sırasıyla (4.1)'deki $\hat{M}^{(k)*}$ tahmin edicisi için asimptotik yansızlık, tutarlılık ve asimptotik normallik gibi istatistiksel özellikler incelenecektir.

$$\begin{aligned} \widehat{M}^{(k)*} &= kn_1 a^n + kn_2 c \bar{X} a^{n-1} - \bar{X}^2 [Akn_3 + c^2 kn_2] a^{n-2} \\ &= kn_1 a^n + kn_2 \frac{\bar{X}^2}{2\bar{X}^2} \bar{X} a^{n-1} - \bar{X}^2 \left[\frac{2\bar{X}^3 \bar{X} - 3(\bar{X}^2)^2}{12\bar{X}^4} kn_3 + \frac{(\bar{X}^2)^2}{4\bar{X}^4} kn_2 \right] a^{n-2} \\ &= kn_1 a^n + kn_2 \frac{\bar{X}^2}{2\bar{X}} a^{n-1} - \left[\left(\frac{\bar{X}^3}{6\bar{X}} - \frac{(\bar{X}^2)^2}{4\bar{X}^2} \right) kn_3 + \frac{(\bar{X}^2)^2}{4\bar{X}^2} kn_2 \right] a^{n-2}. \end{aligned} \tag{4.1}$$

Bunun için öncelikle Önerme 4.1, Önerme 4.2, Önerme 4.3 ve Önerme 4.4' e ihtiyaç duyulacaktır.

Önerme 4.1. (Gökpınar, 2016b) X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız ve aynı F dağılım fonksiyonuna sahip rasgele değişkenler dizisi ve m_i ($i=1, \dots$) dağılımın i -inci başlangıç momenti olmak üzere \bar{X} ve \bar{X}^2 istatistiklerinin varyansı aşağıdaki gibidir:

$$Var(\bar{X}) = \left(\frac{m_2 - m_1^2}{n} \right) \tag{4.2}$$

$$Var(\bar{X}^2) = \left(\frac{m_4 - m_2^2}{n} \right) \tag{4.3}$$

\bar{X} ve \bar{X}^2 istatistiklerinin varyansına benzer şekilde \bar{X}^3 istatistiğinin varyansı Önerme 4.2' de hesaplanabilir.

Önerme 4.2. \bar{X}^3 istatistiğinin varyansı aşağıdaki gibidir:

$$Var(\bar{X}^3) = \left(\frac{m_6 - m_3^2}{n} \right) \tag{4.4}$$

İspat: \bar{X}^3 istatistiğinin varyansı,

$$\begin{aligned} Var(\bar{X}^3) &= E(\bar{X}^3 - m_3)^2 \\ &= E[(\bar{X}^3)^2] - [E(\bar{X}^3)]^2 \end{aligned}$$

olup eşitliğin sağındaki terimler sırasıyla açılırsa,

$$\begin{aligned} E[(\bar{X}^3)^2] &= E\left[\left(\frac{X_1^3 + X_2^3 + \dots + X_n^3}{n}\right)^2\right] \\ &= \frac{1}{n^2} E\left(\sum_{i=1}^n X_i^6\right) \\ &\quad + 2 \sum_{i < j} \sum X_i^3 X_j^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{n^2} (nm_6 + n(n-1)m_3^2) \\ &= \frac{m_6}{n} + m_3^2 - \frac{m_3^2}{n} \end{aligned}$$

ve

$$[E(\bar{X}^3)]^2 = m_3^2$$

elde edilir. Dolayısıyla, (4.4) ispatlanmış olur.

Önerme 4.3. (Gökpınar vd., 2015a) X_1, X_2, \dots, X_n bağımsız ve aynı F dağılım fonksiyonuna sahip rasgele değişkenler dizisi ve m_i ($i=1, \dots$) dağılımın i -inci başlangıç momenti olsun. $\bar{X}^k = \sum_{i=1}^n X_i^k / n$ ($k=1, 2, \dots$) ve $\bar{X}^m = \sum_{i=1}^n X_i^m / n$ ($m=1, 2, \dots$) sırasıyla k -inci ve m -inci örnek momentleri olmak üzere, \bar{X}^k ve \bar{X}^m istatistiklerinin kovaryansı $Cov(\bar{X}^k, \bar{X}^m) = (m_{k+m} - m_k m_m) / n$ şeklindedir. Buna göre, k ve m ' nin özel durumlarına göre aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

$$Cov(\bar{X}, \bar{X}^2) = \left(\frac{m_3 - m_1 m_2}{n} \right) \tag{4.5}$$

$$Cov(\bar{X}^2, \bar{X}^3) = \left(\frac{m_5 - m_2 m_3}{n} \right) \tag{4.6}$$

$$Cov(\bar{X}, \bar{X}^3) = \left(\frac{m_4 - m_1 m_3}{n} \right) \tag{4.7}$$

Önerme 4.4. \bar{X}^2 / \bar{X} , \bar{X}^3 / \bar{X} , $(\bar{X}^2)^2 / \bar{X}^2$ istatistiklerinin beklenen değerleri aşağıdaki gibi elde edilir:

$$E\left(\frac{\bar{X}^2}{\bar{X}}\right) \cong \frac{m_2}{m_1} + \left(\frac{m_2 - m_1^2}{n}\right) \left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) - \left(\frac{m_3 - m_1 m_2}{nm_1^2}\right) \tag{4.8}$$

$$E\left(\frac{\bar{X}^3}{\bar{X}}\right) \cong \frac{m_3}{m_1} + \frac{m_3}{m_1^3} \left(\frac{m_2 - m_1^2}{n}\right) - \frac{1}{m_1^2} \left(\frac{m_4 - m_3 m_1}{n}\right) \tag{4.9}$$

$$E\left(\frac{(\bar{X}^2)^2}{\bar{X}^2}\right) \cong \frac{m_2^2}{m_1^2} + \left(\frac{m_2-m_1}{n}\right)\left(\frac{3m_2^2}{m_1^4}\right) + \left(\frac{m_4-m_2^2}{n}\right)\left(\frac{1}{m_1^2}\right) - \left(\frac{m_3-m_1m_2}{n}\right)\left(\frac{4m_2}{m_1^3}\right) \quad (4.10)$$

İspat: $g(\bar{X}, \bar{X}^2) = \bar{X}^2/\bar{X}$ fonksiyonunu ele alalım. Bu fonksiyonun m_1 ve m_2 noktasındaki Taylor açılımı aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \frac{\bar{X}^2}{\bar{X}} &= g(m_1, m_2) + (\bar{X} - m_1)\left(-\frac{m_2}{m_1^2}\right) + (\bar{X}^2 - m_2)\left(\frac{1}{m_1}\right) + (\bar{X} - m_1)^2\left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) + (\bar{X} - m_1)(\bar{X}^2 - m_2)\left(-\frac{1}{m_1^2}\right) + R \\ &= \frac{m_2}{m_1} - (\bar{X} - m_1)\frac{m_2}{m_1^2} + \frac{(\bar{X}^2 - m_2)}{m_1} + (\bar{X} - m_1)^2\frac{m_2}{m_1^3} - (\bar{X} - m_1)(\bar{X}^2 - m_2)\frac{1}{m_1^2} + R. \end{aligned}$$

Burada \bar{X}^2/\bar{X} istatistiğinin beklenen değeri (4.2) ve (4.5) kullanılarak

$$\begin{aligned} E\left(\frac{\bar{X}^2}{\bar{X}}\right) &= \frac{m_2}{m_1} + E(\bar{X} - m_1)\left(-\frac{m_2}{m_1^2}\right) + E(\bar{X}^2 - m_2)\left(\frac{1}{m_1}\right) + E(\bar{X} - m_1)^2\left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) + E[(\bar{X} - m_1)(\bar{X}^2 - m_2)]\left(-\frac{1}{m_1^2}\right) + E(R) \\ &\cong \frac{m_2}{m_1} + Var(\bar{X})\left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) + Cov(\bar{X}, \bar{X}^2)\left(-\frac{1}{m_1^2}\right) \cong \frac{m_2}{m_1} + \left(\frac{m_2-m_1}{n}\right)\left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) - \left(\frac{m_3-m_1m_2}{nm_1^2}\right) \end{aligned}$$

olarak elde edilir. Burada Büyük Sayılar Kanuna göre $\bar{X} \xrightarrow{p} m_1$ ve $\bar{X}^2 \xrightarrow{p} m_2$ olduğundan kalan terimin beklenen değeri ($E(R)$), $n \rightarrow \infty$ iken 0' a gider. Diğer beklenen değerler (4.9) ve (4.10) da aynı yöntemle, Önerme 4.1, Önerme 4.2 ve Önerme 4.3 yardımıyla bulunabilir.

$\widehat{M}^{(k)*}$ tahmin edicisinin asimptotik yansızlık özelliği Teorem 4.1' de verilecektir.

Teorem 4.1. $m_4 = E(\eta_1^4) < \infty$ olmak üzere,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} E\left(\widehat{M}^{(k)*}\right) = kn_1 a^n + \frac{kn_2 m_2}{2m_1} a^{n-1} - m_1^2 \left[\left(\frac{2m_3 m_1 - 3m_2^2}{12m_1^4}\right) kn_3 + \left(\frac{m_2}{2m_1^2}\right)^2 kn_2 \right] a^{n-2}$$

dır. Yani, $\widehat{M}^{(k)*}$, $\tilde{M}^{(k)*}$ nin asimptotik yansız tahmin edicisidir.

İspat: $\widehat{M}^{(k)*}$ nin beklenen değeri,

$$\begin{aligned} E\left(\widehat{M}^{(k)*}\right) &= kn_1 a^n + kn_2 E\left(\frac{\bar{X}^2}{2\bar{X}}\right) a^{n-1} \\ &- \left[\left(E\left(\frac{\bar{X}^3}{6\bar{X}}\right) - E\left(\frac{(\bar{X}^2)^2}{4\bar{X}^2}\right) \right) kn_3 + \right. \\ &\left. E\left(\frac{(\bar{X}^2)^2}{4\bar{X}^2}\right) kn_2 \right] a^{n-2} \end{aligned}$$

olur. (4.8)-(4.10)' daki eşitlikler $E\left(\widehat{M}^{(k)*}\right)$, de yerine yazılırsa,

$$\begin{aligned} E\left(\widehat{M}^{(k)*}\right) &= kn_1 a^n + \frac{kn_2}{2} \left[\frac{m_2}{m_1} + \left(\frac{m_2-m_1}{n}\right)\left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) - \left(\frac{m_3-m_1m_2}{nm_1^2}\right) \right] a^{n-1} \\ &- \frac{1}{6} \left\{ \frac{m_3}{m_1} + \frac{m_3}{m_1^3} \left(\frac{m_2-m_1}{n}\right) - \frac{1}{m_1^2} \left(\frac{m_4-m_1m_3}{n}\right) \right\} kn_3 a^{n-2} \\ &+ \frac{1}{4} \left\{ \frac{m_2^2}{m_1^2} + 3 \left(\frac{m_2-m_1}{n}\right)\left(\frac{m_2}{m_1^4}\right) + \left(\frac{m_4-m_2^2}{n}\right)\left(\frac{1}{m_1^2}\right) - 4 \left(\frac{m_3-m_1m_2}{n}\right)\left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) \right\} kn_3 a^{n-2} \\ &- \frac{1}{4} \left\{ \frac{m_2^2}{m_1^2} + 3 \left(\frac{m_2-m_1}{n}\right)\left(\frac{m_2}{m_1^4}\right) + \left(\frac{m_4-m_2^2}{n}\right)\left(\frac{1}{m_1^2}\right) - 4 \left(\frac{m_3-m_1m_2}{n}\right)\left(\frac{m_2}{m_1^3}\right) \right\} kn_2 a^{n-2} \end{aligned}$$

elde edilir. Ve böylece,

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} E\left(\widehat{M}^{(k)*}\right) &= kn_1 a^n + kn_2 \frac{m_2}{2m_1} a^{n-1} - m_1^2 \left[\left(\frac{2m_3 m_1 - 3m_2^2}{12m_1^4}\right) kn_3 + \frac{m_2^2}{4m_1^4} kn_2 \right] a^{n-2} \end{aligned}$$

hesaplanır.

Şimdi $\widehat{M}^{(k)*}$ tahmin edicisinin tutarlı bir tahmin edici olduğunu göstermeden önce varyansı bulunacaktır. Bunun ile ilgili yardımcı teorem aşağıdadır.

Yardımcı Teorem 4.1. $m_6 = E(\eta_1^6) < \infty$ olmak üzere $\widehat{M}^{(k)*}$ 'nin varyansı,

$$\text{Var}(\widehat{M}^{(k)*}) = \frac{X}{n} + \frac{Y}{n^2}$$

dır. Burada $X = A + B + C + D + E + F$ ve $Y = G + H + I + J + K + L$ olup sırasıyla,

$$A = (kn_2 a^{n-1})^2 \left(\frac{m_2^3}{4m_1^4} + \frac{m_4}{4m_1^2} - \frac{m_2 m_3}{2m_1^3} \right)$$

$$B = (kn_2 a^{n-2})^2 \left(\frac{m_2^5}{4m_1^6} + \frac{3m_4 m_2^2}{8m_1^4} - \frac{m_2^3 m_3}{2m_1^5} \right)$$

$$C = (kn_3 a^{n-2})^2 \left\{ \frac{119m_2 m_3^2}{18m_1^4} + \frac{m_6}{36m_1^2} - \frac{5m_3 m_4}{36m_1^3} + \frac{m_2^5}{4m_1^6} + \frac{3m_4^2}{8m_1^4} + \frac{13m_4 m_2^2}{24m_1^4} - \frac{3m_4^2}{4m_1^6} - \frac{23m_2^3 m_3}{m_1^5} - \frac{m_2^2 m_3}{6m_1^3} - \frac{m_2 m_5}{6m_1^3} \right\}$$

$$D = kn_2 kn_3 (a^{n-2})^2 \left(-\frac{m_2^5}{2m_1^6} - \frac{11m_2^2 m_4}{12m_1^4} + \frac{7m_2^3 m_3}{6m_1^5} + \frac{m_2^2 m_3}{6m_1^3} + \frac{m_3 m_4}{12m_1^3} - \frac{m_2 m_3^2}{6m_1^4} + \frac{m_2 m_5}{6m_1^3} \right)$$

$$E = kn_2 kn_3 a^{n-1} a^{n-2} \left\{ \frac{3m_2^4}{4m_1^2} + \frac{17m_2 m_4}{6m_1^3} - \frac{29m_2^2 m_3}{12m_1^4} + \frac{m_3^2}{6m_1^3} - \frac{m_5}{6m_1^2} + \frac{m_3^2}{6m_1^2} - \frac{5m_2 m_3}{12m_1^2} - \frac{m_2^4}{4m_1^4} + \frac{m_2^2}{4m_1^2} + \frac{m_2 m_3}{4m_1^3} \right\}$$

$$F = (kn_2)^2 a^{n-1} a^{n-2} \left(-\frac{m_2^2}{4m_1^2} - \frac{m_2 m_3}{4m_1^3} + \frac{m_2 m_3}{4m_1^2} - \frac{3m_2^4}{4m_1^5} - \frac{m_2 m_4}{2m_1^3} + \frac{5m_2^2 m_3}{4m_1^4} \right)$$

$$G = (kn_2 a^{n-1})^2 \left\{ \frac{m_2^2 m_3}{2m_1^5} - \frac{m_3^2}{4m_1^4} - \frac{m_2^4}{4m_1^6} \right\}$$

$$H = (kn_2 a^{n-2})^2 \left(-\frac{9m_2^6}{16m_1^8} - \frac{m_4^2}{16m_1^4} - \frac{m_2^2 m_3^2}{m_1^6} - \frac{3m_2^3 m_4}{8m_1^6} - \frac{m_2^2 m_4}{8m_1^4} + \frac{3m_2^4 m_3}{2m_1^7} + \frac{m_2 m_3 m_4}{2m_1^5} \right)$$

$$I = (kn_3 a^{n-2})^2 \left(\frac{m_2^2 m_3}{4m_1^3} - \frac{49m_2^2 m_3^2}{36m_1^6} - \frac{25m_4^2}{144m_1^4} - \frac{m_2 m_3 m_4}{36m_1^5} - \frac{9m_2^6}{16m_1^8} - \frac{5m_2^3 m_4}{8m_1^6} - \frac{m_2^2 m_4}{8m_1^4} - \frac{5m_2^4 m_3}{4m_1^7} \right)$$

$$J = kn_2 kn_3 (a^{n-2})^2 \left\{ \frac{9m_2^6}{8m_1^8} + \frac{5m_4^2}{24m_1^4} + \frac{7m_2^2 m_3^2}{3m_1^5} + \frac{m_2^3 m_4}{m_1^6} - \frac{13m_4^2 m_3}{4m_1^7} - \frac{17m_2 m_3 m_4}{12m_1^5} + \frac{m_2^2 m_4}{4m_1^4} + \frac{m_2^3 m_3}{4m_1^5} - \frac{m_2^2 m_3}{4m_1^3} \right\}$$

$$K = kn_2 kn_3 a^{n-1} a^{n-2} \left\{ \frac{23m_2^3 m_3}{12m_1^6} - \frac{m_2^2 m_3}{6m_1^4} - \frac{7m_2 m_3^2}{6m_1^5} + \frac{7m_2 m_3^2}{6m_1^4} - \frac{5m_4 m_2^2}{12m_1^5} + \frac{5m_2 m_4}{12m_1^3} + \frac{5m_3 m_4}{12m_1^4} - \frac{5m_3 m_4}{12m_1^3} - \frac{3m_2^5}{4m_1^7} + \frac{3m_4^2}{4m_1^5} - \frac{3m_3 m_3^2}{4m_1^5} \right\}$$

$$L = (kn_2)^2 a^{n-1} a^{n-2} \left\{ \frac{3m_2^5}{4m_1^7} - \frac{3m_4^2}{4m_1^5} - \frac{7m_2^3 m_3}{4m_1^6} + \frac{3m_2^3 m_3}{4m_1^5} + \frac{m_2^2 m_4}{4m_1^5} - \frac{m_2 m_4}{4m_1^3} - \frac{m_3 m_4}{4m_1^4} - \frac{m_3 m_4}{4m_1^3} + \frac{m_2 m_3^2}{m_1^5} - \frac{m_3^2 m_2}{m_1^4} \right\}$$

$$dir.$$

İspat: $\widehat{M}^{(k)*}$ 'nin varyansını hesaplamak için sırasıyla $E[(\widehat{M}^{(k)*})^2]$ ve $[E(\widehat{M}^{(k)*})]^2$ elde edilecektir. Bunun için Önerme 4.4'deki denklemler kullanılacaktır.

$$\begin{aligned}
 E \left[\left(\widehat{M}^{(k)*} \right)^2 \right] &= E \left[(kn_1 a^n)^2 + \left(\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \right)^2 \left(\frac{\overline{X^2}}{\overline{X}} \right)^2 + kn_1 kn_2 a^{n-1} a^n \left(\frac{\overline{X^2}}{\overline{X}} \right) \right. \\
 &+ \frac{(kn_3 a^{n-2})^2 (\overline{X^3})^2}{36} + \frac{(kn_3 a^{n-2})^2 (\overline{X^2})^4}{16} - \frac{(kn_3 a^{n-2})^2 (\overline{X^3}) (\overline{X^2})^2}{12} \\
 &+ \frac{(kn_2 a^{n-2})^2 (\overline{X^2})^4}{16} + \frac{kn_2 kn_3 (a^{n-2})^2 (\overline{X^3}) (\overline{X^2})^2}{12} - \frac{kn_2 kn_3 (a^{n-2})^2 (\overline{X^2})^4}{8} \\
 &- \frac{kn_1 kn_3 a^{n-2} a^n (\overline{X^3})}{3} + \frac{kn_1 kn_3 a^{n-2} a^n (\overline{X^2})^2}{2} - \frac{kn_1 kn_2 a^{n-2} a^n (\overline{X^2})^2}{2} \\
 &- \frac{kn_2 kn_3 a^{n-2} a^{n-1} (\overline{X^3}) (\overline{X^2})}{6} + \frac{kn_2 kn_3 a^{n-2} a^{n-1} (\overline{X^2})^3}{4} \\
 &\left. - \frac{(kn_2)^2 a^{n-2} a^{n-1} (\overline{X^2})^3}{4} \right]
 \end{aligned}$$

ve

$$\begin{aligned}
 [E(\widehat{M}^{(k)*})]^2 &= \left\{ kn_1 a^n + \frac{kn_2}{2} \left[\frac{m_2}{m_1} + \left(\frac{m_2 - m_1^2}{n} \right) \left(\frac{m_2}{m_1^3} \right) - \left(\frac{m_3 - m_1 m_2}{nm_1^2} \right) \right] a^{n-1} \right. \\
 &- \left[\left(\frac{m_3}{6m_1} + \frac{m_3}{m_1^3} \left(\frac{m_2 - m_1^2}{6n} \right) - \left(\frac{m_4 - m_1 m_3}{6nm_1^2} \right) \right) \right. \\
 &+ \left. \left. \left(\frac{m_2^2}{4m_1^2} + 3 \left(\frac{m_2^3 - m_1^2 m_2^2}{4nm_1^4} \right) + \frac{m_4 - m_2^2}{4m_1^2 n} - \left(\frac{m_3 - m_1 m_2}{n} \right) \left(\frac{m_2}{m_1^3} \right) \right) \right] kn_3 \right. \\
 &\left. - \left[\frac{m_2^2}{4m_1^2} + \frac{3(m_2^3 - m_1^2 m_2^2)}{4nm_1^4} + \frac{m_4 - m_2^2}{4m_1^2 n} - \frac{(m_3 m_2 - m_1 m_2^2)}{nm_1^3} \right] kn_2 \right\} a^{n-2} \Bigg\}^2
 \end{aligned}$$

dır. Böylece,

$$Var(\widehat{M}^{(k)*}) = E \left[\left(\widehat{M}^{(k)*} \right)^2 \right] - [E(\widehat{M}^{(k)*})]^2 = \frac{X}{n} + \frac{Y}{n^2} \quad \text{elde edilir.}$$

Teorem 4.2. $m_6 = E(\eta_1^6) < \infty$ olmak üzere $\widehat{M}^{(k)*}$ tahmin edicisi, $\widetilde{M}^{(k)*}$ için tutarlı bir tahmin edicidir.

İspat: $\widehat{M}^{(k)*}$ tahmin edicisinin $\widetilde{M}^{(k)*}$ için tutarlı bir tahmin edici olduğunu göstermek için

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left(\left| \widetilde{M}^{(k)*} - \widehat{M}^{(k)*} \right| \geq \varepsilon \right) = 0$$

olduğunu göstermek gerekir. Markov eşitsizliğinden

$$P \left(\left| \widetilde{M}^{(k)*} - \widehat{M}^{(k)*} \right| \geq \varepsilon \right) \leq \frac{Var(\widehat{M}^{(k)*})}{\varepsilon^2}$$

ve Yardımcı Teorem 4.1' den

$$\lim_{n \rightarrow \infty} Var(\widehat{M}^{(k)*}) = 0$$

olduğundan istenilen sağlanır. Dolayısıyla $\widehat{M}^{(k)*}$ tahmin edicisi, $\widetilde{M}^{(k)*}$ için tutarlı bir tahmin edicidir denir.

Teorem 4.3. $a \equiv (S - s)/2 \rightarrow \infty$ ve $n \rightarrow \infty$ iken $\widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} \xrightarrow{P} 0$ dir.

İspat:

$$\begin{aligned}
 P \left(\left| \widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} \right| < \varepsilon \right) &= P \left(\left| \widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} + \widetilde{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} \right| < \varepsilon \right) \\
 &\geq P \left(\left| \widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} \right| < \frac{\varepsilon}{2}; \left| \widetilde{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} \right| < \frac{\varepsilon}{2} \right)
 \end{aligned}$$

olur. Buradan,

$$P\left(\left|\widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*}\right| < \frac{\varepsilon}{2}\right) \rightarrow 1$$

ve

$$P\left(\left|\widetilde{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)}\right| < \frac{\varepsilon}{2}\right) \rightarrow 1$$

için

$$P\left(\left|\widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)}\right| < \varepsilon\right) = 1$$

dir. Dolayısıyla $a \equiv (S - s)/2 \rightarrow \infty$ ve $n \rightarrow \infty$ iken $\widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} \xrightarrow{p} 0$ dir.

Tahmin edicinin asimptotik normal dağılıma sahip olduğu Teorem 4.4' de gösterildiği gibidir.

Teorem 4.4. $m_6 = E(\eta_1^6) < \infty$ olmak üzere, $\widehat{M}^{(k)*}$ asimptotik normaldir, yani

$$\sqrt{n}\left(\widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*}\right) \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} N(0, \sigma^2)$$

dir. Burada

$$\begin{aligned} \sigma^2 = & \left(\frac{m_2 - m_1^2}{n}\right) \left[-\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{m_3}{m_1^2} - \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} + \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} \right]^2 \\ & + \left(\frac{m_4 - m_2^2}{n}\right) \left[\frac{kn_2 a^{n-1}}{2m_1} + \frac{kn_3 a^{n-2} m_2}{2m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-2} m_2}{2m_1^2} \right]^2 + \left(\frac{m_6 - m_3^2}{n}\right) \left[\frac{kn_3 a^{n-2}}{-6m_1} \right]^2 \\ & + 2\left(\frac{m_3 - m_1 m_2}{n}\right) \left(\frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{m_3}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} + \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} \right) \\ & \times \left(\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{1}{m_1} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} \right) + 2\left(\frac{m_4 - m_1 m_3}{n}\right) \left(-\frac{kn_3 a^{n-2}}{6m_1} \right) \\ & \times \left(\frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{m_3}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} + \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} \right) \\ & + 2\left(\frac{m_5 - m_2 m_3}{n}\right) \left[\left(\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{1}{m_1} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} \right) \left(-\frac{kn_3 a^{n-2}}{6m_1} \right) \right] \end{aligned}$$

dir.

İspat: Bu teoremin ispatı için Çoklu Delta Yönteminden faydalanıldığında (4.1)-(4.7) denklemlerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilir (Casella. ve Berger, 2002).

$$\begin{aligned} \sigma^2 = & Var(\bar{X}) \left[\left(\frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X})} \right)^2 \right]_{\substack{\bar{X}=m_1 \\ \bar{X}^2=m_2 \\ \bar{X}^3=m_3}} + Var(\bar{X}^2) \left[\left(\frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X}^2)} \right)^2 \right]_{\substack{\bar{X}=m_1 \\ \bar{X}^2=m_2 \\ \bar{X}^3=m_3}} \\ & + Var(\bar{X}^3) \left[\left(\frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X}^3)} \right)^2 \right]_{\substack{\bar{X}=m_1 \\ \bar{X}^2=m_2 \\ \bar{X}^3=m_3}} + 2Cov(\bar{X}, \bar{X}^2) \left[\frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X})} \frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X}^2)} \right]_{\substack{\bar{X}=m_1 \\ \bar{X}^2=m_2 \\ \bar{X}^3=m_3}} \\ & + 2Cov(\bar{X}, \bar{X}^3) \left[\frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X})} \frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X}^3)} \right]_{\substack{\bar{X}=m_1 \\ \bar{X}^2=m_2 \\ \bar{X}^3=m_3}} + 2Cov(\bar{X}^2, \bar{X}^3) \left[\frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X}^2)} \frac{\partial(\widehat{M}^{(k)*})}{\partial(\bar{X}^3)} \right]_{\substack{\bar{X}=m_1 \\ \bar{X}^2=m_2 \\ \bar{X}^3=m_3}} \\ = & \left(\frac{m_2 - m_1^2}{n}\right) \left[-\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{m_3}{m_1^2} - \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} + \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} \right]^2 \\ & + \left(\frac{m_4 - m_2^2}{n}\right) \left[\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{1}{m_1} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-2}}{2m_1^2} \right]^2 + \left(\frac{m_6 - m_3^2}{n}\right) \left[\frac{kn_3 a^{n-2}}{-6m_1} \right]^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& +2 \left(\frac{m_3 - m_1 m_2}{n} \right) \left(-\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{m_3}{m_1^2} - \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} + \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} \right) \\
& \times \left(\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{1}{m_1} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} \right) + 2 \left(\frac{m_4 - m_1 m_3}{n} \right) \left(-\frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{1}{m_1} \right) \\
& \times \left(\frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{m_3}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} + \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2^2}{m_1^3} \right) \\
& + 2 \left(\frac{m_5 - m_2 m_3}{n} \right) \left[\left(\frac{kn_2 a^{n-1}}{2} \frac{1}{m_1} + \frac{kn_3 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} - \frac{kn_2 a^{n-2}}{2} \frac{m_2}{m_1^2} \right) \left(-\frac{kn_3 a^{n-2}}{6} \frac{1}{m_1} \right) \right]
\end{aligned}$$

olarak hesaplanır.

Böylece,

$$\sqrt{n} \left(\widehat{M}^{(k)*} - \widetilde{M}^{(k)*} \right) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} N(0, \sigma^2)$$

olup, $\widehat{M}^{(k)*}$ tahmin edicisi asimptotik normal dağılıma sahiptir.

Sonuç olarak üçgensel müdahaleli (s,S) tipli yarı-Markov envanter modelinin ergodik dağılımının momentleri için önerilmiş olan tahmin edicisi sırasıyla tutarlılık, asimptotik yansızlık ve asimptotik normallik gibi istatistiksel özelliklere sahip olduğu görülmektedir.

Teşekkür

Makalenin yazarları olarak, Prof. Dr. Tahir KHANİYEY'e (TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Ankara, Türkiye) değerli destek ve tavsiyelerinden dolayı teşekkür ederiz.

Ayrıca makale yazarlarından Melek ERİŞ BÜYÜKKAYA, 2211-A Genel Yurt İçi Doktora Burs Programı kapsamındaki burs desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür eder.

Kaynaklar

Bebbington, M., Davydov, Y. ve Zitikis, R., 2007. Estimating the Renewal Function When the Second Moment is Infinite, *Stochastic Models*, 23(1), 27-48.

Casella, G. ve Berger, R.L. 2002. *Statistical Inference (Second edition)*. Pacific Grove, CA, Duxbury/ Thomson Learning.

Feller, W., 1971. *An Introduction to Probability Theory and Its Application 2*, Wiley, New York, 669 p.

Frees, E.W., 1986 a. Warranty Analysis and Renewal Function Estimation. *Nav. Res. Logist. Q.*, 33, 361-372.

Frees, E.W., 1986 b. Nonparametric Renewal Function Estimation. *Annals of Statistics*, 14(4), 1366-1378.

Gökpınar, E., Khaniyev, T. ve Gamgam, H., 2015a. Asymptotic Properties of the Straight Line Estimator for a Renewal Function. *Sains Malaysiana*. 44(7), 1041-1051.

Gökpınar, E., Khaniyev, T., Gamgam, H. ve Gökpınar, F., 2015b. A New Estimator for Stationary Distribution of the Inventory Model of Type (s,S). *Gazi University Journal of Science*. 28(1), 87-101.

Gökpınar, E., Khaniyev, T., Gamgam, H. ve Gökpınar, F., 2016a. Estimators of the Moments for the Inventory Models of Type (s,S) with a Discrete Interference of Chance. *Journal of the Turkish Statistical Association*. Vol. 9, No. 1, pp. 17-28.

Gökpınar, E., Khaniyev, T., Gamgam, H. ve Gökpınar, F., 2018. Estimators of the Moments for the Inventory Models of Type (s,S). *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science*. Vol. 42, No. 1, pp. 5-12.

Gökpınar, E., 2016b. *Yenileme Sürecinde Tahmin Ediciler ve Uygulamaları*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 111 s.

Grübel, R. ve Pitts, S., 1993. Nonparametric Estimation in Renewal Theory 1: the Empirical Renewal Function. *Annals of Statistics*, 21(3), 1431-145.

- Guedon, Y. ve Coccozza-Thivent, C., 2003. Nonparametric Estimation of Renewal Processes from Count Data. *The Canadian Journal of Statistics*, 12(3), 191-223.
- Kesemen, T., Bektaş Kamışlık, A., Küçük, Z. ve Şenol, E., 2016. Inventory Model of Type (s,S) with Subexponential Weibull Distributed Demand. *Journal of the Turkish Statistical Association*, 9 (3), 81-92.
- Khaniyev, T.A. ve Atalay, K.D., 2010. On the Weak Convergence of the Ergodic Distribution for an Inventory Model of Type (s,S)". *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 9 (4), 599-611.
- Khaniyev, T.A., Kokangul, A. ve Aliyev, R.T., 2013. An Asymptotic Approach for a Semi-Markovian Inventory Model of Type (s,S). *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 29 (5), 439 – 453.
- Markovich N.M. ve Krieger, U.R., 2006. Nonparametric Estimation of the Renewal Function by Empirical Data. *Stochastic Models*, 22 (2), 175–199.
- Necir, A., Rassoul, A. ve Meraghni, D., 2010. POT-Based Estimation of the Renewal Function of Interoccurrence Times of Heavy-Tailed Risks. *Journal of Probability and Statistics*, doi:10.1155/2010/965672.
- Schneider, H., Lin, B.S. ve O’Cinneide, C., 1990. Comparison of Nonparametric Estimators for the Renewal Function. *Applied Statistics*, 39(1), 55-61.
- Sgibnev, M.S., 1981. On the Renewal Theorem in the Case of Infinite Variance, *Sibirskit Matematicheskizhurnal*, 22(5), 178-189.
- Vardi, Y., 1982. Nonparametric Estimation in Renewal Processes. *Annals of Statistics*, 10(3), 772-785.
- Zhao, Q. ve Rao, S., 1997. Nonparametric renewal function estimation based on estimated densities. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 14 (1), 115–126.

Yeni Azakalkon-Şeker Hibrit Bileşiklerinin Sentezi *Synthesis of Novel Azachalcone-Sugar Hybrid Compounds*

Nuran KAHRİMAN*^a, Vildan SERDAROĞLU^b

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 61080, Trabzon

• Geliş tarihi / Received: 07.02.2018 • Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 06.05.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 22.05.2018

Öz

Doğada bulunan ve bitkilerin sentezledikleri biyoaktif bileşiklerin pek çoğu flavonoid türü bileşiklerdir. Flavonoid ailesinin önemli üyelerinden olan kalkon sınıfı bileşikler ve bunların alternatif türevleri olan azakalkon bileşikleri sahip oldukları geniş biyolojik, farmakolojik (antibakteriyal, sitotoksik, antimalaryal, enzim inhibisyonu, antitüberklostatik, antioksidan vb.) ve boya özelliklerinden ötürü son yılların ilgi odağı haline gelmişlerdir. Diğer taraftan karbohidrat bileşiklerinin biyolojik sistemlerde bağışıklık sistemi, iltihap oluşumu, hücre büyümesi ve adezyon üzerine etkileri bilinmektedir. Şekerlerin heterosikliklerle bir araya geldiği glikohibrit bileşikler ise antikanser ve antitümör ilaçlarında önemli etkiye sahiptirler ve enzim aktivitesinin inhibisyonunda iyi bir glikozil verici olarak davranmaktadırlar. Bu çalışmada amino sübtitüe azakalkon bileşiklerinden (**1-3**) N-β-D-glikopiranosit (**4-6**) ve N-glikozidik 2,3,4,6-tetra-O-asetil-β-D-glikopiranosit (**7-9**) türevlerinin sentezi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Azakalkon, β-Anomer, Glikohibrit, N-Glikozidik bağ

Abstract

Many of the bioactive compounds found in nature and synthesized by plants are flavonoid-type compounds. Chalcones and their alternative derivatives azachalcones, which are important members of the flavonoid family, have become the focus of attention in recent years due to their wide range of biological, pharmacological (antibacterial, cytotoxic, antimalarial, enzyme inhibition, antitubercostatic, antioxidant etc.) and dye properties. On the other hand, it is known that carbohydrate compounds in biological systems have effects on inflammation, immune responses, cell growth, and adhesion. Glycohybrid heterocyclic compounds, a heterocyclic and sugar combination, have significant effect in anticancer and antitumor drugs, and behave as a good glycosyl donor on the inhibition of enzyme activity. In this study, synthesis of N-β-D-glucoopyranoside (**4-6**) and N-glycosidic 2,3,4,6-tetra-O-acetyl-β-D-glucoopyranoside (**7-9**) derivatives were performed via amino substituted azachalcones.

Keywords: Azachalcone, β-Anomer, Glycohybrid, N-Glycosidic bond

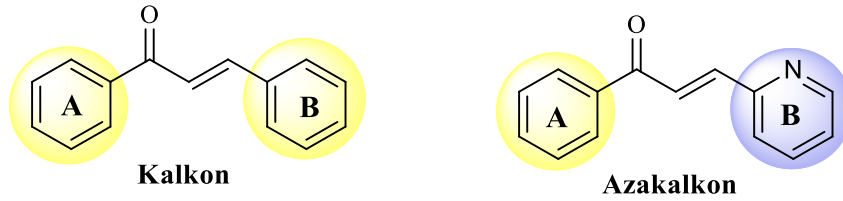
*^a Nuran KAHRİMAN; nuran_yayli@hotmail.com; Tel: (0462) 377 42 76; orcid.org/0000-0001-9729-433X

^b orcid.org/0000-0002-0487-1597

1. Giriş

Kalkonlar (1,3-diaril-2-propen-1-on) flavonoidlerin öncü bileşikleri olup bitkilerde yaygın olarak bulunmaktadır (Li vd., 2017). Sergiledikleri oldukça geniş biyolojik, farmakolojik ve endüstriyel özellikleri ile son yıllarda bilim adamlarının ilgisini çekmiş ve böylelikle hem doğal hem de sentetik kalkonlara ilgi artmıştır (Usta vd., 2014; Li vd., 2017). Bu bileşiklerin içerdikleri fonksiyonel α,β -doymamış karbonil grubu ve süstitüe aromatik halkalar biyolojik aktivitelerinde oldukça önemli role sahiptirler (Li vd., 2017) (Şekil 1). Kalkonların taşıdıkları bu fonksiyonel gruplar, onların antikanser (Mokale

vd., 2015), anti-HIV (Wu vd., 2003), antilayşmanyal (Zhai vd., 1999), antimalaryal (Liu vd., 2001), antifungal (Latchev vd., 2008), antibakteriyal (Ventura vd., 2015), antihiperglisemik (Satyanarayana vd., 2004), antioksidan (Vogel vd., 2008) ve anti-inflamatuvar (Ventura vd., 2015) gibi biyolojik aktiviteleri göstermelerine olanak sağlarlar (Albay vd., 2011; Li vd., 2017). Bu bileşiklerin pestisit, plastiklerde fotokoruyucu, güneş kremi ve gıda katkı maddesi olarak ta kullanımları söz konusudur (Usta vd., 2014). Aromatik halkalarda halka karbonlarının azot atomu(ları) ile yer değiştirdiği azakalkonlar da (Şekil 1) önemli özelliklere sahiptirler (Dhar vd., 2015).



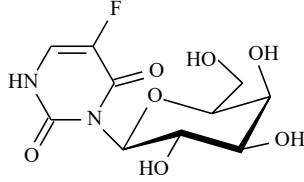
Şekil 1. Kalkon ve azakalkon yapıları

Azokalkonlar organik çözücülerdeki su içeriğinin tayini ve sakkarit belirlenmesinde fluorojenik kemosensör olarak kullanılmalarının dışında, molekül içi yük transferini sağlayan donör-alıcı gruplarından dolayı geniş pozitif solvato-kromik etkiye de sahiptirler. Bu özellikleriyle optik sınırlandırıcı (Shettigar vd., 2006), doğrusal olmayan optik (NLO) (Shettigar vd., 2008), elektrokimyasal algılama (Delavaux-Nicot vd., 2007), Langmuir-Blodgett filmler (Gasull vd., 2007) ve foto-reaktif materyaller gibi bir çok alanda kullanımları oldukça yaygınlaşmıştır (Dhar vd., 2015). Azakalkonların kompleksleri çok yaygın olmamakla birlikte, yapılarındaki piridil ve enon fonksiyonel gruplarından dolayı uygun koordinat alanlarına sahip olmaları çeşitli metal iyonlarıyla kompleks oluşturabilmelerine de ayrıca olanak sağlamaktadır (Dhar vd., 2015; Radhakrishnan vd., 2015). Bu özelliklerinden dolayı kalkonlar ve azakalkonlar organik kimyacılar için sentez alanında önemli bir yer tutmaktadır (Yaylı vd., 2006, 2010; Albay vd., 2011). (Aza)Kalkonlar için çok sayıda sentez yöntemi mevcut olmakla birlikte en yaygın olanı bazik ortamda keton ve aldehidin kondenzasyonundan oluşan Claisen-Schmidt reaksiyonudur. Diğer taraftan karbohidrat bileşiklerinin biyolojik sistemlerde bağışıklık sistemi, iltihap oluşumu, hücre büyümesi ve adezyon üzerine etkileri bilinmektedir. Şekerlerin heterosikliklerle bir araya geldiği glikohibrit bileşikler ise antikanser ve antitümör ilaçlarında

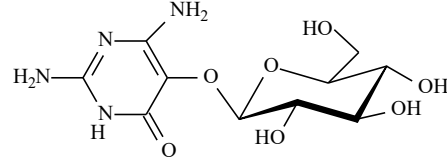
önemli etkiye sahiptirler ve enzim aktivitesinin inhibisyonunda iyi bir glikozil verici olarak davranmaktadırlar. Son yıllarda glikohibrit bileşiklerin kimyası üzerine yapılan çalışmalar ve bu bileşiklerdeki şeker gruplarının biyolojik olaylardaki öneminin incelenmesi bilim adamlarının bu bileşikler üzerine ilgisini giderek artırmıştır (Liu vd., 2012). 5-Florourasil meme, mide ve bağırsak kanseri gibi önemli hastalıkların tedavisinde kullanılan bir antikanser ilacı olup, bu bileşik şekerle birleştirildiğinde oluşan *N*- ve *O*-galaktopiranozid türevlerinin meme hücresinde oluşturduğu toksisitesinin 5-florourasilden daha az ve tümör gelişimini durdurucu etkisinin ise daha fazla olduğu belirlenmiştir (Liu vd., 2012).

Morfin ve kodein de *O*-glikozit türevleri sentezlenen bileşikler olup, bu türevlerin de önemli derecede analjezik oldukları bilinmektedir (Varadi vd., 2012). Doğadan izole edilen terfestatin de *O*- β -D-glikopiranosil süstitüe bir başka bileşik olup spesifik bir enzim inhibitörüdür (Yamazoe vd., 2004). Bir flavanol olan kuersetinin glikozit türevi olan kuersetin 3-*O*- β -glikozit ise bir diğer şeker bağlı molekül olup önemli bir antialerjiktir (Makino vd., 2013). Guanidin bağlı birçok şeker bileşiği ise antibakteriyal, antidiyabetik, glikozidaz ve trombin enzim inhibitörü aktivitesi göstermektedir (Srivastava vd., 2013).

Bleomisin ve fleomisin antitümör özelliği gösteren önemli glikopeptitler olup şeker bağlı biyoaktif bileşiklerdir (Lagoja, 2005). Visin, konvisin, gougerotin, amisetin, bamisetin, oksamisetin ve plisasetin ise literatüre girmiş heterosiklik halka-şeker hibridi olan sayısız antibakteriyel antibiyotiklerden sadece bir kaçıdır

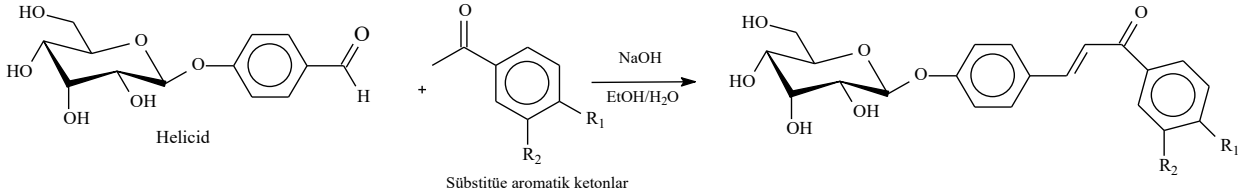


5-Fluorourasil *N*-galaktapiranozit (Antikanser)



Visin (Antibakteriyel antibiyotik)

Şekil 2. Bazı biyoaktif heterohalka-şeker hibritleri



Şekil 3. Bazı glikohibrid kalcon bileşiklerinin sentez şeması (Yin vd., 2010)

2. Amaç

Kalcon bileşikleri biyoaktif sistemlerin yapıtaşları olmalarının yanında kendilerinin de biyolojik ve endüstriyel öneme sahip olmaları, bu bileşiklerin hem izolasyonlarına hem de sentetik türevlerinin sentezine ilgiyi oldukça artırmıştır. Azakalcon bileşikleri de bu amaçla sentezi gerçekleştirilen türevler olup sergiledikleri birçok özellikleriyle önemli çalışma konularından birisi olmuştur. Diğer taraftan karbohidrat bileşiklerinin de biyolojik olaylardaki önemi son yıllarda yapılan birçok araştırmayla ortaya konmuş ve bu bileşikler içeren yeni glikohibrit bileşiklerin sentezine de oldukça önem verilmiş ve değişik metotlar geliştirilmiştir. Literatür araştırması, bir biyodinamik heterosiklik sistemin bir diğeri ile birleştirildiğinde elde edilen molekülün daha gelişmiş bir aktiviteye sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Colotta vd., 1996). Bu amaçla bu çalışmada biyoaktif bir sistem olan azakalconlardan (1-3) yola çıkarak literatürde bulunmayan *N*- β -D-glikopiranosit (4-6) ve *N*-glikozidik 2,3,4,6-tetra-O-asetil- β -D-gliko-piranosit (7-9) türevlerinin sentezi ilk kez gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmayla birlikte potansiyel biyoaktif bileşikler elde edilmiş ve bu alanda yapılacak çalışmalara da örnek teşkil etmiştir.

3. Gereç ve Yöntem

3.1. Çözücüler ve Kimyasallar

Bileşiklerin sentezlenmesinde kullanılan 4'-aminoasetofenon, 2/3/4-piridinkarboksialdehit, sodyum hidroksit, D-(+)-glukoz monohidrat, asetik asit, sülfürik asit ve asetik anhidrit Merck ve Sigma-Aldrich marka olup analitik saflıktadır. Sentezde, saflaştırmada ve diğer enstrümental cihazlarda analiz yapılırken kullanılan etanol, metanol, kloroform, dietil eter, etil asetat, hegzan, aseton, DMSO gibi çözücüler Merck ve Sigma-Aldrich marka olup analitik saflıktadır. Yine NMR alınırken kullanılan $CDCl_3$, CD_3OD , D_2O ve $DMSO-d_6$ da Sigma-Aldrich marka olup % 99.8 saflıktadır.

3.2. Enstrümantasyon

Sentezlenen bileşiklerin NMR spektrumları Bruker marka 400 MHz NMR cihazında alınmıştır. IR spektrumları Perkin-Elmer 1600 FT-IR ($4000-400\text{ cm}^{-1}$) spektrofotometre cihazı, kütle spektrumları Micromass Quattro LC-MS/MS spektrofotometre cihazı kullanılarak alınmıştır. Reaksiyon ilerleyişinde ince tabaka kromatografisi kullanılmış (İTK), saflaştırma

aşamasında ise kristallendirme ve ekstraksiyon kullanılmıştır. Erime noktaları Stuart marka SMP10 model erime noktası tayin cihazı kullanılarak belirlenmiştir. ¹H ve COSY NMR spektrumları TMS pikine göre, APT NMR spektrumları ise CDCl₃ (δ 77.0 ppm) ve DMSO-d₆ (δ 39.7 ppm) çözücü piklerine göre ayarlanmıştır. Kütle spektrumları elektron sprej (ES) yöntemi kullanılarak alınmıştır. İnce tabaka kromatografisinde (İTK) normal faz silikajel 60 F₂₅₄ kullanılmıştır. İnce tabakadaki ayrılmaların kontrolü için kabin içinde bulunan 254 nm' lik UV lamba kullanıldı. UV aktif olmayan bileşiklerin kontrolü için ise İTK plakasına asit püskürtülme ve devamında sıcak plaka üzerinde yakma işlemi uygulanmıştır. NMR spektrumları alınırken çözücü olarak CDCl₃, D₂O ve DMSO-d₆ kullanılmıştır. Numuneler kuartz NMR tüplerine konularak ölçümler yapılmıştır. FT-IR spektrumları katı numuneler üzerinden ve 400-4000 cm⁻¹ bölgesinde ölçümler yapılarak alınmıştır.

3.3. Bileşiklerin Sentezi

3.3.1. 1-3 Nolu Bileşiklerin Sentezi

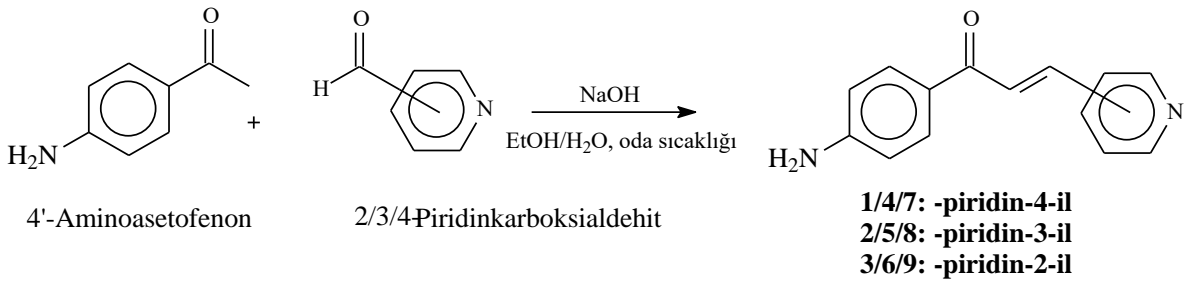
1-3 nolu bileşiklerin sentezinde Claisen-Schmidt kondenzasyonu kullanılmıştır (Şekil 4). Bu amaçla 4'-aminoasetofenon ile 2/3/4-piridinkarboksialdehitlerle ayrı ayrı baz olarak NaOH ve çözücü olarak su-etanol karışımının kullanıldığı ortamda reaksiyona sokulmuştur. Oda sıcaklığında gerçekleştirilen reaksiyonların ilerleyişi İTK ile kontrol edilmiş ve tamamlanan reaksiyonlar süzölmüştür. Elde edilen sarı katılar

bol su ile yıkandıktan sonra kurutulmuş ve spektroskopik olarak yapıları aydınlatılmıştır. Bu bileşikler bilinen bileşikler olup asit detaylı sentezleri literatürde mevcuttur (Kahriman vd., 2012, 2013).

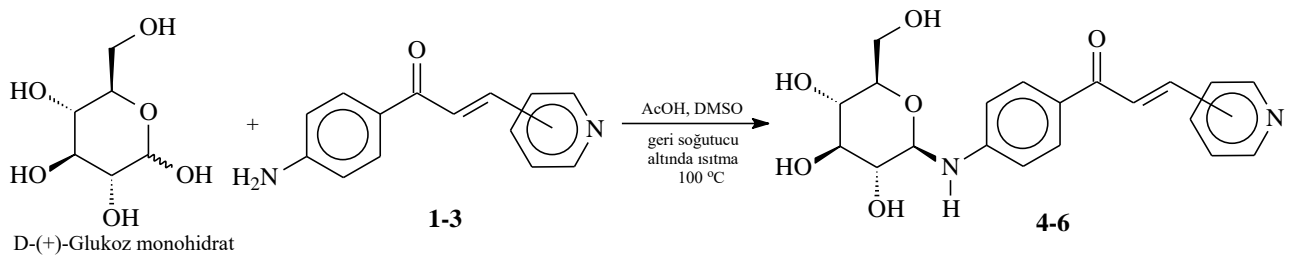
3.3.2. 4-6 Nolu Bileşiklerin Sentezi

4-6 Nolu bileşiklerin sentezlenmesinde ilk olarak başlangıç maddesi olarak kullanılan amino sübstitüe azakalkon bileşiklerinden alınan 15 mmol'lük kısımlar (~3.4 g) ayrı ayrı D-glikoz monohidrat (15 mmol, 2.97 g) ve glasiyel asetik asit (15 mmol, 0.85 mL) ile içerisinde 6 mL DMSO bulunan reaksiyon kabında karıştırılmıştır (Chamberlain vd., 1994) (Şekil 5). Reaksiyon karışımı 100 °C' de geri soğutucu altında 24 saat süre ile ısıtılmış ve reaksiyon ilerleyişi ince tabaka kromatografisi (İTK) ile takip edilmiştir. UV aktif olmayan glikozun kontrolü ise İTK plakasına asit püskürtülerek ve devamında sıcak plaka üzerinde yakılarak yapılmıştır. Tamamlanan reaksiyon karışımı ayırma hunisine alındıktan sonra üzerine kloroform ilave edilerek çalkalanmış sonrasında da aynı karışıma saf su ilave edilmiştir.

Çalkalanan karışım dinlendirildiğinde faz ayrımı ve iki faz arasında da çökelek oluşumu gözlenmiştir. Kloroform fazı alınan, su fazı da dekante edilen çökelek kloroform ve su ile tekrar ayırma hunisinde yıkanarak reaksiyona girmeyen azakalkon ve glikozdan oluşabilecek safsızlıklar giderilmeye çalışılmıştır. Çökeleğin saflığı yine İTK ile kontrol edilmiş ve liyofilizatörde kurutulmuştur.



Şekil 4. 1-3 Nolu bileşiklerin sentez şeması



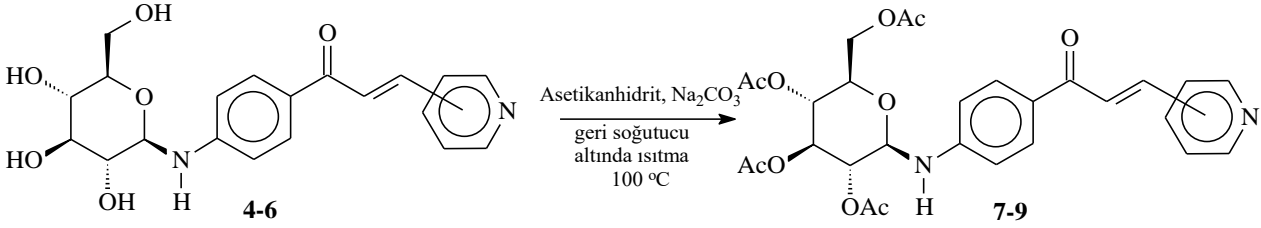
Şekil 5. 4-6 Nolu bileşiklere (azakalkon N-β-D-glikopiranosit türevleri) ait sentez şeması

Ayrıca bileşiklerin genel olarak metanolde çözüldüğü belirlenmiştir. Saflık kontrolü İTK ile yapılmış ve yapıları spektroskopik yöntemlerle aydınlatılmıştır.

3.3.3. 7-9 Nolu Bileşiklerin Sentezi

7-9 Nolu bileşiklerin sentezi için ilk olarak başlangıç maddesi olarak kullanılan 4-6 nolu

bileşiklerin her birinden alınan ayrı ayrı 3 mmol'lük kısımlar (~0.7 g), 12 mmol asetik anhidrit (1.2 g) ve 12 mmol Na₂CO₃ (1.1 g) reaksiyon kabında karıştırılmıştır. Reaksiyon karışımları 10-20 dakika süre ile geri soğutucu altında 100 °C' de ısıtılmış ve reaksiyonların ilerleyişi İTK ile kontrol edilmiştir (Lugemwa vd., 2013, Şekil 6).



Şekil 6. 7-9 nolu bileşiklere (azakalkon 2,3,4,6-tetra-O-asetil-*N*-β-D-glikopiranosit türevleri) ait sentez şeması

Tamamlanan reaksiyonlara önce saf su ve ardından da kloroform ilave edilmiştir. Ayırma hunisine alınan karışım çalkalanmış, dinlendirilmiş ve faz ayrımından sonra kloroform fazı alınarak çözücüsü uzaklaştırılmıştır. Elde edilen katı dietil eter ile yıkandıktan sonra kurutulmuştur. Bu sınıf bileşik-lerin kloroformda çözüldüğü belirlenmiştir. Bileşiklerin saflık kontrolü İTK ile yapılmış ve yapıları spektros-

kopik yöntemlerle aydınlatılmıştır.

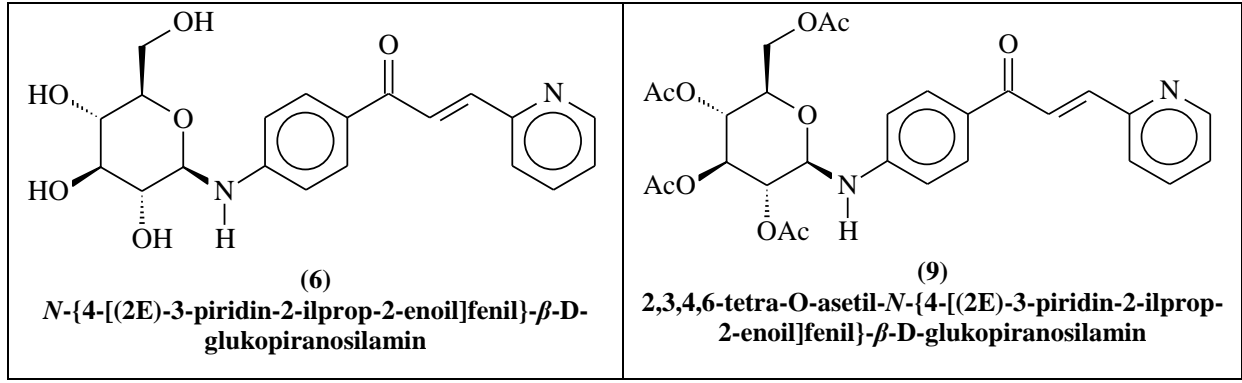
4. Bulgular

Yapılan bu çalışmada 9 adet bileşik sentezlenmiş olup bunların 6 tanesi (4-9) literatürde bulunmayan yeni bileşiklerdir. Bu bileşiklerin yapıları (Tablo 1), erime Noktası, Rf, NMR, FT-IR ve LC-MS/MS değerleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Sentezlenen 4-9 nolu azakalkon-şeker hibrit bileşiklerinin yapıları

<p>(4) N-{4-[(2E)-3-piridin-4-ilprop-2-enoil]fenil}-β-D-glukopiranosilamin</p>	<p>(7) 2,3,4,6-tetra-O-asetil-N-{4-[(2E)-3-piridin-4-ilprop-2-enoil]fenil}-β-D-glukopiranosilamin</p>
<p>(5) N-{4-[(2E)-3-piridin-3-ilprop-2-enoil]fenil}-β-D-glukopiranosilamin</p>	<p>(8) 2,3,4,6-tetra-O-asetil-N-{4-[(2E)-3-piridin-3-ilprop-2-enoil]fenil}-β-D-glukopiranosilamin</p>

Tablo 1'in devamı.



4.1. Sentezlenen Bileşiklere Ait Verim, Erime Noktası, R_f, NMR, FT-IR ve LC-MS/MS Değerleri

4.1.1. N-{4-[(2E)-3-piridin-4-ilprop-2-enoil]fenil}-β-D-glukopiranosilamin (4)

Renk: Limon sarısı; **Verim (%)**: 82; **Erime noktası (°C)**: 193-195; **R_f**: 0.58 (Etilasetat-Metanol: 1:1).

FT-IR (cm⁻¹): 3417, 3327, 3225, 2931, 2920, 2840, 1657, 1577, 1420, 1072, 1014, 812, 654.

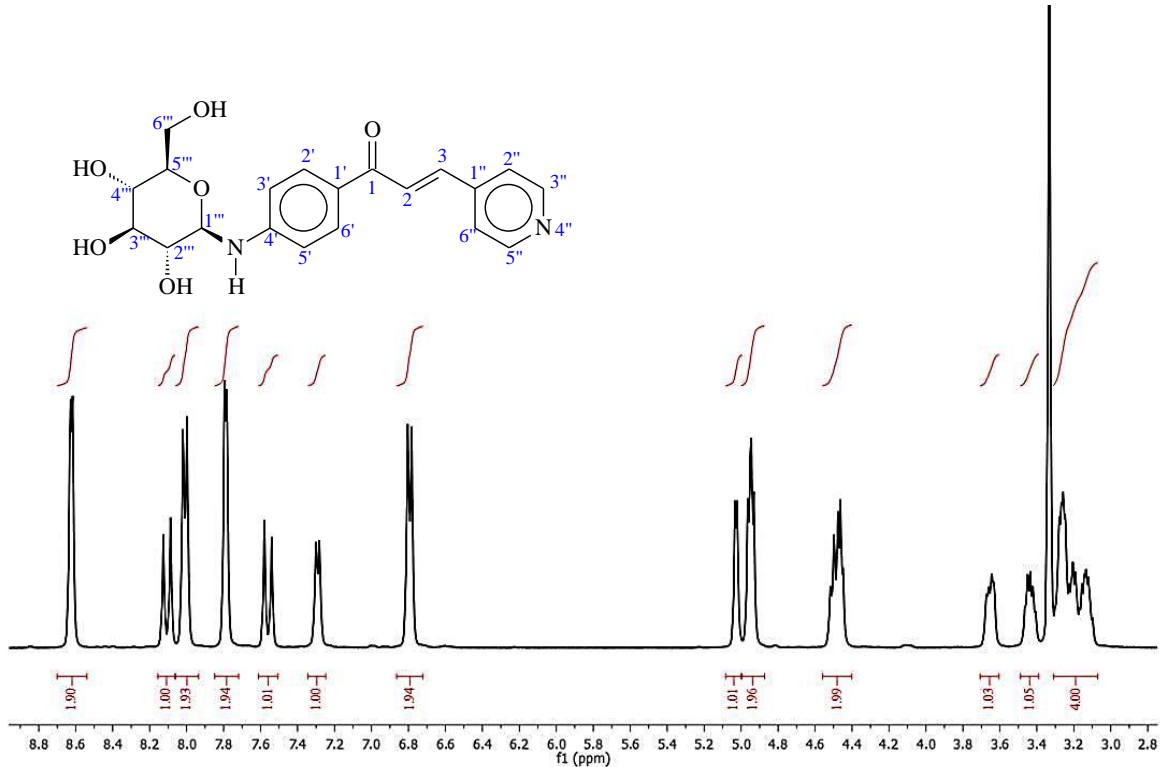
¹H-NMR (400 MHz, DMSO-d₆, ppm): δ=7.6 (AB, *J*= 16.0 Hz, 1H, H-2); δ= 8.1 (AB, *J*= 16.0 Hz, 1H, H-3); δ= 8.0 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-2'/6'); δ= 6.9 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-3'/5');

δ= 8.6 (d, *J*= 5.2 Hz, 2H, H-2''/6''); δ=4.5 (d, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-1'''); δ= 3.3-3.1 (m, 4H, H-2'''/H-3'''/H-4'''/H-5'''); δ= 3.7 (dd, *J*= 12.0/4.0, 1H, H-6a'''); δ=3.4 (m, 1H, H-6b'''); δ=7.3 (d, *J*= 8.0 Hz, NH); 5.0- 4.5 (m, 4 OH).

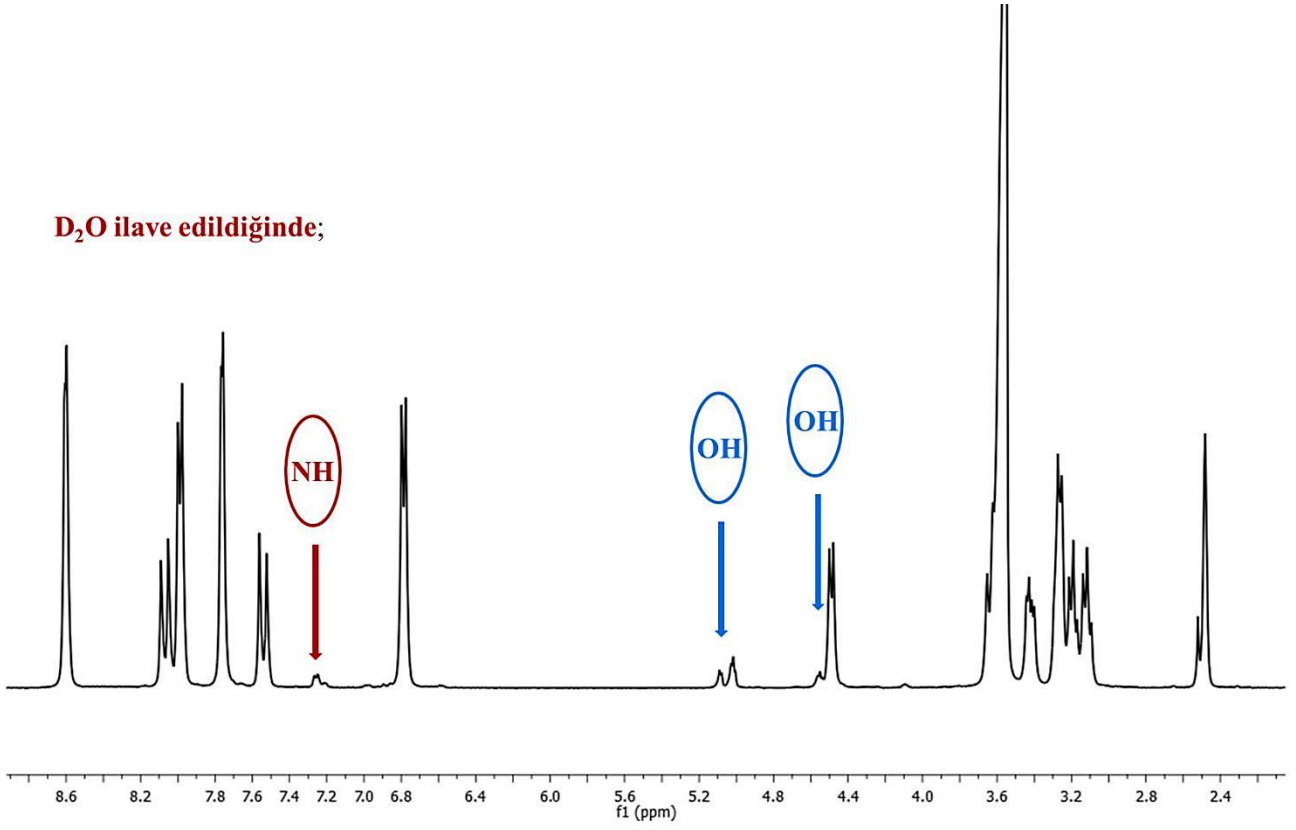
¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-d₆, ppm): 186.4 (C-1), 127.2 (C-2), 139.4 (C-3), 126.8 (C-1'), 131.4 (C-2'), 123.0 (C-3'), 152.8 (C-4'), 123.0 (C-5'), 131.4 (C-6'), 147.2 (C-1''), 122.8 (C-2''), 150.7 (C-3''), 150.7 (C-5''), 122.8 (C-6''), 84.2 (C-1'''), 73.4 (C-2'''), 78.1 (C-3'''), 70.5 (C-4'''), 78.1 (C-5'''), 61.3 (C-6''').

Pozitif LC-MS/MS m/z (%): 387 (100) [M+1]⁺.

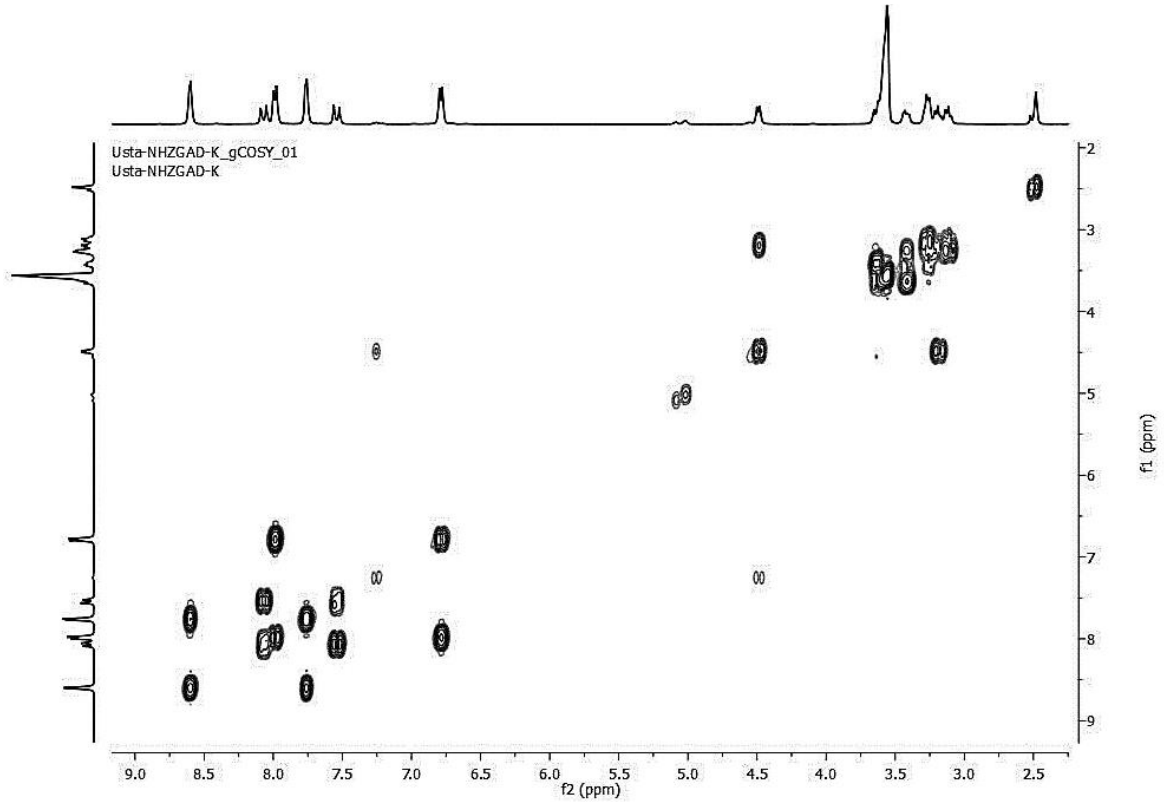
Bu bileşiğe ait NMR spektrumları Şekil 7-10'da verilmiştir.



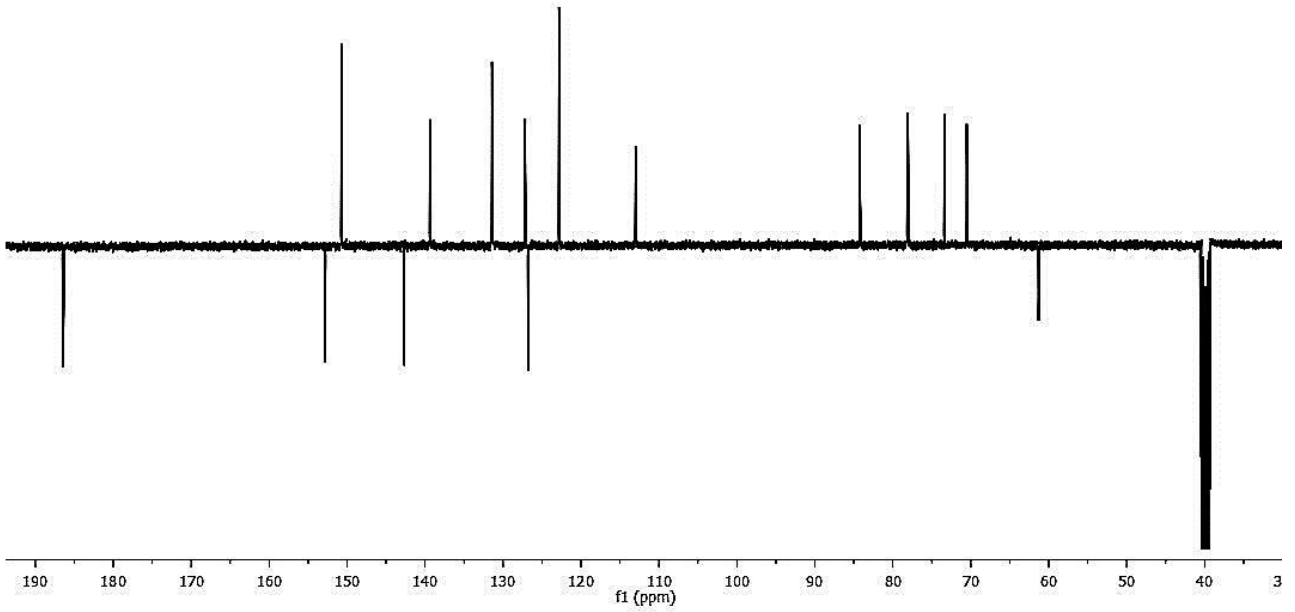
Şekil 7. 4 Nolu bileşiğin ¹H-NMR spektrumu



Şekil 8. 4 Nolu bileşiğin D₂O değişiminin olduğu ¹H-NMR spektrumu



Şekil 9. 4 Nolu bileşiğin ¹H-¹H COSY NMR spektrumu



Şekil 10. 4 Nolu bileşiğin APT NMR spektrumu

4.1.2. *N*-{4-[(2*E*)-3-piridin-3-ilprop-2-enoil]fenil}-β-*D*-glukopiranosilamin (5)

Renk: Sarı; **Verim (%)**: 71; **Erime noktası (°C)**: 157-159; **R_f**: 0.63 (Etilasetat-Metanol: 1:1).

FT-IR (cm⁻¹): 3422, 3292, 1656, 1614, 1599, 1581, 1077, 1021, 981, 805, 610.

¹H-NMR (400 MHz, DMSO-d₆, ppm): δ=7.7 (AB, *J*= 15.6 Hz, 1H, H-2); δ= 8.1 (AB, *J*= 16.0 Hz, 1H, H-3); δ= 8.0 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-2'/6'); δ= 6.8 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-3'/5'); δ= 9.0 (s, 1H, H-2''); δ= 8.6 (d, *J*= 4.0 Hz, 1H, H-4''); δ= 7.5 (dd, *J*=8.0/ 4.0 Hz, 1H, H-5''); δ= 8.3 (d, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-6''); δ=4.5 (d, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-1'''); δ= 3.3-3.1 (m, 4H, H-2'''/H-3'''/H-4'''/H-5'''); δ= 3.7 (d, *J*= 12.0 Hz, 1H, H-6a'''); δ=3.4 (m, 1H, H-6b'''); δ=7.3 (d, *J*= 8.0 Hz, NH); 5.0- 4.5 (m, 4 OH).

¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-d₆, ppm): 187.5 (C-1), 127.5 (C-2), 140.1 (C-3), 126.9 (C-1'), 131.4 (C-2'), 123.0 (C-3'), 152.8 (C-4'), 123.0 (C-5'), 131.4 (C-6'), 130.2 (C-1''), 149.1 (C-2''), 150.6 (C-4''), 125.0 (C-5''), 129.1 (C-6''), 84.2 (C-1'''), 73.1 (C-2'''), 78.0 (C-3'''), 70.5 (C-4'''), 78.0 (C-5'''), 61.0 (C-6''').

Pozitif LC-MS/MS m/z (%): 410 (100) [M+Na+1]⁺.

4.1.3. *N*-{4-[(2*E*)-3-piridin-2-ilprop-2-enoil]fenil}-β-*D*-glukopiranosilamin (6)

Renk: Koyu sarı; **Verim (%)**: 75; **Erime noktası (°C)**: 190-192; **R_f**: 0.67 (Etilasetat-Metanol: 1:1).

FT-IR (cm⁻¹): 3434, 3323, 3203, 2903, 1647, 1612, 1588, 1571, 1347, 1190, 1085, 1024, 778.

¹H-NMR (400 MHz, DMSO-d₆, ppm): δ=7.6 (AB, *J*= 16.0 Hz, 1H, H-2); δ= 8.1 (AB, *J*= 16.0 Hz, 1H, H-3); δ= 8.0 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-2'/6'); δ= 6.8 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-3'/5'); δ= 8.7 (d, *J*=4.4 Hz, 1H, H-3''); δ= 7.4 (dd, *J*= 8.0/4.0 Hz, 1H, H-4''); δ= 7.9 (dd, *J*= 8.0/4.0 Hz, 1H, H-5''); δ= 7.9 (d, *J*= 4.0 Hz, 1H, H-6''); δ=4.5 (d, *J*= 7.2 Hz, 1H, H-1'''); δ= 3.5-3.2 (m, 4H, H-2'''/H-3'''/H-4'''/H-5'''); δ= 3.7 (dd, *J*= 12.0/4.0 Hz, 1H, H-6a'''); δ=3.5 (dd, *J*= 12.0/4.0 Hz, 1H, H-6b'''); δ=7.3 (d, *J*= 8.0 Hz, NH); 5.1- 4.5 (m, 4 OH).

¹³C-NMR (100 MHz, DMSO-d₆, ppm): 187.0 (C-1), 127.0 (C-2), 139.2 (C-3), 126.8 (C-1'), 131.3 (C-2'), 123.0 (C-3'), 152.3 (C-4'), 123.0 (C-5'), 131.3 (C-6'), 153.4 (C-1''), 150.0 (C-3''), 126.7 (C-4''), 134.6 (C-5''), 124.0 (C-6''), 84.2 (C-1'''), 73.4 (C-2'''), 78.2 (C-3'''), 70.5 (C-4'''), 78.1 (C-5'''), 61.2 (C-6''').

Pozitif LC-MS/MS m/z (%): 388 (100) [M+2]⁺.

4.1.4. 2,3,4,6-tetra-*O*-asetil-*N*-{4-[(2*E*)-3-piridin-4-ilprop-2-enoil]fenil}-β-*D*-glukopiranosilamin (7)

Renk: Sarı; **Verim (%)**: 81; **Erime noktası (°C)**: 135-137; **R_f**: 0.59 (Eter-Etilasetat: 1:1).

FT-IR (cm⁻¹): 3414, 2955, 1746, 1655, 1597, 1528, 1367, 1217, 1031, 809.

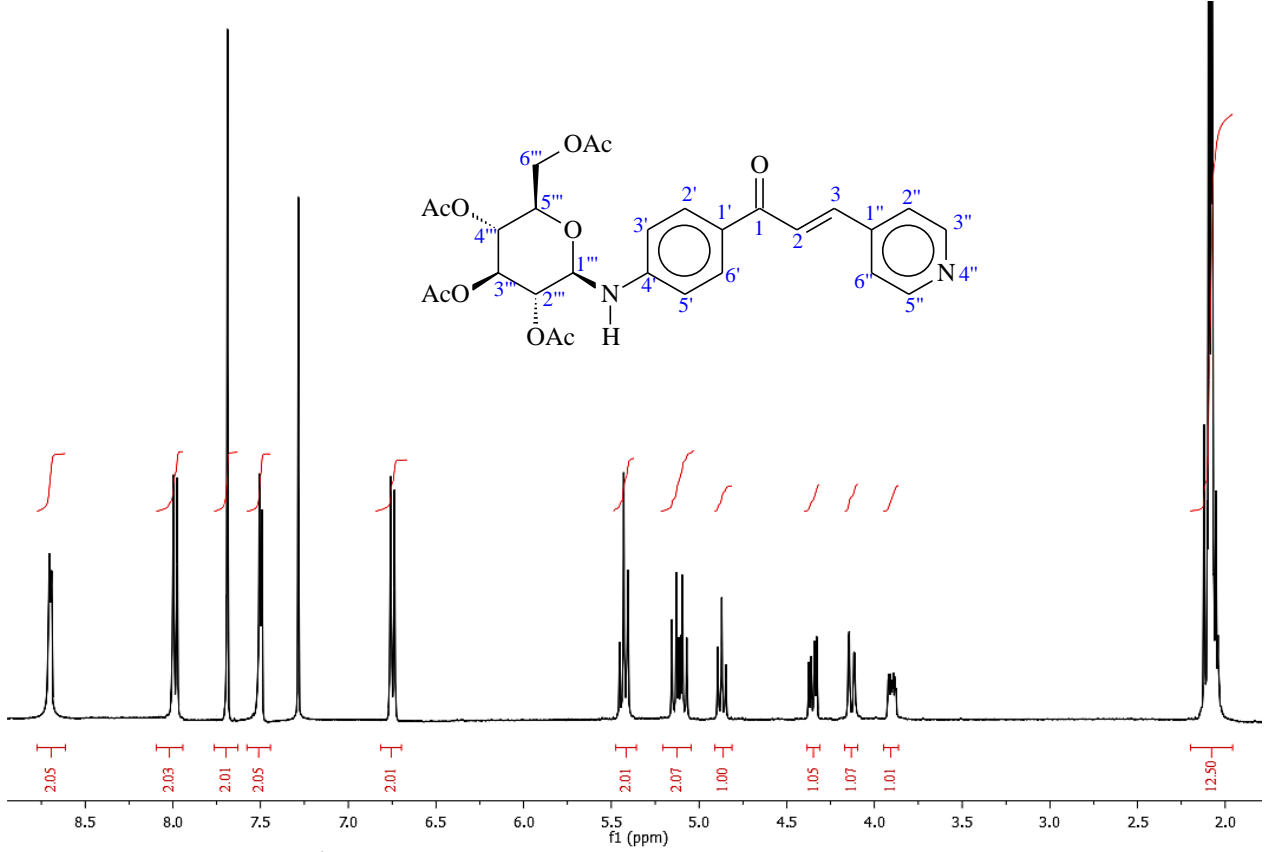
¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃, ppm): δ=7.7 (s, 2H, H-2/3); δ= 8.0 (d, *J*= 8.8 Hz, 2H, H-2'/6'); δ= 6.7 (d, *J*= 8.8 Hz, 2H, H-3'/5'); δ= 7.5 (d, *J*=8.0 Hz, 2H, H-2''/6''); δ= 8.7 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-3''/5'');

$\delta=5.4$ (d, $J= 8.0$ Hz, 1H, H-1'''); $\delta= 5.4$ (t, $J= 8.0$ Hz, 1H, H-2'''); $\delta= 4.9$ (t, $J= 8.0$ Hz, 1H, H-3'''); $\delta= 5.2-5.1$ (m, 2H, H-4'''/H-5'''); $\delta= 4.4$ (dd, $J= 12.0/4.0$ Hz, 1H, H-6a'''); $\delta=4.1$ (dd, $J= 12.0/4.0$ Hz, 1H, H-6b'''); $\delta=3.9$ (m, NH); $\delta=2.1$ (m, 12H; Asetil CH₃).

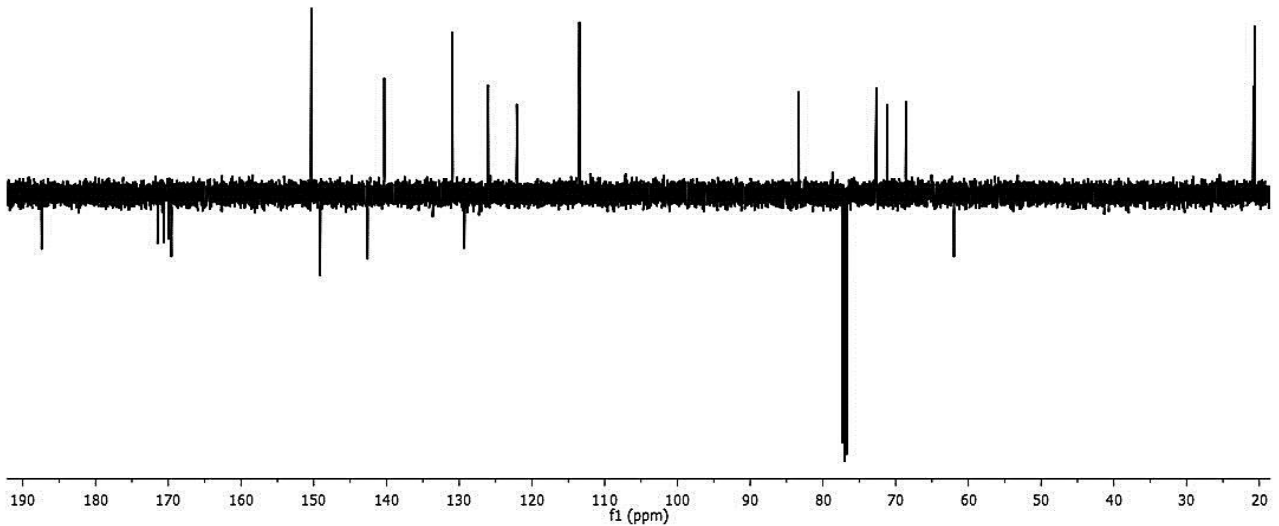
¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃, ppm): 187.4 (C-1), 126.0 (C-2), 140.3 (C-3), 129.3 (C-1'), 131.0 (C-

2'), 113.5 (C-3'), 149.1 (C-4'), 113.5 (C-5'), 131.0 (C-6'), 142.6 (C-1''), 122.1(C-2''), 150.3 (C-3''), 150.3 (C-5''), 122.1 (C-6''), 83.3 (C-1'''), 71.2 (C-2'''), 72.6 (C-3'''), 68.6 (C-4'''), 72.7 (C-5'''), 62.0 (C-6'''), 20.8- 20.6 (Asetil CH₃), 171.5, 170.6, 170.0, 169.6 (Asetil C=O).

Pozitif LC-MS/MS m/z (%): 577(100) [M+Na]⁺, 555(82) [M+1]⁺.



Şekil 11. 7 Nolu bileşiğin ¹H-NMR spektrumu



Şekil 12. 7 Nolu bileşiğin APT-NMR spektrumu

4.1.5. 2,3,4,6-tetra-O-asetil-N-{4-[(2E)-3-piridin-3-ilprop-2-enoil]fenil}-β-D-glukopiranosilamin (8)

Renk: Sarı; **Verim (%)**: 79; **Erime noktası (°C)**: 170-172; **R_f**: 0.41 (Eter).

FT-IR (cm⁻¹): 3391, 2946, 1744, 1725, 1659, 1610, 1598, 1531, 1217, 1033, 801.

¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃, ppm): δ=7.8 (s, 2H, H-2/3); δ= 8.1 (d, *J*= 8.4 Hz, 2H, H-2'/6'); δ= 6.7 (d, *J*= 8.4 Hz, 2H, H-3'/5'); δ= 9.1 (s, 1H, H-2''); δ= 8.7 (d, *J*=8.0 Hz, 1H, H-4''); δ= 7.5 (t, *J*=8.0 Hz, 1H, H-5''); δ= 8.3 (d, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-6''); δ=5.5 (d, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-1'''); δ= 5.5 (t, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-2'''); δ= 4.9 (t, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-3'''); δ= 5.2-5.1 (m, 2H, H-4'''/H-5'''); δ= 4.5 (dd, *J*= 12.0/4.0 Hz, 1H, H-6a'''); δ=4.2 (dd, *J*= 12.0/4.0 Hz, 1H, H-6b'''); δ=4.0 (m, NH); δ=2.2 (m, 12H; Asetil CH₃).

¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃, ppm): 187.6 (C-1), 126.3 (C-2), 140.3 (C-3), 129.0 (C-1'), 131.2 (C-2'), 115.2 (C-3'), 150.7 (C-4'), 115.2 (C-5'), 131.2 (C-6'), 130.2 (C-1''), 150.1(C-2''), 151.3 (C-4''), 124.2 (C-5''), 130.0 (C-6''), 83.1 (C-1'''), 71.0 (C-2'''), 72.6 (C-3'''), 68.6 (C-4'''), 72.8 (C-5'''), 62.0 (C-6'''), 20.8- 20.6 (Asetil CH₃), 171.5, 170.6, 169.9, 169.6 (Asetil C=O).

Pozitif LC-MS/MS m/z (%): 577(100) [M+Na]⁺.

4.1.6. 2,3,4,6-tetra-O-asetil-N-{4-[(2E)-3-piridin-2-ilprop-2-enoil]fenil}-β-D-glukopiranosilamin (9)

Renk: Sarı; **Verim (%)**: 78; **Erime noktası (°C)**: 94-96; **R_f**: 0.59 (Eter).

FT-IR (cm⁻¹): 3377, 2947, 1744, 1657, 1597, 1529, 1216, 1031, 781.

¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃, ppm): δ=7.8 (s, 2H, H-2/3); δ= 8.0 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-2'/6'); δ= 6.7 (d, *J*= 8.0 Hz, 2H, H-3'/5'); δ= 8.9 (s, 1H, H-3''); δ= 7.5 (dd, *J*=8.0/4.0 Hz, 1H, H-4''); δ= 7.9 (dd, *J*=8.0/4.0 Hz, 1H, H-5''); δ= 7.4 (d, *J*= 4.0 Hz, 1H, H-6''); δ=5.4 (d, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-1'''); δ= 5.4 (t, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-2'''); δ= 4.9 (t, *J*= 8.0 Hz, 1H, H-3'''); δ= 5.2-5.1 (m, 2H, H-4'''/H-5'''); δ= 4.5 (dd, *J*= 12.0/4.0 Hz, 1H, H-6a'''); δ=4.2 (dd, *J*= 12.0/4.0 Hz, 1H, H-6b'''); δ=4.0 (m, NH); δ=2.1 (m, 12H; Asetil CH₃).

¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃, ppm): 187.1 (C-1), 126.8 (C-2), 139.3 (C-3), 127.0 (C-1'), 131.3 (C-2'), 123.1 (C-3'), 152.1 (C-4'), 123.1 (C-5'), 131.3 (C-6'), 154.0 (C-1''), 150.1(C-3''), 126.5 (C-4''), 134.8 (C-5''), 124.0 (C-6''), 82.9 (C-1'''), 71.0 (C-2'''), 72.6 (C-3'''), 68.7 (C-4'''), 72.5 (C-5'''), 62.0 (C-6'''), 20.8- 20.6 (Asetil CH₃), 171.4, 170.6, 170.0, 169.5 (Asetil C=O).

Pozitif LC-MS/MS m/z (%): 577(100) [M+Na]⁺, 555(50) [M+1]⁺.

5. Tartışma ve Sonuç

Çalışmanın birinci kısmında Claisen-Schmidt kondenzasyonu ile 3 adet amino sübtitüe azakalkon bileşiği sentezlenmiştir (Kahriman vd., 2012, 2013). Çalışmanın ikinci kısmında azakalkon bileşiklerinin asit katalizli ortamda D(+)-glukoz monohidrat ile vermiş olduğu bimoleküler nükleofilik sübtitüsyon reaksiyonundan 3 adet *N*-β-D-glikopiranosit türevlerinin (4-6) ve bunlarında asetik anhidrit ile nükleofilik açıl sübtitüsyon reaksiyonu sonucu 3 adette 2,3,4,6-tetra-*O*-asetil-*N*-β-D-glikopiranosit (7-9) türevinin sentezi gerçekleştirilmiştir. Azakalkonların *N*-β-D-glikopiranosit türevlerinin (4-6) spektral sonuçlarına bakıldığında ¹H-NMR spektrumlarında 4.5 ppm civarında bir -OH protonu ile girişmiş halde bulunan, dublet yarılma ile çıkan ve etkileşme sabiti *J*=8.0 Hz olan pik anomerik karbon protonuna (H-1''') ait olup bu karbon atomu üzerinden kalkonun amino grubuna bağlanma gerçekleşmiştir. Anomerik karbona bağlı protona ait etkileşme sabitinin *J*=8.0 Hz civarında olması, elde edilen ürünlerin β-anomeri olduğunu göstermektedir (Chamberlain vd., 1994; Bubb, 2003; Chen vd., 2008; Yaylı, 2016). Hacimli grubun ekvatoryal pozisyonda olduğu β anomeri kararlılık sebebiyle ana ürün olarak oluşur (Chamberlain vd.,1994; Bubb vd., 2003; Chen vd., 2008; Yaylı, 2016). Bileşiklerin izolasyonu sonucu muhtemel diastereomerlerden hep β-anomeri saf olarak elde edilmiştir. Glikopiranosil halkasına ait diğer halka protonları 3.1-3.7 ppm arasında sinyal verirken, halka -OH grupları ise 4.5-5.1 ppm arasında sinyal vermiştir. Yine yapıdaki -NH protonları 7.3 ppm'de çıkmıştır. Hem -OH, hem de -NH protonlarının yerlerinin tayininde D₂O ilavesi ile döteryum değişimi yapılmış ve azalan integrallerle pikler analiz edilmiştir. Ayrıca ¹H-¹H COSY NMR spektrumları da piklerin kimlik analizlerinde katkı sağlamıştır. Bileşiklerin ¹³C-NMR (APT) spektrumuna bakıldığında 84 ppm civarında çıkan pik anomerik karbona aitken, 61-78 ppm arasında çıkan pikler de glikopiranosil halka karbonlarına aittir. LC-MS/MS spektrumlarına bakıldığında ise temel pik olarak genellikle ya [M+1]⁺ ya da [M+Na]⁺ iyonlarına ait pikler çıkmıştır. Yine bu bileşiklerin FT-IR spektrumlarında 3205-3422 cm⁻¹ arasında geniş bir pik mevcut olup bu hem -OH, hem de -NH gerilmelerini göstermektedir. Kalkon iskeletine ait C=O piki ise yaklaşık 1656 cm⁻¹'de pik vermiştir. 4-6 Nolu bileşiklerin asetillenmesi sonucu oluşan 2,3,4,6-tetra-*O*-asetil-*N*-β-D-

glikopiranosit (7-9) türevlerinin spektral verilerine bakıldığında yapılarına eklenen asetil gruplarının mezomerik olarak elektron çekmesinden dolayı glikopiranosil halka protonlarını çıkış bileşiklerinden farklı olarak ¹H-NMR spektrumunda daha aşağı alana kaydırmıştır. Bu halka protonlarına ait pikler 4.1-5.4 ppm'lik alanda çıkmıştır. Asetil gruplarına ait metil protonları 2 ppm civarında çıkarken, ¹³C-NMR spektrumunda metil karbonları 20 ppm, karboniller ise 170 ppm civarında dört kuaternerik pik olarak çıkmıştır. Asetil türevlerinde diğerlerinden farklı olarak kalkon iskeletine ait 2 ve 3 nolu protonların AB spin sisteminden farklı olarak tekli pik olarak aynı ppm'de çıktığı görülmüştür. LC-MS/MS spektrumlarına bakıldığında temel pik olarak genellikle ya [M+1]⁺ ya da [M+Na]⁺ iyonlarına ait pikler çıkmış olup, FT-IR spektrumlarında başlangıçtan farklı olarak -OH soğurmaları kaybolmuş, sadece -NH soğurması küçük sivri bir pik olarak 3400 cm⁻¹ civarında, kalkon karboniline ek olarak asetil karbonilleride yaklaşık 1740 cm⁻¹'de keskin bir pik olarak görülmüştür. Asetilleme sonucu oluşan O-C bağlarına ait gerilmelerde kuvvetli bir pik olarak 1217 cm⁻¹ civarında gözlenmiştir. Bütün bu spektroskopik sonuçlar yapıların önerildiği şekilde olduğunu doğrulamaktadır. Sentezlenen 4-9 nolu bileşiklere literatürde rastlanmamış olup, bu çalışmayla potansiyel biyoaktif bileşik türevleri sentezlenmiştir.

Kaynaklar

- Albay, C., Kahriman, N., Yılmaz İskender, N., Alpay Karaoğlu, Ş. ve Yaylı, N., 2011. Synthesis and antimicrobial activity of methoxy azachalcones and N-alkyl substituted methoxy azachalconium bromides. *Turkish Journal of Chemistry*, 35, 441-454.
- Bubb, W.A., 2003. NMR Spectroscopy in the study of carbohydrates: characterizing the structural complexity. *Concepts in Magnetic Resonance Part A*, 19A (1), 1-19.
- Chamberlain, S.D., Moorman, A.R., Burnette, T.C., de Miranda, P. ve Krenitsky, T.A., 1994. Novel carbohydrate conjugates as potential prodrugs of acyclovir. *Antiviral Chemistry&Chemotherapy*, 5 (2), 64-73.
- Chen, B., Liu, Y., Liu, H.W., Wang, N.L., Yang, B.F. ve Yao, X.S., 2008. Iridoid and aromatic glycosides from *Scrophularia ningpoensis* HEMSL and their inhibition of [Ca²⁺]_i increase induced by KCl. *Chemistry & Biodiversity*, 5, 1723-1735.
- Colotta, V., Catarzi, D., Varano, F., Filacchioni, G., Cecchi, L., Galli, A., Costagli, C., 1996. Synthesis and binding activity of some pyrazolo[1,5-c]quinazolines as tools to verify an optional binding site of a benzodiazepine receptor ligand. *Journal of Medicinal Chemistry*, 39, 2915-2921.
- Delavaux-Nicot, B., Maynadie, J., Lavabre, D. ve Fery-Forgues, S., 2007. Ca²⁺ vs Ba²⁺ electrochemical detection by two disubstituted ferrocenyl chalcone chemosensors. Study of the ligand-metal interactions in CH₃CN. *Journal of Organometallic Chemistry*, 692, 874-886.
- Dhar, P.C., Pal, A., Mohanty, P. ve Bag, B., 2015. Colorimetric detection of Cu(II) ion with a 1,3-bis-azachalcone derivative. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 219, 308-314.
- Gasull, E.I., Blanco, S.E. ve Ferretti, F.H., 2002. A theoretical and experimental study of adsorption from dilute cyclohexane solutions of non-electrolytes: 4-X-chalcones on silica gel. *Journal of Molecular Structure: Theochem*, 579, 121-137.
- Kahriman, N., Yılmaz İskender, N., Yücel, M., Yaylı, N., Demir, E. ve Demirbağ, Z., 2012. Microwave- assisted synthesis of 1,3'-diazafavanone/flavones and their alkyl derivatives with antimicrobial activity. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 49(1), 71-79.
- Kahriman, N., Yaylı, B., Aktaş, A., İskefiyeli, Z., Beriş, F.Ş. ve Yaylı, N., 2013. Synthesis, antibacterial and antioxidant activities of new 1-alkyl-4-(1-alkyl-4-oxo-1,4-dihydroquinolin-2-yl)pyridinium bromides. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 69, 348-355.
- Lagoja, I.M., 2005. Pyrimidine as constituent of natural biologically active compounds. *Chemistry & Biodiversity*, 2, 1-50.
- Lahtchev, K.L., Batovska, D.I., Parushev, St.P., Ubiyovk, V.M. ve Sibirny, A.A., 2008. Antifungal activity of chalcones: A mechanistic study using various yeast

- strains. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 43 (10), 2220-2228.
- Li, C.W., Shen, T.H. ve Shih T.L., 2017. Reinvestigation of synthesis of halo-substituted 3-phenyl-1-(2-pyridyl)-2-propen-1-ones (azachalcones). A tandem reaction for formation of penta-substituted cyclohexanols. *Tetrahedron*, 73, 4644-4652.
- Liu, M., Wilairat, P. ve Go, M.L., 2001. Antimalarial alkoxyated and hydroxylated chalcones: structure-activity relationship analysis. *Journal of Medicinal Chemistry*, 44 (25), 4443-4452.
- Liu, Y.Y., Shi, H., He, G.K., Song, G.L., Zhu, H.J. 2012. Synthesis, crystal structures, and fungicidal activity of novel 1,5-diaryl-3-(glucopyranosyloxy)-1H-pyrazoles. *Helvetica Chimica Acta*, 95, 1645-1656.
- Lugemwa, F.N., Shaikh, K. ve Hochstedt, E., 2013. Facile and efficient acetylation of primary alcohols and phenols with acetic anhydride catalyzed by dried sodium bicarbonate. *Catalysts*, 3, 954-965.
- Makino, T., Kanemaru, M., Okuyama, S., Shimizu, R., Tanaka, H. ve Mizukami, H., 2013. Anti-allergic effects of enzymatically modified isoquercitrin (a-oligoglucosyl quercetin 3-O-glucoside), quercetin 3-O-glucoside, a-oligoglucosyl rutin, and quercetin, when administered orally to mice. *Journal of Natural Medicines*, 67, 881-886.
- Mokale, S.N., Dube, P.N., Bhavale, S.A., Sayed, I., Begum, A., Nevase, M.C., Shelke, V.R. ve Mujaheed, A., 2015. Synthesis, in-vitro screening, and docking analysis of novel pyrrolidine and piperidine-substituted ethoxy chalcone as anticancer agents. *Medicinal Chemistry Research*, 24 (5), 1842-1856.
- Radhakrishnan, S.K., Shimmon, R. G., Conn C., ve Baker, A.T., 2015. Azachalcones: A new class of potent polyphenol oxidase inhibitors. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 25, 1753-1756.
- Satyanarayana, M., Tiwari, P., Tripathi, B.K., Srivastava, A.K. ve Pratap, R., 2004. Synthesis and antihyperglycemic activity of chalcone based aryloxypropanolamines. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 12 (5), 883-889.
- Shettigar, S., Chandrasekharan, K., Umesh, G. ve Sarojini, B.K., 2006. Studies on nonlinear optical parameters of bis-chalcone derivatives doped polymer. *Polymer*, 47, 3565-3567.
- Shettigar, S., Umesh, G., Chandrasekharan, K. ve Sarojini, B.K., 2008. Studies on third-order nonlinear optical properties of chalcone derivatives in polymer host. *Optical Materials*, 30, 1297-1303.
- Srivastava, A. ve Loganathan, D., 2013. Synthesis of guanidino sugar conjugates as Glc β Arg analogs. *Glycoconjugate Journal*, 30, 769-780.
- Usta, A., Öztürk, E. ve Beriş, F.Ş., 2014. Microwave-assisted preparation of azachalcones and their *N*-alkyl derivatives with antimicrobial activities. *Natural Product Research*, 28 (7), 483-487.
- Varadi, A., Levai, D., Toth, G., Horvath, P., Noszal, B. ve Hosztafi, S., 2012. Glucosides of morphine derivatives: synthesis and characterization. *Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly*, 144, 255-262.
- Ventura, T.L.B, Calixto, S.D., de Azevedo Abraham-Vieira, B., de Souza A.M.T., Mello, M.V.P., Rodrigues, C.R., de Mariz e Miranda, L.S., Alves de Souza, R.O.M., Leal, I.C.R., Lasunskaja, E.B. ve Muzitano, M.F., 2015. Antimycobacterial and anti-inflammatory activities of substituted chalcones focusing on an anti-tuberculosis dual treatment approach. *Molecules*, 20(5), 8072-8093.
- Vogel, S., Ohmayer, S., Brunner, G. ve Heilmann, J., 2008. Natural and non-natural prenylated chalcones: Synthesis, cytotoxicity and anti-oxidative activity. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 16(8), 4286-4293.
- Wu, J.H., Wang, X.H., Yi, Y.H. ve Lee, K.H., 2003. Anti-AIDS agents 54. A potent anti-HIV chalcone and flavonoids from genus *Desmos*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 13 (10), 1813-1815.

- Yamazoe, A., Hayashi, K., Kuboki, A., Ohira, S. ve Nozaki, H., 2004. The isolation, structural determination, and total synthesis of terfestatin A, a novel auxin signaling inhibitör from *Streptomyces* sp. *Tetrahedron Letters*, 45, 8359–8362.
- Yaylı, N., Üçüncü, O., Yaşar, A., Küçük, M., Yaylı, N., Akyüz, E. ve Karaoğlu, Ş.A., 2006. Synthesis and biological activities of N-alkyl derivatives of o-, m-, and p-nitro (E)-4-azachalcones and stereoselective photochemistry in solution, with theoretical calculations. *Turkish Journal of Chemistry*, 30, 505-514.
- Yaylı, N., Mısır, G., Yaylı, N., Yaşar, A., Demir, E. ve Demirbağ, Z., 2010. Synthesis and antimicrobial activity of N-alkyl substituted p-methyl (E)-3- and 4-azachalconium bromides. *Turkish Journal of Chemistry*, 34, 219-228.
- Yaylı, B., 2016. *Scrophularia kotschyana* Benth. üzerinde farmakognozik çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yin, X.J., Zheng, L., Li, Y. ve Yin, S.F., 2010. Synthesis and calming activity of 2-amino-4-(4-β-D-allopyranoside-phenyl)-6-3(4)-substituted phenylpyrimidines. *Chemistry of Natural Products*, 46(5), 779-782.
- Zhai, L., Chen, M., Blom, J., Theander, T.G., Christensen, S.B. ve Kharazmi, A., 1999. The antileishmanial activity of novel oxygenated chalcones and their mechanism of action. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 43 (6), 793-803.

Sinop, Ordu ve Samsun İllerinin Sıcaklık Verilerinde Trend Analizi

Trend Analyses of Temperature Data of Sinop, Ordu and Samsun Provinces

Aslı ÜLKE*^{1,a}, Tuğba ÖZKOCA^{2,b}

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 55200, Samsun

²DSİ 13. Bölge Müdürlüğü, 07080, Antalya

• Geliş tarihi / Received: 11.11.2017 • Düzeltilecek geliş tarihi / Received in revised form: 08.05.2018 • Kabul tarihi / Accepted: 22.05.2018

Öz

Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artışına bağlı olarak iklim değişikliğinin, Türkiye’de neden olabileceği çevresel etkilerin en önemli sonuçları kuraklık ve taşkın olaylarının sıklığının ve şiddetinin artmasıdır. İklim değişikliği ile ilgili çalışmalar içerisinde sıcaklık parametreleri üzerinde yapılan analizler önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, Orta Karadeniz Bölgesi kıyı şeridinde bulunan Sinop, Ordu ve Samsun illerinin sıcaklık verileri analiz edilmiştir. Kullanılan veri setleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden temin edilmiştir. Verilerin zaman içerisindeki değişimlerinin ortaya konulması için Mann-Kendall Trend Testi ve Sen’in Trend Eğim Testi uygulanmıştır. Sonuçlar, bölgede beklendiği gibi sıcaklığın genellikle artış trendine sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Karadeniz Bölgesi, Küresel İklim Değişikliği, Mann-Kendall Testi, Sen’in Eğim Testi, Trend Analizi

Abstract

Of climate change due to increases in greenhouse gas concentrations in the atmosphere, the most important results of the environmental impact in Turkey may cause an increased incidence of droughts and floods. Among the studies pertaining to climate change, the analysis on the parameters of temperature has an important place. In this study, temperature data of Sinop, Ordu and Samsun cities which located in coastal side of the Middle Black Sea Region were analyzed. Used data sets were provided from Turkish State Meteorological Service. Mann-Kendall Trend Test and Sen’s Slope Test were performed to data sets to discover how data changes within time. . The results unsurprisingly show that the temperature has mostly positive trend in the region.

Keywords: Black sea Region, Global Climate Change, Mann-Kendall Analysis, Sen’s Slope Test, Trend Analysis

*^a Aslı ÜLKE; asli.ulke@omu.edu.tr; Tel: (0362) 312 19 19 (dahili: 1101); orcid.org/0000-0002-9676-8377

^b orcid.org/0000-0002-9959-478X

1. Giriş

20. yüzyılda, uygarlığın hızlı gelişimiyle birlikte doğal kaynaklar insanlar tarafından hızla tüketilmeye başlanmıştır. Sanayileşme, araç kullanımı ve evlerde fosil yakıt kullanımı giderek artmıştır. Fosil yakıt kullanımı da atmosfere bol miktarda sera gazı salınmasına neden olmuştur. Artan sera gazı miktarı iklimi etkilemektedir ve iklimde hissedilebilir değişiklikler meydana gelmeye başlamıştır. İnsan etkisi ile meydana gelmeye başlayan iklim değişikliğinin yanı sıra doğal değişkenlikler de iklimi etkilemektedir. Bu doğal değişkenlikler iç ve dış süreç olarak ayrıldığında; iç süreçler, genellikle atmosfer, okyanuslar, krayosfer, biyosfer ve litosfer arasındaki karşılıklı etkileşimin çeşitli birleşimlerini içermektedir. Dış süreçler ise, güneş radyasyonu ve dünyanın yörünge değişimleri, kutupların yer değiştirmesi, kıtaların kayması ve yükselmesi, dağ oluşumu, deniz seviyesi değişimleri gibi klimatolojik, atmosferin kütlesi ve kompozisyonu gibi meteorolojik, volkanik aktivite ve stratosferik aerosollerin üretimi gibi jeomorfolojik etmenlerden oluşmaktadır (Türkeş, 1989).

İnsanlığın son yüzyıl içinde yaptığı tahribatın bir sonucu olarak havanın da bileşimi önemli ölçüde bozulmuştur. Artan şehirleşme, özellikle sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları nedeniyle çevre ve atmosfer büyük ölçüde kirlenmekte ve küresel ölçekte havanın ısınma eğilimi de giderek artmaktadır (Kadıoğlu, 2008). Buna dayanarak insanın iklimi, iklimin de insanı etkilediği ortadadır. Ülkemizde kuraklığın yakın bir zamanda bugünkünden çok daha fazla hissedilebileceği açıktır. Bu nedenle, suyun öneminin artacağı göz önünde bulundurularak, ileriki yıllarda, suyun yönetimine, kuraklık planlarına, suyun yeniden kullanımıyla ilgili sistemlerin geliştirilmesi ve sulama tekniklerinin iyileştirilmesi çabaları yoğunluk kazanmalıdır.

Ülkemiz için su, enerji ve tarım açısından son derece önemlidir. Su yapılarının amaçlarına uygun faaliyet gösterebilmesi ise ancak yeterli miktarda yağışın düşmesi ile mümkün olmaktadır. Buharlaşmanın, küresel ısınma ile artacağı ve ülkemizde daha şiddetli ve uzun süreli kuraklıkların görüleceği tahmin edilmektedir. Bu nedenle hem su kaynakları, hem de yağışa bağlı olan tarım ve hidroelektrik enerji üretimi büyük oranda etkilenebilmektedir. Hidrolojik döngüdeki değişimler diğer yandan, ani sel olaylarını da tetiklemektedir. Son yıllarda ülkemizde sıcaklık, yağış, akış ve deniz seviyesi gibi değişik

parametreler üzerinde trend analizi ile ilgili değişik bölgeleri kapsayan çalışmalar gittikçe artmaktadır (Türkeş vd. 1995; 1996; Kadıoğlu, 1997; Kahya ve Kalaycı, 2004; Partal ve Kahya, 2006; Toros, 2012; Erlat ve Türkeş, 2013). Türkeş vd., (2002), yaptıkları çalışmada kış ve ilkbahar ortalama sıcaklıklarının özellikle Türkiye'nin güney bölgelerinde artma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir.

Karadeniz Bölgesinde de benzer çalışmalar gerçekleştirilmiştir, kısaca özetlenecek olursa; Tecer vd., (2004), Rize ölçüm istasyonundan aldıkları 1975-2001 yıllarına ait sıcaklık ve yağış verilerine çeşitli istatistiksel analiz yöntemleri uygulayarak iklim değişimini yerel olarak ele almışlardır. Analiz sonucunda, ortalama yıllık ve ortalama maksimum yıllık sıcaklıklarda artış saptarken, Rize yağışlarının da daha yağışlı bir iklime doğru eğilim gösterdiğini tespit etmişlerdir. Okutan vd., (2004), iklim değişikliklerinin, özellikle Çayeli ve yöresindeki yağışlar üzerindeki etkilerine bağlı olarak, yörede gelişen seller ve heyelanların incelenmesini amaçladıkları çalışmalarında Kuzeydoğu Anadolu'da sıcaklıkların zaman içinde düzenli olarak arttığını belirlemişlerdir. Kahya vd., (2004), Türkiye'deki akım değerlerinin trend analizi üzerine yaptıkları çalışmada 31 yıllık veri seti ile Sen's T test, Sperman Rho Testi ve Mann-Kendall testini kullanarak trend analizi çalışması yapmışlardır. Yaptıkları çalışma neticesinde Türkiye'nin batısında 0,05°C'lik bir azalış trendi, doğusunda ise herhangi bir trendin olmadığını vurgulamışlardır. Ayrıca yaptıkları çalışmada Yeşilirmak'ın kuzeyinde bir pozitif trendin var olduğunu belirtmişlerdir. Şensoy vd., (2005), Türkiye'de sıcaklıkların artma eğiliminde olduğunu, günlük sıcaklık genişliği ile birlikte donlu ve buzlu günlerin sayısında azalma olduğunu belirtmiştir. Aynı zamanda serin geceler sayısı azalırken, sıcak geceler sayısının artış gösterdiğini, hem maksimum hem de minimum sıcaklıkların arttığını vurgulamıştır. Ceylan ve Kömüşçü (2007), Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Uzun Yıllar ve Mevsimsel Dağılımlarını ortaya koymak amacıyla yaptıkları çalışmada, 1940–2006 yıllarını esas alarak 2000'li yıllardan itibaren doğal afetlerin sayısında artış eğilimi olduğunu belirtmişlerdir. Bu tür olayların özellikle Karadeniz ve İç Anadolu Bölgelerinde ön plana çıktığını belirtmişlerdir. Türkeş (2007), tüm dünyadaki ortalama sıcaklıklarda bir artışın olduğunu, 1996-2005 döneminde küresel ortalama sıcaklıklarda 0,74 °C'lik artış trendinin olduğu sonucunu elde etmiştir. Cosun ve Karabulut (2009),

Kahramanmaraş'ta ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıkları için trend analizi çalışması yapılmıştır. Kahramanmaraş ve Elbistan istasyonlarında sıcaklıkta anlamlı bir artışın varlığını olduğunu tespit etmişlerdir. Tecer ve Cerit (2009), 1975-2007 yılları arasında Rize ilindeki sıcaklık değerlerinin trend analizi üzerine yaptıkları çalışmalarında 33 yıllık periyotta maksimum sıcaklıklarda 1.61 °C'lik bir artışın olduğu, ayrıca yıllık minimum sıcaklıklarda ise 0.99 °C'lik artış trendinin olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Erilat ve Türkeş (2013), Türkiye'nin 2010 yılına kadar olan dönemde yaz günlerinin ve tropikal günlerin sayısının artışına yönelik 97 meteoroloji istasyonu ile yaptıkları çalışmalarında Anadolu'nun kuzeybatısında pozitif bir trendin olduğunu sonucuna varmışlardır. Doğan vd., (2014a), 1950-2006 dönemini ele alarak Türkiye'deki sıcaklık serilerinin trend analizi üzerine yaptıkları çalışmalarında 1992 yılı itibariyle trendde bir dönüm noktası olduğunu elde etmişlerdir. Yine Doğan vd., (2014b), elde ettikleri çalışma sonucuna göre Türkiye kıyılarının deniz seviyelerinde belirgin bir artış söz konusudur.

Çalışmada Orta Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Sinop, Ordu ve Samsun illerinin sıcaklık verileri

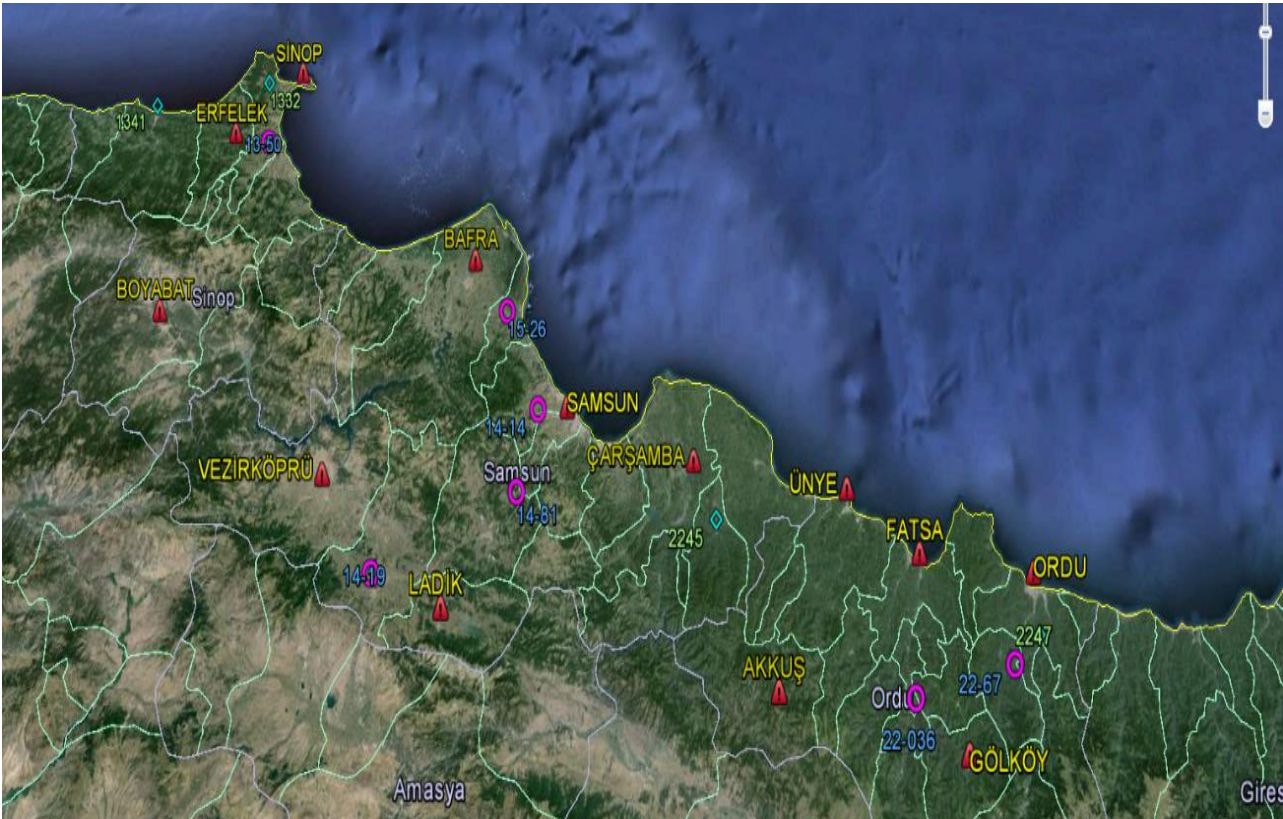
kullanılarak trend analizi yapılmıştır. Çalışma özellikle bölgede son yıllarda meydana gelen taşkınlarla, sıcaklıktaki değişimlere bir açıklama bulabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada sadece bölgenin kıyı kesimlerinde yer alan Sinop, Ordu ve Samsun illerinin sıcaklık verilerin trend analizi çalışılmış, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 13 adet istasyonun 1975-2013 yılları arasındaki ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır (Şekil 1). İstasyonların denizden olan yükseklik, enlem, boylamı Tablo 1'de, istasyonlara ait temel istatistikler ise Tablo 2'de yer almaktadır.

Çalışma bölgesinde kış ayları ortalama sıcaklık değeri 7°C ve yaz ayları ortalama sıcaklık değeri 22°C'dir (TUİK, 2012). Bölgede Yeşilirmak ve Kızılırmak nehirleri, bunların kolları ve küçük dereler mevcuttur.

Trend analizinin amacı; uzun dönemlerde toplanan verilerden oluşan zaman serilerinde verinin eğilimini incelemektir. Bu amaçla Mann-Kendall Trend Analizi ve Sen's Trend Eğim Testi en sık kullanılan trend analizi yöntemleridir.



Şekil 1. Bölgenin haritası ve kullanılan istasyonların gösterimi

Tablo 1. Kullanılan istasyonlara ait bilgiler

No.	İstasyon Adı	Yükseklik(m)	Enlem	Boylam
1	Bafra	20	41° 35'K	35° 56' D
2	Boyabat	350	41° 28'K	34° 46' D
3	Çarşamba	35	41° 11'K	36° 45' D
4	Erfelek	175	41° 52'K	34° 56' D
5	Fatsa	10	41° 01'K	37° 31' D
6	Gölköy	925	40° 41'K	37° 37' D
7	Ladik	950	40° 55'K	35° 54' D
8	Ordu	4	40° 59'K	37° 54' D
9	Samsun	4	41° 17'K	36° 18' D
10	Sinop Hvl.	14	42° 01'K	35° 04' D
11	Sinop	32	42° 01'K	35° 10' D
12	Ünye	20	41° 08'K	37° 17' D
13	Vezirköprü	260	41° 09'K	35° 27' D

Trend analiz testleri yapıldıktan sonra ele alınan parametrelerin geçmişten günümüze nasıl bir artış veya azalış içinde olduğu, aynı zamanda gelecek yıllarda da eğilimin nasıl olacağı konusu tespit edilmiş olur.

2.1. Homojenlik Testleri

Uzun iklim kayıtlarına dayalı iklim değişikliği çalışmalarının ilk aşamasında kaçınılmaz olarak iklim verilerine homojenlik testi uygulanmalıdır. Homojen olmayan bir istasyondaki veriler, aynı bölge içinde komşu gözlemlerle karşılaştırıldığında ortalamadan ani sıçrama farkı ile karşımıza çıkar. Bu tip ani sıçramalar genellikle istasyonun yerlerinin değiştirilmesiyle ilgilidir. Bu çalışmada verilerin homojenliğini kontrol etmede 2 tip test

uygulanmıştır. Bununla birlikte gözlem programlarındaki değişiklikler, ölçüm cihazlarının yeniden kalibre edilmesi ya da insan kaynaklı ani çevresel değişiklikler de bunlara neden olurlar (Alexandersson ve Moberg 1997; Doğan vd., 2014b).

2.1.1 Standart Normal Homojenlik Testi

Birçok iklimsel ve hidrolojik büyüklüğün homojen olup olmadığını belirlenmesinde kullanılan bu yöntem Alexandersson tarafından 1986 yılında geliştirilmiştir. Esnek ve basit bir kullanıma sahip olan yöntem hidrometeorolojik veri setinin bir noktasını baz alarak ikiye böler ve 1 nolu denklemde T(c) değerini bulur.

Tablo 2. Kullanılan istasyonlara ait temel istatistikler

İstasyon Adı	Ortalama (°C)	Maksimum (°C)	Minimum (°C)	Std. Sapma
Bafra	13.712	15.631	12.383	0.732
Boyabat	13.074	15.103	11.417	0.784
Çarşamba	14.315	15.867	13.183	0.576
Erfelek	13.350	15.423	10.217	0.984
Fatsa	14.427	16.633	13.292	0.747
Gölköy	9.622	12.300	7.383	1.061
Ladik	9.885	12.110	8.283	0.835
Ordu	14.381	16.600	13.100	0.743
Samsun	14.446	16.510	13.183	0.725
Sinop Hvl.	14.369	16.717	13.117	0.870
Sinop	14.175	16.023	13.017	0.870
Ünye	14.322	16.433	13.092	0.758
Vezirköprü	13.146	15.410	11.583	0.845

$$T(c) = c \cdot \bar{z}_1 + (n - c) \cdot c \cdot \bar{z}_2^2 \quad (1)$$

Burada $\bar{z}_1 = \sum_{i=1}^c (y_i - \bar{y}) / \sigma / c$ ve $\bar{z}_2 = \sum_{i=1+c}^n (y_i - \bar{y}) / \sigma / (n - c)$ 'dir.

Veri setindeki değişim eğer bir "h" noktasında meydana geliyorsa, c=h noktasında T(c) maksimum değerine ulaşır. T₀ test istatistiği ise 2 nolu denklemde gösterildiği gibidir. Burada T₀ test istatistiği Tablo 3'de verilen değerini aşarsa sıfır hipotezi reddedilir.

$$T_0 = \max_{1 \leq c \leq n} T(c) \quad (2)$$

Tablo 3. % 99 ve % 95 güven seviyesinde veri sayısına bağlı T₀ test değerleri

N	20	30	40	50	70	100
%1	9.11	10.15	10.77	11.19	11.73	12.22
%5	6.95	7.65	8.10	8.45	8.80	9.15

2.1.2 Pettit testi

Pettitt tarafından 1979 yılında geliştirilen ve parametrik olmayan bu yöntem aylık veya yıllık ölçekte veri setindeki değişim noktasını bulabilmeyi hedefler. Bu testte sıfır hipotezi serinin bağımsız ve rastgele dağılımını belirtir. Bununla birlikte alternatif hipotez de ani bir değişim olma durumunu belirtmektedir. Yöntemdeki test istatistiğinin Mann-Whitney istatistiği ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Wijngaard vd., 2003). Yöntemde ilk olarak X₁,...,X_n değerleri r₁,...,r_n olarak Denklem 3'deki şekliyle sıralanır.

$$X_k = 2 \sum_{i=1}^k r_i - k(n + 1) \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Bulunan X_k değerleri grafik olarak çizildikten sonra X_k'nin mutlak maksimum değeri değişim noktasını vermiş olur (Denklem 4).

$$X_E = \max_{1 \leq k \leq n} |X_k| \quad (4)$$

Bu teste ait kritik değerler Tablo 4'de verilmiştir (Pettitt, 1979). Denklem'ün sonucunda elde edilen

değer, Tablo 4'de yer alan kritik değerden daha küçük ise o veri dizisi homojen demektir.

Tablo 4. %99 ve % 95 güven seviyesinde veri sayısına bağlı XE test değerleri

N	20	30	40	50	70	100
%1	71	133	208	293	488	841
%5	57	107	167	235	393	677

2.2 Trend Testleri

2.2.1 Mann-Kendall Tend Analizi

Parametrik olmayan bir test olan Mann-Kendall Trend testinde hedeflenen hidrometeorolojik zaman serilerinde var olabilecek pozitif veya negatif yöndeki gidişlerin istatistiksel önemini belirlemektir (Mann, 1945; Kendall, 1975; Mondal vd., 2012).

i = 1, ..., n-1'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri seti ile j = i + 1, ..., n' e kadar sıralanmış olan bir x_j veri setini kullanan bu testte sıralanmış her bir rakam x_i'yi bir başlangıç noktası gibi kullanarak, diğer sıralanmış veri grubu x_j ile Denklem 5'de gösterildiği gibi kıyaslama yapar.

$$gn(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & ; x_j > x_i \\ 0 & ; x_j = x_i \\ -1 & ; x_j < x_i \end{cases} \quad (5)$$

Denklem 6'da ise Mann-Kendall test istatistiği S'nin hesaplanması anlatılmaktadır. Denklemde n, yıl olarak veri uzunluğunu temsil eder.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n sgn(x_j - x_i) \quad (6)$$

S değeri ise n ≥ 8 olduğunda ortalaması (Denklem 7) ve varyansı (Denklem 8) ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir. n ≥ 30 durumunda ise z testi, t-testine yaklaşır.

$$E(S) = 0 \quad (7)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^p t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (8)$$

Denklem 8'de p, veri setindeki bağıl grupların sayılarını, t_i değeri de i uzunluğundaki bir seride bağılı gözlemleri ifade etmektedir. Denklem 8'de

yer alan toplam terimi sadece veri setinde bağlı gözlem olduğunda kullanılır.

Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği Z ise Denklem 9'daki gibi hesaplanabilir. Seride gidiş yoktur şeklinde ifade edilen sıfır hipotezi (H₀) varsayımı altında ortalaması sıfır, varyansı bir olan standart normal dağılım göstermektedir. Popülasyon parametresine genellikle belli bir değer atanır ve bu öne sürülen temel iddia sıfır hipotezidir. H₀ ile gösterilir. Mann-Kendall test istatistiği $Z_{\text{tablo},1-\alpha/2} \leq Z \leq Z_{\text{tablo},1-\alpha/2}$ eşitsizliğini sağladığında sıfır hipotezi kabul edilmektedir. Artı ve eksi Z değerleri sırasıyla eğilimlerin artan ya da azalan yönde olduğunu göstermektedir (Mondal vd., 2012).

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} ; S > 0 \\ 0 ; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} ; S < 0 \end{cases} \quad (9)$$

2.2.2 Sen'in Trend Eğim Testi

Sen (1968) tarafından geliştirilen parametrik olmayan bir testtir. Eğer doğrusal bir gidiş mevcut ise gerçek eğim için veri hatalarından veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen, eksik değerlerin bulunduğu kayıtlara uygulanabilen parametrik olmayan bir yöntem kullanılabilir (Yue vd., 1993). Burada veri sayısı n olmak üzere önce j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k (j>k) ise;

$$N=n(n-1)/2 \quad (10)$$

adet olmak üzere Q_i parametresi;

$$Q_i=(x_j-x_i)/(j-k) , (i=1,\dots,N) \quad (11)$$

bağıntısı ile hesaplanır. Bu bağıntı yardımı ile tüm Q_i değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. Sen yöntemine göre, hesaplanan N adet Q_i değerlerinin medyanı söz konusu doğrusal gidişin eğimini verir. N sayısının tek olması durumunda Denklem 12, çift olması durumunda ise Denklem 13 kullanılarak ilgili gözlemlerin birim zamandaki değişimi bulunur. Bu değerlerin pozitif olması artan yönde, negatif olması ise azalan yönde bir eğilimin olduğunu gösterir.

$$Q_{\text{medyan}} = Q_{(N+1)/2} \quad (12)$$

$$Q_{\text{medyan}} = \frac{|Q_{(N)/2}+Q_{(N+2)/2}|}{2} \quad (13)$$

3. Bulgular

3.1 Homojenlik Testleri Uygulamaları

İki tip homojenlik testi uygulanmış ve bu testler için kullanılan kritik değerler Tablo 5'de verilmiştir. Bu kritik değerler doğrultusunda hangi istasyonların homojen olup olmadığı Tablo 6'da verilmiştir. Çizelgedeki gri renk homojenliğin olmadığını göstermek amacıyla kullanılmıştır. Buna göre Çarşamba istasyonu dışındaki istasyonların homojen olmadığı görülmektedir. Trendin olup olmadığını belirleyen analiz çalışması sonuçlarında da homojen olmayan istasyonlarda güçlü bir trendin varlığı tespit edilmiştir.

Tablo 5. İstasyonlar için homojenlik testi kritik değer tablosu

Kritik Değerler (%5 Anlamlılık Seviyesi için Kritik Değerler)	
Standart Normal Homojenlik Testi	Pettitt Testi
8.1	167

Tablo 6. Verilere uygulanan homojenlik testi sonuçları

Test Sonuçları			
İstasyon Adı	SNHT	Pettitt Testi	Sınıf
Bafra	12.57	246	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Boyabat	12.83	252	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Çarşamba	1.67	79	Sınıf 1 - Homojen
Erfelek	14.42	301	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Fatsa	17.87	306	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Gölköy	25.25	366	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Ladik	16.89	298	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Ordu	18.92	316	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Samsun	17.79	304	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Sinop Havalimanı	18.68	325	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Sinop	18.08	303	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Ünye	18.51	306	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli
Vezirköprü	19.868	330	Sınıf 3 - Oldukça Şüpheli

3.1 Mann-Kendall Trend Analizi Uygulaması

Sıcaklık istasyonlarına Mann-Kendall trend analiz testi uygulanarak elde edilen sonuçlar Tablo 7’de gösterildiği gibidir. Tablo 7’den görüleceği gibi her istasyon için anlamlılık düzeyine göre irdeleme yapılmıştır. Çarşamba istasyonu için trendin varlığından söz edilememektedir. Aksine Bafra, Boyabat, Erfelek, Fatsa, Gölköy, Ladik, Ordu, Samsun, Sinop Havalimanı, Sinop, Ünye, Vezirköprü istasyonlarında artış trendinin olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre bölge genelinde sıcaklık değerlerinde bir artma eğiliminin var olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 7. Sıcaklık verilerine ait Mann-Kendall trend testi

Mann-Kendall Trend Testi Sonuçları ($\alpha=0.05, Z=1.96$)		
İstasyon Adı	Test Z	Trend
Bafra	2.60	Artış
Boyabat	2.90	Artış
Çarşamba	0.30	-
Erfelek	3.04	Artış
Fatsa	3.12	Artış
Gölköy	3.68	Artış
Ladik	3.68	Artış
Ordu	4.26	Artış
Samsun	3.87	Artış
Sinop Hvl.	4.26	Artış
Sinop	3.77	Artış
Ünye	3.65	Artış
Vezirköprü	3.44	Artış

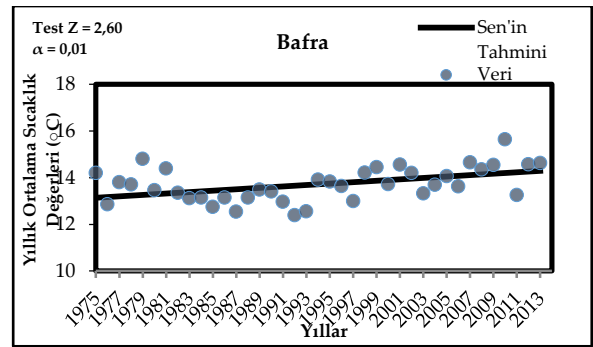
3.2 Sen’in Trend Eğim Testi Uygulaması

Sıcaklık istasyonları Sen’in testi metodu ile yapılan trend analizine ait sonuçlara ilişkin bilgiler Tablo 8’de verilmiştir. Burada dört istasyona ait analiz şekilleri verilmektedir. Bunlar Bafra istasyonu (0,0303’lük bir artış) “Şekil 2”, en düşük artış eğimi gösteren Çarşamba istasyonu (0,0019’luk artış eğimi) “Şekil 3”, en yüksek artış eğimi gösteren Gölköy istasyonu (0,0588’lik artış eğimi) “Şekil 4” ve Samsun istasyonu (0,0411’lik bir artış eğimi) “Şekil 5”dir.

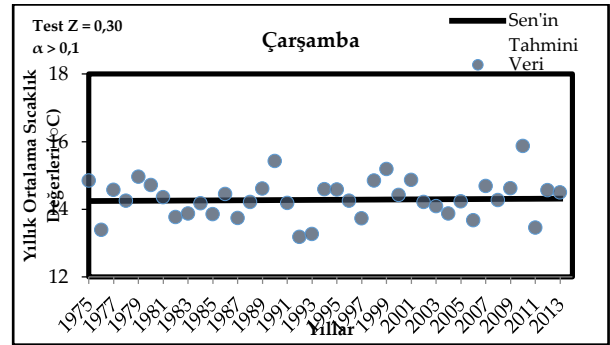
Tüm bu elde edilen değerler Sinop, Ordu ve Samsun kıyı illerinde genel olarak artış eğilimi gözlenmekte olduğunu ve bu artışın Ordu ilinin iç kesimlerinde daha yüksek mertebelere ulaştığını göstermektedir (Özkoca, 2015).

Tablo 8. Sen’in Trend Eğim Testi (1975-2013 periyodu, 39 yıl)

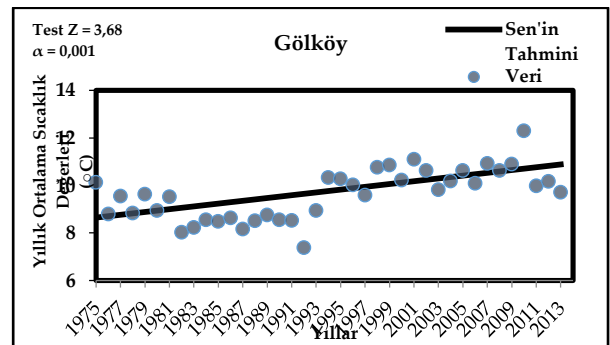
Sen’in Trend Eğim Testi Analizi Sonuçları		
İstasyon Adı	Q	B
Bafra	0.0303	13.1379
Boyabat	0.0306	12.5639
Çarşamba	0.0190	14.2444
Erfelek	0.0343	12.8565
Fatsa	0.0333	13.7417
Gölköy	0.0588	8.6475
Ladik	0.0432	9.0438
Ordu	0.0441	13.5556
Samsun	0.0411	13.6331
Sinop Hvl.	0.0481	13.4944
Sinop	0.0400	13.5133
Ünye	0.0396	13.5625
Vezirköprü	0.0411	12.3859



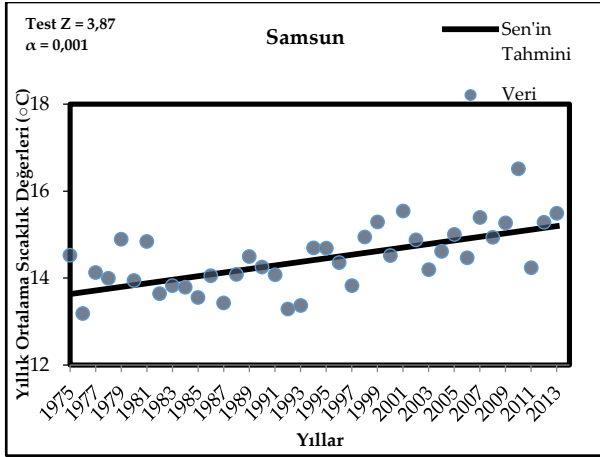
Şekil 2. Bafra İstasyonu Sen’in trend eğim testi analizi



Şekil 3. Çarşamba istasyonu Sen’in trend eğim testi analizi



Şekil 4. Gölköy istasyonu Sen’in trend eğim testi analizi



Şekil 5. Samsun istasyonu Sen'in trend eğim testi analizi

4. Sonuç

Sıcaklık verilerinde Mann-Kendall ve Sen'in Trend Eğim testi sonucunda elde edilen bulguları incelediğimizde Bafra, Boyabat, Erfelek, Fatsa, Gököy, Ladik, Ordu, Samsun, Sinop Havalimanı, Sinop, Ünye ve Vezirköprü istasyonlarında pozitif yönde anlamlı trendin var olduğu sonucu elde edilmiştir. Çarşamba istasyonunda ise anlamlı bir eğilime rastlanmamıştır. Çarşamba istasyonu için bu şekilde trend olmayışı; verilere uygulanan homojenlik testlerinin sonucuna göre anlamlı bulunmuştur.

Orta Karadeniz Bölgesi kıyı şeridi illerinin trend analizini içeren bu çalışmada sıcaklığın bölge genelinde artış trendinde olduğu görülmektedir. Küresel iklim değişikliğinde artan sıcaklık değerlerinin öncelikle yağışları, dolaylı olarak da akışları ve buharlaşmayı etkilediği ortadadır. İklim değişikliğinin tarıma olan etkisi ise kuraklık şeklinde ortaya çıkmaktadır. Yağış azlığı nedeniyle yeterli sulama yapılamamakta, bu da tarımda verimin düşmesine ve ürün çeşitliliğinin azalmasına sebep olmaktadır. Yaşanan bu kuraklık sebebiyle bölge ekonomisinin can damarı olan fındığın ve pirincin rekoltesinde büyük düşüşler gözlenmiştir. İklim değişimi sebebiyle, kentsel altyapıda problemlere yol açan 5, 10, 15 dakikalık kısa süreli yağışın şiddetinde de bir artış görülmektedir. 2012 yılında il merkezinde yaşanan iki büyük taşkın bunun en iyi göstergesidir. Bölgede zaman zaman içme-kullanma ve sulama sularında miktar ve kalite bakımından sıkıntılar gözlenebilmektedir. Son yıllarda yaşanan rejim değişimi sebebiyle Samsun şehir şebeke suyunun miktar ve kalitesinde büyük düşüşler yaşanmıştır.

Kaynaklar

- Alexandersson H. 1986. A Homogeneity Test Applied to Precipitation Data, *Journal of Climatology*, 6, 661-675.
- Alexandersson H. ve Moberg, A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17, 25-34.
- Ceylan, A. ve Kömüçü, A.İ., 2007. Meteorolojik Karakterli Doğal Afetlerin Uzun Yıllar ve Mevsimsel Dağılımları, 1. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, Türkiye s. 93-104.
- Cosun, F., ve Karabulut, M., 2009. Kahramanmaraş'ta Ortalama, Minimum ve Maksimum Sıcaklıkların Trend Analizi
- Doğan M., Ülke A. ve Cigizoglu, H.K., 2014a. Trend direction changes of Turkish temperature series in the first half of 1990s, *Theor. Appl. Clim.*, vol.121, no:1 - 2, 23-39.
- Doğan M., Cigizoglu, H.K., Şanlı, D.U. ve Ülke A., 2014b. Investigation of sea level anomalies related with NAO along the west coasts of Turkey and their consistency with sea surface temperature trends, *Theor. Appl. Clim.*, vol.121, no: 1-2, 349-358
- Erlat, E. ve Türkes. M., 2013. Observed changes and trends in number of summer and tropical days and the 2010 hot summer in Turkey, *International Journal of Climatology*, 33, s.1898-1908.
- Helsel D. R. ve Hirsch R. M. 1992. *Statistical Methods in Water Resources*. Studies in Environmental Science 49, New York, Elsevier
- Kadıoğlu, M., 1997. Trends in surface air temperature data over Turkey, *International Journal of Climatology*, 17, s. 511-520.
- Kadıoğlu, M., 2008. Günümüzden 2100 yılına iklim değişimi, TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, 13-14 Mart 2008, Ankara, Türkiye, s. 27-46.

- Kahya, E., ve Kalaycı, S., 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey, *Journal of Hydrology*, 289, s.128-144.
- Kendall, M.G., 1975. Rank correlation methods. Oxford University Press, New York.
- Mann, H.B., 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica*, 13(3), 245-259, DOI:10.2307/1907187.
- Mondal, A., Kundu, S. ve Mukhopadhyay, A., 2012. Rainfall trend analysis by Mann-Kendall test: A case study of North-Eastern part of Cuttack District, Orissa, *International Journal of Geology*, 2, s.70-78.
- Okutan, H., Cerit, O. ve Karacan, E., 2004. Küresel İklim Değişiklerinin Çayeli (Rize) Yöresindeki Doğal Afetlerin Oluşumuna Etkilerinin İncelenmesi, I. Ulusal Çevre Kongresi, Sivas, Türkiye, s. 367-377.
- Özkoca, T. 2015. Orta Karadeniz bölgesi kıyı illerinin hidrometeorolojik parametrelerinin trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Partal, T. ve Kahya, E., 2006. Trend analysis in Turkish precipitation data, *Hydrological Processes*, 20, s.2011-2026.
- Pettitt A. N. 1979. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Detection, *Applied Statistics*, Cilt 28, 126-135.
- Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau, *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379-1389.
- Şensoy, S., Demircan, M., ve Alan. İ., 2005. 1971-2004 Yılları Arası Türkiye İklim İndileri Trendleri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.
- Tecer, L., Okutan H. ve Cerit O., 2004. İklim Değişimi: 1975- 2001 Periyodunda Rize yağış ve sıcaklık trendlerinin analizi, I. Ulusal Çevre Kongresi, Sivas, Türkiye, s. 355-365.
- Tecer, L.H., ve Cerit, O., 2009. Temperature trends and changes in Rize, Turkey, for the period 1975-2007. *Clean*, 37(2), 150-159.
- Toros, H., 2012. Spatio-temporal variation of daily extreme temperatures over Turkey, *International Journal of Climatology*, 32, s.1047-1055.
- TUİK, Türkiye İstatistik Kurumu, 2012. Seçilmiş Göstergelerle Samsun 2012, s.14
- Türkeş, M., 1989. İklim değişimleri kuraklık ve çölleşme, D.M.İ. Genel Müdürlüğü Meteoroloji Dergisi, 38, s. 7-24.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Kılıç, G. 1995. Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability, *International Journal of Climatology*, 15, s. 557-569.
- Türkeş, M., Sümer, U., ve Kılıç, G., 1996. Observed changes in maximum and minimum temperature in Turkey, *International Journal of Climatology*, 16, s. 463-477.
- Türkeş, M., Sümer, U., ve Demir, İ., 2002. Türkiye'nin Günlük Ortalama Maksimum ve Minimum Hava Sıcaklıkları İle Sıcaklık Genişliğindeki Eğilimler ve Değişiklikler, 11-13 Nisan Klimatoloji Çalıştayı Bildiriler Kitabı, İzmir, s. 89-106.
- Türkeş, M., 2007. İklim Değişliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlene ve Öngörülen Değişiklikler, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi Bildiriler Kitabı, s. 38-53, İstanbul.
- Yue, S., Zou, S., ve Whittemore, D. 1993. Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas, *Journal of Hydrology* 150(1), s. 61-80.

1. KAPSAM ve GENEL BİLGİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (GUFBED), Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün yayın organıdır. Dergi kapsamında bütün Fen, Teknoloji, Mühendislik, Tarım ve Mimarlık Alanlarında daha önce başka yerlerde yayınlanmamış, özgün, araştırma makaleleri, derlemeler ve editöre mektuplar yayınlanır (Anket çalışmaları dergimizin konu kapsamına uygun değildir). Dergi **bilimsel ve hakemli** bir dergi olup, Ocak ve Temmuz aylarında olmak üzere yılda iki kez çevrimiçi ortamda yayımlanır.

Derginin amacı araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bilimsel yayına dönüştürülmesi, ulusal ve uluslararası indekslere girerek evrensel bilime katkı sağlamaktır.

2. YAYIN DİLİ ve ANLATIM

Dergide yayınlanacak tüm yazılar için yayın dili 2018'den itibaren olmak üzere Türkçe ve İngilizce'dir. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise yine bu sıralama dikkate alınarak yazılır.

Makale içerisinde yazar tarafından gerçekleştirilen çalışmalara yönelik (Deneysel çalışmalar, analizler vb) anlatımlarda **üçüncü şahıs kullanılmaya özen gösterilmelidir**.

3. ELEKTRONİK ORTAMDA BAŞVURU

Dergi ile ilgili **tüm yazışmalarda** DergiPark tarafından sağlanan arayüz kullanılmalıdır. Dergi **yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış** makaleler, basılı kopyaya gerek olmaksızın, Ulakbim Dergipark üzerinden <http://dergipark.ulakbim.gov.tr/gumusfenbil> adresi kullanılarak gönderilmelidir. Dergiye makale göndermek isteyen yazarların yazım kuralları ile birlikte "**Gönderi Kontrol Listesi**"ndeki her maddeyi de kontrol etmeleri gerekmektedir. Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Yayınlanacak makalelerde, araştırma ve yayın etiğine uygunluk esastır. "**Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu**" doldurulup bütün yazarlar tarafından imzalanmalıdır. Yayın ile ilgili işlemler bu formun tesliminden sonra başlar. Bu formun farklı kopyaları başka şehirlerde yaşayan yazar(lar) tarafından ayrı ayrı imzalanıp gönderilebilir.

Hayvanların veya zararlı maddelerin kullanıldığı araştırmalarda "**Etik Kurul İzin Belgesi**"nin makaleye eklenmesi gerekir. İnsanların denek olarak kullanıldığı araştırma sonuçlarını içeren makalelerde yazar(lar), "insan denemeleri üzerinde yetkili kurul" etik standartlarına ve gözden geçirilmiş Helsinki bildirgesi 1983'e uygunluğunu belgelemeleri gerekir.

4. DEĞERLENDİRME SÜRECİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne iletilen yazılar öncelikle dergi baş editörünün yönlendireceği bölüm editörü tarafından konu başlığı ve anahtar kelimelere dayanılarak biçimsel açıdan değerlendirilir. Bu ön kontrol aşamasında öncelikle intihal tespit yazılımları kullanılarak benzerlik raporları oluşturulur. Aday yayının benzerlik raporu toplamda %30, tek bir kaynaktan ise %5 oranından fazla olmamalıdır. Daha sonra incelenecek yayının dergi formatına uygun olup olmadığına karar verilir. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" olmayan veya eksik olan aday yayınlar ile benzerlik oranı sınırlarını aşan aday yayınlar ön incelemeye alınmaz. Dergi yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleler düzeltilmek üzere yazara geri gönderilir.

Formata uygun olarak hazırlanan yazılar dergi baş editörü tarafından inceleme sürecinin gerçekleştirilmesi için ilgili bölüm editörüne yönlendirilir.

Bölüm editörü bilimsel içerik bakımından değerlendirilmek üzere aday yayını, konusuna uygun olarak en az üç hakeme yönlendirir. Hakem seçiminde öncelikle konu ile ilgili dergi yayın danışma kurulu üyelerinden ya da alanında uzman başka bir bilim insanından yararlanılır. Hakemler değerlendirmeleri sonucunda, uygun, düzeltilerek yayınlanabilir, düzeltildikten sonra tekrar görmek isterim, istediğim düzeltmelerin kontrolünü derginin uzman bilimsel ekibi tarafından yapılması uygundur veya yayınlanamaz şeklinde kararları verebilirler.

Düzeltilme istenen yazılarla ilgili olarak yazar gerekli düzeltmeleri yapar. Ayrıca katılmadığı hususlarla ilgili olarak gerekçeli yazısını dergiye gönderir.

Hakem kurulu tarafından farklı türde değerlendirilen yazılar için bölüm editörü kendi görüşünü de ekleyerek değerlendirmenin sonuçlandırılması için baş editöre iletir. Değerlendirmede son karar baş editöre aittir. Baş editör gerekli görürse yeni bir hakem tayin eder veya yazı ile ilgili kararını sonuçlandırır.

Tüm değerlendirmeler sonucunda kabul ya da red kararı gerekçeleri ile birlikte DergiPark üzerinden yazışmadan sorumlu yazara iletir.

Değerlendirme sonucu kabul edilen makaleler dergi sekreteryası tarafından esasa bağlı kalınarak yayına uygun formata dönüştürülür.

Dergide yayımlanan makaleler başka hiç bir yerde yayımlanamaz veya bildiri olarak sunulamaz. Kısmen veya tamamen yayımlanan makaleler kaynak gösterilmeden hiçbir yerde kullanılamaz. Dergiye gönderilen makalelerin içerikleri özgün, daha önce herhangi bir yerde yayımlanmamış veya yayımlanmak üzere gönderilmemiş olmalıdır. Değerlendirmeye sunulacak çalışmaların bir başka dergiye gönderilmediği veya basılmadığı ön yazı ile belirtilmelidir.

Makale basım için kabul edilmezse "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" nun yasal bir önemi kalmaz ve hükümsüz olarak kabul edilir. Bu Form'un imzalanması ile yazarlar, makalenin "GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ" dergisi ve web sayfasında yayınlamasına ilaveten makalenin tamamı veya bir kısmının yasal olarak çoğaltılması ve dağıtılması hakkını Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'ne devrederek, kendi haklarından feragat etmektedirler.

5. MAKALE TÜRLERİ

Dergide yayınlanan farklı yayın formatları ile ilgili bilgiler ve yazı türlerine göre yazarların dikkat etmeleri gereken hususlar şu şekildedir:

5.1 Araştırma Makaleleri: Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Amaç, Gereç ve Yöntem, Bulgular, Tartışma ve Sonuçlar, gerekli ise Etik konular, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. Makale konunun uzmanları tarafından tekrarlanabilecek şekilde yeterli bilgiyi içermelidir. **Bu tür makalelerde ana metin 3500-4000 kelime arası olmalı, kaynak sayısı 40'ı aşmamalıdır.**

5.2 Derlemeler: Yazar(lar)ın uzmanlık alanında yapılmış eski araştırmaların derlenip eleştirel bir şekilde yorumlanıp ortaya yeni bir görüş ileri süren çalışmaları kapsmalıdır. **Bu tür makale öneren yazar(lar)ın en az 10 SCI-Expanded makalesi bulunmalı ve bunların en az 5 tanesi derleme yaptığı alanda olmalıdır.** Derlemeler, Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Öz, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Öz, İngilizce Anahtar Kelimeler, Giriş, Ana Bölümler, Alt Bölümler, Sonuç, Katkı Belirtme ve Teşekkür, Kaynaklar, Şekil ve Tablolara ilgili açıklamalar içermelidir. **Ana metin en fazla 5000 kelime olup kaynak sayısında bir kısıtlama yoktur.**

5.3 Editöre Mektup: Dergide yayınlanmış makaleler hakkında veya ilgili diğer konularda soru sormak, görüş bildirmek isteyenlerin yazıları bu türde değerlendirilir. Bu tür yazılarda kapsam ve etik kavramlar göz önünde bulundurulur. **Ana metin en fazla 1000 kelime olup kaynak sayısı 10'u geçmemelidir.**

6. MAKALENİN HAZIRLANMASI

• **Sayfa boyutu, sayısı ve kenar boşlukları:** A4 formatında, en fazla 15 sayfa olmalıdır. Tüm kenarlardan 2 cm boşluk bırakılmalıdır.

• **Sayfa numaraları:** Sayfa numaraları sayfa altında ve ortada verilmelidir. Sayfa numarası Times New Roman yazı tipinde ve 11 punto olmalıdır.

• **Satır numaraları:** Satır numaraları makalenin ilk sayfasından itibaren başlayarak ve “süreklili” olarak numaralandırılmalıdır (her sayfada yeniden başlat ve/veya her bölümde yeniden başlat özellikleri kullanılmamalıdır).

• **Satır boşlukları:** Bütün satır boşlukları Times New Roman karakterinde ve 11 punto olmalıdır.

• **Gövde Metni:** Ana metin “Times New Roman” karakterinde “11 punto” ile “iki yana yaslı” ve anahtar düzeyi “gövde metni” olarak ayarlanmalı, sağ ve sol satır girintisi olmamalı, metinden önceki ve sonraki aralık değerleri 0nk olmalı ve satır aralık değeri tek (1) olarak yazılmalıdır. Noktalama işaretlerinden (nokta, virgöl, noktalı virgöl vb.) sonra bir karakter boşluk bırakılmalıdır. Her paragraf arasında bir satır boşluk bırakılmalı, paragraf başlarında içerden başlanmamalıdır (ilk satır girintisi veya Tab tuşu kullanılmamalıdır).

• **Makale başlığı (Türkçe ve İngilizce):** Sayfa başından 1 satır boşluk bırakıldıktan sonra, Türkçe başlık Times New Roman, 14 punto, koyu, tek satır aralıklı ve ortalı olarak yazılmalıdır. Türkçe başlıktan sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. Daha sonra İngilizce başlık Times New Roman, 13 punto, italik, tek satır aralıklı ve ortalı olarak yazılmalıdır. Başlıklarda yer alan her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalı, otomatik başlık stilleri kullanılmamalıdır.

• **Yazar adı veya adları:** İngilizce başlıktan sonra 2 satır boşluk bırakılarak, unvan belirtilmeden, Adın ilk harfi büyük olacak şekilde tüm harfleri ve soyadın tamamı büyük harfle yazılmalıdır. Birden fazla yazarlarda aralarına virgöl konularak, Times New Roman, 11 punto, kalın ve sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. Sorumlu yazar isminde üst simge yıldız sembolü olmalıdır.

• **Yazarın/ların adresi/leri ve ORCID bilgisi:** Yazar adının hemen altına boşluk bırakılmadan, Times New Roman, 10 punto ve italik olarak yazılmalıdır. Adresleri aynı olan yazarlar için tek adres, farklı yazar adresleri alt alta boşluk bırakılmadan yazılmalıdır. Yayında yer alan tüm yazarların ORCID bilgileri mutlaka verilmelidir.

• **İletişim yazarının bilgileri:** Unvansız Ad soyad, e-mail adresi, telefon numarası (Tel: (xxx) xxx xx xx.) aralarına virgöl konularak 1. sayfanın altına dipnot olarak, (*) sembolü ile belirtilmelidir, Times New Roman, 10 punto ile yazılmalıdır.

• **Türkçe Öz:** Adres/ler den 2 satır boşluk bırakıldıktan sonra, **Öz** kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, **koyu** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Özetin gövde metni ise Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, iki yana yaslı, tek satır aralıklı ve girinti olmadan yazılmalıdır. Özet metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Öz başlığı ile özetin gövde metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **İngilizce Öz (Abstract):** Türkçe anahtar kelimelerin altına 2 satır boşluk bırakılarak, **Abstract**, kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, **koyu**, italik, tek satır aralıklı ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Abstract gövde metni Times New Roman yazı karakterinde, 11 punto, tek satır aralıklı ve italik olarak yazılmalıdır. Abstract metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Abstract kelimesi ile abstract metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **Anahtar kelimeler / Keywords:** “Anahtar kelimeler” Türkçe özetin altına bir satır boşluk bırakılarak Times New Roman, 11 punto ve tek satır aralıklı yazılmalıdır. En az 3 en fazla 6 adet anahtar kelime verilmeli, “Anahtar kelimeler” yazısı **koyu**, verilen diğer kelimeler ise koyu olmadan yazılmalıdır. Her kelimenin ilk harfi büyük ve aralarına virgöl konularak verilmeli ve alfabetik sıralamaya uygun olarak sıralanmalıdır. “Keywords” kelimesi İngilizce özetin altına bir satır boşluk bırakılarak Times New Roman, 11 punto, tek satır aralıklı, italik ve **koyu** yazılmalıdır.

İngilizce anahtar kelimeler (Keywords), Türkçe anahtar kelimelerde verilen sıralama dikkate alınarak yazılmalı, kelimeler koyu olmamalıdır.

• **Ana başlıklar:** Ana Başlıklar sırasıyla numaralandırılmalıdır (1. Giriş 2. Amaç, Gereç ve Yöntem gibi). **Tüm başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 11 punto **koyu** ve her kelimenin ilk harfi büyük yazılmalıdır. Ana başlıklardan önce ve sonra 1 satır boşluk bırakılmalıdır. **Alt başlıklar**, ana başlık numarasına uygun olarak numaralandırılmalıdır. **Tüm alt başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 11 punto, **koyu** ve **italik** olarak her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır (2.1. Malzeme 2.2. Deney Numunelerinin Hazırlanması, gibi). Alt başlıklardan önce ve sonra tek satır boşluk bırakılmalıdır. Başlıkları yazarken otomatik başlık stili, madde işaretleri, çok düzeyli liste gibi biçimler kullanılmamalı, düz metin şeklinde yazılmalıdır.

• **Şekiller, Resimler ve Fotoğraflar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak, net ve okunaklı olmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Şekil no ve adları şeklin altında şeklin sol alt kenarına yaslanarak ve sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olarak verilmelidir. Şekiller ya bir çizim programı ile çizilmiş olmalı ya da en az 300 dpi çözünürlükte taranmış olmalıdır. Şekil olarak gösterilen grafik, resim ve metin kutularında yer alan yazı ve sayıların büyüklüğü makale içinde Times New Roman karakteri ile yazılmış 9 punto boyutundaki bir yazının büyüklüğünden az olmamalıdır. Şekilden önce, şekil adından önce ve sonra birer satır boşluk bırakılmalıdır. **Şekiller metin içine yerleştirilirken mutlaka şekilden önce atıfta bulunulmalıdır. Şekil yazılarında (metin içerisinde ve ilgili şekillerin altında) otomatik şekil yazısı stili kullanılmamalı, düz metin şeklinde yazılmalıdır.**

• **Tablolar:** Sayfa sınırlarını aşmayacak şekilde ortalanarak konulmalıdır. Sıra ile numaralandırılmalıdır. Tablo no ve adları, tablonun sol üstünde tek satır boşluk ile sadece ilk kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde yazılmalıdır. Tablo adı yazılırken üstte ve altta birer satır, tablodan sonra yine bir satır boşluk bırakılmalıdır. **Tablolara tablodan önce mutlaka metin içerisinde atıfta bulunulmalıdır.** Tablo satır ve sütunlarındaki rakam ve yazılar Times New Roman 11 punto ile yazılmalıdır. Ancak zorunlu kalınan durumlarda yazı boyutu yazı sınırlarını geçmeyecek şekilde en az 9 puntoya kadar düşürülebilir. **Tablo yazılarında (metin içerisinde ve ilgili tabloda) otomatik şekil yazısı stili kullanılmamalı, düz metin şeklinde yazılmalıdır.**

• **Denklemler:** Metin içerisine yazılacak denklemler, Word yazım programındaki denklem editörü veya MathType editörü ile sola dayalı olarak yazılmalı ve eşitliklere sağa dayalı olarak parantez içerisinde sıra ile numara verilmelidir.

• **Semboller:** Makale çok sayıda sembol içeriyor ya da makaledeki sembollerin açıklanması gerekiyorsa uluslararası standarda uygun olarak, semboller, kaynaklardan önce, Times New Roman 11 punto ile *italik* yazılmalıdır. Makalede ondalık gösterimde nokta kullanılmalı, binlikleri ayırırken virgül kullanılmalıdır.

• **Kaynaklar:** Kaynaklar tez içerisinde “soyadı ve tarih sistemine” göre yazılmalıdır. Her kaynak kendi orijinal dilinde verilmelidir. Kaynak eserin yazımının bir satırdan daha uzun olması halinde ikinci satır ve diğer satırlar, **değinilen ilk eserin yazar ilk adının baş harfi hizasından başlayarak yazılmalıdır (yazar soyadının uzun olması durumunda ikinci satır 1 cm içeriden başlamalıdır). Takip eden kaynaklar, ilk kaynağın ikinci satır hizasından başlamalıdır.** Dergi adları ise kısaltma yapılmadan ve altı çizili olarak yazılır. Kaynaklar aşağıda verilen yönergelere göre yazılmalıdır:

1- Metin içerisindeki referanslara atıfta bulunma

1.1. Cümle içerisinde atıf verilen yazar ismine değinildiği durumlarda yıl parantez içerisinde yazılmalıdır.

“Popüler bir çalışmada Harvey (1992) konu ile ilgili olarak”

“David ve Clifford’a (2003) göre ...”

“Matthews ve Jones (1997) yapmış oldukları çalışmalarda ...”

1.2. Cümle içerisinde atıf verilen ancak yazar ismine değinilmeyen durumlarda hem yazar ismi hem de yıl parantez içerisinde yazılmalıdır. Birden çok atıf verilmiş ise iki atıf arası noktalı virgül ile ayrılmalıdır.

“Daha yeni bir çalışma (Stevens, 1988) göstermiştir ...”

“Doğu Pontidler, ‘Kuzey Zon’ ve ‘Güney Zon’ olmak üzere iki bölüme ayrılarak tanımlanmıştır (Özsayar vd., 1981; Güven, 1993).”

1.3. İki ve daha fazla atıf verilmiş ise sıralama yılı temel alınarak geçmişten günümüze doğru yazılmalıdır.

“Eosen ve sonrası gelişmiş volkanik aktiviteler sonucu meydana gelmiştir (Adamia vd., 1977; Şengör ve Yılmaz, 1981; Akıncı, 1984; Arslan vd., 1997; Arslan ve Aslan, 2006; Aslan, 2010).”

1.4. Aynı yazarın birden fazla eserine atıf verilmiş ise, eserlerin yılı dikkate alınarak geçmişten günümüze doğru yazılmalıdır.

“Derinoba ve Kayadibi granitleri (Kaygusuz vd., 2012a,b, 2013), Özdil Granitoyidi, Soğuksu ve Seslikaya granitleri (Kaygusuz vd., 2013, 2016) oluşturmaktadır.”

“Birkaç yazar tarafından tartışıldığı gibi (Smith, 1993, 2003; Brown, 1995; Smith ve Jones, 1997; Green, 2004)...”

1.5. Metin içerisinde yazarı belli olmayan internet kaynaklarına atıf yapılırken, büyük harflerle URL-sıra numarası (,), yıl şeklinde yazılmalıdır.

Örneğin: (URL-4, 2003), (URL 1 ve 2, 2003)

1.6. Kaynakların yazılması sırasında literatürde yaygın olarak bilinen periyodik dergilerin adları açık olarak yazılmalıdır.

Örneğin: *Mineralogy and Petrology*, *Journal of Geology and Mining Research*, *Journal of Food Engineering*, *Gondwana Research*.

2- Kaynaklar (Referanslar) Bölümünün Hazırlanması

2.1. Ulusal ve Uluslararası Makaleler:

Gücer, M.A., Arslan, M., Sherlock, S. ve Heaman, L.M., 2016. Permo-Carboniferous granitoids with Jurassic high temperature metamorphism in Central Pontides, Northern Turkey. *Mineralogy and Petrology*, 110, 943-964.

Le Breton, N. ve Thompson, A.B., 1988. Fluid-absent (dehydration) melting of biotite in metapelites in the early stages of crustal anatexis. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 99, 226-237.

Gücer, M.A., Aydınçakır, E., Yücel, C. ve Akaryalı, E., 2017. Tersiyer Yaşlı Altınpınar Hornblendli Andezitlerinin (Torul-Gümüşhane) Petrografisi, Mineral Kimyası ve P-T Kristalleşme Koşulları. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 7 (2), 236-267, doi: 10.17714/gumusfenbil.310263.

Kabul edilmiş ancak sayı almamış veya baskı aşamasındaki makaleler:

Çimen, O., Göncüoğlu, M.C., Simonetti, A. ve Sayıt, K., 2017. Whole rock geochemistry, Zircon U-Pb and Hf isotope systematics of the Çangaldağ Pluton: Evidences for Middle Jurassic Continental Arc Magmatism in the Central Pontides, Turkey. *Lithos*, doi: 10.1016/j.lithos.2017.06.020.

Hoffman, H.J. ve Masson, M., 1994. Archean stromatolites from Abitibi greenstone belt, Quebec, Canada. *Geological Society of America Bulletin*, 106 (baskıda).

2.2. Kitaplar:

Hem, J.D., 1989. Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Waters: USGS Professional Paper, 2254, US Gov. Print. Office, 263p.

Postel, S., 2000. Son Vaha, Su Sıkıntısıyla Karşı Karşıya, (çev: F. Şebnem Sözer), TUBİTAK-TEMA VAKFI yayınları, ISBN 975-403-188-6, Ankara, 218s.

Twiss, R.J., ve Moores, E.M., 1992. Structural geology: New York, W.H. Freeman and Company, 532 p.

Burchfiel, B.C., Hodges, K.V. ve Royden, L.H., 1992. The South Tibetan detachment system, Himalayan orogen: Extension contemporaneous with and parallel to shortening in a collisional mountain belt: Geological Society of America, Special Paper, 269, 41p.

2.3. Tezler:

Dağ, S., 2007. Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, 241s.

Tezcan, L., 1993. Karst Akifer Sistemlerinin Trityum İzotopu Yardımıyla Matematiksel Modellemesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 125s.

2.4. Raporlar:

Aslaner, M., 1972. Çayeli-Madenköy Cu-Pb-Zn Aramaları Hakkında Kısa Not, MTA Maden Etüd Rap. No. 118.

Baran, I. ve Kasparek, M., 1989. Marine Turtles of Turkey; Status Survey 1988 and Recommendations for Conservation and Management: WWF Report, Heidelberg, 123p.

IAEA, 1992. Statistical Treatment of Data on Environmental Isotopes, Technical Reports Series No.331, IAEA Vienna, 781p.

Akartuna, M., 1953. Çaycuma-Devrek Yenice-Kozcağız Bölgesinin Jeolojisi Hakkında Rapor: MTA Rap. No. 2059 (yayımlanmamış), Ankara.

Altun, İ.E., Şengün, M., Keskin, H., Akçaören, F., Sevin, M., Deveciler, E. ve Akat, M.U., 1990. 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Kastamonu-B17 Paftası: MTA Gen. Müd. Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.

2.5. Editörlü Kitaplar:

Zuber, A., 1986. Mathematical models for the interpretation of environmental radioisotopes in groundwater systems. Handbook of Environmental Isotope Geochemistry. Fritz, P. and Fontes, J.Ch. (Eds.), Elsevier, Amsterdam. pp. 1-59.

Akıncı, Ö.T., 1984. The Eastern Pontide volcano-sedimentary belt and associated massive sulphide deposits, in: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (Eds), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: Geological Society, London, Special Publications 17(1), 415-428.

- Aydın, M., Demir, O., Özçelik, Y., Terzioğlu, N. ve Satır, M., 1995. A geological revision of Inebolu, Devrekani, Ağlı and Küre areas: new observations in Paleotethys-Neotethys sedimentary successions, in: Eler, A., Ercan, T., Bingöl, E., Örçen, S. (Eds.), Geology of the Black Sea region. MTA, Ankara, Special Publication, pp. 33-38.
- Boynton, W.V., 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements; meteorite studies, in: Henderson, P. (Eds.), Rare earth element geochemistry. Elsevier Science Publishing Co., Amsterdam, pp. 63-114.
- Hippolyte, J.C., Müller, C., Kaymakçı, N., Sangu, E., 2010. Dating of the Black Sea basin: New Nannoplankton ages from its inverted margin in the Central Pontides (Turkey), in: Stephenson, R.A., Kaymakci, N., Sosson, M., et al. (Eds). Sedimentary basin tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform. Geological Society London Special Publications 340, 113-136.

2.6. Bildiriler Kitabı:

- Sualtı Günleri-1999, Türkiye'de Sualtı Görüntüleme, Belgeleme ve Arşivleme Çalışmalarının Günümüzdeki Durumu, 26-27 Şubat 1999, Bildiriler Kitabı (editörler: B. Akinoğlu, M. Draman), Sualtı Araştırmaları Derneği, Ankara, 84s.

2.7. Bildiri Özeti:

- Tezcan, L., Gunay, G., Hotzl, H., Reichert, B. ve Solomon, K., 1997. Hydrogeology of the Kirkgozler Springs, Antalya, Turkey. International Conference on Water Problems in the Mediterranean Countries, 17-21 November 1997, Near East Technical University, Nicosia, North Cyprus. p.76.
- Bayarı, C.S., Kurttaş, T. ve Tezcan, L., 1998b. Köyceğiz Gölü Karışım Dinamiği: Çevresel İzotoplar ve Üç Boyutlu Yerde Yoğunluk Ölçümleri. MTA Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildirileri, 2-6 Kasım 1998, Ankara, s.104-106.
- Gücer, M.A. ve Aslan, Z., 2011. Evaluation of diagenesis and metamorphism relationship by using clay mineral indices in the Yoncayolu (Üzümlü, Erzincan) area. International European Clay Conference, Antalya, Book of abstracts, s. 281.
- Akaryalı, E., Aydınçakır, E., Atay, U., Gücer, M.A. ve Türk, E., 2015. Mass change calculation of hydrothermal alteration in Kaletaş-Söğütağlı area (Gümüşhane, NE Turkey). The World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS), Prague, Abstracts, p. 232.

2.8. Tam Metni Basılı Bildiriler:

- Hamarat, S., Ülkenli, H. ve Türe, G., 1998. Türkiye kıyıları Aydıncık-Taşucu Deniz Mağaraları Sualtı Araştırmaları, Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, Aralık 1998, İstanbul, Türkiye, s.105-111.

2.9. Aktüel Dergi ve Gazete Haberi:

- Corliss, Richard, 1993. Sept. 13, Pacific Overtures. Time 142(11), 68-70.
- Feder, Barnaby J, 1993. December 18, For Job Seekers, a Toll-Free Gift of Expert Advice. New York Times 30 (late ed.).

2.10. İnternet Kaynakları:

Başaran, A., Yıldırım, N. ve Gülal, Z. (2000, 14 Ekim). Depreme karşı nasıl bir bina yapmalı?
Cumhuriyet Bilim Teknik, <http://bilimteknik.cumhuriyet.com.tr/~w/b08.-html>.

OCMIP, 2000., Ocean Carbon-Cycle Model Intercomparison Project, IGBP, Global, Analysis,
Interpretation And Modeling Task Force, <Http://www.lpsl.jussieu.-fr/OCMIP>.

URL-1, www.tdk.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster. 05 Ağustos 2011.



- AVCI E.**; Medyan ve Aralık Olarak Raporlanan Çalışmaların Meta-analizi: Erken Evre Meme Kanserinde Cerrahi Yöntem Tercihinde Yaş Faktörünün İncelenmesi / *Meta-analysis of Median and Range Reported Studies: Examination of Age Factor in the preference of Surgical Method in Early Stage Breast Cancer*.....175-184
- ÖZCAN K., ÇORBACI C.**; *Streptomyces* sp. Suşlarından Amilolitik Enzim Üretimi / *Production of Amilolytic Enzyme from Streptomyces sp. Strains*.....185-191
- VAİZOĞULLAR A İ.**; ZnO/CuO Nanopartiküllerinin Sentezi Karakterizasyonu ve Fotokatalitik Aktivitesinin 2,6-Diklor Fenol Kullanılarak Belirlenmesi / *Synthesis, Characterization of ZnO/CuO Nanoparticles and Determination of Its Photocatalytic Activity Using 2,6-Dichlorophenol*.....192-201
- ONARAN A.**; Endemik Anadolu Sığıla Ağacı (*Liquidambar orientalis* Mill.) Bitki Ekstraktlarının Bazı Bitki Patojeni Funguslara Karşı Antifungal Etkilerinin Belirlenmesi / *Determination of Antifungal Effects of Endemic Anatolia Sığıla Tree (Liquidambar orientalis Mill.) Plant Extracts against Some Plant Pathogenic Fungi*.....202-208
- ENGİN S., BÜYÜK U.**; Kontrollü Doğrusal Katılaştırılan Al-Cu Alaşımının Mikroyapısı, Mekanik ve Elektriksel Özelliklerinin Katılaştırma Hızına Bağlı Değişimi / *Variations with Growth Rate of the Microstructural, Mechanical and Electrical Properties of Directionally Solidified the Al-Cu Alloy*.....209-221
- AKKAŞ M A.**; Nano Sensörlerin Farklı Gaz Ortamlarında Geçiş Pencerelerinin Hesaplanması / *Calculating of Nano Sensor's Transmission Window According to the Different Gas Environments*.....222-229
- ŞENER S Ö., KORKMAZ N., AKKAYA Ş., BADEM M., ALİYAZICIOĞLU R., ÖZGEN U., ALPAY KARAOĞLU Ş.**; *Clinopodium vulgare* L. subsp. *vulgare* Ekstresinin Antioksidan, Antimikrobial, Tirozinaz İnhibitor Aktiviteleri ve RP-HPLC ile Fenolik Bileşiklerinin Araştırılması / *Investigation of Phenolic Compounds by RP-HPLC and Antioxidant, Antimicrobial, Tyrosinase Inhibitor Activities of Clinopodium vulgare L. subsp. vulgare Extract*.....230-238
- MARKAL B.**; Çarpan Eş Eksenli Bir Hava Jetinde Debi Oranının Akış Karakteristikleri Üzerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi / *Experimental Investigation of the Effect of Flow Rate Ratio on the Flow Characteristics in a Co-axial Impinging Air Jet*.....239-248
- BİÇER E.**; İkinci Mertebeden Gecikmeli Bir Diferansiyel Denklemin Hyers-Ulam Rassias Kararlılığı / *Hyers-Ulam Rassias Stability of a Second Order Delay Differential Equation*.....249-254
- MAALI M.**; Dikey Berkitmeli Alın Levhalı Kiriş-Kolon Birleşimlerin Davranışının Deneysel Olarak İncelenmesi / *Investigation of Experimental Analysis on Behaviour of End-Plate Beam to Column Connections with Vertical Stiffener*.....255-263
- BAYAR S.**; Metilen Mavisinin Doğal Kil Üzerine Adsorpsiyonu / *Adsorption of Methylene Blue onto Natural Clay*.....264-272
- FIRAT ALEMDAR Z., CAYMAZER D.**; Kentsel Dönüşüm Kapsamında Çok Katlı Betonarme Bir Bina'nın Deprem Performansının Değerlendirilmesi / *Seismic Performance Assessment of a Multi-Story Reinforced Concrete Building in Urban Transformation*.....273-283
- ÖZ M., BALTACI C., DENİZ İ.**; Gümüşhane Yöresi Kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve Siyah Kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) Meyvelerinin C Vitamini ve Şeker Analizleri / *The Analysis of Sugar and Vitamin C in Rosehip (Rosa canina L.) and Black rosehip (Rosa pimpinellifolia L.) Fruits of Gumushane Region*.....284-292
- KILINÇEKER O., GÖLGE Ö.**; Farklı Gamların Tavuk Köftelerdeki Bazı Özellikler Üzerine Etkileri / *The Effects of Different Gums on Some Properties of Chicken Meatballs*.....293-298
- İNAN BEKTAŞ K.**; Glikoz İzomeraz Üreticisi Dört *Geobacillus* Suşunun İzolasyonu ve Moleküler Metotlar Kullanarak Tanımlanması / *Isolation of Four Glucose Isomerase Producing Strains of Geobacillus and Their Identification Using Molecular Methods*.....299-308
- ERTUĞRUL Ü.**; 2-Uninormlar Üzerinde Denklik Bağlantısı ve Kıyaslanamayan Elemanların Kümesi / *Equivalence Relation on 2-Uninorms and the Set of Incomparable Elements*.....309-317
- ZENGİN B., KAYMAZ K., ARSLANNUR B.**; Tunceli İlindeki Trafik Kazası Oranlarının İncelenmesi / *Investigation of Traffic Accident Rates in Tunceli Province*.....318-324
- SÜME V.**; Micro Water Structures As A Renewable Energy Source; A Case Study In Maçka Trabzon In Turkey / *Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Mikro Su Yapıları; Maçka'da Örnek Bir Çalışma*.....325-334

ÖZTÜRK B.; Aşındırıcı Türü ve Boyutunun Otomotiv Fren Balatalarının Sürtünme-Aşınma Performansına Etkisi / <i>Effect of Abrasive Type and Size on the Friction-Wear Performance of Automotive Brake Friction Materials</i>	335-347
SAĞIROĞLU Y., GÖZÜTOK U.; Eğri Ailelerinin $GL(n, \mathbb{R})$ deki Denklikleri ve Diferansiyel İnvaryantlar / <i>Equivalence of Curve Families in $GL(n, \mathbb{R})$ and Differential Invariants</i>	348-357
CENGİZ M M.; Arıcılık ve Organik Bal Üretimi için Narman (Erzurum, Türkiye) Doğal Meralarında Ballı Bitki Potansiyeli / <i>Honey Plant Potential of Natural Rangelands of Narman (Erzurum, Turkey) for Beekeeping and Organic Honey Production</i>	358-364
AKÇA B., ERZENEĞLU S Z.; InSe ve InSe:Sn Yarıiletkenlerinde Farklı Tavlama Sıcaklıkları ve Süreleri için Lineer Soğurma Katsayılarının Belirlenmesi / <i>Determination of Linear Attenuation Coefficients for Different Annealing Temperatures and Duration in InSe and InSe:Sn Semiconductors</i>	365-371
CAN Ö., YILDIZOĞLU H.; Yığma Binalarda Deprem Performansının Belirlenmesi (Bayburt Korkut Ata Lisesi Örneği) / <i>Determination of Earthquake Performance in Masonry Buildings (Bayburt Korkut Ata High School Example)</i>	372-380
GÜNAYDIN M.; Tarihi Bir Yığma Minarenin Onarım Sonrasındaki Dinamik Karakteristiklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi / <i>Experimental Determination of the Dynamic Characteristics of a Historical Masonry Minaret after Repairing</i>	381-395
TOPUZ B., BALDAN PAKDİL N., SOLMAZ A.; Kobalt(II)'nin Amberlit XAD-4/SCHD Reçinesi Kullanılarak Yeni bir Katı-Faz Ekstraksiyon Yöntemi ile Zenginleştirilmesi ve Spektrofotometrik Tayini / <i>Preconcentration of Co(II) by a New Solid-Phase Extraction Method using Amberlite XAD-4/SCHD Resin and Spectrophotometric Determination</i>	396-409
ÖZTÜRK V.; Kısmi Metrik Uzaylarda İntegral Tip Büzülme İçin Sabit Nokta Teoremleri / <i>Fixed Point Theorems for Integral Type Contraction in Partial Metric Spaces</i>	410-417
TORUN S., DİRİK S.; LP-Kosimpletik Manifoldunun Kontak Pseudo-Slant Altmanifoldların Geodeziklik Durumları / <i>Geodesic Situations of Contact Pseudo-Slant Submanifolds in a LP-Cosymplectic Manifold</i>	418-429
ERİŞ BÜYÜKKAYA M., BEKTAŞ KAMIŞLIK A., KESEMEN T.; Üçgensel Müdahaleli Yarı-Markov (s,S) Tipli Modellerin Momentleri İçin Tahmin Ediciler / <i>Estimators of the Moments for a Semi- Markovian Model of Type (s,S) With a Triangular Distributed Interference of Chance</i>	430-441
KAHRİMAN N., SERDAROĞLU V.; Yeni Azakalkon-Şeker Hibrit Bileşiklerinin Sentezi / <i>Synthesis of Novel Azachalcone-Sugar Hybrid Compounds</i>	442-454
ÜLKE A., ÖZKOCA T.; Sinop, Ordu ve Samsun İllerinin Sıcaklık Verilerinde Trend Analizi / <i>Trend Analyses of Temperature Data of Sinop, Ordu and Samsun Provinces</i>	455-463