



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: 5

SAYI/NUMBER: 2

YIL/YEAR: 2015

Gümüşhane University Science and Technology Institute Bağlarbaşı Mahallesi 29100 Gümüşhane/TURKEY
gufbed@gumushane.edu.tr Tel: 0 456 233 12 85 Belge Geçer: 0 456 233 12 86



Gümüşhane University Journal of Science and Technology Institute

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

Published by Gümüşhane University Science and Technology Institute

Cilt/Volume:5 Sayı/Number:2 Yıl/Year:2015

Altı ayda bir yayımlanır/ Published twice a year

ISSN 2146-538X



Sahibi / Owner

Prof. Dr. İhsan GÜNAYDIN

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Adına

On the behalf of Gümüşhane University Science and Technology Institute

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Editor in Chief

Yrd. Doç. Dr. İbrahim TURAN

Editörler / Editorial Board

Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ

Yrd. Doç. Dr. Bülent AKAR

Yrd. Doç. Dr. Cemalettin BALTACI

Yayın Kurulu / Associate Editors

Prof. Dr. Murat KÜÇÜK

Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR

Doç. Dr. Ahmet GÖKDOĞAN

Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK

Doç. Dr. Selim ŞEN

Yrd. Doç. Dr. Bülent AKAR

Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

Yrd. Doç. Dr. Mehmet BAŞOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Hasan Tahsin BOSTANCI

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAVUŞOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Hüseyin DAŞ

Yrd. Doç. Dr. Selim KAYA

Yrd. Doç. Dr. Kemal KUVVET

Yrd. Doç. Dr. Seda NEMLİ

Yrd. Doç. Dr. Yasin OĞUZ

Yrd. Doç. Dr. Melih OKCU

Yrd. Doç. Dr. Zuhale OKCU

Yrd. Doç. Dr. Birol ŞAHİN

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Nuri URAL

Dergi Sekreteryası / Secretariat

Yrd. Doç. Dr. Enver AKARYALI

Arş. Gör. Dr. Mehmet Ali GÜCER

Öğr. Gör. Salih TÜRK

Arş. Gör. Ömer KARPUZ

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın süreli ve hakemli/ Common term and refereed

Yayın Tarihi / Publication Date

31. Temmuz. 2015

Hakemli bir dergi olan Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi yılda iki kez online olarak yayınlanmaktadır. Akademik usullere uygun atıf yapmak suretiyle Dergide yapılan çalışmalardan yararlanılabilir. Bu dergide yayınlanan çalışmaların bütünü sorumluluğu yazarlara aittir.



Danışma Kurulu/Advisory Board

- Emel ABDİOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Bülent AKAR-Gümüşhane Üniversitesi
Enver AKARYALI-Gümüşhane Üniversitesi
Vecihi AKSAKAL-Gümüşhane Üniversitesi
Eda Feyza AKYÜREK- Gümüşhane Üniversitesi
Kadri Cemal AKYÜZ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Selahattin ALBAYRAK-Gümüşhane Üniversitesi
Selçuk ALEMDAĞ-Gümüşhane Üniversitesi
Mehmet ALKAN- Yıldız Teknik Üniversitesi
Gökhan APAYDIN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fetullah ARIK-Selçuk Üniversitesi
Mehmet ARSLAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Yusuf AŞIK-Gümüşhane Üniversitesi
Mustafa ATASOY-Aksaray Üniversitesi
Zekeriya AYDIN-Namık Kemal Üniversitesi
Hamit AYDIN-Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Emre AYDINÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Bilge BAHAR-Gümüşhane Üniversitesi
Cemalettin BALTAÇI-Gümüşhane Üniversitesi
Hasan BALTAŞ-Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
Hacı Alim BARAN-Batman Üniversitesi
Turan BATAR- Dokuz Eylül Üniversitesi
Temel BAYRAK-Sinop Üniversitesi
Bahri BAYRAM-Gümüşhane Üniversitesi
Hakan BOLAT-Gümüşhane Üniversitesi
Hasan Tahsin BOSTANCI-Gümüşhane Üniversitesi
Fikri BULUT-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Oğuz BURNAZ-Gümüşhane Üniversitesi
Günay ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Tufan ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Zafer ÇAKIR-Gümüşhane Üniversitesi
Ahmet ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi
Özlem ÇAVDAR-Gümüşhane Üniversitesi
Kemal ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Necati ÇELİK-Gümüşhane Üniversitesi
Mustafa ÇULLU-Gümüşhane Üniversitesi
Serhat DAĞ-Gümüşhane Üniversitesi
Adem DOĞANGÜN-Uludağ Üniversitesi
Abdurrahman DOKUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Fatih DÖNER-Gümüşhane Üniversitesi
İbrahim DÜZGÜN- Gümüşhane Üniversitesi
Çiğdem SAYDAM EKER-Gümüşhane Üniversitesi
Murat EKİNCİ-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Saffet ERDOĞAN-Afyon Kocatepe Üniversitesi
Yener EYÜBOĞLU-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Ertan GÖKALP-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Candan GÖKÇEOĞLU-Hacettepe Üniversitesi
Ahmet GÖKDOĞAN-Gümüşhane Üniversitesi
Mehmet Ali GÜCER-Gümüşhane Üniversitesi
Levent GÜMÜŞSEL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Ali GÜNDOĞDU-Gümüşhane Üniversitesi
Oğuz GÜNGÖR-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Zülfü GÜROCAK-Fırat Üniversitesi
Abdullah KAYGUSUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Özgün KALKIŞIM-Gümüşhane Üniversitesi
Musa KARAALP-Gümüşhane Üniversitesi
S. Mustafa KARABIDAK- Gümüşhane Üniversitesi
Orhan KARPUZ-Gümüşhane Üniversitesi
Hakan KARSLI-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Afşin KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Elif ÇELENK KAYA-Gümüşhane Üniversitesi
Selami KESLER-Pamukkale Üniversitesi
Kemal KUVVET-Gümüşhane Üniversitesi
Murat KÜÇÜK-Gümüşhane Üniversitesi
Nurçin KÜÇÜK KENT-Gümüşhane Üniversitesi
Abdurrahman LERMİ-Niğde Üniversitesi
Nafiz MADEN-Gümüşhane Üniversitesi
Halim MUTLU-Ankara Üniversitesi
Salim Serkan NAS-Gümüşhane Üniversitesi
Melih OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Zuhal OKCU-Gümüşhane Üniversitesi
Korhan ÖZGAN-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Müdahir ÖZGÜL-Atatürk Üniversitesi
Emre ÖZKOP- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Ertekin ÖZTEKİN-Gümüşhane Üniversitesi
Serkan ÖZTÜRK-Gümüşhane Üniversitesi
Sultan ÖZTÜRK- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Selçuk REİS- Aksaray Üniversitesi
Sevim Beyza ÖZTÜRK SARIKAYA-Gümüşhane Üniversitesi
İsmet SEZER-Gümüşhane Üniversitesi
Ferkan SİPAHİ-Gümüşhane Üniversitesi
Bırol ŞAHİN-Gümüşhane Üniversitesi
Selim ŞEN-Gümüşhane Üniversitesi
Uğur ŞİMŞEK-Iğdır Üniversitesi
Emine TANIR- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Kamil TEKE-Hacettepe Üniversitesi
Yener TOP-Gümüşhane Üniversitesi
Ayhan TOZLUOĞLU-Düzce Üniversitesi
İbrahim TURAN-Gümüşhane Üniversitesi
Ahmet TUTUŞ-Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Osman ÜÇÜNCÜ-Gümüşhane Üniversitesi
Birgül VANİZÖR KURAL-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Alaaddin VURAL-Gümüşhane Üniversitesi
Ali YALÇIN- Aksaray Üniversitesi
Mualla YALÇINKAYA-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Şükrü YETGİN-Gümüşhane Üniversitesi
Faruk YILDIRIM- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mustafa YILDIRIM-Gümüşhane Üniversitesi
Volkan YILDIRIM-Karadeniz Teknik Üniversitesi
Hilal YILDIZ-Gümüşhane Üniversitesi
Ali Osman YILMAZ- Karadeniz Teknik Üniversitesi
Özcan YİĞİT-Çanakkale 18Mart Üniversitesi
Halil YOLCU-Gümüşhane Üniversitesi
Tahsin YOMRALIOĞLU-İstanbul Teknik Üniversitesi

İçindekiler/Contents

İŞYARLAR S., KIRBAŞ İ.; Doğal Gaz Yakıtlı Bir Yanma Odasında Hava ve Yakıt Hızlarının Sıcaklık, Entalpi ve Entropi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi.....	60-66
KARAKOYUN G., OSMA E.; Erzincan'da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven.) Ağır Metal Birikimi.....	67-77
ÇÖTELİ E., KARATAŞ F.; Yemlik (<i>Tragopogon reticulatus</i>) Bitkisinin Yapraklarındaki Glutasyon ve Vitamin Miktarları ile Toplam Antioksidan Kapasitesinin Araştırılması.....	78-86
ÇAKIR T., KARA A.; Dolgu Zeminine Ait Birim Hacim Ağırlık Değeri Değişiminin Konsol Bir İstinat Duvarının Sismik Davranışı Üzerindeki Etkileri.....	87-100
UÇAR T., MERTER O.; Farklı Deprem Düzeyleri İçin Betonarme Çerçvelerin Plastik Enerji İstemlerinin Belirlenmesi.....	101-113
KURT K.; Maçka (Trabzon) İlçesi ve Çevresinin Otbiçen (Arachnida: Opiliones) Faunası.....	114-123

Doğal Gaz Yakıtlı Bir Yanma Odasında Hava ve Yakıt Hızlarının Sıcaklık, Entalpi ve Entropi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Barış İŞYARLAR^{1*}, İbrahim KIRBAŞ²

¹Ordu Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 52200, Ordu

²Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, 15100, Burdur

Geliş tarihi/Received 21.11.2014

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 20.04.2015

Kabul tarihi/Accepted 05.05.2015

Özet

Alternatif enerji kaynaklarından olan doğal gazın kullanımı 2000'li yıllardan itibaren oldukça yaygınlaşmıştır. Doğal gazın başlıca kullanım alanları konut ısıtması, pişirme, sanayi ve elektrik santralleridir. Yaygın olarak kullanılmasından dolayı doğal gazın daha verimli kullanımı ve yakıt ekonomisi sağlamak için doğal gazın yanması üzerine çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Deneysel olarak yapılan çalışmaların zaman alması ve deneysel çalışmalarda karşılaşılan sorunlar nedeniyle çok fazla tercih edilmemektedir. Bu nedenle yanma olayını benzetim yapabilen programlar kullanarak çalışmalar kuramsal olarak yapılmaktadır. Bu çalışma, Fluent 6.0 paket programını kullanarak doğal gaz yakıtlı bir yanma odası içinde gerçekleşen yanma olayındaki termodinamik hal büyüklüklerinin incelenmesi üzerinedir. Öncelikle program kullanılarak doğal gaz yakıtlı bir yanma odası tasarlanmıştır. Daha sonra çeşitli parametreler ele alınmış, bu parametrelerin değişimlerinin sonucu olarak da, yanma odası içerisindeki sıcaklık, entalpi, entropi değerleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Doğal Gaz, Yanma, Yanma Odaları, Termodinamik Özellikler

Investigation of the Effect on the Temperature, Enthalpy and Entropy of the Air and Fuel Speed in Natural Gas-Fired Combustion Chamber

Abstract

The use of natural gas as alternative energy source has become fairly widespread since the 2000's. The main application areas of natural gas are the hosing heating, the cooking, the industry and the power plants. Various researches on the combustion of natural gas have been conducted to ensure the more efficient use of natural gas and fuel economy due to the widespread use. Experimental studies aren't too much preferred due to taking a long time and the problems encountered during experimental studies. Therefore, the studies on combustion chambers have been generally conducted theoretically by using a program which simulates to combustion. Using Fluent 6.0 package program in this study, the combustion which takes place in a natural gas-fired combustion chamber is on analysis of the thermodynamic state. The first, the natural gas-fired combustion chamber has been designed by using the Fluent 6.0 package program. The later, the temperature, enthalpy and entropy values in the combustion chamber have been investigated as a result of the changing these parameters by considering various parameters

Keywords: Natural Gas, Combustion, Combustion Chambers, Thermodynamic Properties

* Barış İŞYARLAR, isyarlar@hotmail.com, Tel: (0452) 233 41 59

1. Giriş

İçerisinde esas olarak metan (CH_4) ve daha az oranda etan (C_2H_6) ve propan (C_3H_8) gazları ağırlıklı olan doğal gaz oldukça temiz ve kaliteli sayılan bir gazdır (Aras, 1995). Hava ile karışımı daha kolay olan doğal gazın yanma verimi oldukça yüksektir (URL1, 2006; Küçükçalı, 1994). 1 m^3 gazın yanması sonucu 8250 kcal enerji açığa çıkar. Doğal gazın özgül ağırlığı 0.55 kg/m^3 civarındadır, aynı hacimdeki havadan yarı yarıya daha hafiftir. Doğal gazın tutuşma sıcaklığı $650\text{ }^\circ\text{C}$ dir. Doğal gazın alev hızı 0.36 m/s dir. Doğal gazın üst ısıl değer aralığı $8750\text{-}9360\text{ kcal/m}^3$ dir. (URL2, 2015). Ayrıca doğal gaz tam yandığında, hidrojenle oksijenin tepkimesi sonucunda su buharı meydana gelir. Doğal gazın yanması sırasında, ısının bir kısmı reaksiyon suyunun buharlaşması için harcanır. Doğal gazın yanması sonucu oluşan baca gazındaki su buharı oranı % 16.9 civarındadır. Doğal gaz içerisinde kükürt bulunmadığından baca gazı sıcaklığı $56\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar indirilebilir (Küçükçalı, 1998). Baca gazlarının ısısından yararlanma olanağı sağlanırsa verim, üst ısıl değerde % 96-97 oranında gerçekleştirilmektedir (Telli, 1998; Öztürk, 1991; Uyarel, 1995).

Yanma odaları hakkında geçmişten günümüze kadar hem kuramsal, hem de deneysel olarak birçok çalışma yapılmıştır. Yanma odaları, oda geometrisinin yakıtın yanma oranı ve akışına etkisini incelemek için dizayn edilmiş yapılardır (Johansson ve Olsson, 1995). Soyhan ve Soruşbay, yanma odası şeklinin yanma performansına etkisini incelemiştir (Soyhan ve Soruşbay, 1996). Bu yapılan çalışmaların asıl amacı yanma veriminin artırılmasının yanında, yanma süresinin kısa zamanda gerçekleşmesini sağlamak, yanma sonucu ortaya çıkan çevreye zararlı gazların oluşmasını engellemek, yanma odasının daha toplu hale getirilmesini sağlamaktır.

Kimyasal reaksiyon ısı transferine bağlı entropi üretimleri optimum dizayn koşullarının sağlanması için gerekli faktörlerdir. Bu yüzden yanma odası dizaynında minimum toplam entropi üretimi

sağlayacağı şekilde ve maksimum sıcaklık ve ölçülerde dizayn edilmesi önerilmektedir (Arjmandi ve Amani, 2015).

Oksijen yetersizliği, yanmanın tam olmamasının nedenlerinden biridir. Yanma odasında tam yanma için gerekli oksijenden daha fazla oksijen olsa bile, yanma tam olmayabilir. Bunun nedenlerinden biri, yakıtın ve oksijenin bir arada olduğu süre içinde yeterince karışmamasıdır (Çengel ve Boles, 1996). Yanmanın tam olmamasının bir başka nedeni de yüksek sıcaklıklarda önem kazanan ayrışmadır (Turns, 2000). Karbon-monoksit (CO); yetersiz hava, hava ve yakıt karışımının kötü olması veya yeterli büyüklükte boyutlandırılmamış yanma odası nedeniyle oluşan eksik yanma neticesinde meydana gelmektedir (Keating, 1993).

Hüseyin Topal, alışılmış ızgaralı kalorifer kazanlarının yanma odasında ve ızgara sistemlerinde yapılan bazı değişikliklerin kazan ısıl verim ve emisyon davranışına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Bu modifikasyonların kazan ısıl verimlerinin artırılmasında ve yanmadan kaynaklanan emisyonların da azaltılmasında oldukça etken olduğunu görmüştür (Topal, 1992).

Chen ve Lv dizel motorun yanma odasının çok amaçlı optimizasyonu olarak yaptıkları çalışmada hava/yakıt karıştırma, yanma ve emisyon oluşumu gibi parametreleri optimizasyon parametreleri olarak seçmişlerdir. Yanma odası simülasyonlarından gelen sayısal sonuçlar 8.9 L Cummins Dizel motor üzerinde yürütülen test ile karşılaştırılmıştır. En çok araştırılan çalışma koşulları için, emisyon simüle sonuçları test verileri ile iyi bir uyum gösterdiğini belirlemişlerdir (Chen ve Lv, 2014).

İlbaş vd. (2006) yapmış oldukları çalışmalarında gaz türbini yanma odası içerisindeki türbülanslı reaksiyon akışını, stokiometrik karışım oranlarında iki farklı hidrokarbon yakıt (metan ve propan) ile hidrojen yanması için sonlu hacimler tekniği ile çözüm yapan sayısal akışkan dinamiği çözücüsü FLUENT 6.1.22 programı

kullanılarak incelenmişlerdir. Bütün çalışma durumlarında yakıtın yanma odası çıkışında tamamen tükendiğini görmüşlerdir. Böylelikle, yakıtın tamamen yandığı ve çalışılan durumların bütününde tam yanma olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda hidrojenin, metan ve propana göre daha çabuk tükendiğini belirtmişlerdir (İlbaş vd., 2006).

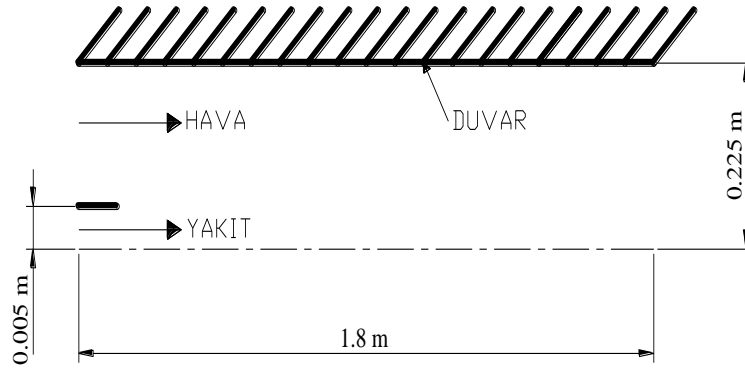
Yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı gibi bazı durumlarda deneysel çalışmaların zorlukları ve zaman gibi sorunlar simülasyon programları kullanılarak çözüm bulunmaktadır.

Bu çalışmada Fluent 6.0 paket program sayesinde doğalgaz yakıtlı bir yanma odasının modeli oluşturulacaktır. Bu yanma odasında yakıt (doğal gaz) ve hava hızlarının sıcaklık, entalpi ve entropi üzerindeki etkileri incelenecektir.

2. Materyal ve Yöntem

Fluent, ısı transferi, kütle transferi, akışkanlar dinamiği, kimyasal reaksiyon ve bunun gibi olayların simülasyonunu yapan, kütle korunumu, momentum korunumu, enerji korunumu, türbülans transport ve karışım denklemlerini kontrol hacmi tekniği kullanarak ayrık veya birleşik çözüm yöntemi ile sayısal olarak çözebilen, mühendislik uygulamalarında kullanılan genel amaçlı bir bilgisayar programıdır (İsyarlar, 2007).

Bahsi geçen incelemelerin yapılabilmesi için bir yanma odası tasarlanmış ve yanma olayı üzerinde hava ve yakıtın hızları değiştirilerek, diğer parametreler ise sabit tutularak hava ve yakıt hızlarının yanma olayı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yanma odası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Yanma odası

Hava ve yakıt hızlarının yanma olayı üzerindeki etkisinin incelenmesi için ilk önce standart bir durum seçilmiştir. Belirlenen bu standart duruma göre hava ve yakıt yanma odasına aynı sıcaklıkta (300 K) girmektedir. Duvar sıcaklığı adyabatik sıcaklık olarak seçilmiştir. Yakıt hızı ise 2 m/s, 4 m/s, 6 m/s,

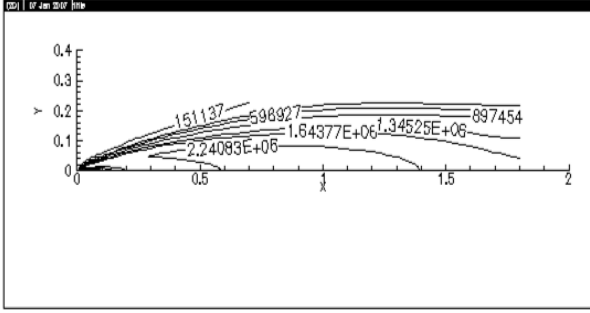
8 m/s, 12 m/s alınmıştır. Yakıt hızına bağlı olarak havanın hızı Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca yanma tepkimesinin stokiometrik miktarda hava kullanımıyla gerçekleştiği düşünülmüş ve yanmanın tam olduğu kabul edilmiştir.

Tablo 1. Yakıt hızına bağlı olarak hava hızı

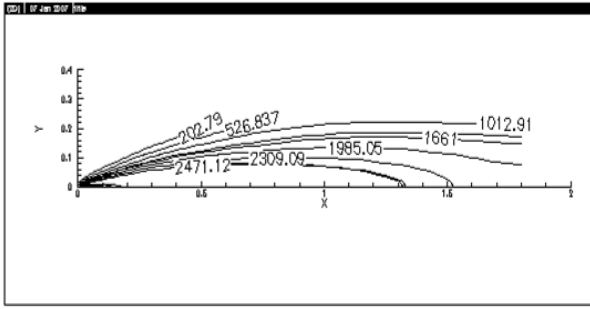
Teorik hava yüzdesi (%)	Yakıt hızları (m/s)				
100	2	4	6	8	12
Hava hızları (m/s)	0.0148	0.020	0.031	0.041	0.0889

3. Bulgular ve İrdeleme

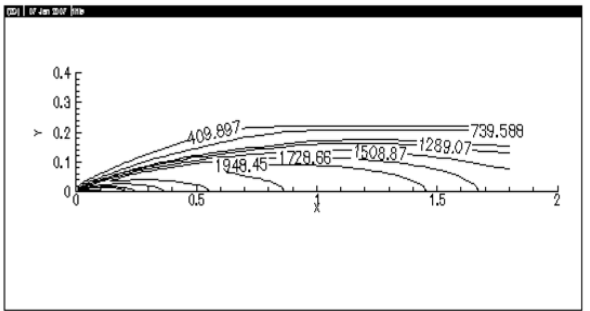
Yapılan bu çalışmada, doğal gaz yakıtlı bir yanma odası tasarlanmış olup ve bu yanma odası üzerinde çeşitli parametrelerin değiştirilmesi ile bu parametrelerin sıcaklık, entalpi ve entropi üzerindeki etkisi incelenmiştir.



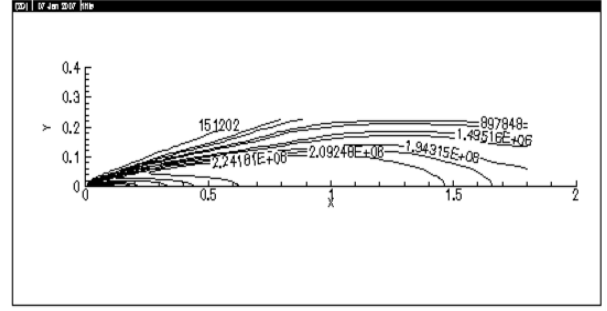
Şekil 2. Yakıt hızı 2 m/s olduğunda entalpi dağılımı



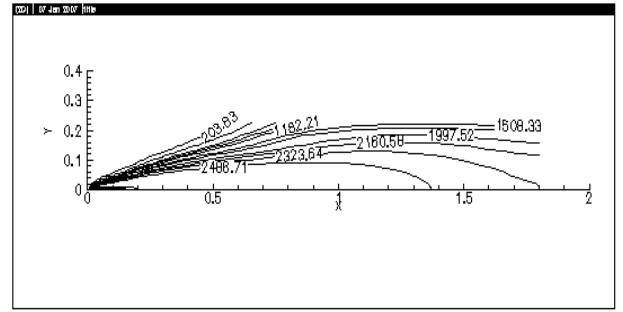
Şekil 3. Yakıt hızı 2 m/s olduğunda entropi dağılımı



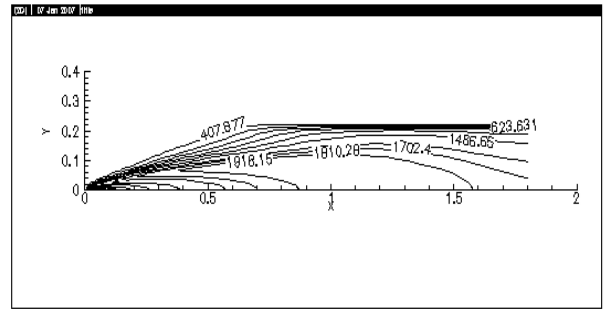
Şekil 4. Yakıt hızı 2 m/s olduğunda sıcaklık dağılımı



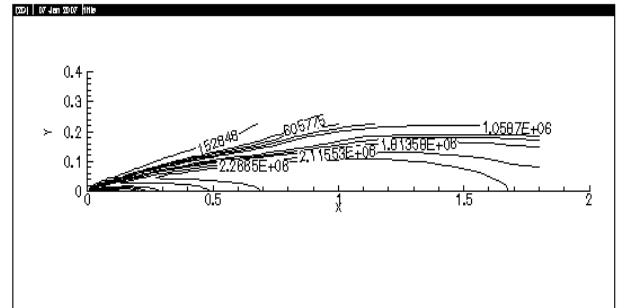
Şekil 5. Yakıt hızı 4 m/s olduğunda entalpi dağılımı



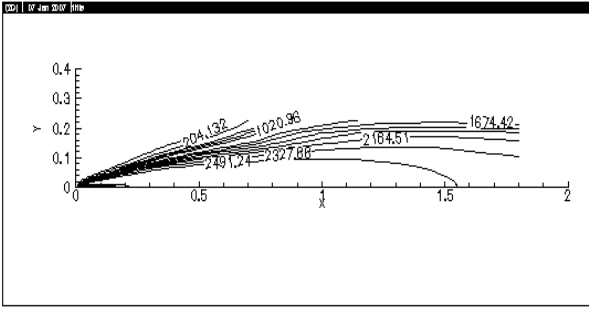
Şekil 6. Yakıt hızı 4 m/s olduğunda entropi dağılımı



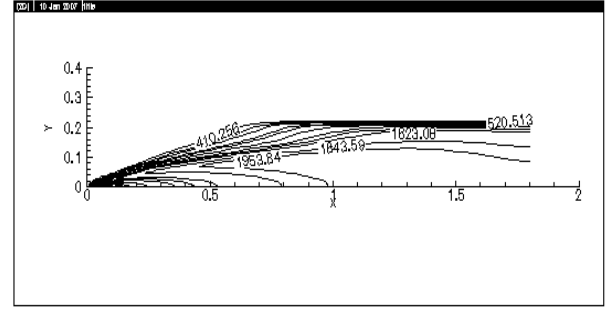
Şekil 7. Yakıt hızı 4 m/s olduğunda sıcaklık dağılımı



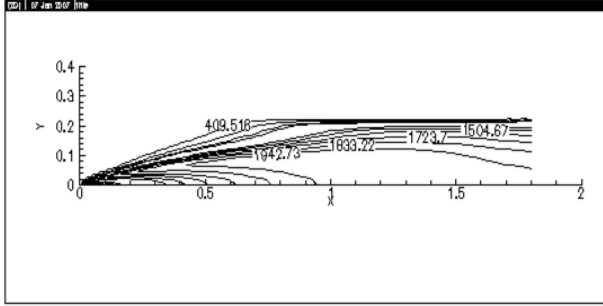
Şekil 8. Yakıt hızı 6 m/s olduğunda entalpi dağılımı



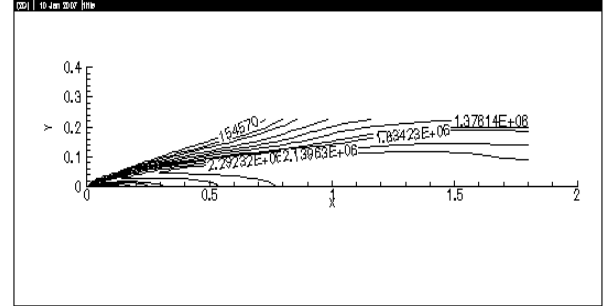
Şekil 9. Yakıt hızı 6 m/s olduğunda entropi dağılımı



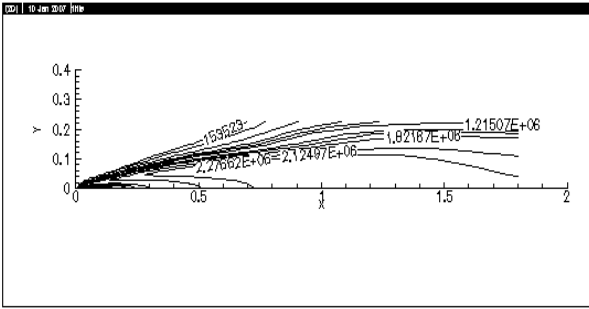
Şekil 13. Yakıt hızı 8 m/s olduğunda sıcaklık dağılımı



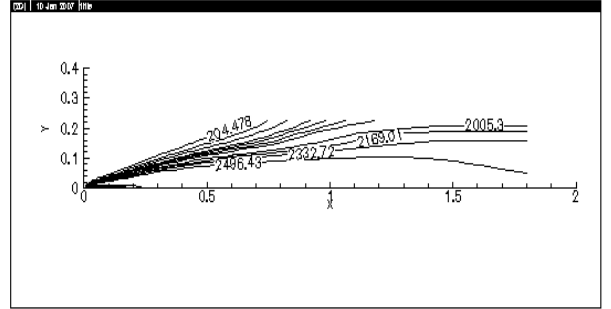
Şekil 10. Yakıt hızı 6 m/s olduğunda sıcaklık dağılımı



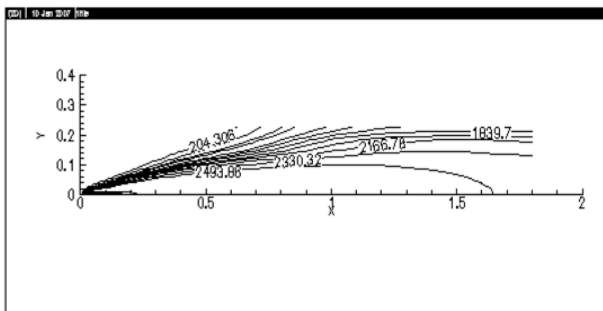
Şekil 14. Yakıt hızı 12 m/s olduğunda entalpi dağılımı



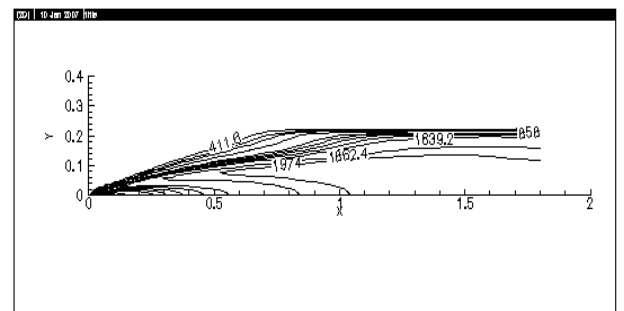
Şekil 11. Yakıt hızı 8 m/s olduğunda entalpi dağılımı



Şekil 15. Yakıt hızı 12 m/s olduğunda entropi dağılımı



Şekil 12. Yakıt hızı 8 m/s olduğunda entropi dağılımı



Şekil 16. Yakıt hızı 12 m/s olduğunda sıcaklık dağılımı

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde kabul edilen yakıt ve hava hızlarından elde edilen

entalpi, entropi ve sıcaklık değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kabul edilen yakıt ve hava hızlarındaki entalpi, entropi ve sıcaklık değerleri

Yakıt hızı (m/s)	Hava hızı (m/s)	Entalpi (kJ/kg)		Entropi (kJ/kmolK)		Sıcaklık (K)	
		En düşük	En yüksek	En düşük	En yüksek	En düşük	En yüksek
2	0.0148	151.13	2240	202.79	2471	409.89	1948
4	0.020	151.20	2241	203.83	2486	407.87	1916
6	0.031	152.84	2266	204.13	2491	409.51	1942
8	0.041	153.52	2276	204.30	2493	410.25	1953
12	0.0889	154.57	2292	204.47	2496	411.60	1974

4. Sonuçlar

Şekillerden de görüleceği üzere sıcaklığın en yüksek olduğu yakıt hızı 12 m/s'dir. Yakıt bu hızda iken sıcaklık değeri Şekil 16'dan 1974 K olduğu okunmuştur. Şekil 4'e bakıldığında yakıt hızı 2 m/s olduğu durumda sıcaklık 1948 K değerini almıştır. Şekil 14 ve Şekil 15'de 12 m/s hızındaki entalpi ve entropi değerleri sırasıyla 2292 kJ/kg ve 2496 kJ/kmolK olmuştur. 2 m/s yakıt hızı için bu değerler Şekil 2 ve Şekil 3'te 2240 kJ/kg ve 2471 kJ/kmolK olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak yakıt ve havanın uygun hızlarda yanma odasına girmesi ile yakıt ve hava hızlarının artması durumunda, en yüksek yanma sıcaklığı, entalpisi ve entropisi elde edilmektedir. Arjmandi, ve Amani, (2015) yaptıkları çalışmada farklı yakıt hızlarının entropi üretimine etkisini incelemişler ve artan yakıt hızıyla entropi üretiminin arttığını belirlemişlerdir. Yapılan bu çalışma literatür ile uyumluluk göstermektedir. Elde edilen değerlere ve şekillere bakıldığında sıcaklığın, entalpinin ve entropinin en yüksek ve düzgün olduğu yakıt hızı 12 m/s'dir. Burada önemli olan yakıt ve havanın uygun hızlarda yanma odasına gönderilmiş olmasıdır. Görüldüğü gibi en iyi yanma yüksek hızlarda gerçekleşmektedir.

Kaynaklar

Aras, H. ve Taner, K., 1995. Doğal Gaz Kullanan Tesislerde Atık Isıdan Faydalanma. Uluslararası Doğal Gaz Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara, 81-83s.

Arjmandi, H.R. ve Amani, E., 2015. A numerical investigation of the entropy generation in and thermodynamic optimization of a combustion chamber, *Energy* 81, 706-718.

Chen, Y., Lv, L., 2014. The Multi-objective Optimization of Combustion Chamber of DI Diesel Engine by NLPQL Algorithm, *Applied Thermal Engineering*, 73, 1330-1337.

Çengel, Y.A. ve Boles, M.A., 1996. Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, Literatür Yayıncılık, ISBN: 9789758431915.

İlbaş, M., Yılmaz, İ. ve Özkan, F., 2006. Gaz Türbini Yanma Odasında Hidrojen ve Hidrokarbon Yanmasının Model-lenmesi ve No_x Oluşumunun İncelenmesi, *Mühendis ve Makine*, 47, 559, 35-44.

İşyarlar, B., 2007. Doğal Gaz Yakıtlı Bir Yanma Odasında Termodinamik Hal Büyüklüklerinin Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 40-42s.

Johansson, B., ve Olsson, K., 1995. Combustion Chambers for Natural Gas SI Engines Part I: Fluid Flow and Combustion, International Congress and Exposition Detroit, Michigan February 27-March 2.

Keating, E.L., 1993. Applied Combustion, Marcel Dekker Inc., USA.

- Küçükçalı, R., 1994. Doğal Gazın Tanımı, Isısan Çalışmaları, 75: 8-10s.
- Küçükçalı, R., 1998. Doğal Gazın Tanıtımı, Isısan Çalışmaları, 172: 8- 11s.
- Öztürk, S., 1991. Doğalgaz ve Uygulamaları, Sistem Ofset, Ankara, 1-13s, 47s, 80-99s.
- Soyhan, H.S. ve Soruşbay, C., 1996. Combustion modelling in Dedicated Natural Gas Engines, Mathemahcal & Computational Applications, Vol I, NO. 1,PI' 119-125.
- Telli, Z.K., 1998. Termodinamik Semineri, Palme Yayıncılık, Ankara, 1-65s.
- Topal, H., 1992. Izgaralı Kazanlarda Yanma Odasındaki Yapısal Değişikliklerin Kazan Isıl Performans ve Emisyon Davranışına Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-17s.
- Turns, S.R., 2000. An Introduction to Combustion, McGraw-Hill, Inc., New York.
- Uyarel, A.Y., 1995. Konut Gaz Tesisleri Gaz Kullanımı, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları., ISBN NO: 9751110181, Ankara, 30-41s, 50s, 65s.
- URL-1, İstanbul Üniversitesi, 2006. Doğal Gazın Özellikleri ve Yanma Bilgileri <http://www.istanbul.edu.tr/yerkure/Petrol1.htm>
- URL-2, Doğal Gazın Özellikleri, 2015. <http://www.kargaz.com.tr/tr-TR/dogalgazin-ozellikleri-nelerdir/1848/Page.aspx>

Erzincan'da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven.) Ağır Metal Birikimi

Güven KARAKOYUN^{1*}, Etem OSMA²

¹Kemah Necatibey Ortaokulu Kemah, Erzincan, Türkiye

²Erzincan Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Bölümü, Erzincan, Türkiye

Geliş tarihi/Received 26.01.2015

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 07.04.2015

Kabul tarihi/Accepted 05.05.2015

Özet

Bu çalışma ile Erzincan İli Şehir merkezinde 5 farklı bölge (İstasyon, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, Şehir Merkezi, Park) ve kontrol bölgesi (Mecidiye Köyü Mesire Alanı) olmak üzere altı farklı bölgeden sarıçam (Pinus sylvestris L. var. hamata Steven) bitkisinden kabuk, dal ve aynı bölgelerden toprak örnekleri toplanarak (Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Cr) ağır metallerin birikimi araştırılmıştır. Toplanan bitki ve toprak örnekleri laboratuvarında ön işlemlerden geçirildikten sonra ağır metal konsantrasyonları analiz edilmiştir. Şehir merkezi ve kontrol bölgelerinden elde edilen veriler istatistiksel olarak karşılaştırılarak bölgeler arasındaki farklılıklar belirlenmiştir. Bölgeler arasında genel bir değerlendirme yaptığımızda ise istasyon ve aşağı çarşı bölgelerinden toplanan örneklerdeki ağır metal konsantrasyonunun diğer bölgelere göre daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Erzincan, hava kirliliği, *Pinus sylvestris*

Accumulation of Heavy Metals in Scots Pine (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven. Depending on Air Pollution in Erzincan

Abstract

With this study, heavy metals (Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Cr) accumulation was calculated collecting shell, branch, and soil samples of the scots pine plant (Pinus sylvestris L. var. hamata Steven.) in six different localities including five different regions (Station, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, City Centre, Park) and one control region (Mecidiye Village) from the centrum of Erzincan province. Collected plant and soil samples were exposed to a pre-treatment in laboratory, and then their heavy metal concentrations were analysed. The data obtained from the centrum and control localities were compared with each other, and the differences between them were determined. Moreover, obtained results were also compared with heavy metal limit values for soils and plants. When analysed in general, it was determined that heavy metal concentration in samples collected from Station and Aşağı Çarşı localities were higher than the other localities.

Keywords: Heavy metals, Erzincan, air pollution, *Pinus sylvestris*

* Güven KARAKOYUN, gkkbiyolog@hotmail.com, Tel: (0446) 511 32 94

1. Giriş

Çevre kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin; hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır. Çevre kirlenmesi, ekosistemlerin doğal dengesini bozan ve daha çok antropojenik kaynaklı ekolojik zararlardır. Günümüzde sanayileşme ve kentleşmenin hızla artması ve insanların doğal kaynakları bilinçsiz bir şekilde kullanması çevre kirliliğinin gittikçe artmasına neden olmaktadır (Bayar, 2009).

Çevre kirliliğine sebep olan ve ciddi boyutlarda tehlike oluşturan etmenlerin başında, ağır metaller gelmektedir. Toprak, su ve havada değişik oranlarda bulunabilen bu ağır metaller (Pb, Zn, Cu, Cr, Co, Cd, V v.b.) belirli konsantrasyonun üzerinde kirliliğe yol açarlar ve günümüzde çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak kabul edilirler. Ağır metallerin çevrede yaygın bir şekilde birikmesi, tüm canlılar için boyutları giderek artan bir tehlike oluşturmaktadır (Zengin ve Munzuroğlu, 2003).

Havanın metallerle kirlenmesinde ise en önemli faktör, fosil kaynaklı yakıtların kullanılmasıdır. Katı ve sıvı yakıtların içerdiği As, Se, Pb ve Cd gibi metaller baca ve egzoz gazları ile havaya karışmaktadır. Ayrıca metal endüstrisinde metal filizlerinin kavrulması sırasında ortama salınan baca gazları ve tozlar hava kirliliğine neden olan önemli faktörleri oluşturmaktadır.

1950'li yıllardan sonra sanayi faaliyetlerinin gelişmesiyle dünya gündeminde bir sorun olarak yerini alan ve günümüze kadar artarak devam eden 'hava kirliliği' tüm canlıların yaşam alanını ve sağlığını tehdit eder durumdadır. Özellikle 2000'li yılların başına kadar ülkemizdeki hava kirliliğinin temel nedenlerinin başında trafik kökenli kirlenme gelmiştir (Bayçu vd., 2006). Araçların egzozlarından

çevreye yayılan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve cıva (Hg) gibi ağır metaller gerek insanlar gerekse bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkiler yapabilmektedir (Çavuşoğlu vd., 2005).

Bu çalışma ile: Kontrol ve şehir merkezinde belirlenen bölgelerden toplanan toprak ile sarıçamla ait kabuk ve dal kısımlarında ağır metal konsantrasyonunu belirlemek. Kontrol ve şehir merkezlerinde belirlenen bölgelerden toplanan bitki ve toprak örneklerinde her bir metal için yapılan istatistiksel değerlendirmeler ile bölgeler arasındaki farklılıkları tespit etmek. Elde edilen veriler ışığında, ilimizin hava kirliliği yönünden durumunu tespit etmek. Sarıçamların biomonitor özelliklerini belirlemek gibi konular amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı bölgeden (İstasyon, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, Şehir Merkezi, Park) ve kontrol bölgesinden (Mecidiye Köyü Mesire Alanı) yeteri kadar toplanan örnekler laboratuvar ortamına getirilmiştir. Toprak ve bitki örnekleri alınırken, buldukları istasyonun bölgesi not edilerek ayrı ayrı poşetlere konmuştur. Alınan örnekler analiz çalışmalarında önce birkaç aşamadan geçirilmiştir. Öncelikle her bölgeden toplanan kabuk dal örnekleri bölgelerine göre ayırarak isim verilmiş ve etüvde 80 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Her örnekten sonra havan etil alkol ile yıkanarak kontaminasyon engellenmiş olup, toz haline getirilmiş örnekler ayrı poşetlere koyularak isimlendirilip saklanmıştır.

Toprak numuneleri ise, her bölgeden yüzeyinden itibaren döküntü temizlendikten sonra 10 cm'lik bölgeden, çapa kullanılarak ve kontaminasyonlardan korunarak yaklaşık 500 g olarak alınıp poşetlere konularak isimlendirilmişlerdir. Laboratuvar ortamına getirilen toprak

örnekleri yere serilip havalandırılarak iyice kurutulmuş ve hava kurusu haline getirilmiştir. Toprak örneklerini kontaminasyona karşı koruyabilmek için tekrar poşetlere konularak üzerlerine toplandıkları bölgelerin isimleri yazılmıştır.

Bitki örneklerinden 0.5 g tartılarak teflon hücrelere konularak, mikrodalga fırında örnekler içine 10 mL % 65'lik HNO₃ ilave edildikten sonra Nowave SA (Kanada) mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Hücreler içerisindeki örnekler, deiyonize su ile üzerleri 50 mL'ye tamamlanmıştır. Filtre kağıdından süzöldükten sonra Spectro blue marka ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur (Anonim, 2015; Osmo, 2013).

Toprak örnekleri de 0.5 g tartılarak teflon hücrelere konularak, mikrodalga fırında örnekler içine 9 mL % 65'lik HNO₃ ve 3 ml HCl eklenmiştir. Nowave SA (Kanada) mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 °C'de 5 dakika yakılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Hücreler içerisindeki örnekler, deiyonize su ile üzerleri 50 mL'ye tamamlanmıştır. Filtre kağıdından süzöldükten sonra Spectro blue marka ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur (Anonim, 2015; Osmo, 2013).

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0.05$ değeri anlamlı olarak değerlendirilmiştir. SPSS 19 Paket İstatistik Programı ile %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda, farklılığın belirlenmesi için Tukey HSD ve Dunnett t (2-sided) testi kullanılmıştır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda bölgeler arasındaki farklılıkların anlamlı olup olmadığı tespit edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ile daha önce yapılan buna benzer çalışmaların sonuçları karşılaştırılarak Erzincan şehir merkezindeki bitki ve topraklardaki ağır metal birikiminin bitki için yüksek düzeyde olup olmadığı araştırılmıştır. Erzincan şehir merkezinde yetişen sarıçamalarda ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal birikimini tespit etmeye yönelik yaptığımız bu çalışmada; özellikle şehrin aşağı kısımlarında yer alan İstasyon ve Aşağı Çarşı bölgelerinde kış aylarında yaşanan yoğun hava kirliliği sebebiyle bitki ve toprakta yoğun ağır metal birikiminin olduğu, hatta bazı elementlerde bitkide olması gereken değerlerden oldukça yüksek seviyelere ulaştığı görülmüştür. Elde ettiğimiz sonuçlar değerlendirildiğinde;

Toprakta:

Fe > Ni > Cr > Zn > Cu > Co > Pb

Kabukta:

Fe > Cu > Ni > Zn > Cr > Pb > Co

Dalda:

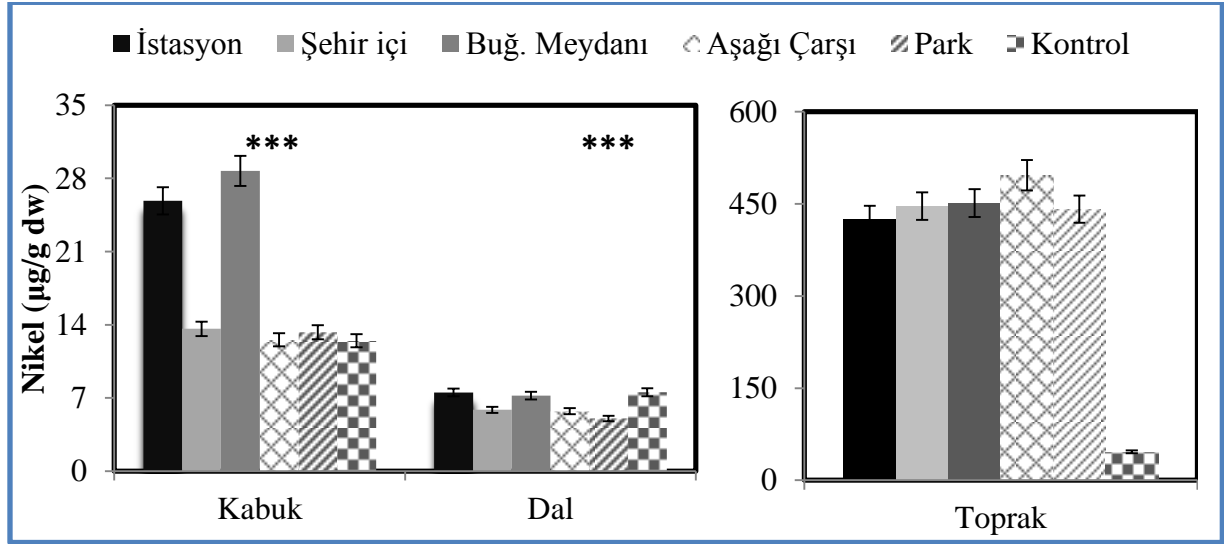
Fe > Cu > Zn > Ni > Cr > Pb > Co

Ağır metal konsantrasyonlarının şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

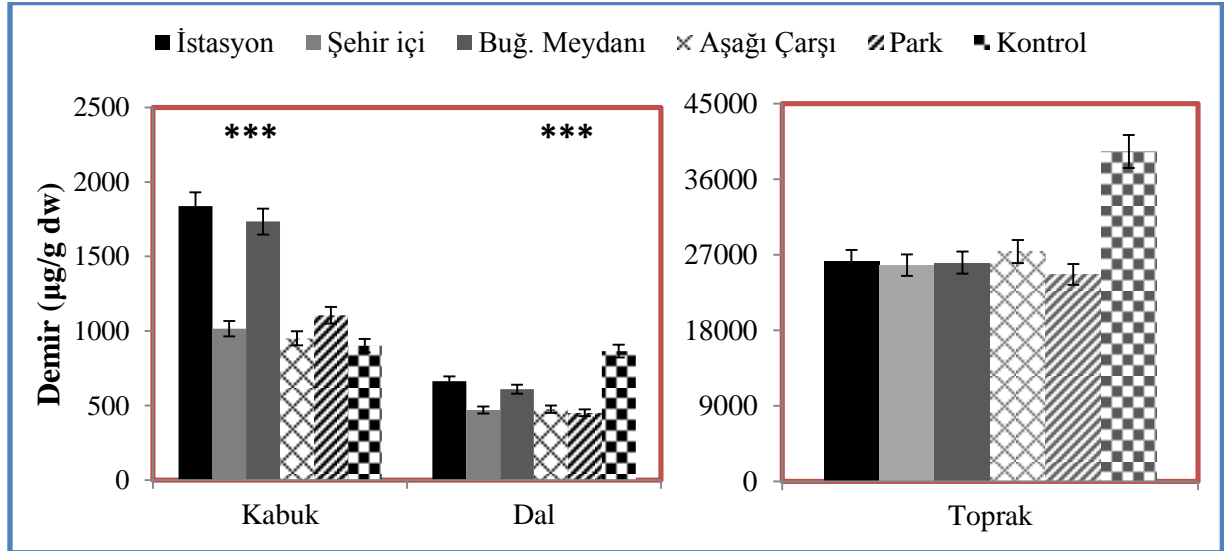
Elde edilen veriler ışığında toprakta Ni konsantrasyonunun şehir merkezinde özellikle aşağı çarşı bölgesinde kontrol bölgesine göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki kısımlarında da Ni konsantrasyonunun şehir merkezinde daha yoğun olduğu görülmüştür (Şekil 1). Toprakta Fe konsantrasyonunun kontrol bölgesinde daha yoğun olduğu ve bunun da toprağın yapısı ile ilgili olabileceği düşüncesindeyiz. Bitkinin kabuk kısmında Fe konsantrasyonu istasyon bölgesinde yüksek iken, dalda ise kontrol bölgesinde daha yüksektir (Şekil 2). Cu konsantrasyonu ise toprakta ve bitki kısımlarında kontrol bölgesinde daha

yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Zn konsantrasyonunun da Cu metal konsantrasyonu ile paralel olduğunu söyleyebiliriz (Şekil 4). Pb konsantrasyonunun buğday meydanı bölgesinde daha yoğun olduğu görülmüştür (Şekil 5). Co ve Cr metallerinin konsantrasyonlarının

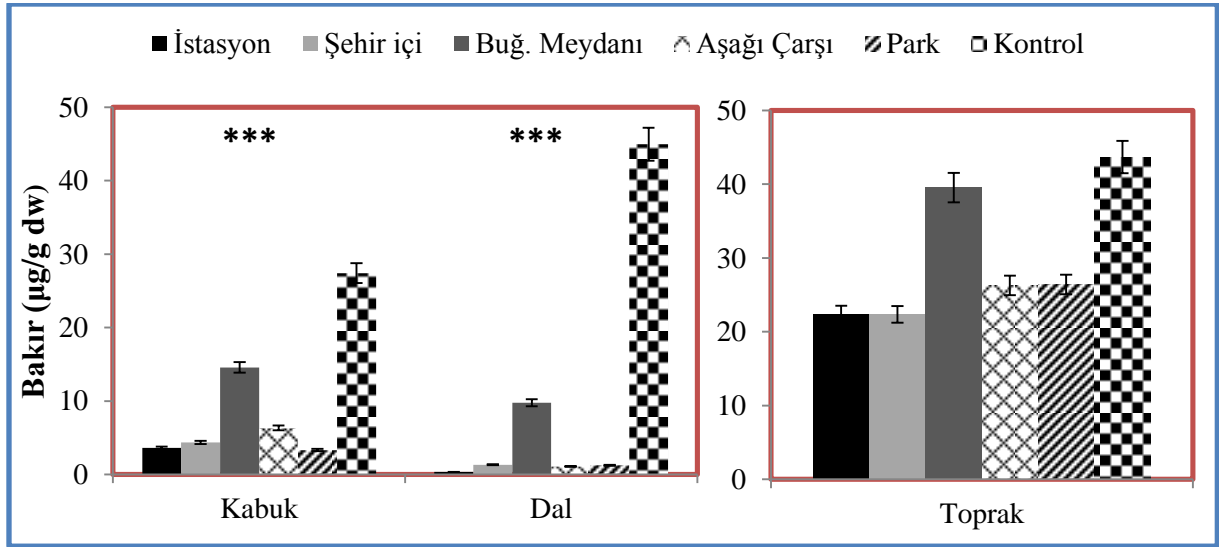
şehir merkezinde bulunan bölgelerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 6 ve 7). Elde edilen sonuçları istatistiksel olarak değerlendirdiğimizde bölgeler arasında güçlü yönde pozitif ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.



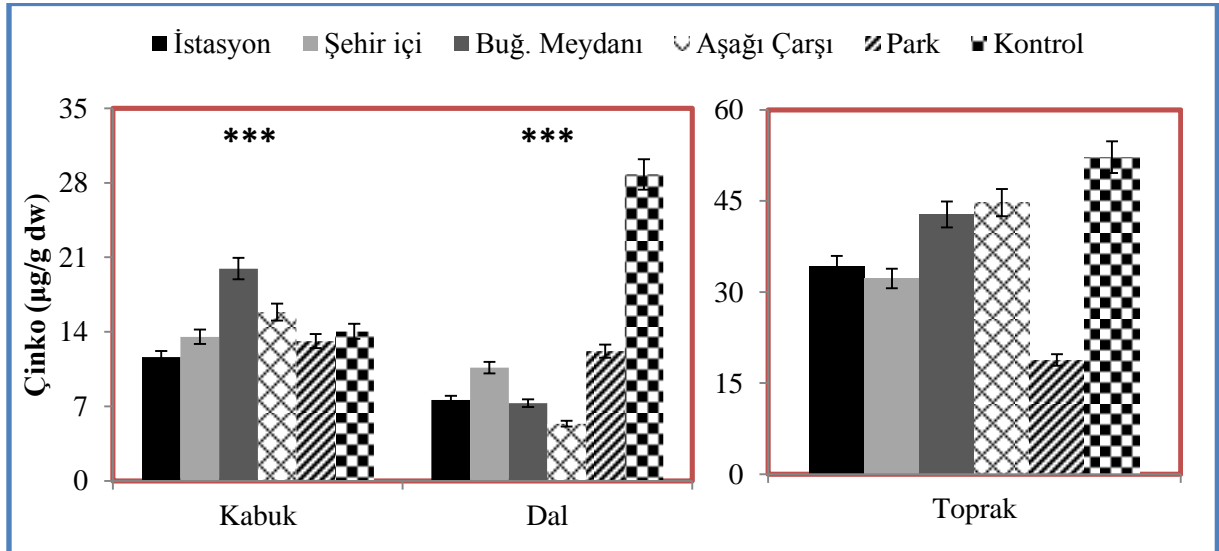
Şekil 1. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık)



Şekil 2. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık)



Şekil 3. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık)



Şekil 4. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık)

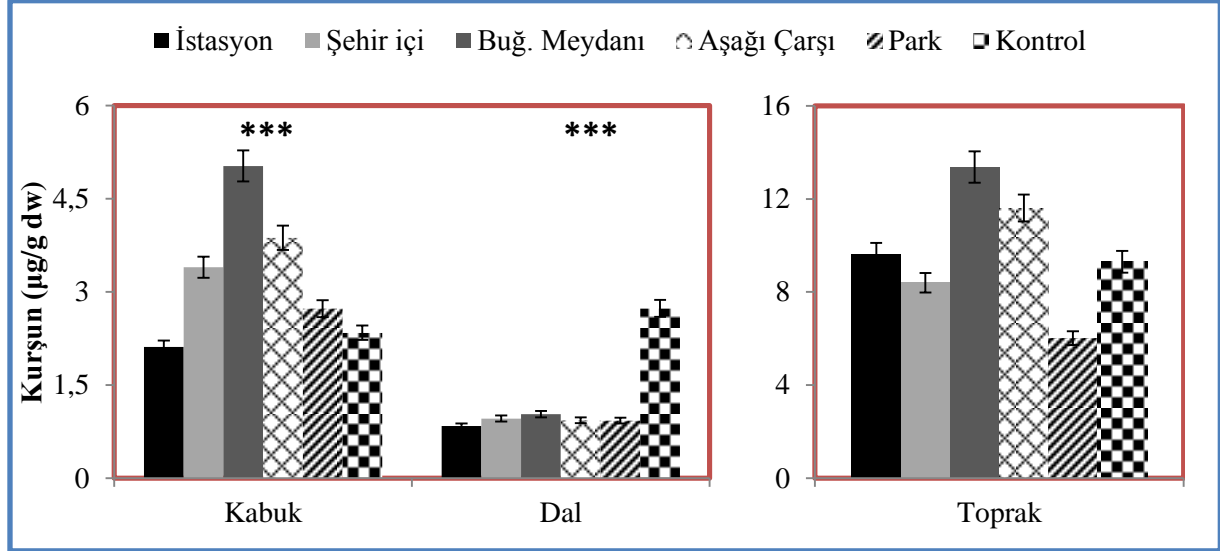
Çalıştığımız ağır metallerin gözlenebilir sınırları (LOD), Co; 0.002713 ppm, Cr; 0.002517 ppm, Cu; 0.002009 ppm, Fe; 0.001056 ppm, Ni; 0.004098 ppm, Pb; 0.017 ppm, Zn; 0.001566 ppm olarak tespit edilmiştir.

Yaptığımız çalışmada elde ettiğimiz verileri, yapılan diğer çalışmalar, toprakta ve bitkide bulunması gereken değerler ile kıyasladığımızda önemli sonuçlar elde edilmiştir.

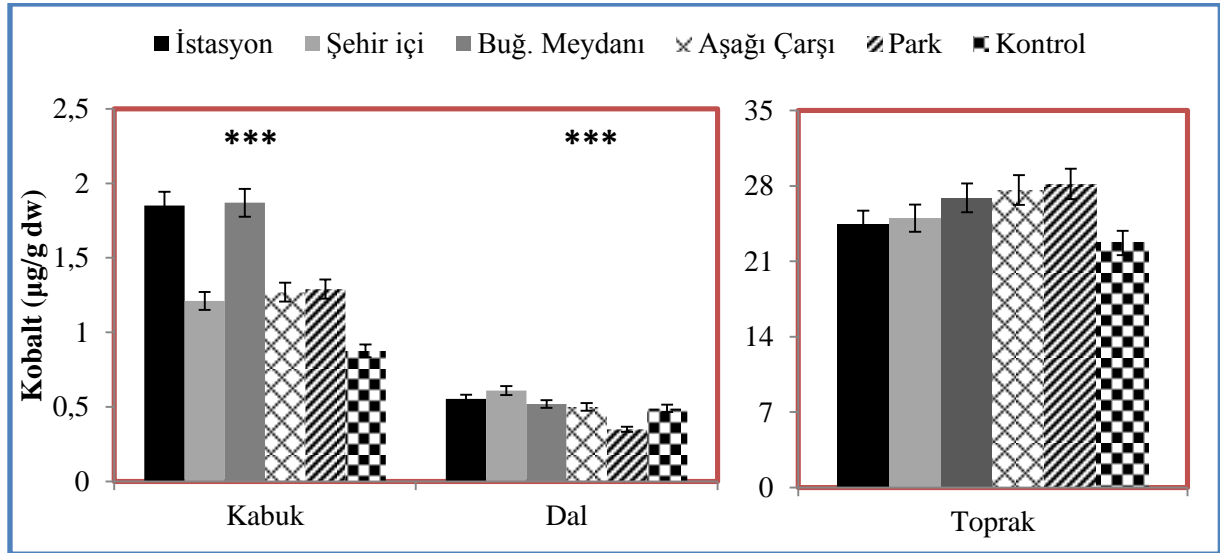
Çalışmamızda Ni konsantrasyonu, toprakta 46.2-496.61 µg/g dw, kabukta 12.47-28.73 µg/g dw, dalda 5.03-7.54 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Ni konsantrasyonunu 41.1-266.6 µg/g dw aralığında; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki bitkilerde Ni konsantrasyonunu 0-1.13 µg/g dw; Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki sarıçamalarda Ni konsantrasyonunu 1.2-3.8 µg/g dw; Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı

çalışmada bitkilerdeki ortalama Ni konsantrasyonunu 3.35-14.78 µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Ross (1994), bitkilerdeki Ni konsantrasyonunun kritik sınır aralığının 10-100 µg/g dw; Kabata ve

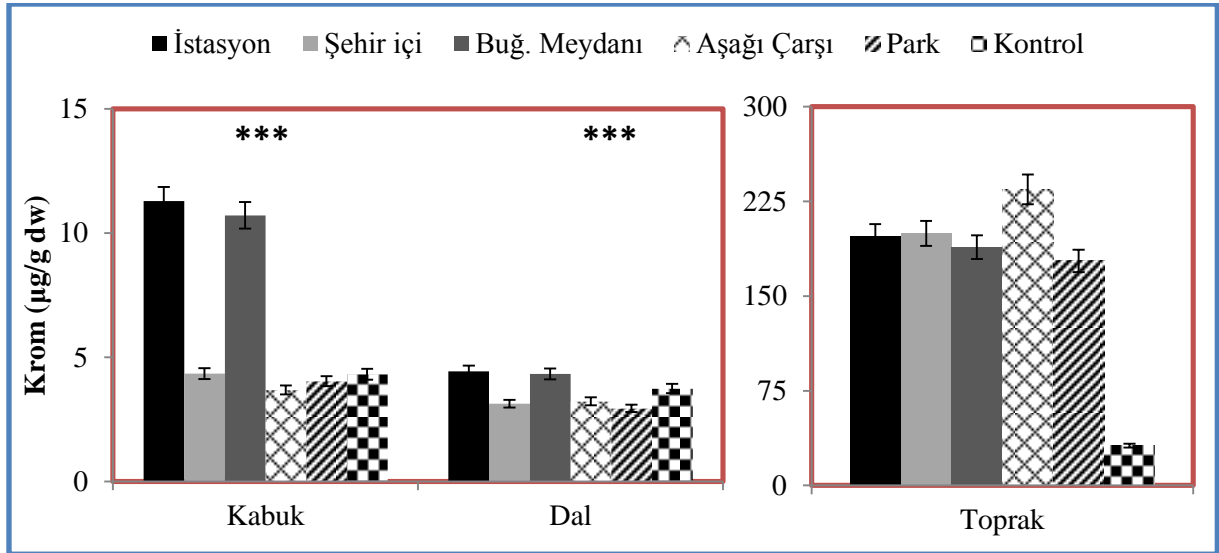
Pendias (2000), bitkilerdeki normal kabul edilen Ni konsantrasyon aralığını 0.1-5 µg/g dw olarak kabul etmişlerdir.



Şekil 5. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık)



Şekil 6. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. hamata Steven) ve yetiştiği topraktaki Kobalt konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 anlamlılık)



Şekil 7. Farklı bölgelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ anlamlılık).

Toprakta bulduğumuz Ni değerleri, Ross (1994)' a göre kontrol bölgesi hariç toprak bünyesinde bulunması gereken Ni konsantrasyonundan oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Yine bitki kısımlarında da Ni konsantrasyonunun yüksek olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).

Yaptığımız çalışmada Fe konsantrasyonu, toprakta 24635.5-39281.6 µg/g dw, kabukta 901.44-1838.70 µg/g dw, dalda 451.64-864.50 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Canözer vd. (1984)'nin yaptığı araştırma sonucunda bitkideki demir sınır değerlerini 60-140 µg/g dw olarak önermişlerdir. Ercişli (2007)'nin, Erzurum'da yaptığı bir çalışmada, *Rosa canina*'da Fe içeriği ortalama 27 µg/g dw olduğu tespit edilmiştir. Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Fe konsantrasyonunu 336.2-872.2 µg/g dw; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Fe konsantrasyonunu 4.1-242.5 µg/g dw aralığında bulmuşlardır.

Toprak örneklerinde elde ettiğimiz Fe değerleri, Kabata-Pendias (2000)' in sınır değerlerine göre yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Çalışmamızda hedef

bitkilerden topladığımız örneklerdeki Fe konsantrasyonu, bütün bölgelerde Canözer vd. (1984)'nin belirtmiş oldukları normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığından çok daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Bölge olarak ise bitkideki en yüksek Fe konsantrasyonunun İstasyon bölgesinde çıkmıştır (Şekil 2).

Cu konsantrasyon verilerimize göre toprakta 22.37-43.67 µg/g dw, kabukta 3.54-27.42 µg/g dw, dalda 0.36-44.98 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Cu konsantrasyonunu 0-144.4 µg/g dw aralığında, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cu konsantrasyonunu 0.2-1.7 µg/g dw, Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Cu konsantrasyonunu 1.07-13.19 µg/g dw, Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonunu µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Ross (1994), bitkilerdeki normal Cu konsantrasyon aralığının 60-125 µg/g dw; Alloway (1990)'a ise 2-250 µg/g dw olduğunu kabul etmişlerdir.

Kabata-Pendias ve Pendias (2000)'in yapmış olduğu araştırmalarda bazı

bitkilerin Cu konsantrasyonlarına büyük bir toleransı var olduğu ve dokularında çok yüksek miktarlarda bu metali biriktirebildiklerini belirlemişlerdir. Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Cu değerleri, Ross, (1994)'un sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmış olup toprakta olması gereken düzeyde olduğu görülmüştür. Bölge olarak ise hem bitkideki hem de topraktaki en yüksek Cu konsantrasyonunun kontrol bölgesinde olması da dikkat çekici bir durumdur (Şekil 3).

Zn konsantrasyonu, toprakta 18.82-52.19 µg/g dw, kabukta 11.63-19.94 µg/g dw, dalda 5.37-28.78 µg/g dw olarak belirlenmiştir. Özbek vd. (1995)'nin bitkilerdeki Zn konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, normal bitkilerdeki Zn konsantrasyonunun 5-100 µg/g dw arasında olduğunu bildirmişlerdir Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada; Zn miktarlarının elma örneklerinde µg/g dw, ceviz örneklerinde 668-1283µg/g dw, üzüm örneklerinde ise µg/g dw arasında değiştiğini bildirmiştir (Kaya, 2010). Ercişli (2007) 'nin Erzurum'da yaptığı bir çalışmada, Rosa canina'da Zn seviyesi 30 µg/g dw olarak tespit etmiştir. Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Zn konsantrasyonunu 29.75-51.43 µg/g dw, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Zn konsantrasyonunu 0.56-32.74 µg/g dw, Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Zn konsantrasyonunu 184.3-884.5 µg/g dw aralığında tespit etmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Zn değerleri, Ross, (1994)'un sınır değerlerine göre daha düşük değerlerde çıkmıştır. Bölge olarak ise hem bitkideki hem de topraktaki en yüksek Zn konsantrasyonunun kontrol bölgesinde görülmüştür (Sekil 4).

Yaptığımız çalışmada Pb konsantrasyonu, toprakta 6.02-13.37 µg/g dw, kabukta 2.11-5.03 µg/g dw, dalda 0.84-2.73 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Kurşun elementi bitkiler için mutlak gerekli olmayıp, toprakta toplam 15-40 µg/g dw arasında bulunur, topraktaki toplam kurşun konsantrasyonu 150 µg/g dw aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı açısından tehlike oluşturmaz. Ancak 300 µg/g dw aştığında potansiyel olarak insan sağlığı açısından tehlikelidir (Dürüst vd., 2004). Normal koşullarda kirlenmemiş toprakların toplam Pb içeriklerinin 10-20 µg/g dw (Alt vd., 1981) ve 2-300 µg/g dw (Alloway, 1990) olduğu bildirilmektedir. Kızılkaya vd. (1998) Samsun yöresi topraklarının toplam Pb içeriğinin 22.82-80.20 µg/g dw arasında değiştiğini bildirmişlerdir Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-60 µg/g dw aralığında, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-761.3 µg/g dw, Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-2.26 µg/g dw olarak tespit etmişlerdir.

Kabata-Pendias (2000), bitkilerdeki normal Pb konsantrasyon aralığının 5-10 µg/g dw olduğunu kabul etmiştir. Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Pb değerleri, Kabata-Pendias (1992)'in sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmıştır (Sekil 5).

Çalışmamızda Co konsantrasyonu, toprakta 22.70-28.18 µg/g dw, kabukta 0.88-1.87 µg/g dw, dalda 0.35-0.61 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Alloway (1990) topraklarda normal Co sınırının 0.5-65 µg/g dw arasında olduğunu bildirmiştir. Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Co konsantrasyonunu 0.3-102,5 µg/g dw aralığında, Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Co konsantrasyonunu 1.40-38.6 µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Alloway (1990), topraktaki normal Co konsantrasyon

aralığının 0.5-65 µg/g dw olduğunu kabul etmiştir.

Allen (1989) bitkisel organizmalarda Co değerlerinin 0.1 ile 0.6 µg/g dw arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada, Co miktarlarını elma örneklerinde 0-2.05 µg/g dw, ceviz örneklerinde 0-3.49 µg/g dw, üzüm örneklerinde ise 0-3.94 µg/g dw arasında değiştiğini bildirmiştir (Kaya, 2010). Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Co konsantrasyonunu 0-7.1 µg/g dw aralığında bulmuşlardır.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Co değerleri, Alloway (1990)'ın sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmıştır. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Co konsantrasyonu, bazı bölgelerde azda olsa Allen (1989)'ın belirttiği normal değerlerden yüksek çıksa da genel olarak bütün bölgelerde bitkide olması gereken değerlerde olduğu görülmüştür. Bölge olarak ise bitkideki en yüksek Co konsantrasyonu trafiğin yoğun olduğu Park bölgesinde; topraktaki en yüksek Co konsantrasyonu ise Aşağı Çarşı bölgesinde görülmüştür (Sekil 6.).

Yaptığımız çalışmada Cr konsantrasyonu, toprakta 31.53-234.57 µg/g dw, kabukta 3.69-11.28 µg/g dw, dalda 2.94-4.43 µg/g dw olarak tespit edilmiştir. Osmalı (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cr konsantrasyonunu 10.14-22.02 µg/g dw; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cr konsantrasyonunu 0-3 µg/g dw aralığında bulmuşlardır. Özbek vd. (1995), topraktaki normal Cr konsantrasyon aralığının 5-100 µg/g dw olduğunu kabul etmiştir.

Özbek vd. (1995), bitkide kuru maddede 100 µg/g dw, krom bulunmasının birçok yüksek bitki için toksik etkili olduğu

bildirilmiştir. Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada, Cr miktarlarının elma örneklerinde 11.87–28.74 µg/g dw, ceviz örneklerinde 20.13–34.60 µg/g dw, üzüm örneklerinde ise 13.76–27.60 µg/g dw arasında değiştiğini bildirmiştir (Kaya, 2010). Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Cr konsantrasyonunu 0.1-2.9 µg/g dw, Osmalı (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Cr konsantrasyonunu 3.96-15,94 µg/g dw aralığında bulmuşlardır.

Çalışmamızda topladığımız örneklerdeki Cr konsantrasyonu, Ross (1994)'un belirttiği sınır değerlere göre normal olup bütün bölgelerde olumsuz bir etki yaratabilecek düzeyde olmadığı görülmüştür. Bitkinin bölge olarak ise bitkideki en yüksek Cr konsantrasyonu İstasyon bölgesinde; topraktaki en yüksek Cr konsantrasyonu ise Aşağı Çarşı bölgesinde görülmüştür. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Cr konsantrasyonunun ise İstasyon bölgesinden toplanan bitkilerin kabuklarında olduğu gözlemlenmiştir (Sekil 7).

4. Sonuçlar

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlar doğrultusunda; kontrol bölgesi ile diğer bölgeler arasında istatistiksel olarak da önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Bitki kısımlarında ve toprakta ağır metal birikimin kontrol bölgesine göre şehir merkezinde daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu farklılığın şehir merkezinde araç trafik yoğunluğunun fazla olması ve bazı bölgelerde katı yakıtların kullanılmasından dolayı olabileceği düşüncesindeyiz. Bunun yanında Erzincan'da kirliliğin özellikle şehrin aşağı kısımlarında birikmesinin en büyük sebebinin inversiyon etkisinden kaynaklanabileceği kanısındayız. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda elde ettiğimiz verilere ve sarıçam ile ilgili

yapılan diğer çalışmalara bakıldığında sarıçamın iyi bir biomonitör bitki özelliğine sahip olabileceği düşüncesindeyiz.

Teşekkür

Bu çalışma, Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans tezi olarak yayınlanmış olup, Erzincan Üniversitesi BAP (FEN-C-YLP-220114-0061) No'lu proje kapsamında çalışılmıştır.

Kaynaklar

Anonim, 2015, <http://www.epa.gov/solid-waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3052.pdf>

Allen, S.E., 1989. Chemical Analyses of Ecological Material, second ed, Blackwell Scientific Publications, London. 81-159.

Alloway, B., 1990. Heavy Metals in Soils, Blackie and Sou Ltd., Glasgow and London. 40-81.

Alt, D., Sacher, B. ve Radike, K., 1981. "Ergebnis Einer Erhebungssuntersuchungund Schwermetallbelastung Von Gemüsebaulich Genutzten Parzellen in Kleingärten, Landwirtschaft, Forsch", Soderheft, 38: 682-692.

Bayar, E., 2009. Erzurum Şehir Merkezindeki Bazı Kavşaklarda Bitki (Sarıçam, Pinus sylvestris L. var. hamata Steven) ve Toprakların Ağır Metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) Kontaminasyon Durumunun Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Erzurum. 1, 29-59s.

Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., Günebakan S., 2006. Ecophysiological and Seasonal Variations in Cd, Pb, Zn and Ni

Concentrations in the Leaves of Urban Deciduous Trees in İstanbul, Environmental Pollution, 143, 545-554.

Canözer, Ö., H. Fırıncı, M. Çakır, N. Özilbey, G. Püskülcü, N. Kılınç, Ü. ve Dikmelik, A. A., 1984. Ege Bölgesi Önemli Kiraz Çeşitlerinin Bitki Besin Element Durumları Ve Toprak Bitki İlişkileri, Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Bornova, İzmir, 74s.

Çavuşoğlu, K., 2005. Cupressus Sempervirens L. ve Cedrus libani A. Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebebi Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(2), 37-56.

Çilali, E., 2012. Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (Rosa Spp) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat. 18-35s.

Demirezen D., Aksoy A., 2006. A. Heavy Metal Levels In Vegetables In Turkey Are Within Safe Limits For Cu, Zn, Ni And Exceeded For Cd and Pb. Journal of Food Quality, 29, 252-265.

Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D., Zengin, M., 2004. Heavy Metal Contents of Pinus radiata Trees of İzmit, Asian Journal of Chemistry, 2(16), 1129-1134.

El-Bassam, N. and Tietjen, C., 1977. Municipal Sludge As Organic Fertilizer With Special Reference To The Heavy Metals Constituents

- in Soil, Organic Matter Studies, Vol 2 IAEE, Vienna, 253s.
- Erçişli, S., 2007. Chemical Composition of Fruits in Some Rose (*Rosa spp.*) species, Food Chemistry, 104, 1379-1384.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias H., 2000. Trace Elements in Soils and Plants. CRC. Press, London (1992), New York 215-349s.
- Kaya, B.B., 2010. Erciyes Strato Volkanından Püsküren Ana Materyaller Üzerinde Oluşmuş Topraklarda Yetiştirilen Meyvelerin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tokat, 8-19s.
- Keleş, C. T., 2007. Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 19-50s.
- Kızılkaya, R., Karaca ve Arcaç, S., 1998. Samsun Yöresi Topraklarında Zn/Cd Oranı ve Bu Oran ile İz Element ve Ağır Metaller (Fe, Cu, Mn, Pb, Ni) Arasındaki İlişkiler, I. Ulusal Çinko Kongresi, Bildiriler Kitabı, 501-509s.
- Kovalskiy, V.V., 1974. Geochemical Environment Health and Diseases in Trace, ed: D.D. Hemphill, Subst. Environ. Health, Vol 8, University of Missouri, Colombia, 137s.
- Osma, E., 2009. İstanbul'da Yetişen Bazı Sebzelerde Ağır Metal Birikiminin Tesbiti, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, 50, 150-186s.
- Osma E., Serin M., Leblebici Z., Aksoy A., 2013. Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Vegetables and Soils. Polish Journal of Environmental Studies, 22 (5), 1449-1455.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., 1995. Toprak Bilimi, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, 73s.
- Ross, S.M., 1994. Sources And Forms Of Potentially Toxic Metals In Soil-Plant Systems, Toxic Metals in Soil-Plant Systems, Wiley, England, 3-26s.
- Zengin, F.K. ve Munzuroğlu Ö., 2003. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L.*) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum (Cd⁺⁺) ve Civa (Hg⁺⁺)'nın Etkileri, C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 24(1), 64-75.

Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) Bitkisinin Yapraklarındaki Glutasyon ve Vitamin Miktarları ile Toplam Antioksidan Kapasitesinin Araştırılması

Ebru ÇÖTELİ¹, Fikret KARATAŞ^{1*}

¹Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, 23119, Elazığ, Türkiye

Geliş tarihi/Received 12.02.2015

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 08.07.2015

Kabul tarihi/Accepted 10.07.2015

Özet

Doğal bitkilere olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle hem çiğ olarak hemde yemeği yapılarak tüketilen yemlik bitkisindeki vitaminler, beta-karoten, glutatayon miktarları ve toplam antioksidan kapasitenin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitkisinin yapraklarındaki indirgenmiş glutasyon (GSH), yükseltgenmiş glutasyon (GSSG) ile A vitamini, E vitamini, β -karoten, C vitamini, tiamin klorür (B_1 vitamini), riboflavin (B_2 vitamini), nikotik asit (B_3 vitamini), pridoksin klorür (B_6 vitamini) ve folik asit (B_9 vitamini) vitaminlerinin miktarları Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) ile belirlendi. Bitki yapraklarının toplam fenolik ve flavonoit miktarları spektrofotometrik ölçümlerle tespit edildi. Bunlara ek olarak bitki ekstraktının serbest radikal temizleme etkisi 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) kullanılarak ölçüldü ve bu etki standart antioksidanlığı bilinen bütilhidroksitoluen (BHT) ile kıyaslandı. Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitkisinin yapraklarındaki GSSG, B_3 , B_6 ve C vitaminlerinin miktarları yüksek iken GSH, β -karoten, A, E, B_1 , B_2 ve B_9 vitaminlerinin miktarları ise düşük bulundu. Serbest radikal temizleme etkisi ise 46.56 ± 0.79 (%) olarak belirlendi ve BHT'ye kıyasla anlamlı fark bulundu ($p < 0.05$). Sonuç olarak elde edilen bulgulardan Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitki yapraklarının, Glutasyon (GSH, GSSG), β -karoten, C vitamini, B_2 , B_3 ve B_6 vitaminleri açısından iyi bir kaynak olduğu, içerdiği zengin fenolik ve flavonoit içeriğinden dolayı güçlü antioksidan etkiye sahip bitki olduğu da söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Yemlik (*Tragopogon reticulatus*), Glutasyon, Vitaminler ve Toplam Antioksidan Kapasite

Investigation of Amounts of Glutathione and Vitamins with Total Antioxidant Capacity in Leaves of Plant *Tragopogon reticulatus*

Abstract

Interest in native plants is increasing every day. Therefore, it was aimed to determine the amounts of vitamins, beta-carotene, glutathione and the total antioxidant capacity in forage plants (*Tragopogon reticulatus*) consumed as either raw or cooked foods. In this study the amounts of reduced glutathione (GSH), oxidized glutathione (GSSG) with vitamin A, vitamin E, Beta-carotene, vitamin C, thiamine hydrochloride (vitamin B_1), riboflavin (vitamin B_2), nicotinic acid (vitamin B_3), pyridoxine hydrochloride (vitamin B_6) and folic acid (vitamin B_9) in leaves of *Tragopogon reticulatus* sample were determined by High Performance Liquid Chromatography. The total amounts of the phenolic and flavonoid contents in leaves of plant samples were determined by

* Fikret KARATAŞ, fkaratas@firat.edu.tr, Tel: (0424) 237 00 00-3682

spectrophotometric methods. In addition, the free radical scavenging effect of the plant extract was measured by using 2,2-diphenyl-1-pikrilhidrazil (DPPH) and this effect was compared with the of butylated hydroxytoluene (BHT) known as standard antioxidant. While the amounts of GSSG, vitamins B₃, B₆ and C in the leaves of *Tragopogon reticulatus* sample were found to be high, the amounts of GSH, β-carotene, vitamins A, E, B₁, B₂ and B₉ were low. Free radical scavenging effect was determined as 46.56 ± 0.79 (%) and there was a significant difference (p<0.05) compared to BHT. As a result, the *Tragopogon reticulatus* plant leaves have rich source of glutathione (GSH, GSSG), β-carotene, vitamins C, B₂, B₃ and B₆ phenolic and flavonoid contents therefore we can said that it has a strong antioxidant effects.

Keywords: *Tragopogon reticulatus*, Glutathione, Vitamins and Total Antioxidant Capacity.

1. Giriş

Bitkilerin hastalıkların tedavisinde kullanımı oldukça eskidir. Tarih boyunca nesillerden nesillere aktarılan deneyim ve tedavi yöntemleri, bu alandaki birikimleri oluşturmaktadır (Öztürk ve Özçelik, 1991). Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) İskorçına familyasından şifalı bir bitki olup, vitamin ve mineral bakımından zengin olduğu rapor edilmektedir (URL-1, 2014). Yemlik bitkisinin kansızlık için faydalı olduğu, cilt bozukluklarına iyi geldiği, vücut direncini artırdığı, ısı değişimlerine karşı vücudu koruduğu, vücudun savunma mekanizmalarını güçlendirdiği ve yapısında bulunan A vitamininin depolanabilme özelliğine sahip olduğu da belirtilmektedir (URL-2, 2014). Yemlik bitkisinin şeker hastalığı ve böbrek taşına kadar birçok hastalığa iyi geldiği de iddia edilmektedir (Yıldırım vd., 2001).

Türk halkının çoğunluğu kırsal bölgelerde yaşamaktadır. Bu sebeple insanlar yabani bitkilerle yakından ilgilenmektedir. Bu yabani otlardan biri olan yemlik bitkisi halk arasında hem taze olarak tüketilen hem de pişirilerek yemeği yapılan bir bitkidir (Demir, 2006). Özellikle yemliğin sebze yemeği olarak yenildiği takdirde, mide ve bağırsaklarda son dereceli yararlı olacağı rapor edilmiştir (URL-1, 2014). Yemlik bitkisi yapraklarının 7,81g/100 g protein ihtiva ettiği kanıtlanmıştır (Yücel vd., 2011). Bu yüzden tıbbî amaçlı kullanılan bitkilerin kimyasal içeriğinin ve etken maddelerinin miktarları, özellikleri ile etki mekanizmalarının tespit edilmesi gerekmektedir (Baytop, 1984). Son zamanlarda halkın doğal bitkilere olan

ilgisinin artmış olması hem çiğ olarak hem de yemeği yapılarak tüketilen yemlik bitkisinin yaprağındaki glutasyon ve vitaminlerin miktarları ile toplam antioksidan kapasitesi merak konusu olmuştur. Yapılan literatür taramalarında ise bu konudaki verilerin kısıtlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmada; yemlik bitkisinin yapraklarındaki indirgenmiş glutasyon (GSH), yükseltgenmiş glutasyon (GSSG), A vitamini, E vitamini, β-karoten, C vitamini ile tiamin klorür (B₁ vitamini), riboflavin (B₂ vitamini), nikotinik asit (B₃ vitamini), pridoksin klorür (B₆ vitamini) ve folik asit (B₉ vitamini) miktarları ile toplam fenolik, flavonoit miktarı ile serbest radikal temizleme etkisini belirlemek ve halk arasında gıda olarak bolca tüketilen bu bitki hakkında literatür bilgisine katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Elazığ ilinde yetişen Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitkisinin yaprakları kullanıldı. Yemlik bitkisinin yaprakları 2014 yılı Mayıs ayında toplandı. Fırat Üniversitesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim dalında Yemlik bitkisinin kontrolü yapıldı. Toplanan yaprak örnekleri alüminyum folyo ile sarılarak -20 °C'da saklandı ve en geç bir hafta içerisinde gerekli analize tabii tutuldu.

Materyallerdeki glutasyon ve vitaminlerinin miktarlarının belirlenmesi için; Temiz yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitkisinin yaprağı homojenizatörde iyice parçalandı. Parçalanmış yaprak örneğinden yaklaşık 0.2 gram tartılarak polietilen tüplere alındı. Her bir tüp üzerine 1.0 mL 0.5 M HClO₄ ilave

edilerek karıştırıldı. Daha sonra bu örneklere 9.0 mL saf su ilave edilerek tekrar karıştırıldı ve 4500 rpm de 10 dakika santrifüjlenip asıltı partiküller çöktürüldü.

GSH ve GSSG ile C vitamini miktarlarını tayin etmek için; santrifüjlenen süzütünün üst kısmından 20 µL alınarak HPLC'ye enjekte edildi. HPLC'de SUPELCO Analytical EXSIL 100-5 ODS (5 µm, 25cm x 4.6 mm) kolonu ve hareketli faz olarak da çözücüsü % 0.1 H₃PO₄ olan 50 mM'lık NaClO₄ çözeltisi kullanıldı. Hareketli fazın akış hızı: 0.7 mL/dk ayarlanarak 215 nm'de GSH ve GSSG tayin edildi (Dawes ve Dawes, 2000). C vitaminin tayini için ise yine santrifüjlenmiş süzütünün üst kısmından 20 µL alınarak HPLC'ye enjekte edildi. HPLC'de hareketli faz: 3.7 mM KH₂PO₄ (pH:4, H₃PO₄ ile) Akış hızı: 0.7 mL/dk ve Dalgaboyu: 245 nm'de Inertsil ODS-4 (5.0 µm, 4.6×150 mm) kullanılarak C vitamini tayin edildi (Tavazzi vd., 1992).

B vitaminlerini tayin etmek için; Glutasyon ve C vitamini analizleri için hazırlanmış süzütünün üst kısmından 20 µL alınarak HPLC'ye enjeksiyon yapıldı. Burada hareketli faz olarak 5 mM heptanosülfonik asidin sodyum tuzu metanolde çözünerek 250 mL'lik A çözeltisi ile % 0.1 trietilamin'in 750 mL'lik B sulu çözeltileri hazırlandı. Daha sonra A ve B çözeltileri 25:75 hacim oranında karıştırıldı, karışımın pH'ı fosforik asitle 2.8'e ayarlanarak kullanıldı. Hareketli fazın akış hızı 0.8 mL/dk'ya ayarlanarak C18-DB kolon (15 cm uzunluk x 4.6 mm iç çapı x 5.0 µm partikül büyüklüğü)'un da B₁, B₂ ve B₃ vitaminleri 260 nm'de, B₆ ve B₉ vitaminleri ise 290 nm dalga boyunda tayin edildi (Amidzic vd., 2005; Markopoulou vd., 2002).

A, E vitamini, β-karoten miktarları tayin etmek için; Homojenize edilmiş yemlik bitkisinin yaprağından yaklaşık 0.5'şer gram tartılarak polietilen tüplere alındı. Her bir tüp üzerine 5.0 mL etil alkol ilave edilerek vortekslendi. Daha sonra bu karışım 3500 devirde 3.0 dakika santrifüj edildi. Ardından örnekler üzerine 1.0 mL n-hekzan ilave edilerek çalkalandı. Böylece A, E vitamini ve β-karoten n-hekzan fazına ekstrakte edilmiş

oldu. Bu ekstraksiyon işleminin iki kez tekrarı ile elde edilen n-hekzan ekstraktları birleştirilip azot gazı altında kuruyuncaya kadar buharlaştırılarak uzaklaştırıldı. Tüpteki kalıntı 200 µL metanolle çözülerek HPLC'de analize hazır hale getirildi. A ve E vitamini ile β-karotenin tayinlerinde Supelcosil LC-18 kolonu (25 cm x 4.6 mm x 5.0 µm) ve metanol: su (98:2 v/v) karışımından oluşmuş mobil faz kullanıldı. Mobil fazın akış hızı 1 mL/dk olarak ayarlandı. E vitamini 296 nm, A vitamini 326 nm ve β-karoten ise 465 nm'de tayin edildi (Miller vd., 1984; Supelco, 2005-2006).

Bitki ekstraktının hazırlanması; Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitki yaprağı 1:10 (g/mL) oranında % 80'lik etanol içerisinde homojenize edildi. Homojenat ayrıca hücre içeriğinin çözücüyeye yüksek düzeyde geçmesi amacıyla bir saat ultrasonik su banyosunda bekletildi. Bu süre sonunda homojenat filtre kâğıdı (no:2) ile süzüldü. Filtrat, toplam fenolik ve flavonoid içeriğinin belirlenmesinde kullanılmak üzere 4 °C'de muhafaza edildi.

Toplam fenolik ve flavonoid miktarının belirlenmesi; Toplam fenolik konsantrasyonu Folin-Ciocalteu kullanılarak belirlendi (Singleton ve Rossi Jr, 1965). Bu amaçla, 0.125 mL bitki yaprağı ekstraktı (son konsantrasyonu 100 mg/mL) üzerine 0.125 mL Folin- Ciocalteu reaktifi ile 0.5 mL distile su ilave edilip oda sıcaklığında 6 dakika beklendi. Daha sonra bu karışım üzerine 1.25 mL % 7'lik Na₂CO₃ eklendi ve toplam hacim 3 mL olacak şekilde distile su ile tamamlandı. Reaktif karışımı vortekslendi ve oda sıcaklığında 90 dakika inkübasyona bırakıldı. Son olarak preparatın absorbansı 765 nm'de köre karşı okundu. Toplam fenolik miktarı, gallik asit standart eğrisi kullanılarak hesaplandı (r² =0.999). Sonuçlar mg/g gallik asit eşdeğeri taze ağırlık olarak ifade edildi.

Toplam flavonoid konsantrasyonu; spektrofotometre kullanılarak belirlendi (Leontowicz vd., 2003). Kısaca, 0.25 mL bitki ekstraktı (son konsantrasyonu 100 mg/g) üzerine 75 µL %5'lik NaNO₂, 150 µL %10'luk AlCl₃.6H₂O çözeltileri ve 1.25 mL distile su ilave edildi. Oda sıcaklığında 5.0 dakika inkübasyondan

sonra 0.5 mL NaOH (1M) eklendi ve toplam hacim distile su ile 2.5 mL'ye tamamlandı. Preparatın absorbands değeri köre karşı 510 nm'de okundu. Toplam flavonoit miktarı, kuersetin standart eğrisi kullanılarak hesaplandı ($r^2= 0.997$). Sonuçlar mg/g kuersetin eşdeğeri taze ağırlık olarak ifade edildi.

Serbest Radikal Temizleme Etkisi; Bitki yaprağının serbest radikal giderme etkisi DPPH serbest radikali kullanılarak belirlendi (Brandwilliams vd., 1995). Bitki örneği 1:10 (g/mL) oranında metanolde ekstrakte edildi. Serbest radikal olarak 25 mg/L DPPH metanolde hazırlandı. Deney tüpü içerisine 100 µL bitki ekstraktı veya BHT (20 mM) bırakıldıktan sonra üzerine 3.9 mL DPPH çözeltisi ilave edildi. Karışımlar, oda sıcaklığında ve karanlık bir ortamda 30 dakika inkübasyona bırakıldı. İnkübasyon sonunda absorbandsları 517 nm'de köre karşı spektrofotometrede okundu. Azalan absorbands, geriye kalan DPPH miktarı serbest radikal temizleme etkisi olarak belirlendi. Sonuçlar aşağıdaki formüle göre hesaplandı:

$$\% = \left[\frac{(\text{Kontrol}_{\text{ABS}} - \text{Örnek}_{\text{ABS}})}{(\text{Kontrol}_{\text{ABS}})} \right] \times 100 \quad (1)$$

İstatistiksel Analiz; Analizler 3 paralel halde yürütüldü. Veriler 3 paralelin aritmetik ortalaması ve standart hatası olarak verildi. Hesaplamalarda SPSS 15 programı kullanıldı ve $p < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Vitaminler, β -karoten ve glutasyon analizlerinde Cecil 1100 Serisi (Cambridge, UK) yüksek performanslı sıvı kromatografisi (Cotati marka 7125 enjeksiyon lobu, Cecil 68174 UV dedektörü ve HP 3395 integratörü) kullanıldı. Toplam fenolik ve flavonoit miktarları ile serbest radikal temizleme etkisi ise SECOMAM BP 106 spektrofotometre ile belirlendi.

Çalışmada kullanılan kimyasallar analitik saflıkta olup Merck firmasından temin edildi ve analizlerde bidistile su kullanıldı.

3. Bulgular

Yemlik bitkisi yapraklarının suda ve yağda çözünen vitaminler ile glutasyon miktarları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo'dan suda çözünen vitamin miktarlarının yağda çözünenlerin miktarlarından daha fazla olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitkisinin yapraklarındaki GSH, GSSG, A, E, C vitamini, β -karoten, B₁, B₂, B₃, B₆ ve B₉ vitaminlerinin miktarları

Parametreler	Yaprak (µg/g)
İndirgenmiş glutasyon (GSH)	46.05 ± 3.00
Yükseltgenmiş glutasyon (GSSG)	269.46 ± 20.72
A vitamini	4.29 ± 0.27
E vitamini	5.05 ± 1.52
β -karoten	9.31 ± 1.35
C vitamini	329.40 ± 12.28
Tiamin klorür (B ₁ vitamini)	0.14 ± 0.02
Riboflavin (B ₂ vitamini)	28.47 ± 1.39
Nikotinic asit (B ₃ vitamini)	59.70 ± 1.76
Pridoksin klorür (B ₆ vitamini)	160.79 ± 9.16
Folik asit (B ₉ vitamini)	0.18 ± 0.03

Tablo 2. Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) bitkisinin yapraklarındaki total polifenol ve flavonoit miktarları ile DPPH radikal temizleme etkisi

Ekstrakt & Standart	Serbest Radikal Temizleme Etkisi (%)	Toplam Fenolik Konsantrasyon (mg/g Gallik asit)	Toplam Flavonoit Konsantrasyon (mg/g Kuersetin)
Yemlik	46.56 ± 0.46	55.41 ± 1.11	16.04 ± 0.20
BHT	88.64 ± 0.16	-	-

Yemlik bitkisinin yapraklarının metanol ekstraktının DPPH serbest radikal temizleme etkisi Bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) ile kıyaslanarak verilmiştir. Aynı şekilde bitkinin toplam fenolik miktarı mg/g gallik asit eşdeğeri olarak, toplam flavonoit miktarı ise mg/g kuersetin eşdeğeri olarak Tablo 2’de görülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Yenilebilen yabani bitkilerin besin içeriği açısından, özellikle vitamin, mineral ve protein ihtiva etmesi bakımından oldukça zengin olduğu yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Yücel vd., 2011). Üç aminoasitten oluşmuş olan glutasyon ihtiva ettiği sisteinden dolayı, yüksek reaktif organik maddeler grubu olan tiyollere dâhildir. Glutasyon, protein ve DNA sentezi, hidroperoksitlerin transportu, radyasyon ve serbest radikallerin yıkıcı etkilerine karşı hücreleri korunması, ksenobiotiklerin detoksifikasyonu gibi çok önemli biyolojik olayda rol alır (Meister, 1984). *Tragopogon* türü bitkilerde E ve C vitamini hariç diğer tüm parametreler ile ilgili yeterli çalışma olmadığı için karşılaştırmalar diğer bitki türleri ile yapıldı.

Yarpuz (*Mentha pulegium* L.) bitkisinin yaprağındaki GSH miktarının 185.71±10.61 µg/g; GSSG miktarının ise 280.48±24.58 µg/g olduğu belirtilmektedir (Çöteli vd., 2013). Yine yabani semizotunun GSH miktarı 119.0±6.3 µg/g iken, GSSG miktarı 14.2±1.2 µg/g olarak belirlenmiştir (Simopoulos, 2004).

Tablo 1’de görüleceği üzere yemlik bitkisinin yapraklarındaki GSH miktarının 46.05±3.00 ve GSSG miktarının ise 269.46±20.72 µg/g

olduğu belirlendi. Yemlik bitkisi yarpuz bitkisi ile kıyaslandığında, GSH bakımından fakir, GSSG miktarlarının ise birbirine yakın olduğu görülmektedir. Yemlik bitkisi yabani semizotu ile kıyaslandığında ise GSH bakımından fakir, GSSG bakımından ise oldukça zengin olduğu söylenebilir.

Yemlik bitkisinin C vitamini açısından da önemli kaynaklar arasında olduğu ve ortalama 964.0±0.91 µg/g C vitamini ihtiva ettiği rapor edilmektedir (Demir, 2006). Oysa bulgularımızda yemlik bitkisi yapraklarındaki C vitamini miktarının 329.40±12.28 µg/g olduğu belirlendi (Tablo 1). Yemlik bitkisindeki C vitamini miktarının literatürde belirtilen değer yaklaşık 1/3 civarında olduğu görülmektedir.

Vitamin E, yağda çözünebilen ve güçlü antioksidan aktiviteye sahip biyolojik bir antioksidandır (Morrissey vd., 1997). Ayrıca peroksitleri ve oksijen radikallerini nötralize eder (El-Demerdash vd., 2004). Yemlik bitkisinin yapraklarındaki E vitamini miktarı 5.05±1.52 µg/g olarak belirlendi (Tablo 1). *Tragopogon sinuatus* türünde yapılan çalışmada E vitamini miktarının 2.06 µg/g olduğu rapor edilmiştir (Simopoulos, 2004). Yemlik bitkisi *Tragopogon sinuatus* türü ile kıyaslandığında E vitamini açısından zengin olduğu söylenebilir.

A vitamini büyüme ve gelişme, üreme, cilt gelişimi, görme fonksiyonları, kemik büyümesi, hücre bölünmesi ve farklılaşmasını sağlamakta, ayrıca vücut direncinin artırılmasında görev alarak bağışıklık sistemini de güçlendirmektedir (Aksoy, 2000). Bulgularımızda yemlik bitkisinin yapraklarındaki A vitamini miktarının 4.29±0.27 µg/g olduğu tespit edildi (Tablo 1).

Yarpuz bitkisinde ise A vitamini miktarının 0.38 ± 0.08 $\mu\text{g/g}$ olduğu bildirilmektedir (Çöteli vd., 2013). Bu sonuçlardan yemlik bitkisinin A vitamini miktarı bakımından zengin olduğu görülmektedir.

β -karotenin en önemli özelliği A vitaminine metabolize olması ve β -karotenin en yüksek provitamin A aktivitesine sahip olmasıdır (Krinsky ve Johnson, 2005). Bulgularımızda yemlik bitkisindeki β -karoten miktarının 9.31 ± 1.35 $\mu\text{g/g}$ olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Ispanağın karotenoid içeriğinin araştırıldığı çalışmada (Bunea vd., 2008), ıspanağın β -karoten miktarının $18-31$ $\mu\text{g/kg}$ olduğu kanıtlanmıştır. Yine yarpuz bitkisinin yapraklarındaki β -karoten miktarının 1.24 ± 0.14 $\mu\text{g/g}$ olduğu rapor edilmektedir (Çöteli vd., 2013). Yemlik bitkisi yapraklarındaki β -karoten miktarının hem ıspanak hemde yarpuz bitkisinden fazla olduğu görülmektedir.

B₁ vitamini, canlı metabolizmasında gerekli olup karbohidrat metabolizmasında önemlidir. B₂ vitamini, FAD ve FMN koenzimlerinin yapısında yer alır. Ayrıca karbohidrat, protein ve yağların enerjiye dönüştürülmesinden sorumludur. B₃ vitamini, pellegrayı önler, ayrıca kan dolaşımını düzenler. B₆ vitamini de aminoasit metabolizmasında önemli olup bağışıklık sistemini de güçlendirirler. B₉ vitamini de kırmızı kan hücrelerinin oluşumu ve sağlıklı cenin gelişimi için gereklidir (Tulum, 2007). Bulgularımızda yemlik bitkisinin B₁ vitamini 0.14 ± 0.02 $\mu\text{g/g}$, B₂ vitamini 28.47 ± 1.39 $\mu\text{g/g}$, B₃ vitamini 59.70 ± 1.76 $\mu\text{g/g}$, B₆ vitamini 160.79 ± 9.16 ve B₉ vitamini 0.18 ± 0.03 $\mu\text{g/g}$ olarak belirlendi.

Yabani pırasa olarak bilinen Çiriş Otundaki (*Asphodelus aestivus* L.) B vitaminleri B₁, B₂, B₃, B₆ ve B₉ miktarlarının sırasıyla 26.00 ± 3.48 $\mu\text{g/g}$; 2.76 ± 0.53 $\mu\text{g/g}$; 279.67 ± 11.48 $\mu\text{g/g}$; 21.97 ± 1.78 $\mu\text{g/g}$ ve 8.20 ± 1.23 $\mu\text{g/g}$ olduğu bildirilmiştir (Karataş vd., 2011). Yine yarpuz bitkisindeki B vitaminleri B₁, B₂, B₃, B₆ ve B₉ miktarlarının sırasıyla 0.50 ± 0.09 $\mu\text{g/g}$; 43.11 ± 7.02 $\mu\text{g/g}$; 16.91 ± 1.59 $\mu\text{g/g}$; 81.88 ± 9.47 $\mu\text{g/g}$ ve 1.53 ± 0.16 $\mu\text{g/g}$ olduğu rapor edilmektedir (Çöteli vd., 2013).

Yemlik bitkisinin yapraklarındaki B vitaminleri çiriş otu ve yarpuz bitkilerinin B vitaminleri ile karşılaştırıldığında; Yemlik bitkisinin çiriş otuna göre B₂ ve B₆ vitaminleri bakımından zengin B₁, B₃ ve B₉ vitaminleri açısından ise fakir olduğu görülmektedir. Aynı şekilde yemlik bitkisinin yarpuz bitkisine göre de B₃ ve B₆ vitaminleri bakımından zengin, B₁, B₂ ve B₉ vitaminleri açısından ise fakir olduğu söylenebilir.

Fenolik bileşiklerin; serbest radikalleri yok edici, antikanserojenik, bağışıklık sistemini düzenleyici, tümör oluşumuna neden olan enzimleri inhibe edici birçok biyokimyasal ve farmakolojik özelliğe sahip olduğu bildirilmektedir (Bermudez-Soto ve Tomas-Barberan, 2004). DPPH radikali, biyolojik bir radikal olmamasına rağmen, antioksidanların serbest radikal giderme aktivitelerinin tayini için kabul görmüş bir indikatördür (Wojdylo vd., 2007).

Yemlik türlerinin metanol ekstraktlarının DPPH radikal temizleme aktivitelerinin $112-280$ $\mu\text{g/mL}$ arasında değiştiği belirtilmektedir (Bahadır Acıkara vd., 2013). *Tragopogon pratensis subsp* türü metanol ekstaktının DPPH radikal temizleme aktivitesinin 59.25 $\mu\text{g/mL}$ olduğu rapor edilmektedir (Mitic vd., 2014).

Yemlik bitkisi *Tragopogon reticulatus* türü metanol ekstraktının DPPH serbest radikal temizleme etkisi, toplam fenolik ve flavonoit konsantrasyonları Tablo 2’de verilmiştir.

Bulgularımızda ise yemlik bitkisi metanol ekstraktının DPPH serbest radikal temizleme etkisi % 46.56 olup bu 52.10 $\mu\text{g/mL}$ değerine karşılık gelmektedir. Bu etki standart antioksidanlığı bilinen BHT ile kıyaslandığında iki grup arasında istatistiksel anlamlı fark bulundu ($p<0.05$).

Tragopogon Sinuatus türünde toplam fenolik madde miktarı 208.20 ± 1.40 $\mu\text{g/g}$ olarak (Simopoulos, 2004), yemlik bitkisi ekstraktının toplam fenolik madde miktarı 66.16 $\mu\text{g/mL}$ gallik asit eşdeğerliği olarak belirlemişlerdir (Kucekova vd., 2011).

Bulgularımızda ise yemlik bitkisinin toplam fenolik konsantrasyonu 55.41 ± 1.11 mg/g gallik asit eşdeğeri olarak bulunmuş olup literatür değerlerinden düşük olduğu görülmektedir.

Türkiye’de yetişen bazı *Tragopogon* türlerinin (*Tragopogon longirostris* Bisch. ex Sch.Bip. var. *longirostris* ve *T. pratensis* L.) antioksidan etkileri incelenmiş ve metanoldeki ekstralarının toplam fenol ve flavonoid içeriği 4-210 mg/g kuersetin olarak ifade edilmiştir (Bahadır Acıkara vd., 2013). Yemlik bitkisinde ise toplam flavonoid konsantrasyonu ise 16.04 ± 0.20 mg/g kuersetin eşdeğeri olarak tespit edildi. Bulgularımız literatür değerleri arasındadır.

Sonuç olarak, Yemlik bitkisinin yapraklarının B₂, B₃, B₆ ve C vitaminleri ile GSH, GSSG, β-karoten miktarları ve total antioksidan kapasitesi bakımından oldukça zengin olduğu söylenebilir. Yemlik bitkisinin bu özelliklerinin tespit edilmesiyle, bu bitkinin suda çözünen ve çözünmeyen biyoaktif bileşiklerinin daha iyi tanınacağı, araştırmacıların bu konuya olan ilgisinin artacağı ve literatür bilgisine katkı sağlayacağı kanısındayız.

5. Kaynaklar

Aksoy, M., 2000. Beslenme Biyokimyası, Hatipoğlu Basım ve Yayın San. Tic. Ltd. Şti., Ankara, 321-342s.

Amidzic, R., Brboric, J., Cudina, O., ve Vladimirov, S., 2005. RP-HPLC Determination of vitamins B₁, B₃, B₆, folic acid and B₁₂ in multivitamin tablets, Journal of the Serbian Chemical Society, 70 (10): 1229-1235.

Bahadır Acıkara, Ö., Saltan Çitoğlu, G., ve Çoban, T., 2013. Evaluation of antioxidant properties of some *tragopogon* species growing in turkey, Turk J Pharm Sci 10 (3): 377-384.

Baytop, T., 1984. Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, İstanbul Üniversitesi Eczacılık Fak.Yay., İstanbul.

Bermudez-Soto, M.J., ve Tomas-Barberan, F.A., 2004. Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices, Food Res. Technol., 219: 133-141.

Brandwilliams, W., Cuvelier, M.E., ve Berset, C., 1995. Use of a free-radical method to antioxidant activity, Food Science and Technology-Lebensmittel - Wissenschaft & Technologie, 28: 25-30.

Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhe, R., ve Camp, J.V., 2008. Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.), Food Chemistry, 108: 649-656.

Çöteli, E., Erden, Y., ve Karataş, F., 2013. Yarpuz (*Mentha pulegium* L.) bitkisindeki malondialdehit, glutatyon ve vitamin miktarları ile total antioksidan kapasitesinin araştırılması, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17 (2): 4-10.

Dawes, P., ve Dawes, E., 2000. SGE Chromatography Products Catalog. pg: 182.

Demir, H., 2006. Erzurum’da yetişen madımak, yemlik ve kızamik bitkilerinin bazı kimyasal bileşimi, Bahçe, 1/2: 55-60.

El-Demerdash, F.M., Yousef, M.I., ve Kedwany, F.S., 2004. Cadmium-induced changes in lipid peroxidation, blood hematology, biochemical parameters and semen quality of male rats, protective role of vitamin E and carotene, Food and

- Chemical Toxicology, 42: 1562-1571.
- Karataş, F., Bektaş, İ., Birişik, A., Aydın, Z., ve Kurtul, A., 2011. Çiriş Otu'nda (*Asphodelus aestivus* L.) suda çözünen bazı bileşiklerin araştırılması, SDU Journal of Science (E-Journal), 6 (1): 35-39.
- Krinsky, N.I., ve Johnson, E.J., 2005. Carotenoid actions and their relation to health and disease, Mol. Aspects Med., 26: 459-516.
- Kucekova, Z., Mlcek, J., Humpolicek, P., Rop, O., Valasek, P ve Saha, P., 2011. Phenolic Compounds from *Allium schoenoprasum*, *Tragopogon pratensis* and *Rumex acetosa* and Their Antiproliferative Effects, Molecules. 16: 9207-9217.
- Leontowicz, M., Gorinstein, S., Leontowicz, H., Krzeminski, R., Lojek, A., Katrich, E., Cyazy, M., Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., Haruenkit, R., ve Trakhtenberg, S., 2003. Apple and pear peel and pulp and their influence on plasma lipids and antioxidant potentials in rats fed with cholesterol-containing diets, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 5780-5785.
- Markopoulou, C.K., Kagkadis, K.A., ve Koundourellis, J.E., 2002. An optimized method for the simultaneous determination of vitamins B₁, B₆, B₁₂, in multivitamin tablets by high performance liquid chromatography, Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 30: 1403-1410.
- Meister, A., 1984. New Aspects of Glutathione Biochemistry and Transport: Selective Alteration of Glutathione Metabolism, Nutr. Rew., 42 (12): 357-410.
- Miller, K.W., Lorr, N.A., ve Yang, C.S., 1984. Simultaneous determination of plazma retinol α -tocoferol, lycopene, α -carotene, and β -carotene by high performance liquid chromatography, Analytical Biochemistry, 138: 340-345.
- Mitic, V. D.; Stankov-Jovanovic, V. P.; Ilic, M. D.; et al. 2014. The antioxidant, hemolytic and cholinesterase inhibition properties of Galium verum L. and Tragopogon pratensis subsp pratensis, Bulgarian Chemical Communications, 46 (2): 269-276.
- Morrissey, P.A., Brandon, S., Buckley, D.J., Shehy, P.J.A., ve Frigg, M., 1997. Tissue content of alphanatocopherol and oxidative stability of broilers receiving dietary alpha-tocopheryl acetate supplement for various periods pre-slaughter, Br. Poult. Sci., 38 (1): 84-88.
- Öztürk, M., ve Özçelik H., 1991. Doğu Anadolu'nun Faydalı Bitkileri, Siirt İlim Vakfı Yay., Ankara.
- Simopoulos, A.P., 2004. Omega-3 Fatty Acids and Antioxidants in Edible Wild Plants, Biol Res., 37: 263-277.
- Singleton, V.L., ve Rossi Jr, J.A., 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic acid reagents, Am. J. Enol. Vitic., 16: 144-158.
- Supelco Chromatography Products for Analysis & Purification (2005-2006) Sigma- Aldrich Chemie GmbH, Export Department Eschenstraße Taufkirchen, Germany, 169s.
- Tavazzi, B., Lazzarino, G., Di-Pierro, D., ve Giardina, B., 1992. Malondialdehyde production and ascorbate decrease are associated to the eperfusion of the isolated postischemic rat heart, Free Radical Biology & Medicine, 13: 75-78.

- Tulum, Y., 2007. B kompleks vitaminleri ve biyokimyası, Bitirme tezi, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, Bornova İzmir.
- URL-1, Yemlik Otu ve Faydaları, from <http://www.haciahmetlitepekoy.com/tepekoyde-yetisen-bitki-turleri>.10.11.2014.
- URL-2, Köyümüzde yetişen bitkiler, from <http://www.igdecikkoyu.com/index.php?option=com>. 10.11.2014.
- Wojdylo, A., Oszmianski, J., ve Czemerys, R., 2007. "Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs.", Food Chemisrty, 105 (3): 940-949.
- Yıldırım, E., Dursun, A., ve Turan, M., 2001. Determination of the nutrition contents of the wild plants used as vegetables in upper Çoruh valley, Turk J. Bot., 25: 367-371.
- Yücel, E., Tapırdamaz, A., Şengün, İ.Y., Yılmaz, G., ve AK, A., 2011. Kisecik Kasabası (Karaman) ve çevresinde bulunan bazı yabani bitkilerin kullanım biçimleri ve besin ögesi içeriklerinin belirlenmesi, Biological Diversity and Conservation (BioDiCon), 4/3: 71-82.

Dolgu Zeminine Ait Birim Hacim Ağırlık Değeri Değişiminin Konsol Bir İstinat Duvarının Sismik Davranışı Üzerindeki Etkileri

Tufan ÇAKIR^{1*}, Osman KARA¹

¹ Gümüşhane Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 29100, Gümüşhane, Türkiye

Geliş tarihi/Received 30.04.2015

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 01.07.2015

Kabul tarihi/Accepted 10.07.2015

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, zemin-yapı etkileşimini dikkate alarak deprem etkisindeki konsol bir istinat duvarının davranışı üzerinde dolgu zeminine ait birim hacim ağırlık değeri değişiminin etkilerini incelemektir. Bu amaçla üç farklı temel zemini sistemi ve dört farklı dolgu birim hacim ağırlığı değeri dikkate alınarak zemin-yapı modelinin zaman tanım alanında sonlu elemanlar yöntemiyle dinamik analizleri yapılmıştır. Oluşturulan modelde dolgu-konsol istinat duvarı etkileşimini dikkate alabilmek için ara yüzey elamanları kullanılmıştır. Zemin ortamın sonsuzluğundan kaynaklanan radyasyonel sönüm ve dalga yansıma etkileri zemin sınırlarında viskoz sönümleyiciler kullanılarak göz önüne alınmıştır. Ayrıca zeminin malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışı Drucker-Prager kırılma kriteri ile dikkate alınmıştır. Zemin-yapı modelinin dinamik analizleri 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Yarımca kaydı Kuzey-Güney bileşeni kullanılarak ANSYS programı ile gerçekleştirilmiştir. Çözümlemelerde doğrudan entegrasyon yöntemlerinden Newmark yaklaşımı kullanılmıştır. Çözümleme sonuçları duvar yatay yerdeğiştirmeleri ve duvar kritik kesitlerinde meydana gelen gerilmeler üzerinden karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, zemin-yapı etkileşiminin konsol istinat duvarının deprem davranışı üzerinde etkin bir parametre olduğunu ve tasarım sürecinde mutlaka dikkate alınması gerektiğini, ancak dolgu zemini birim hacim ağırlığı değeri değişiminin duvar sismik davranışı üzerinde ihmal edilebilir düzeylerde bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Birim Hacim Ağırlık, İstinat Duvarı, Newmark Yaklaşımı, Radyasyonel Sönüm, Sismik Davranış, Zemin-Yapı Etkileşimi

Effects of the Variation of Unit Weight of Backfill Soil on Seismic Response of A Cantilever Retaining Wall

Abstract

The main aim of this study is to investigate effects of the variation of unit weight of backfill soil on the behavior of a cantilever retaining wall under earthquake effect considering soil-structure interaction. For this purpose, taking into account three different subsoil systems and four different unit weights of the backfill soil, the dynamic analyses of soil-structure model were done in time domain through finite element method. Interface elements were used to consider backfill-cantilever retaining wall interaction in the created model. Radiational damping generated from the infinity of soil medium and wave reflection effects were taken into consideration by using viscous dampers at the soil boundaries. Furthermore, nonlinear behavior of soil material was considered by means of Drucker-Prager failure criterion. The dynamic analyses of the soil-structure model were carried

* Tufan ÇAKIR, cakirtufan@hotmail.com, Tel: (0456) 233 10 00-1633

out by using North-South component of the ground motion recorded during August 17, 1999 Kocaeli Earthquake in Yarımca station. Newmark's direct integration method was used in the analyses. The analysis results were comparatively evaluated in terms of the lateral displacements of the wall and the stresses occurred in the critical sections of the wall. The obtained results showed that soil-structure interaction is an effective parameter on earthquake behavior of the cantilever retaining wall and it must be definitely considered in design process. However, the variation of the unit weight of backfill soil has a negligible effect on seismic response of the wall.

Keywords: Unit Weight, Retaining Wall, Newmark Approach, Radiational Damping, Seismic Behavior, Soil-Structure Interaction

1. Giriş

Ülkemiz tektonik açıdan Afrika, Arap, Anadolu ve Avrasya plakalarının üstünde yer alıp, Afrika ve Avrasya levhalarının çarpışmaları sonucu oluşan karmaşık deformasyonların meydana getirdiği yanal ve düşey atımlı fay oluşumlarını içeren Akdeniz Deprem Kuşağı içerisinde bulunmaktadır. Bu tektonik levha yapılanması çerçevesinde Türkiye'de meydana gelen sismik aktiviteler "Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)", "Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)" ve "Batı Anadolu Gerilme Yapısı" olmak üzere üç temel oluşum tarafından kontrol edilmektedir (Akkar, 2008). Bu nedenle topraklarının hemen hemen tamamı aktif deprem kuşaklarında bulunan ülkemizde, özel mühendislik yapılarından biri olan istinat duvarlarının da depreme dayanıklı olarak tasarlanmaları gereği açıktır. Ayrıca bu duvarların bazı durumlarda çok değişik özelliklere sahip zeminler üzerine inşa edilmesi zorunluluğu, yapı ile zemin arasında dinamik karşılıklı etkileşim probleminin doğmasına neden olmakta ve zemin-yapı sisteminin dinamik özelliklerinin belirlenmesini gerekli kılmaktadır (Aydınoğlu, 1977).

Mühendislik yapılarının tasarımındaki genel amaç; belirlenen bir etkiye karşı yapıda gerekli dayanımı sağlamaktır. Geleneksel yapı tasarımı yaklaşımında etki ve dayanım genel olarak kuvvet türünden ifade edilmektedir. Bu durumda, yapısal sisteme etkileyen dış kuvvetler etkisi altında iç kuvvetler belirlenmekte ve yapı elemanları bu kuvvetleri karşılayacak dayanıma sahip olacak biçimde tasarlanmaktadır. Öte yandan

yapıda meydana gelen deformasyonların izin verilebilir sınırları aşmaması da yapının servis koşullarını sağlaması bakımından gerekli olmaktadır (Sucuoğlu, 2008). Söz konusu bu durum istinat duvarları ölçeğinde değerlendirildiğinde; farklı duvar tiplerinin farklı davranışlar sergileyebileceğinden hareketle, duvarların deprem etkisiyle büyük yerdeğiştirmelerden dolayı da göçebileceği, bu nedenle yerdeğiştirme sınırlarının belirlenmesi gerektiği ve analizlerin plastik denge mekanizmasına ek olarak yerdeğiştirmeye de dayalı yapılması gerektiği söylenebilir (Çakır, 2010).

Deprem anında yer hareketinden dolayı istinat duvarlarına etkileyen sismik zemin basınçlarının, dağılım ve büyüklük bakımından statik basınçlardan farklı olduğu bilinmektedir. Depremden doğan zemin basınçları; yer hareketinin frekans bileşenleri, gömülü yapının hareketleri, zemin tabakalarının bileşimi ve yapı etrafındaki zeminin özellikleri, deprem dalgalarının tipi ve dalgaların geliş açısı gibi pek çok faktörden etkilenebilmektedir. İstinat duvarlarına etkileyen dinamik zemin basınçlarının belirlenmesine ve duvar sismik tasarımına ilişkin ilk çalışmalar Okabe (1924) ve Mononobe ve Matsuo (1929) tarafından gerçekleştirilmiştir. Mononobe-Okabe (M-O) yöntemi olarak da bilinen bu yöntem, dolgu zemininin kuru ve kohezyonsuz olması koşullarında statik Coulomb yöntemindeki aktif ya da pasif durumda dikkate alınan zemin kamasına sözde statik ivmenin eklenmesiyle oluşturulmuştur. M-O yöntemi, pratikliği yanında sonuçlarına duyulan güvenden ötürü istinat duvarlarına etkileyen kuvvetleri belirlemede halen yaygın bir

şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu yöntem, dalga yayılım etkilerini ve zemin-yapı etkileşimini dikkate alamamaktadır. Bu çalışmadan sonra bu yöntemin doğruluğunu değerlendirmek ve yöntemi geliştirmek için pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. M-O yöntemi ve türevlerini kapsayan limit durum çözümlerini, elastik dalga teorisine dayanan çözümleri, elasto-plastik ve doğrusal olmayan teoriye dayanan çözümleri ve günümüz tasarım teknolojilerini ortaya koyan çalışmalar literatürde değişik araştırmalarda sunulmaktadır (Nazarian ve Hadjian, 1979; Veletsos ve Younan, 1994, 1997; Theodorakopoulos vd., 2001; Gazetas vd., 2004; Psarropoulos vd., 2005; Madabhushi ve Zeng, 2007; Giarelis ve Mylonakis, 2011; Kloukinas vd., 2012; Çakır, 2013, 2014; Liu vd., 2014; Wilson ve Elgamal, 2015; Xu vd., 2015; Lin vd., 2015). İstinat duvarlarının sismik tasarımına yönelik mevcut yönetmelikler incelendiğinde ise, karmaşık zemin etkileşimlerinin dikkate alınmasına yönelik özel bir yöntemin olmadığı ve sözde statik yaklaşımlarla çözüme gidildiği görülmektedir (IS-1893, 2002; Eurocode 8-Part 5, 2003; EAK-2000, 2003). Ülkemizde yürürlükte olan Türk Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) incelendiğinde ise, bu yönetmeliğin esasen bina türü yapılar için geliştirilmiş olduğu ve istinat duvarları için söz konusu karmaşık etkileşimlerin dikkate alınmasına yönelik bir öneri içermediği görülmektedir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında istinat duvarlarının analizi üzerine teknik literatür genel olarak irdelendiğinde, bu duvarların deprem davranışlarının belirlenmesine yönelik pek çok çalışma gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, bunların çoğunun depremlerden doğan yanal zemin basınçlarının belirlenmesine yönelik olduğu ve istinat duvarlarının sismik davranışı üzerinde zemin-yapı etkileşim etkileri ile ilgili araştırmaların azlığı dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, zemin-yapı etkileşimini dikkate alarak dolgu zeminine ait birim hacim ağırlık değeri değişiminin konsol bir istinat duvarının sismik davranışı üzerindeki etkilerini incelemektir. Bu amaçla, dolgu-istinat duvarı-temel/zemin etkileşim

sistemi için önerilen üç boyutlu sonlu elemanlar modeli vasıtasıyla, üç farklı temel zemini koşulu ve dört farklı dolgu birim hacim ağırlığı değeri dikkate alınarak zaman ortamında sismik analizler gerçekleştirilmektedir.

2. İstinat Duvarının Yapısal Özellikleri ve Önerilen Sayısal Model

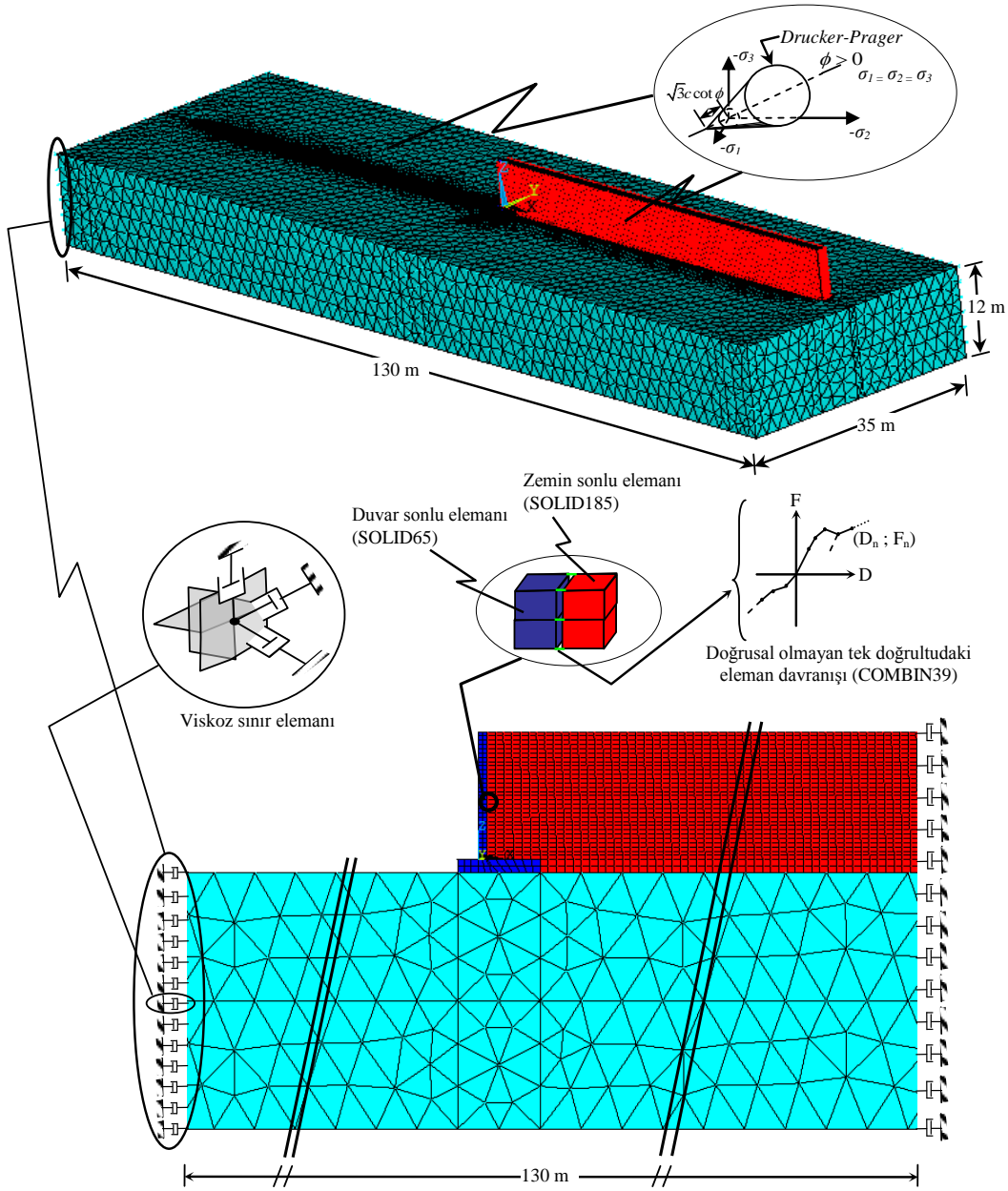
Bu çalışmada modellenen konsol istinat duvarı; 1 m ön çıkma genişliğine, 2.6 m arka çıkma genişliğine, 0.6 m yüksekliğinde yatay taban plağına, bu plağa ankastre mesnetli 0.4 m sabit kalınlığa sahip 6 m yüksekliğinde düşey gövde plağı ile toplam 6.6 m yüksekliğe sahiptir. Önerilen sonlu elemanlar modelinde, dolgu zemini davranışını doğru bir şekilde temsil edebilmek amacıyla kritik uzaklık, duvar yüzünden itibaren duvar yüksekliğinin 10 katı olarak alınmıştır (Veletsos ve Younan, 1994; Psarropoulos vd., 2005).

Araştırmaya konu olan etkileşim sisteminin dinamik davranışının incelenmesi için Şekil 1'de görülen sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Söz konusu modelde; istinat duvarı ANSYS eleman kütüphanesinde bulunan SOLID65 elemanlarla, dolgu ve temel zeminleri ise SOLID185 elemanlarla modellenmiştir. SOLID65 her bir noktasında üç ötelenme serbestliğine sahip sekiz düğüm noktalı üç boyutlu bir katı eleman olup, bünyesinde çekmede çatlama ve basınçta ezilme özelliklerini barındırmaktadır. SOLID185 ise yine katıların üç boyutlu modellenmesinde kullanılan, her bir noktasında üç ötelenme serbestliğine sahip sekiz düğüm noktalı üç boyutlu bir eleman olup; plastisite, hiperelastisite, büyük yer değiştirme ve şekil değiştirme kabiliyetlerine sahiptir. Ayrıca bu eleman hemen hemen sıkışmaz elastoplastik malzemelerin ve tam sıkışmaz hiperelastik malzemelerin deformasyonlarının benzeştirilebilmesi için karma bir formülasyon kapasitesine sahiptir. Dolgu-duvar etkileşimini modellemek için özel ara yüzey elemanı olarak doğrusal olmayan genelleştirilmiş kuvvet-deplasman kabiliyetine sahip tek doğrultulu yay eleman (COMBIN39) kullanılmıştır. Bu eleman

tipinde basınç ve çekme durumları için ayrı ayrı deplasman-kuvvet ilişkisi tanımlanabilmektedir.

Zemin-yapı etkileşim problemlerinde sınır şartlarının doğru ve gerçekçi bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Çünkü oluşturulan modellerde, gerçekte sonsuz büyüklükteki zemin hacmi, sınırlı hacimdeki bir zemin ortamla temsil edilmeye çalışılmaktadır. Sınırsız zemin hacmini bu şekilde sonlu hacimle tanımlamak, sistem enerjisini belirli bir bölgede sınırlamak anlamına gelmektedir. Bu nedenle

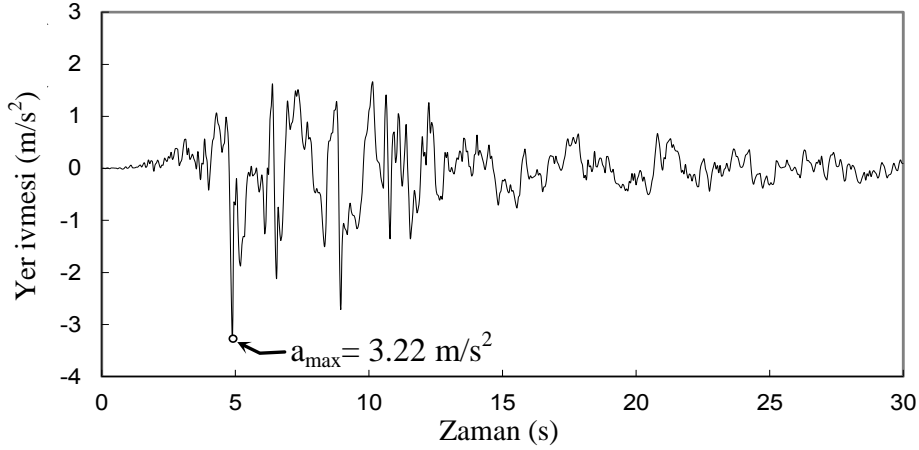
radyasyonel sönüm etkilerinin dikkate alınabilmesi ve yansıma etkilerinin önüne geçilebilmesi için Lysmer ve Kuhlemeyer (1969) tarafından önerilen viskoz sınırlar kullanılarak, sönümleyiciler model sınırlarına kartezyen koordinat takımında her bir doğrultuda yerleştirilmiştir. Zeminin, malzeme bakımından doğrusal olmayan davranışı Drucker-Prager elastoplastik malzeme yaklaşımı ile dikkate alınmıştır. Tüm bu modelleme ve çözümlerinde ANSYS 13 (2010) programından faydalanılmıştır.



Şekil 1. Önerilen sayısal model.

Önerilen sonlu elemanlar modeli vasıtasıyla dolgu-istinat duvarı-temel/zemin sisteminin deprem davranışı, zemin-yapı etkileşimi ve dolgu birim hacim ağırlığı değişimi dikkate alınarak araştırılmıştır. Çözümler zaman ortamında doğrudan entegrasyon yöntemlerinden Newmark yaklaşımı

kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çözümlerde sistemin sönümü Rayleigh sönümü ile temsil edilmiştir. Yer hareketi olarak 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Yarımca kaydı Kuzey-Güney bileşeni dikkate alınmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi Yarımca ivme kaydı Kuzey-Güney bileşeni.

Çözümlerde istinat duvarına ait elastisite modülü 30000 MPa, Poisson oranı 0.20, birim hacim ağırlık 25 kN/m³, kohezyonsuz dolgu zeminine ait elastisite modülü 50 MPa ve Poisson oranı 0.30 olarak dikkate alınmıştır. Söz konusu sistemin deprem davranışı üzerinde dolgu zeminine ait birim hacim ağırlık değişiminin etkileri, kohezyonsuz

dolgu zeminine ait olabilecek dört farklı birim hacim ağırlık değeri (14 kN/m³, 16 kN/m³, 18 kN/m³, 20 kN/m³) dikkate alınarak incelenmiştir. Ayrıca sismik davranış üzerinde zemin-yapı etkileşim etkilerini değerlendirebilmek amacıyla dikkate alınan temel zemini özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Dikkate alınan temel zemini özellikleri.

Zemin sistemi	E (kN/m ²)	G (kN/m ²)	ν	γ (kN/m ³)	v_s (m/s)	v_p (m/s)
S1	75000	26786	0.40	18.0	121.99	298.81
S2	150000	55556	0.35	18.5	173.29	360.74
S3	500000	192308	0.30	19.0	318.14	595.19

E: Elastisite modülü, G: Kayma modülü, ν : Poisson oranı, γ : Birim hacim ağırlık, v_s : Kayma dalgası hızı, v_p : Boyuna dalga hızı

3. Bulgular ve İrdeleme

Araştırmaya konu olan etkileşim sisteminin sismik yük etkisi altında dört farklı dolgu birim hacim ağırlığı değeri dikkate alınarak çözümlenmesinden elde edilen en büyük yatay yerdeğiştirmeler ve gerilmeler ile bu tepkilerin gerçekleşme zamanları S1 temel zemini sistemi için Tablo 2'de, S2 temel

zemini sistemi için Tablo 3'de ve S3 temel zemini sistemi için Tablo 4'de verilmektedir. Bu tablolardaki yerdeğiştirmeler, yer seviyesine göre hesaplanan rölatif yerdeğiştirmeleri ifade etmektedir. Yerdeğiştirme ve gerilme değerlerine dayalı ayrıntılı değerlendirmeler aşağıdaki alt başlıklarda grafiksel olarak sunulmaktadır.

Tablo 2. S1 zemin sistemi için dinamik analiz sonuçları.

Birim hacim ağırlık (kN/m ³) $\gamma = 14$		$\gamma = 16$		$\gamma = 18$		$\gamma = 20$		
Tepkiler	t (s)	Value	t (s)	Value	t (s)	Value	t (s)	Value
u_t (m)	4.80	0.0429	4.80	0.0426	4.80	0.0422	4.80	0.0419
S_{zb} (MPa)	5.35	8.8348	5.35	8.6749	5.35	8.5055	5.35	8.3570
S_{yb} (MPa)	5.35	1.2167	5.35	1.2061	5.35	1.1955	5.35	1.1864
S_{xb} (MPa)	5.35	3.7871	5.35	3.7590	5.35	3.7357	5.35	3.7158
S_{zf} (MPa)	5.35	-8.9355	5.35	-8.7734	5.35	-8.6007	5.35	-8.4490
S_{yf} (MPa)	5.35	-0.7188	5.35	-0.7117	5.35	-0.7046	5.35	-0.6985
S_{xf} (MPa)	5.35	-0.5737	5.30	-0.5630	5.30	-0.5527	5.30	-0.5433

γ : Birim hacim ağırlık, u_t : İstinat duvarının tepe noktasının yatay yerdeğiştirilmesi; S_{zb} , S_{yb} ve S_{xb} : İstinat duvarının arka yüzünde (dolgu tarafı) z, y ve x doğrultularında hesaplanan gerilmeler; S_{zf} , S_{yf} ve S_{xf} : İstinat duvarının ön yüzünde z, y ve x doğrultularında hesaplanan gerilmeler.

Tablo 3. S2 zemin sistemi için dinamik analiz sonuçları.

Birim hacim ağırlık (kN/m ³) $\gamma = 14$		$\gamma = 16$		$\gamma = 18$		$\gamma = 20$		
Tepkiler	t (s)	Value	t (s)	Value	t (s)	Value	t (s)	Value
u_t (m)	4.80	0.0250	4.80	0.0251	4.80	0.0252	4.80	0.0252
S_{zb} (MPa)	9.70	7.2644	9.70	7.2846	9.70	7.2744	5.40	7.1960
S_{yb} (MPa)	5.35	0.9347	5.35	0.9430	9.65	0.9531	5.35	0.9561
S_{xb} (MPa)	9.70	2.8496	9.70	2.8857	9.70	2.9473	9.70	2.8970
S_{zf} (MPa)	9.70	-7.3548	9.70	-7.3758	9.70	-7.3664	5.40	-7.2773
S_{yf} (MPa)	5.35	-0.5655	5.35	-0.5700	5.35	-0.5717	5.35	-0.5770
S_{xf} (MPa)	5.30	-0.5084	5.30	-0.5094	5.30	-0.5083	5.30	-0.5097

γ : Birim hacim ağırlık, u_t : İstinat duvarının tepe noktasının yatay yerdeğiştirilmesi; S_{zb} , S_{yb} ve S_{xb} : İstinat duvarının arka yüzünde (dolgu tarafı) z, y ve x doğrultularında hesaplanan gerilmeler; S_{zf} , S_{yf} ve S_{xf} : İstinat duvarının ön yüzünde z, y ve x doğrultularında hesaplanan gerilmeler.

Tablo 4. S3 zemin sistemi için dinamik analiz sonuçları.

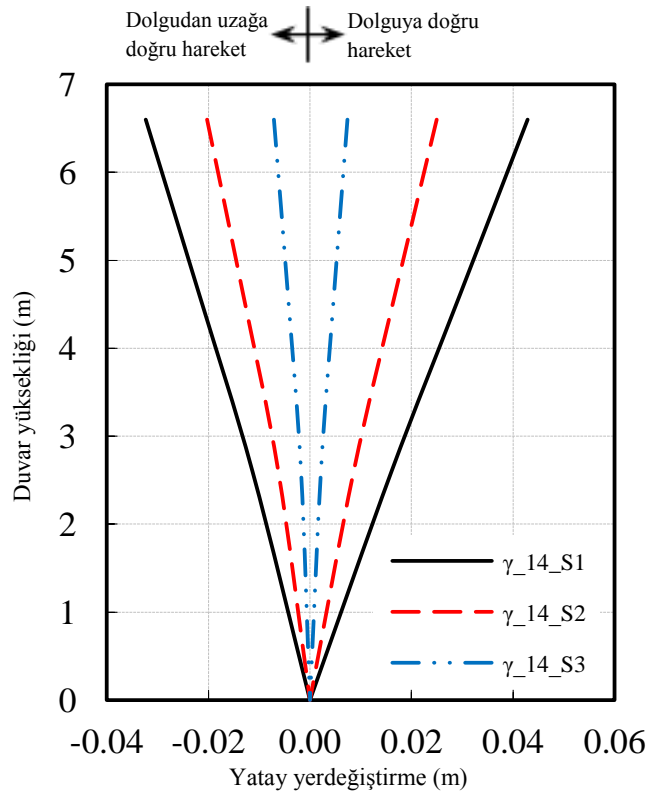
Birim hacim ağırlık (kN/m ³) $\gamma = 14$		$\gamma = 16$		$\gamma = 18$		$\gamma = 20$		
Tepkiler	t (s)	Value	t (s)	Value	t (s)	Value	t (s)	Value
u_t (m)	4.75	0.0074	4.75	0.0075	4.75	0.0076	4.75	0.0078
S_{zb} (MPa)	9.70	3.6110	9.70	3.6413	9.70	3.6956	9.70	3.7928
S_{yb} (MPa)	9.70	0.4497	9.70	0.4563	9.70	0.4641	9.70	0.4796
S_{xb} (MPa)	9.70	1.3336	9.70	1.3567	9.70	1.3767	9.70	1.4326
S_{zf} (MPa)	9.70	-3.6598	9.70	-3.6900	9.70	-3.7445	9.70	-3.8434
S_{yf} (MPa)	9.65	-0.2720	9.70	-0.2755	9.70	-0.2809	9.65	-0.2900
S_{xf} (MPa)	6.75	-0.2745	6.75	-0.2755	6.75	-0.2843	6.75	-0.2912

γ : Birim hacim ağırlık, u_t : İstinat duvarının tepe noktasının yatay yerdeğiştirilmesi; S_{zb} , S_{yb} ve S_{xb} : İstinat duvarının arka yüzünde (dolgu tarafı) z, y ve x doğrultularında hesaplanan gerilmeler; S_{zf} , S_{yf} ve S_{xf} : İstinat duvarının ön yüzünde z, y ve x doğrultularında hesaplanan gerilmeler.

3.1. Temel Zemini Etkileşim Etkileri

Temel zemini-yapı etkileşiminin duvar deprem davranışı üzerindeki etkileri yatay yerdeğiştirmelerin istinat duvarı yüksekliği boyunca değişimleri, duvar tepe noktasının yatay yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimleri ve her bir doğrultuda meydana gelen gerilmelerin zamanla değişimleri baz alınarak değerlendirilmektedir. İstinat duvarının üzerine oturduğu üç farklı temel zemini sistemi için duvar yatay yerdeğiştirmelerinin yükseklik boyunca

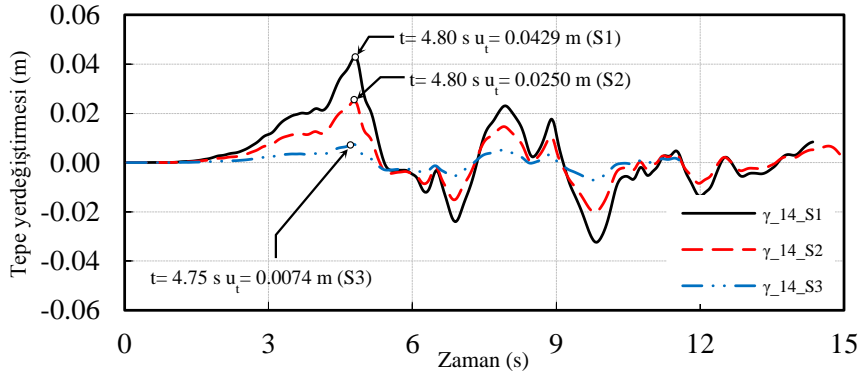
değişimleri, $\gamma = 14 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlığa sahip dolgu zemini koşullarında, Şekil 3'de verilmektedir. Farklı birim hacim ağırlık değerine sahip diğer dolgu zemini koşullarında da tepki değişim eğiliminin aynı yönde olduğu Tablo 2-4'den görülebilir. Yerdeğiştirmelerin negatif değerleri duvarın öne doğru hareketini, pozitif değerleri ise duvarın arka dolguya doğru hareketini temsil etmektedir. Şekil 3'de yatay yerdeğiştirmelerin zemin rijitliğinin artmasıyla önemli mertebelerde azaldığı açıkça görülmektedir.



Şekil 3. S1, S2 ve S3 temel zemini sistemi koşullarında yatay yerdeğiştirmelerin duvar yüksekliği boyunca değişimleri.

S1, S2 ve S3 temel zemini sistemi koşullarında konsol istinat duvarının tepe noktasının yatay yerdeğiştirmelerinin zamanla değişimleri Şekil 4'de verilmektedir. Şekil 4'de temel zemini rijitliğindeki değişime bağlı olarak davranış şekli açısından kayda değer bir farklılık gözükmemekte, ancak yerdeğiştirmelerin en büyük değerlerinde önemli farklılıklar göze çarpmaktadır. Örneğin; en büyük yerdeğiştirme değeri S1 zemin sisteminde 0.0429 m olarak elde

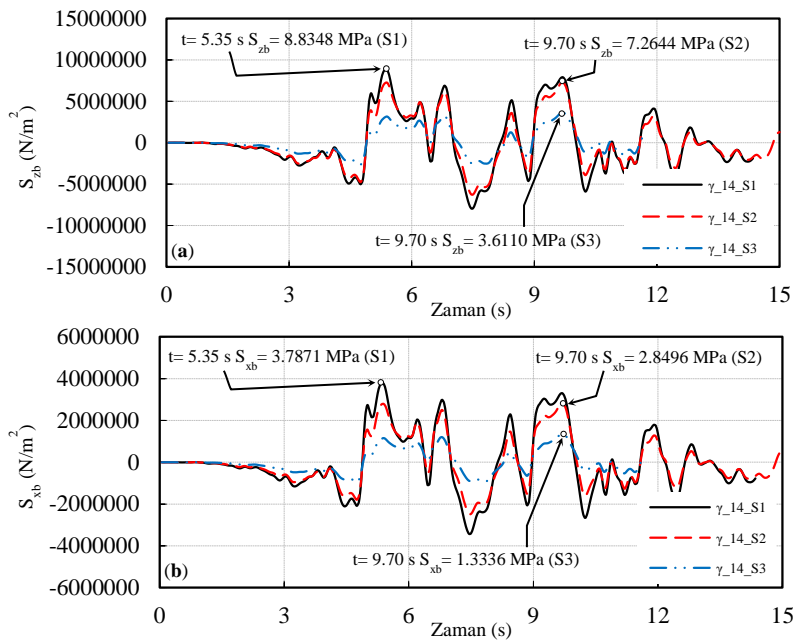
edilirken, bu değer zemin rijitliğindeki artışa bağlı olarak S2 zemin sisteminde yaklaşık % 42 oranında azalarak 0.0250 m, S3 zemin sisteminde ise S1 zemin sistemine göre yaklaşık % 83 oranında bir azalmayla 0.0074 m olarak elde edilmektedir. Yerdeğiştirmelerdeki bu farklılıklar zemin-yapı etkileşiminin istinat duvarı tasarımı için dikkate alınması gereken önemli bir parametre olduğuna bir kez daha işaret etmektedir.



Şekil 4. S1, S2 ve S3 temel zemini sistemi koşullarında yatay yerdeğiştirmelerin zamanla değişimleri.

Zemin-yapı etkileşiminin duvar kritik kesitlerinde oluşan gerilmeler üzerindeki etkisini görebilmek için gerilmelerin zamanla değişimleri de incelenmiştir. Bu değerlendirmeye bir örnek olarak Şekil 5'de z (düşey) ve x (yatay) doğrultularında istinat duvarı arka yüzünde meydana gelen gerilmelerin zamanla değişimleri verilebilir. Söz konusu şekilden temel zemini koşullarındaki değişime bağlı olarak meydana gelen gerilmelerin eşlenik bir karakter sergilediği görülmektedir. Şekil 5a'da gerilmelerin en büyük değerleri incelendiğinde, S1 zemin sistemi için en büyük gerilmenin çekme olarak 8.8348 MPa, S2 zemin sisteminde yaklaşık % 18 oranında bir azalışla yine çekme olarak 7.2644 MPa, S3 zemin sisteminde ise S1 zemin sistemine

göre yaklaşık % 59 oranında bir azalmayla yine çekme olarak 3.6110 MPa olarak gerçekleştiği görülmektedir. Benzer irdelemeler Şekil 5b'den x doğrultusundaki yatay gerilmeler üzerinden de yapılabilir. Davranış değişim eğilimi benzer olduğundan bu değerler için tekrar oransal bir karşılaştırma yapılmamaktadır. Ayrıca etkileşime bağlı olarak hem düşey hem de yatay doğrultulardaki en büyük tepkilerin gerçekleşme zamanlarındaki farklılıklar da göze çarpmaktadır. Örneğin S1 zemin sisteminde 5.35 s'de gerçekleşen en büyük tepki, S3 zemin sisteminde 9.70 s'de gerçekleşmektedir. Yapılan tüm bu irdelemeler, konsol istinat duvarının sismik davranışı üzerinde zemin-yapı etkileşim etkilerini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

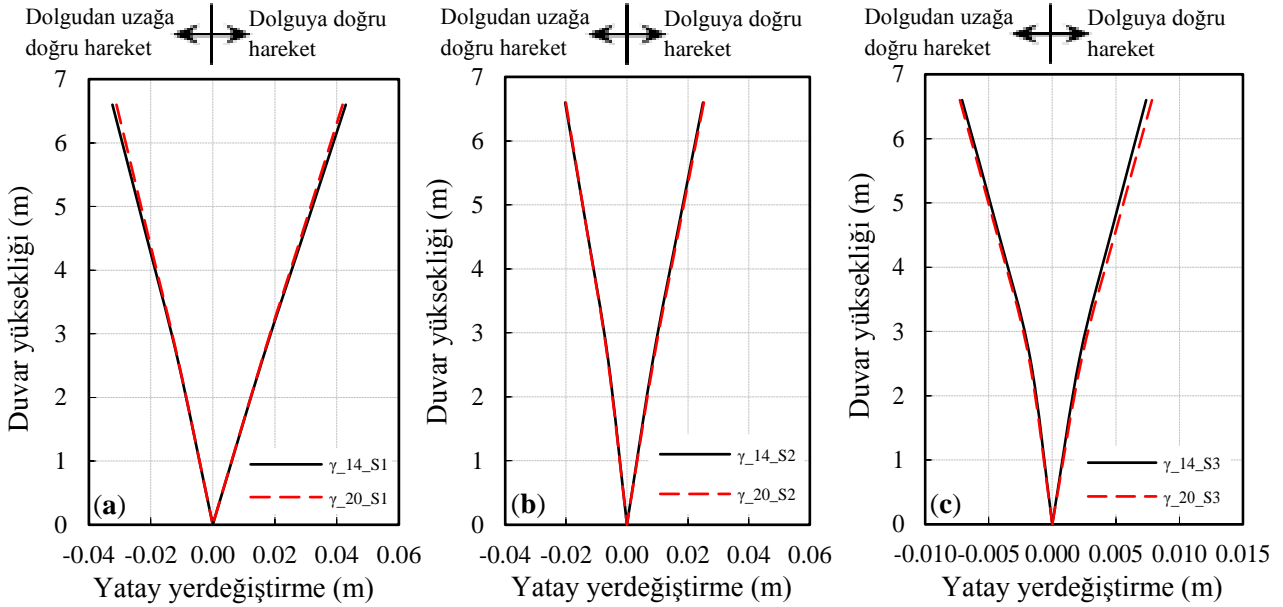


Şekil 5. S1, S2 ve S3 temel zemini sistemi koşullarında a) z doğrultusunda b) x doğrultusunda duvar arka yüzündeki gerilmelerin zamanla değişimleri.

3.2. Dolgu Zemini Birim Hacim Ağırlığı Değişiminin Etkileri

Önerilen üç boyutlu sonlu elemanlar modeli yardımıyla üç farklı temel zemini sistemine göre gerçekleştirilen çözümlerden elde edilen yatay yerdeğiştirmelerin istinat duvarı yüksekliği boyunca değişimleri iki farklı

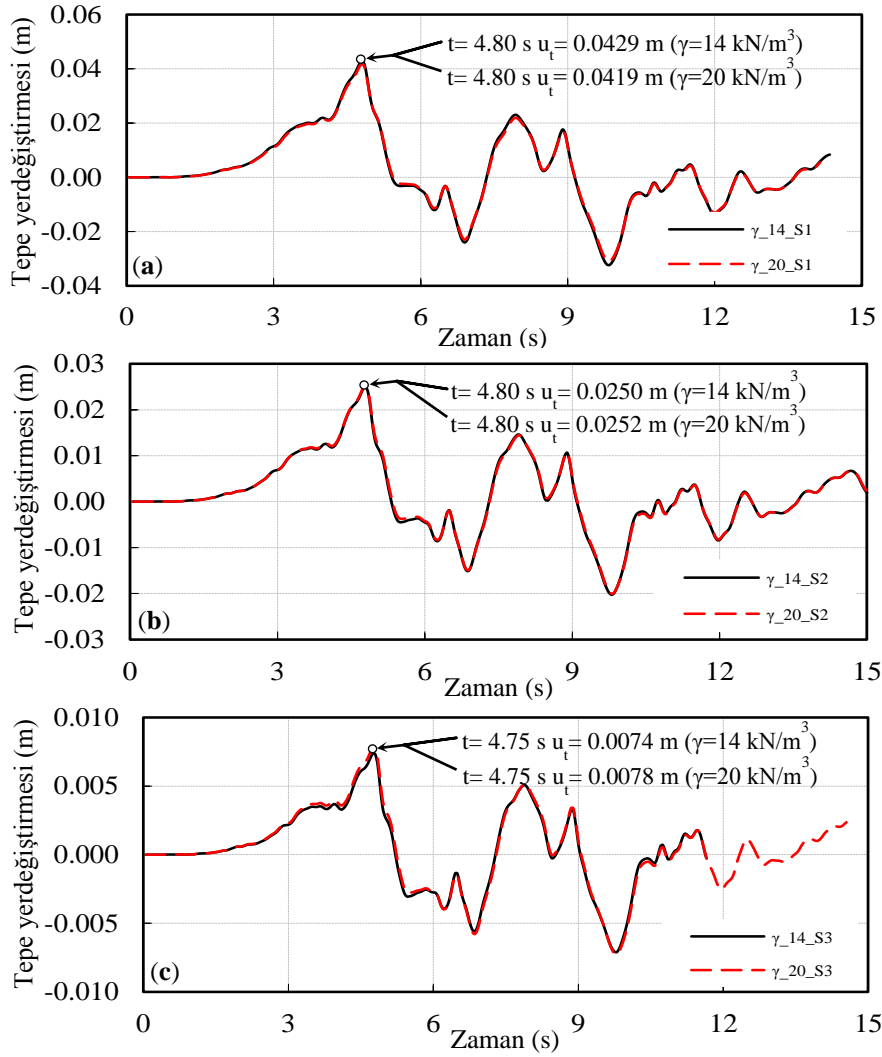
dolgu zemini birim hacim ağırlığı değeri için Şekil 6'da verilmektedir. Bu şekilden istinat duvarı deprem davranışının, dolgu zeminine ait birim hacim ağırlık değeri değişiminden kayda değer bir şekilde etkilenmediği ve yatay yerdeğiştirmelerdeki değişimin ihmal edilebilir düzeylerde kaldığı görülmektedir.



Şekil 6. a) S1, b) S2, c) S3 zemin sistemi koşullarında yatay yerdeğiştirmelerin duvar yüksekliği boyunca değişimleri üzerinde dolgu birim hacim ağırlığı değişiminin etkileri.

Dolgu zemini birim hacim ağırlığı değişimine bağlı olarak yatay yerdeğiştirmelerin zamanla değişimleri üç farklı temel zemini sistemi için Şekil 7'de verilmektedir. Şekil 7'den gerek davranış şekli gerekse yerdeğiştirmelerin en büyük değerleri açısından önemli bir farklılık olmadığı açıkça görülmektedir. Örneğin; Şekil 7a'da görüldüğü üzere, S1 zemin sisteminde $\gamma=14 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlık değeri için en büyük yerdeğiştirme değeri 0.0429 m düzeyinde gerçekleşirken, bu değer birim hacim ağırlık değerindeki yaklaşık % 43'e karşılık gelen 6 kN/m^3 artışla, $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ değeri için sadece % 2 oranında azalarak 0.0419 m olarak meydana gelmektedir. Benzer değerlendirmeler Şekil 7b ve c'den S2 ve S3 zemin sistemleri için

yapıldığında, birim hacim ağırlık değerindeki artışa bağlı olarak yerdeğiştirme tepkilerinin, S1 zemin sistemi için elde edilenin aksine, artma eğiliminde olduğu ve söz konusu artış oranlarının sırasıyla % 1 ve % 5 olarak gerçekleştiği görülmektedir. Tepkilerdeki kimi zaman azalma kimi zamansa artma eğilimi, deprem ile yerel zemin koşullarının karmaşık ve karşılıklı etkileşimini açığa çıkaran önemli bir bulgu olarak göze çarpmaktadır. Ancak elde edilen tepki değişimlerinden, burada incelenen aralık için, birim hacim ağırlık değişiminin duvar dinamik yatay yerdeğiştirmeleri üzerinde ihmal edilebilir düzeylerde bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 7. a) S1, b) S2, c) S3 zemin sistemi koşullarında yatay yerdeğiştirmelerin zamanla değişimleri üzerinde dolgu birim hacim ağırlığı değişiminin etkileri.

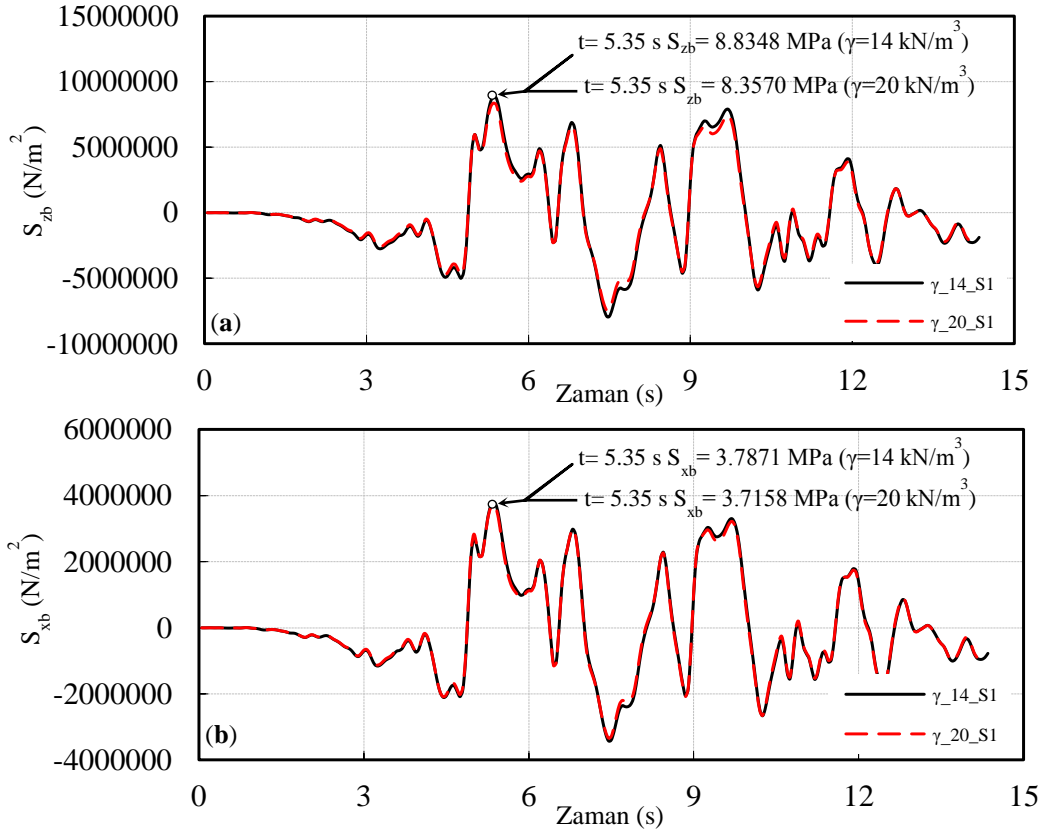
Konsol duvar sismik davranışı üzerinde dolgu zeminine ait birim hacim ağırlık değeri değişiminin etkileri duvar kritik kesitlerinde her bir doğrultuda meydana gelen gerilmeler üzerinden de değerlendirilebilir. Burada tüm doğrultulardaki gerilmelerin zamanla değişimlerini grafiksel olarak vermek çalışmanın hacmini oldukça artıracadığından bazı örneklemeler yapılarak genel davranışı ortaya koyabilecek değerlendirmeler sunulmaktadır. Bununla birlikte her bir doğrultudaki ilgili gerilme tepkilerinin en büyük değerleri ve gerçeleşme zamanları Tablo 2-4'de görülmektedir.

Şekil 8'de S1 zemin sistemi için z ve x doğrultularında istinat duvarı arka yüzünde meydana gelen gerilmelerin zamanla

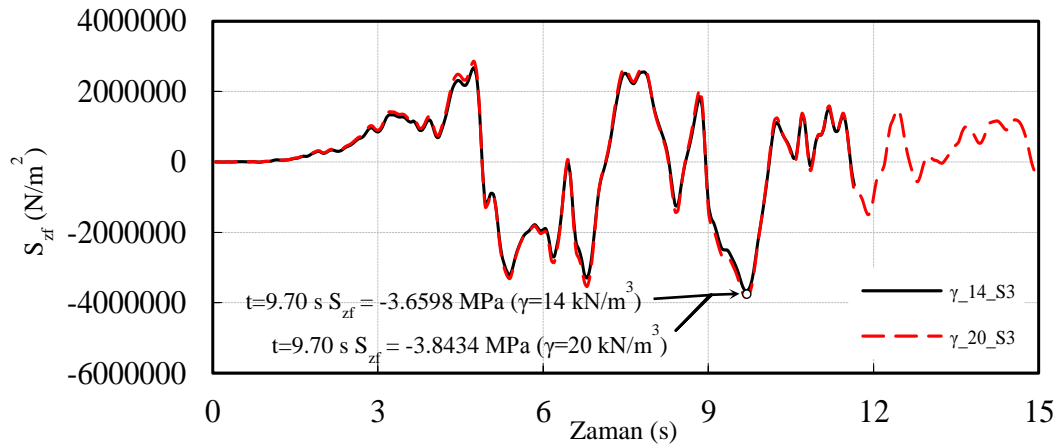
değişimleri verilmektedir. Söz konusu şekilden dolgu zemini birim hacim ağırlığı değişimine bağlı olarak davranış açısından hiçbir farklılığın olmadığı, en büyük değerler açısından ise küçük mertebelerde farklılıkların olduğu açıkça görülmektedir. Örneğin; Şekil 8a'da $\gamma=14 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlık değeri için en büyük gerilme değeri çekme olarak 8.8348 MPa düzeyinde gerçeleşirken, aynı değer $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ değeri için yaklaşık % 5 oranında azalarak 8.3570 MPa olarak meydana gelmektedir. Benzer değerlendirme Şekil 8b'den x doğrultusundaki gerilmeler dikkate alınarak yapıldığında aynı eğilim göze çarpmakta, ancak tepki değişiminin % 2 düzeyinde kaldığı görülmektedir.

Şekil 9’da S3 zemin sistemi için z doğrultusunda istinat duvarı ön yüzünde meydana gelen gerilmelerin zamanla değişimleri verilmektedir. Şekil 9’dan birim hacim ağırlık değerindeki artışa bağlı olarak gerilme tepkilerinin, S1 zemin sistemi için elde edilenin aksine, artma eğiliminde olduğu

görülmektedir. Örneğin; $\gamma=14 \text{ kN/m}^3$ birim hacim ağırlık değeri için en büyük gerilme değeri basınç olarak 3.6598 MPa bulunurken, aynı değer $\gamma=20 \text{ kN/m}^3$ değeri için yaklaşık % 5 oranında artarak yine basınç olarak 3.8434 MPa olarak elde edilmektedir.



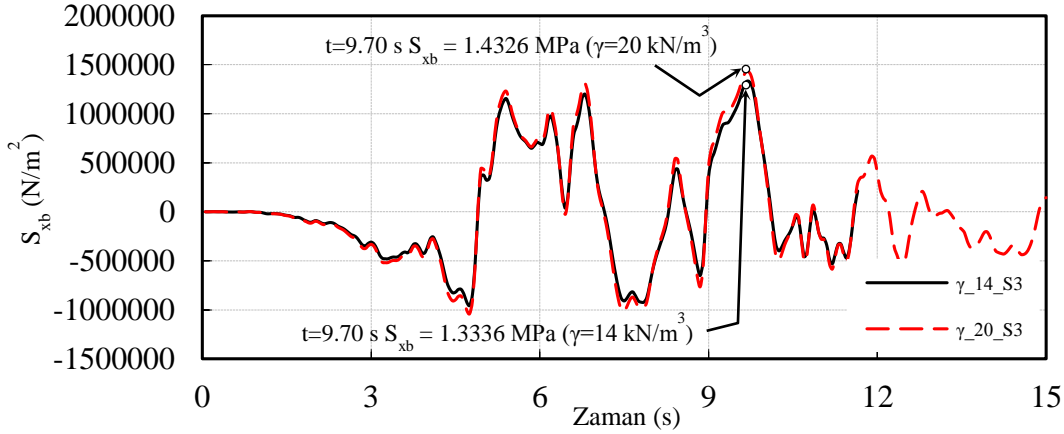
Şekil 8. S1 zemin sistemi için a) z doğrultusunda b) x doğrultusunda istinat duvarı arka yüzündeki gerilmelerin zamanla değişimleri üzerinde dolgu birim hacim ağırlığı değişiminin etkileri.



Şekil 9. S3 zemin sistemi için z doğrultusunda istinat duvarı ön yüzündeki gerilmelerin zamanla değişimleri üzerinde dolgu birim hacim ağırlığı değişiminin etkileri.

Şekil 10'da S3 zemin sistemi için x doğrultusunda istinat duvarı arka yüzünde oluşan gerilmelerin zamanla değişimleri verilmektedir. Bu şekilde de birim hacim ağırlık değerindeki artışla, gerilme tepkisinin şiddetinin arttığı ve artış oranının yaklaşık %

7 mertebesinde gerçekleştiği görülmektedir. Gerilmeler üzerine yapılan tüm irdelemelerden, burada incelenen aralık için, dolgu birim hacim ağırlığı değişiminin tepkiler üzerinde ihmal edilebilir seviyelerde bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 10. S3 zemin sistemi için x doğrultusunda istinat duvarı arka yüzündeki gerilmelerin zamanla değişimleri üzerinde dolgu birim hacim ağırlığı değişiminin etkileri.

4. Sonuçlar

İstinat yapılarının dinamik davranışının belirlenmesi ve yanal zemin basınçlarını güvenli bir şekilde karşılayabilecek yapının tasarımı, zemin-yapı etkileşimi açısından geoteknik deprem mühendisliği uygulamaları arasında önemli bir yer tutmaktadır. Coğrafyasının hemen hemen tamamı aktif deprem kuşaklarında yer alan ülkemizde inşa edilecek olan istinat yapılarına gelen ek dinamik kuvvetlerin de tasarım aşamasında dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca zemin özelliklerinin ve zeminle ilgili problemlerden kaynaklanabilecek risklerin belirlenmesi yapı tasarımı için oldukça önemli bir husustur. Bu çalışmada zemin-yapı etkileşiminin ve dolgu zemini birim hacim ağırlığı değişiminin konsol bir istinat duvarının sismik davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Üç farklı temel zemin sistemi ve dört farklı dolgu zemini birim hacim ağırlığı değeri dikkate alınarak ANSYS genel amaçlı yapısal analiz programı aracılığıyla sonlu elemanlar yöntemine dayalı sismik çözümler gerçekleştirilmiştir. Konsol duvarın sismik tepkisi duvar yatay yerdeğiştirmeleri ile duvar ön ve arka yüzlerinde kritik kesitlerde

meydana gelen gerilmeler baz alınarak değerlendirilmiştir.

Temel zemini rijitliğindeki değişime bağlı olarak gerek yerdeğiştirmelerin gerekse gerilmelerin şiddetlerinin önemli mertebelerde değiştiği görülmüştür. Bu nedenle yerel zemin koşullarının depremlerde oluşan kuvvetli yer hareketlerini önemli ölçüde etkileyebileceği ve dolayısıyla zemin-yapı etkileşiminin konsol istinat duvarlarının sismik tasarımı için dikkate alınması gereken önemli bir parametre olduğu ifade edilebilir.

Dolgu zeminine ait birim hacim ağırlık değerinin artmasıyla yatay yerdeğiştirme ve gerilme tepkilerinin bazen artma bazen de azalma eğiliminde oldukları görülmüştür. Bu durum deprem ile yerel zemin koşullarının karmaşık ve karşılıklı etkileşimi ile ilişkilendirilebilir. Ancak tepkilerin şiddetlerindeki değişimler değerlendirildiğinde, bu çalışma kapsamında incelenen aralık için, birim hacim ağırlık değeri değişiminin duvar dinamik davranışı üzerinde ihmal edilebilir düzeylerde bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Kaynaklar

- Akkar, S., 2008. Türkiye’de sismik aktivite ve tasarım spektrumları, Binalar için deprem mühendisliği temel ilkeler, Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H. ve Wasti, S.T. (eds.), ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara, Türkiye, pp. 17-34.
- ANSYS 13.0, 2010. ANSYS Inc., Canonsburg, PA.
- Aydınoğlu, M.N., 1977. Üstyapı-Zemin Ortak Sisteminin Deprem Hesabı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Çakır, T., 2010. Zemin-Depo Dış Duvarı-Sıvı Sistemlerinin Deprem Davranışlarının İncelenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çakır, T., 2013. Evaluation of the effect of earthquake frequency content on seismic behavior of cantilever retaining wall including soil-structure interaction, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 45, 96-111.
- Çakır, T., 2014. Influence of wall flexibility on dynamic response of cantilever retaining walls, Structural Engineering and Mechanics, 49, 1, 1-22.
- DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- EAK-2000, 2003. Greek Seismic Code, Earthquake Planning and Protection Organization, Athens.
- Eurocode-8, 2003. Design of Structures for Earthquake Resistance - Part 5: Foundations, Retaining Structures and Geotechnical Aspects, Final draft, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Gazetas, G., Psarropoulos, P.N., Anastasopoulos, I. ve Gerolymos, N., 2004. Seismic behaviour of flexible retaining systems subjected to short-duration moderately strong excitation, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 537-550.
- Giarlelis, C. ve Mylonakis, G., 2011. Interpretation of dynamic retaining wall model tests in light of elastic and plastic solutions, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 31, 16-24.
- IS-1893, 2002. Indian Standard Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures, Part 1, General Provisions and Buildings.
- Kloukinas, P., Penna, A., di Santolo, A.S., Bhattacharya, S., Dietz, M., Dihoru, L., Evangelista, A., Simonelli, A.L., Taylor, C. ve Mylonakis, G., 2012. Experimental Investigation of Dynamic Behavior of Cantilever Retaining Walls, Second International Conference on Performance-Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering, May 28-30, Taormina, Italy, paper no. 13.08.
- Lin, Y.L., Leng, W.M., Yang, G.L., Zhao, L.H., Li, L. ve Yang, J.S., 2015. Seismic active earth pressure of cohesive-frictional soil on retaining wall based on a slice analysis method, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 70, 133-147.
- Liu, Q., Tian, Y. ve Deng, F., 2014. Dynamic analysis of flexible cantilever wall retaining elastic soil by a modified Vlasov–Leontiev model, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 63, 217-225.

- Lysmer, J. ve Kuhlemeyer, R.L., 1969. Finite dynamic model for infinite media, ASCE Engineering Mechanics Division Journal, 95, 859-877.
- Madabhushi, S.P.G. ve Zeng, X., 2007. Simulating seismic response of cantilever retaining walls, ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, , 133, 539-549.
- Mononobe, N. ve Matsuo, H., 1929. On the determination of earth pressures during earthquakes, Proceedings of World Engineering Congress, 9, Japan. pp.179-187.
- Nazarian, H.N. ve Hadjian, A.H., 1979. Earthquake-induced lateral soil pressures on structures, ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division, 105, 1049-1066.
- Okabe, S., 1924. General theory of earth pressure and seismic stability of retaining wall and dam, Journal of Japanese Society of Civil Engineering, 10, 1277-1323.
- Psarropoulos, P.N., Klonaris, G. ve Gazetas, G., 2005. Seismic earth pressures on rigid and flexible retaining walls, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 25, 795-809.
- Sucuoğlu, H., 2008. Türkiye’de sismik aktivite ve tasarım spektrumları, Binalar için deprem mühendisliği temel ilkeler, Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H. ve Wasti, S.T. (eds.), ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara, Türkiye. pp. 35-56.
- Theodorakopoulos, D.D., Chassiakos, A.P. ve Beskos, D.E., 2001. Dynamic pressures on rigid cantilever walls retaining poroelastic soil media. Part I: First method of solution, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 21, 315-338.
- Veletsos, A.S. ve Younan, A.H., 1994. Dynamic soil pressures on rigid vertical walls, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 23, 3, 275-301.
- Veletsos, A.S. ve Younan, A.H., 1997. Dynamic Response of Cantilever Walls, ASCE Journal of Geotechnical Engineering, 123, 2, 161-172.
- Wilson, P. ve Elgamal, A., 2015. Shake table lateral earth pressure testing with dense c- ϕ backfill, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 71, 13-26.
- Xu, S.Y., Shamsabadi, A. ve Taciroglu, E., 2015. Evaluation of active and passive seismic earth pressures considering internal friction and cohesion, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 70, 30-47.

Farklı Deprem Düzeyleri İçin Betonarme Çerçevesinin Plastik Enerji İstemlerinin Belirlenmesi

Taner UÇAR^{1*}, Onur MERTER²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İzmir, Türkiye

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Geliş tarihi/Received 04.05.2015

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 01.07.2015

Kabul tarihi/Accepted 10.07.2015

Özet

Betonarme kesitlerin kısmi veya toptan göçme mekanizmaları oluşmaksızın elastik ötesi şekil değiştirme yapabilmeleri ve buna bağlı olarak plastik enerji tüketebilme yetenekleri şiddetli depremlerin daha az hasarla atlatılması bakımından önemlidir. Bu çalışmada betonarme çerçevelerde doğrusal olmayan davranış sonucu tüketilen plastik enerjinin hesaplanması araştırılmıştır. Türk Deprem Yönetmeliği'ne uygun olarak boyutlandırılan üç, dört ve beş katlı betonarme çerçevelerin statik artımsal itme analizleri gerçekleştirilmiş ve her itme adımında oluşan plastik kesitler dikkate alınarak plastik enerji diyagramları oluşturulmuştur. Çerçevelerin farklı deprem düzeyleri için doğrusal olmayan modal yerdeğiştirme istemi ve buna karşılık gelen plastik enerji istemi belirlenmiştir. Böylece yönetmelik kuralları çerçevesinde boyutlandırılan betonarme çerçevelerin plastik enerji tüketebilme yetenekleri irdelenmiştir. Deprem düzeyine bağlı olarak çerçevelerin plastik enerji isteminin değiştiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Artımsal İtme Analizi, Deprem Düzeyleri, Türk Deprem Yönetmeliği, Plastik Enerji İstemi, Tepe Yerdeğiştirme İstemi

Determination of Plastic Energy Demands of Reinforced Concrete Frames under Code Specific Earthquake Levels

Abstract

Inelastic deformation and plastic energy dissipation capabilities of reinforced concrete sections without any local and total collapse have an importance for earthquake safety in order to achieve limiting damage. Calculation of plastic energy dissipation of reinforced concrete frames due to nonlinear behavior is investigated. Nonlinear static pushover analyses of three, four and five-story reinforced concrete frames designed according to requirements of Turkish Seismic Design Code are conducted and then plastic energy diagrams are generated by considering the plastic sections formed at each load increment step of pushover analysis. Modal displacement demands and corresponding plastic energy demands of the frames are determined for different earthquake levels. Therefore, the energy dissipation capabilities of reinforced concrete frames designed according to Turkish Seismic Design Code are examined. Plastic energy demand of frames vary with earthquake level.

Keywords: Nonlinear Pushover Analysis, Specific Earthquake Levels, Turkish Seismic Design Code, Plastic Energy Demand, Lateral Roof Displacement Demand

* Taner UÇAR, taner.ucar@deu.edu.tr, Tel: (0232) 301 84 10

1. Giriş

Deprem yükleri altında yapıların doğrusal olmayan davranışlarının belirlenmesi yapı mühendisliği açısından oldukça önemlidir. Deprem gibi tekrarlı dinamik yüklerle birlikte genellikle doğrusal olmayan davranış gösteren yapı sistemlerine doğrudan bir enerji girişi olmaktadır. Enerji girişinin büyük çoğunluğu doğrusal elastik ötesi davranan yapı sisteminin taşıyıcı sistem elemanlarının çevrimsel davranışı ile tüketilmektedir. Deprem yükleri altında enerji tüketen yapıların doğrusal olmayan davranışları farklı analiz yöntemlerinin kullanılması ile belirlenebilmektedir. Bu yöntemler arasında en sık kullanılanlar, zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ve doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemidir. En güvenilen analiz yöntemi olmasına rağmen; deprem ivme kayıtlarının seçimi, hangi depremin yapıya etkiyeceğinin bilinmemesi, bilgisayar ortamında gerçekleştirilen analizlerin genellikle uzun zaman gerektirmesi ve karmaşık yapıda olması gibi bazı olumsuzluk ve belirsizliklerden ötürü zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi pratik mühendislik uygulamalarında genellikle pek tercih edilmemektedir.

Yapının belirli yatay yükler altında artımsal olarak adım adım itilmesi esasına dayanan statik artımsal itme analizinde, yapının doğrusal olmayan davranışı daha pratik bir şekilde belirlenebilmektedir (Jiang vd., 2010; Reyes ve Chopra, 2011; Sucuoğlu ve Günay, 2011; Mortezaei vd., 2011; Kreslin ve Fajfar, 2012; Camara ve Astiz, 2012; Alıcı vd. 2013; Kaatsız ve Sucuoğlu, 2014). Dikkate alınan belirli bir yatay yükleme biçimi için, doğrusal olmayan davranış yatay yük – yer değiştirme kapasite eğrisi şeklinde tanımlanmaktadır. Plastik şekil değiştirmelerin plastik mafsalları verilen belirli bölgelerde toplandığı ve bunun dışındaki bölgelerin lineer-elastik davrandığı kabul edilmektedir. Yapının artımsal itme analizi modelinde, potansiyel plastik kesitlere ait iç kuvvet - plastik şekil değiştirme bağıntıları tanımlanmakta ve eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda çatlamış

kesite ait etkin eğilme rijitlikleri esas alınmaktadır. Hedeflenen bir yer değiştirmeye kadar statik olarak adım adım itilen yapı sistemindeki plastikleşen kesitler belirlenmekte ve her adımdaki plastik mafsalları dönmeleri elde edilebilmektedir.

Davranışın lineer elastik olduğu veya plastikleşmenin olmadığı yapı sistemi bölgelerinde, kalıcı olarak depolanmayan ve elastik enerji olarak adlandırılan enerji türünün oluştuğu kabul edilebilir. Elastik davranan tek serbestlik dereceli bir sisteme depremle birlikte giren enerji ilk kez Housner (1956) tarafından şu şekilde tanımlanmıştır:

$$E = \frac{1}{2} \cdot M \cdot S_v^2 \quad (1)$$

Burada; S_v : elastik spektral hız ve M : sistemin kütesidir. Deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranış gösteren yapı sistemlerine depremle birlikte giren enerji, geçmişte birçok araştırmacı tarafından geniş bir şekilde incelenmiştir. Zahrah ve Hall (1984), Akiyama (1985), Fajfar vd. (1989), Kuwamura ve Galambos (1989) ve Uang ve Bertero (1990) deprem enerji girişini inceleyerek formüle etmiş olan önemli araştırmacılardandır. Depremle birlikte giren enerjinin büyük bir kısmı, yapı taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan çevrimsel (histeretik) davranışı sonucu tüketilmektedir. Histeretik enerji tüketimi geçmişte birçok analitik ve deneysel çalışmada detaylıca incelenmiş olup, yapı mühendisliğinde yapısal hasarla ilişkilendirilmiş olan en önemli enerji türüdür. Manfredi (2001), Lee ve Goel (2001), Riddell ve Garcia (2001), Akbaş ve Shen (2003), Kunnath ve Chai (2004), Kunnath ve Hu (2004), Kalkan ve Kunnath (2008), Leelataviwat vd. (2008), Liao ve Goel (2012) ve Banihashemi vd. (2014, 2015) doğrusal olmayan davranışta sismik enerji talebi, yapıların sismik değerlendirilmesinde enerji kavramının kullanımı, enerji kavramını esas alan performans dayalı plastik tasarım, histeretik enerji tüketimi ve yapısal hasarla ilişkilendirilmesi gibi konular üzerinde çalışmış başlıca araştırmacılar arasındadır.

Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizlerinde, yapı sisteminin doğrusal olmayan davranışta plastikleşen kesitlerinde tükettiği kabul edilen enerji türü plastik enerji olarak adlandırılabilir. Plastik enerji kavramı, yapı ve deprem mühendisliği alanında birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Leelataviwat vd. (2002) çalışmalarında, yapı sistemleri için plastik enerji kavramını kullanmış ve kat plastik mafsallarındaki plastik enerjinin yatay kuvvetlerin yapmış olduğu dış işe eşitliğinden faydalanarak tasarım taban kesme kuvveti üretmişlerdir. Lee vd. (2004), çelik çerçeveler için hedef yer değiştirme ve ideal göçme mekanizması kabul ederek, yapıların performans esaslı sismik tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, doğrusal olmayan davranıştaki plastik enerji ifadesi türetilmiş ve enerji dengesi kullanılmıştır. Liao ve Goel (2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmada; çok katlı betonarme çerçevelerde enerji dengesi kullanılarak çerçevelerin performans esaslı plastik tasarımı yapılmıştır. Bai ve Ou (2012), güçlü kolon - zayıf kiriş göçme mekanizmasına sahip betonarme çerçeve yapılarda plastik enerji dengesini kullanarak çerçevelerin plastik tasarımını gerçekleştirmiştir.

Bu çalışmada, Türk Deprem Yönetmeliği'ne (DBYBHY, 2007) ve TS500'e (2000) göre boyutlandırılmış olan çok katlı betonarme çerçeve yapıların doğrusal olmayan modellemeleri gerçekleştirilmiş ve doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri yapılmıştır. Farklı deprem düzeyleri için yer değiştirme istemleri Türk Deprem Yönetmeliği'nde (DBYBHY, 2007) verilen yöntemle belirlenmiştir. Çerçevelerin statik artımsal itme analizlerinde, her bir adımda oluşan plastik mafsallarda klasik iş – enerji bağıntısının kullanılması ile plastik enerji hesaplanmış ve yapılara ait plastik enerji tüketimi – yer değiştirme ilişkileri grafiksel olarak elde edilmiştir. Grafiklerden, farklı deprem düzeyleri için betonarme çerçevelerin plastik enerji istemleri belirlenebilmektedir. Oluşturulan bu enerji grafikleri, yapıların doğrusal olmayan davranışında plastik mafsal

bölgelerinde tüketilen toplam plastik enerji hakkında bilgi vermektedir.

2. Doğrusal Olmayan Davranış ve Enerji

Dış yükler altında doğrusal elastik ötesi davranış gösteren yapı sistemleri kalıcı (plastik) yer değiştirmeler yapabilmekte ve bu yer değiştirmeler sistem üzerinde bir iş yapmış olmaktadır. Yapılan bu dış iş, yapı sisteminde iş – enerji dengesinden plastikleşen kesitlerde (plastik mafsallarda) tüketilen plastik enerjiye eşit olmaktadır. Şekil 1'de; doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi sonucu plastikleşen kesitleri belirlenmiş çok katlı bir çerçeve yapı sistemi görülmektedir. Şekilde aynı zamanda, plastik mafsalin temsili moment-plastik dönme ($M_i - \theta_{pi}$) ilişkisi de verilmekte ve θ_{pi} : itme analizinin bir i . adımında oluşmuş olan plastik mafsalin o adımdaki plastik dönme değerini ifade etmektedir. Klasik iş– enerji ifadesinden yararlanılarak, herhangi bir plastik mafsaldaki plastik enerji en basit halde;

$$E_{pi} = |M_{pi} \cdot \theta_{pi}| \quad (2)$$

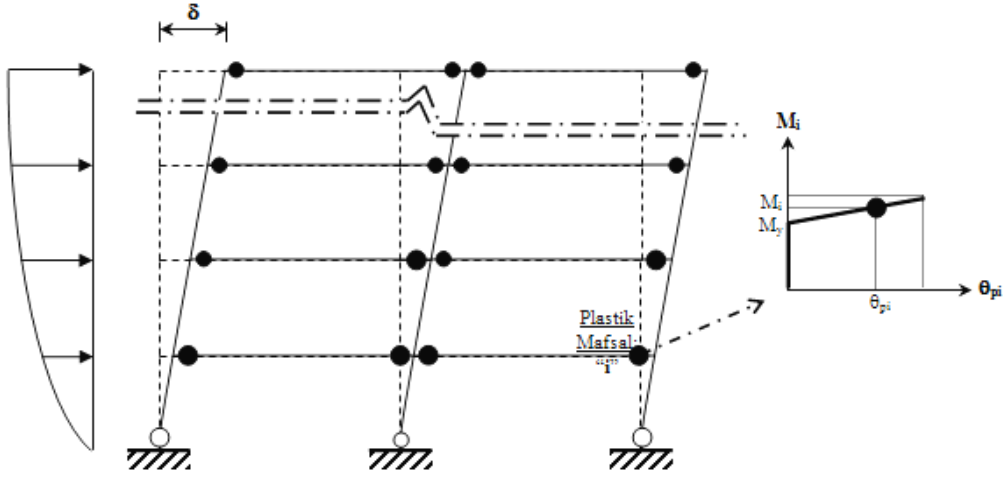
şeklinde ifade edilebilir. M_{pi} : taşıyıcı sistem elemanında oluşan teorik plastik mafsal uzunluğundaki bölgenin plastik moment değerini ve E_{pi} : plastik mafsalda tüketilen plastik enerjiyi göstermektedir. Plastik dönme θ_{pi} ;

$$\theta_{pi} = \theta_i - \theta_{yi} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. Burada θ_i : i . plastik mafsaldaki toplam dönme değerini ve θ_{yi} : elastik akma dönmesi değerini ifade etmektedir.

3. Plastik Enerji – Yer Değiştirme Grafiğinin Belirlenmesi

Doğrusal olmayan statik artımsal itme analizi yöntemi ile belirlenen yer değiştirmeye (veya göçmeye) dek adım adım itilen bir çerçeve yapı sisteminde elde edilen plastik mafsalların plastik enerjisinden hareketle tüm çerçevenin plastik enerjisi belirlenebilmektedir.



Şekil 1. Artımsal itme analizi sonucu oluşan plastik mafsallar.

Belirlenen plastik enerjiye karşılık gelen tepe yer değiştirmesinin grafiksel olarak işlenmesi ile yapı plastik enerji – tepe yer değiştirmesi ($E_p - \delta$) grafiği elde edilir. Bir betonarme çerçeveye ait plastik enerji – yer değiştirme grafiği örneği Şekil 2’de sunulmaktadır.

Statik artımsal itme analizinin i . bir adımında oluşan bir plastik mafsaldaki plastik enerjinin (E_{pi}) (2) nolu ifade ile hesaplanması ile, i . adımda oluşan tüm plastik mafsallardaki plastik enerji;

$$E_n = \sum_{i=1}^n E_{pi} (\text{Plastik Mafsala}) \quad (4)$$

şeklinde hesaplanabilir. E_n : itme analizinin i . adımında oluşan tüm plastik mafsallarda hesaplanmış plastik enerjilerin toplamını ifade etmektedir.

Doğrusal olmayan itme analizlerinin ilk adımlarında henüz elastik davranan sistemde, plastik yer değiştirmeler olmamakta ve kesitler plastikleşmemektedir. Bu kısım yapı taban kesme kuvveti – yer değiştirme kapasite eğrisinde akma yer değiştirmesine kadar olan bölümdür. Plastik enerji – yer değiştirme grafiğinde ise, belirli bir yer değiştirmeye (akma sınırına) kadar plastik enerji tüketimi olmamakta ve dolayısıyla toplam plastik enerji sıfır olmaktadır. Şekil 2’de gösterilen bu elastik bölge, enerjinin de elastik olduğu bölgeye karşılık gelmektedir. Plastik bölge ile gösterilen kısım ise, yapıdaki kesitlerde

plastikleşmenin başladığı daha ileri itme analizi adımlarını ifade etmekte olup; bu kısımlarda yapıda kalıcı şekil değiştirmeler oluşmakta ve plastik enerji tüketimleri meydana gelmektedir.

4. Sayısal Uygulama

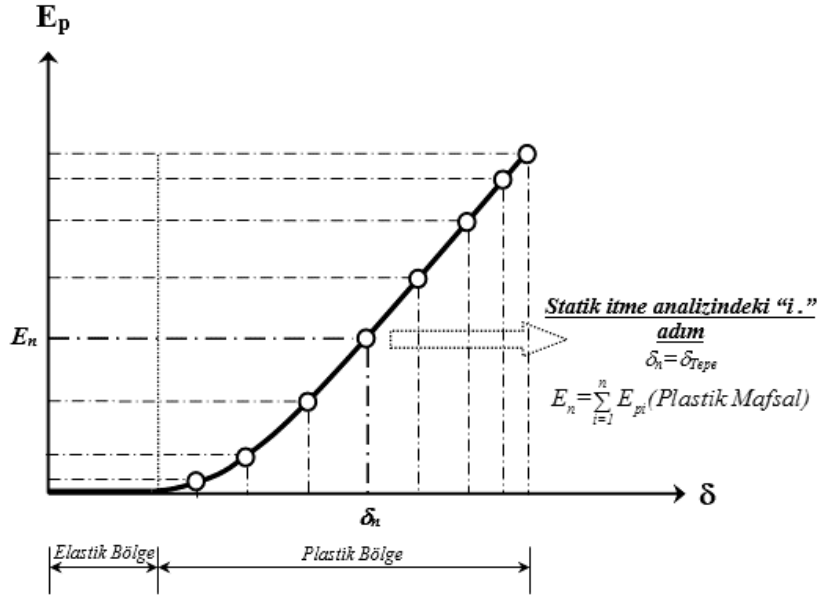
Çalışmada, betonarme çerçeve türü yapılarda doğrusal olmayan davranış sonucunda tüketilen plastik enerjinin hesaplanması ve farklı deprem düzeyleri için bu tür yapıların plastik enerji isteminin belirlenebilmesi amacıyla kat sayıları farklı üç adet betonarme çerçeve kullanılmıştır. Çerçeveler planda her iki doğrultuda 5 m’lik üç açıklığa sahip üç boyutlu bir yapının iç akslarından çıkarılmıştır. Kat sayısı 3, 4 ve 5 olarak belirlenen çerçeveler çalışma kapsamında BAÇ_3, BAÇ_4 ve BAÇ_5 olarak isimlendirilmiştir.

4.1. Çerçevelerin Boyutlandırılması

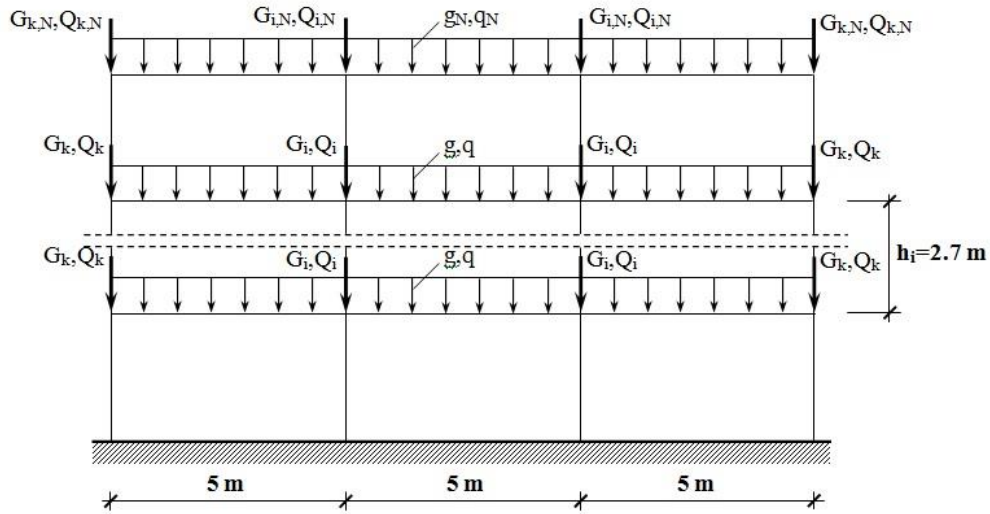
Seçilen düzlem çerçeveler öncelikle TS500 (2000) ve DBYBHY (2007) koşullarını sağlayacak şekilde boyutlandırılmıştır. Düşey yükler üç boyutlu yapı üzerinden hesaplanmış ve çerçevelere paylaştırılmıştır. Boyutlandırmada esas alınan düşey yükler tipik bir çerçeve üzerinde Şekil 3’de gösterilmiştir. Kirişler üzerindeki düzgün yayılı yükler g ve q olarak belirtilmiştir. Çerçeveye dik doğrultudaki kirişlerden dikkate alınan çerçeve kolonlarına aktarılan

sabit ve hareketli tekil yükler ise kenar kolonlar için G_k, Q_k ve iç kolonlar için ise G_i, Q_i olarak gösterilmiştir. Aynı yüklerin son

kat (N) için azaltılmış değerleri dikkate alınmıştır. Yüklerin sayısal değerleri Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Plastik enerji – yerdeğiştirme (E_p - δ) grafiği.



Şekil 3. Çerçevelerin geometrik özellikleri ve düşey yükleri.

Tablo 1. Boyutlandırmada esas alınan düşey yükler

Düzgün Yayılı Yükler (kN/m)							
g		q		g _N		q _N	
20.50		6.67		15.50		5.00	
Tekil Yükler (kN)							
G _k	Q _k	G _i	Q _i	G _{k,N}	Q _{k,N}	G _{i,N}	Q _{i,N}
71.00	16.65	102.63	33.33	52.50	12.50	77.45	25.00

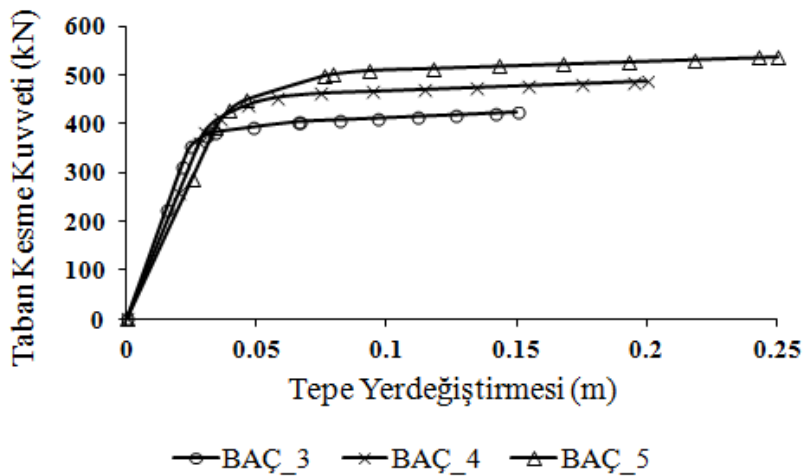
Yapı önem katsayısı $I=1.0$ olarak belirlenen çerçevelerin birinci derece deprem bölgesinde bulunduğu (etkin yer ivmesi katsayısı $A_0=0.40$), zemin sınıfının Z2 (spektrum karakteristik periyotları $T_A=0.15$ saniye ve $T_B=0.40$ saniye) olduğu ve yüksek süneklik düzeyine sahip olduğu (taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$) kabul edilmiştir. Tipik kat yüksekliği $h_i=2.70$ m olarak alınmıştır. Çerçevelerin kat kütleleri ölü yükler ile hareketli yüklerin %30'unun (hareketli yük katılım katsayısı, $n=0.30$) toplamından hesaplanmıştır. Çerçevelerin boyutlandırılması aşamasında doğrusal elastik deprem hesabı Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (DBYBHY, 2007) kullanılarak yapılmıştır. Beton sınıfı C20, enine ve boyuna donatı ise S420 olarak öngörülmüştür.

Çerçevelerin doğrusal elastik hesap modelleri SAP2000 (CSI, 2014) yapısal analiz programında oluşturulmuş ve TS500 (2000)'de verilen farklı yük birleşimleri dikkate alınarak boyutlandırması gerçekleştirilmiştir. Boyutlandırma sonucunda çerçevelerdeki tüm kirişler 25x50 cm olarak belirlenmiştir. Kare olarak tasarlanan kolon kesitlerinin boyutları BAÇ_3'de 40x40 cm, BAÇ_4'de 45x45 cm ve BAÇ_5'de 50x50 cm olarak belirlenmiştir. Kiriş ve kolon elemanlardaki boyuna ve enine donatılara ait ayrıntılara burada yer verilmemiştir.

4.2. Doğrusal Olmayan Modelleme ve İtme Analizi

Malzeme bakımından doğrusal elastik olmayan davranış basit eğilmede plastik mafsallara karşılık gelen yığılı plastik davranış modeli esas alınarak idealleştirilmiştir. Plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p) çalışan doğrultudaki kesit boyutunun (h) yarısına eşit alınmıştır. Plastik mafsalların kiriş ve kolonların net açıklıklarının uçlarında oluştukları kabul edilmiştir. Düşey yüklerden dolayı kiriş açıklıklarında plastik mafsallara oluşmamaktadır. Plastik kesitlerin iç kuvvet (plastik moment)-plastik şekil değiştirme (plastik dönme) özellikleri SAP2000 (CSI, 2014) ortamında otomatik olarak oluşturulmuştur. Kiriş ve kolon elemanlarda çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitlikleri için DBYBHY (2007)'de verilen değerler kullanılmıştır.

Çerçevelerin itme analizi Artımsal Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak SAP2000 (CSI, 2014) analiz programı ile gerçekleştirilmiştir. Deprem yükü dağılımının, taşıyıcı sistemdeki plastik kesit oluşumlarından bağımsız biçimde sabit kaldığı varsayımı (DBYBHY, 2007) ile yapılan itme analizi sonucunda elde edilen itme eğrileri tüm çerçeveler için Şekil 4'de gösterilmiştir.



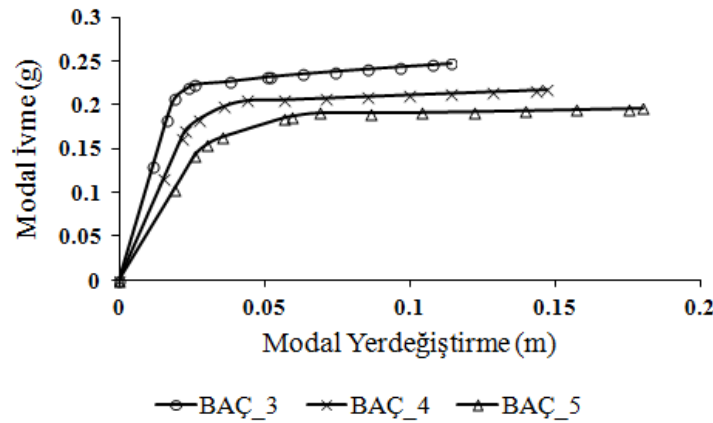
Şekil 4. Çerçevelerin itme eğrileri.

Çerçevelerin doğrusal olmayan modal yerdeğiştirme isteminin belirlenmesinde kullanılmak üzere itme eğrileri DBYBHY (2007)'de verilen koordinat dönüşümleri kullanılarak apsisi modal yerdeğiştirme, ordinatı ise modal ivme olan modal kapasite diyagramına dönüştürülmüştür. Bu dönüştürme işleminde kullanılan modal parametrelerin hesaplanan değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de M_{x1} , γ_{x1} , Γ_{x1} ve Φ_{xN1} x deprem doğrultusunda doğrusal elastik

davranış için tanımlanan birinci moda ait etkin kütle, etkin kütle oranı, katkı çarpanı ve çerçevenin tepesinde mod şekli genliği, $L_{x1} = \phi_1^T m_1$, M_1 birinci titreşim moduna ait modal kütle, $\sum m_i$ ise toplam küttedir. $T_{1x}^{(1)}$ itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci moda ait doğal titreşim periyodudur. Çalışmada kullanılan çerçevelere ait modal kapasite diyagramları Şekil 5'de verilmiştir.

Tablo 2. Modal parametreler

	$T_{1x}^{(1)}$ (s)	$\sum m_i$ (ton)	L_{x1} (ton)	M_1 (ton)	M_{x1} (ton)	γ_{x1}	Φ_{xN1}	Γ_{x1}
BAÇ_3	0.595	200.50	135.53	105.57	173.99	86.8	1.000	1.284
BAÇ_4	0.726	273.36	175.88	135.27	228.68	83.7	1.000	1.300
BAÇ_5	0.853	346.22	216.15	165.32	282.61	81.6	1.000	1.307



Şekil 5. Çerçevelerin modal kapasite diyagramları.

4.3. Doğrusal Olmayan Modal Yerdeğiştirme İsteminin Belirlenmesi

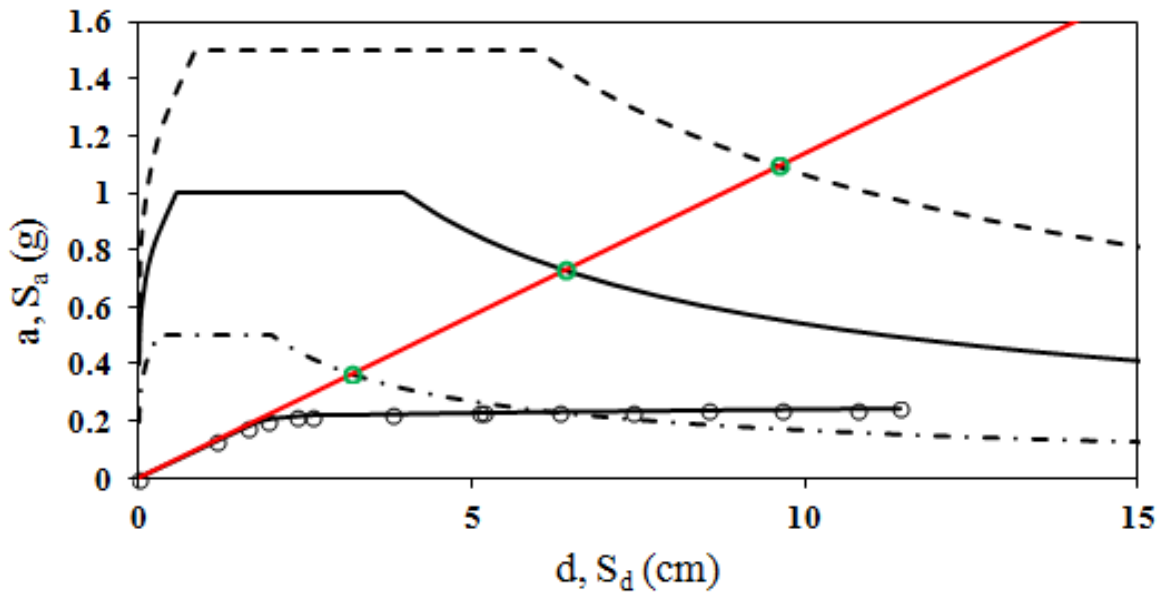
Çalışmada kullanılan çerçevelerin modal yerdeğiştirme isteminin hesaplanmasında, DBYBHY (2007)'de bina önem katsayısı $I=1$ olan binalar için 50 yıllık bir süre içinde farklı aşılma olasılıklarına sahip üç farklı deprem düzeyi (Orta Şiddetli Deprem, Tasarım Depremi ve Çok Şiddetli Deprem) dikkate alınmıştır. DBYBHY (2007)'de tanımlanan elastik ivme spektrumu şiddetli depreme karşılık gelen ve 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan Tasarım Depremi'ne aittir. Orta Şiddetli Deprem 50 yılda aşılma olasılığı %50 olan

deprem olup, bu depreme ait ivme spektrum değerleri Tasarım Depremi'ne ait spektrumun ordinatlarının yarısı olarak ele alınmıştır. Çok Şiddetli Deprem için ise, 50 yılda aşılma olasılığı %2 olan deprem esas alınmıştır. Çok Şiddetli Deprem'in ivme spektrum değerleri ise, Tasarım Depremi'ne ait spektrumun ordinatlarının 1.5 katı olarak kabul edilmiştir (DBYBHY, 2007). Elastik spektral ivme $S_{ae}(T)$ 'nin hesaplanmasında, etkin yer ivmesi katsayısı $A_0=0.40$ alınmıştır.

Oluşturulan elastik ivme spektrumları, binalara ait modal kapasite diyagramları ile birlikte kullanılarak çerçevelerin modal

yerdeğiştirme istemleri DBYBHY (2007)'de açıklandığı gibi belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan tüm çerçevelerin itme analizinin ilk adımında, doğrusal elastik davranış esas alınarak hesaplanan birinci moda ait $T_{1x}^{(1)}$ başlangıç periyodları tanımlanan ivme spektrumundaki karakteristik periyod $T_B=0.40$ s'den daha uzundur (Tablo 2). Bu nedenle spektral yerdeğiştirme oranı $C_{R1}=1$ olarak alınmış ve modal yerdeğiştirme istemi ($d_1^{(p)}$) (doğrusal elastik olmayan spektral yerdeğiştirme (S_{di1})), eşit yerdeğiştirme kuralı

gereğince aynı periyoda sahip eşlenik doğrusal elastik sisteme ait lineer elastik spektral yerdeğiştirmeye (S_{del}) eşit olarak belirlenmiştir. Şekil 6'da farklı deprem düzeyleri için BAÇ_3'ün doğrusal olmayan modal yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi gösterilmiştir. Eğimi itme analizinin ilk adımındaki birinci moda ait özdeğere ($\omega_1^{(1)}$)² eşit kırmızı doğrunun farklı aşılma olasılıklarına ait spektrumların kestiği yeşil noktanın apsisi modal yerdeğiştirme istemine karşılık gelmektedir.



Şekil 6. Farklı deprem düzeyleri için BAÇ_3'ün modal yerdeğiştirme isteminin belirlenmesi.

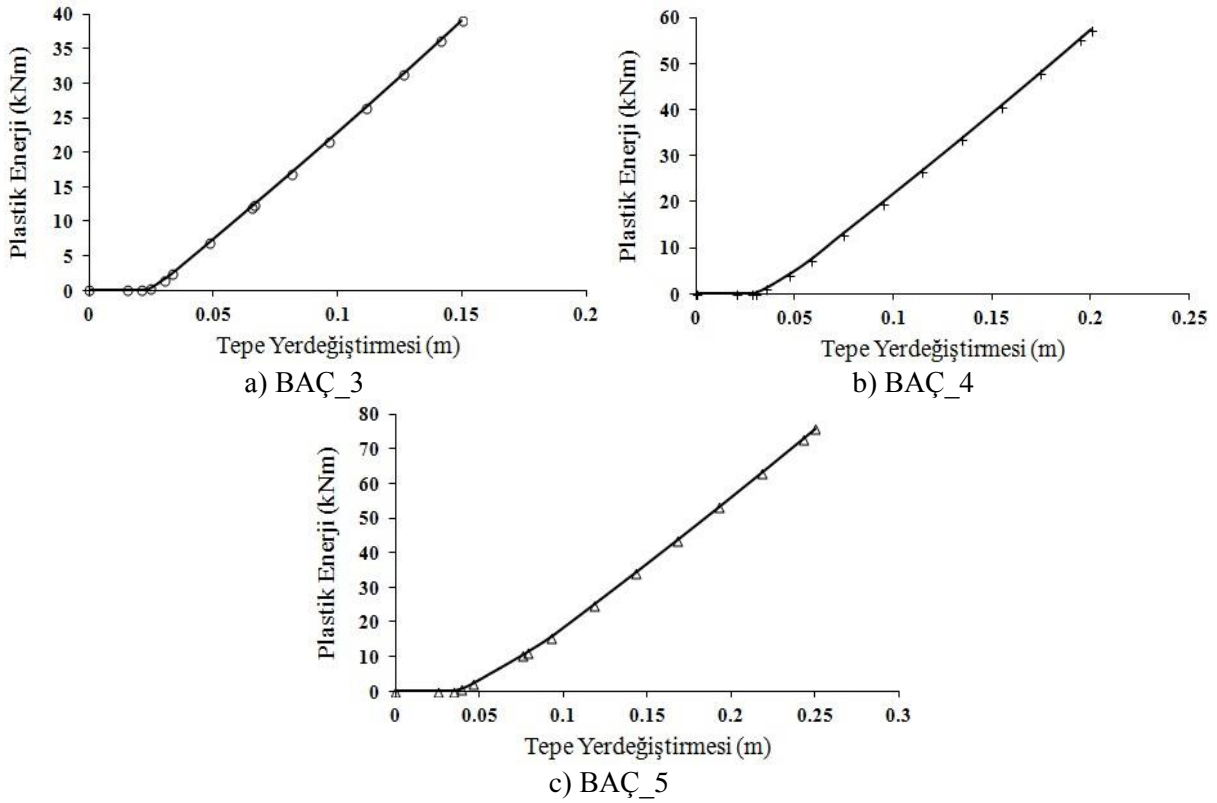
Farklı deprem düzeyleri için belirlenen modal yerdeğiştirme istemleri kullanılarak çerçevelerin x deprem doğrultusundaki tepe yerdeğiştirme istemi ($U_{xN1}^{(p)}$) elde edilmiştir. Çerçevelerin modal yerdeğiştirme istemi ($d_1^{(p)}$) ve tepe yerdeğiştirme istemi ($U_{xN1}^{(p)}$) ile bunlara karşılık gelen modal ivme ($a_1^{(p)}$) ve taban kesme kuvveti ($V_{x1}^{(p)}$) değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Aynı tabloda tepe yerdeğiştirme istemine karşılık gelen taban kesme kuvvetinin boyutlandırmada esas alınan taban kesme kuvvetine (V_{xt}) oranı da belirtilmiştir.

4.4. Plastik Enerji İsteminin Belirlenmesi

Çerçevelerde doğrusal olmayan davranış sonucu tüketilen plastik enerji değerleri, her itme adımında oluşan plastik kesitlerin enerjileri toplamından elde edilmiştir. Plastik kesitlerdeki enerji değerleri ise her itme adımı için bu kesitlerdeki plastik moment (M_p) – plastik dönme (θ_p) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. Yatay eksenini tepe yerdeğiştirmesi, dikey eksenini ise plastik enerji olan diyagramlar çalışmada kullanılan tüm çerçeveler için Şekil 7'de verilmiştir.

Tablo 3. Yerdeğiştirme isteminin belirlenmesine ait büyüklükler

Orta Şiddetli Deprem					
	$d_1^{(p)}$ (cm)	$a_1^{(p)}$ (m/s ²)	$U_{xN1}^{(p)}$ (cm)	$V_{x1}^{(p)}$ (kN)	$V_{x1}^{(p)}/V_{xt}$
BAÇ_3	3.201	2.225	4.111	387.179	1.575
BAÇ_4	4.065	1.957	5.284	447.546	1.542
BAÇ_5	4.932	1.707	6.447	482.491	1.492
Tasarım Depremi					
	$d_1^{(p)}$ (cm)	$a_1^{(p)}$ (m/s ²)	$U_{xN1}^{(p)}$ (cm)	$V_{x1}^{(p)}$ (kN)	$V_{x1}^{(p)}/V_{xt}$
BAÇ_3	6.403	2.342	8.221	407.421	1.657
BAÇ_4	8.130	2.045	10.569	467.747	1.611
BAÇ_5	9.865	1.825	12.894	515.777	1.595
Çok Şiddetli Deprem					
	$d_1^{(p)}$ (cm)	$a_1^{(p)}$ (m/s ²)	$U_{xN1}^{(p)}$ (cm)	$V_{x1}^{(p)}$ (kN)	$V_{x1}^{(p)}/V_{xt}$
BAÇ_3	9.604	2.395	12.332	416.701	1.695
BAÇ_4	12.195	2.091	15.853	478.178	1.648
BAÇ_5	14.797	1.864	19.340	527.153	1.630



Şekil 7. Çerçevelerin plastik enerji diyagramları.

Farklı deprem düzeyleri için çerçevelerin plastik enerji istemi ise Tablo 3'de verilen tepe yerdeğiştirmesi istemi esas alınarak hesaplanan plastik enerji değeri olarak belirlenmiştir. Çerçevelerin tepe yerdeğiştirmesi istemine ulaşıncaya kadar

statik artımsal itme analizi yeniden yapılmış ve bu noktada analiz sonlandırılarak oluşan plastik mafsalların plastik enerjileri tek tek hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerin toplamı plastik enerji istemine karşılık gelmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Çerçevelerin plastik enerji istemleri

	E_p (kNm)		
	Orta Şiddetli Deprem	Tasarım Depremi	Çok Şiddetli Deprem
BAÇ_3	4.658	17.209	30.226
BAÇ_4	5.688	23.546	42.122
BAÇ_5	7.136	28.882	53.375

Dikkate alınan deprem düzeyinin büyümesiyle birlikte çerçevelerin doğrusal olmayan tepe yerdeğiştirme istemi de büyümektedir. Buna bağlı olarak daha çok kesitin plastikleşme olasılığı ortaya çıktığı gibi, plastikleşen kesitlerdeki dönmeler de artacaktır. Dolayısıyla, deprem etki düzeyinin büyümesiyle birlikte tüketilen plastik enerjide de artış beklenmektedir. Tablo 4'deki plastik enerji istemleri bunu doğrular niteliktedir.

Çalışma kapsamında Tasarım Depremi'ne göre boyutlandırılan çerçevelerin plastikleşen kiriş ve kolon kesitlerindeki en büyük dönme değerleri farklı deprem düzeyleri için Tablo 5'de verilmiştir. Aynı tabloda bu değerlerin kesitin göçme sınırındaki (GÇ) plastik dönme kapasitesine oranı da verilmektedir. Orta Şiddetli Deprem düzeyi için BAÇ_5'in kolonlarında plastik kesit oluşmamıştır.

Tablo 5. Kiriş ve kolon elemanlarda hesaplanan en büyük plastik dönme değerleri

	Orta Şiddetli Deprem					
	Kiriş				Kolon	
	$+\theta_p$ (rad)	$+\theta_p/\theta_{p,max}$	$-\theta_p$ (rad)	$-\theta_p/\theta_{p,max}$	θ_p (rad)	$\theta_p/\theta_{p,max}$
BAÇ_3	0.003951	0.158	0.003266	0.142	0.002103	0.140
BAÇ_4	0.003549	0.142	0.003223	0.140	0.003675	0.245
BAÇ_5	0.004043	0.162	0.003095	0.134	-	-
	Tasarım Depremi					
BAÇ_3	0.01	0.400	0.009339	0.406	0.007886	0.526
BAÇ_4	0.009206	0.368	0.008624	0.375	0.005432	0.362
BAÇ_5	0.009675	0.387	0.008744	0.376	0.003234	0.216
	Çok Şiddetli Deprem					
BAÇ_3	0.0155	0.620	0.0148	0.643	0.0129	0.860
BAÇ_4	0.0146	0.584	0.0138	0.600	0.0102	0.68
BAÇ_5	0.015	0.600	0.0139	0.602	0.007821	0.521

Oluşan plastik mafsallarda eğilme momentinin sabit olduğu düşünülürse (veya pekleşme etkisiyle bir miktar artış da olabilir) tüketilen plastik enerjinin büyük oranda plastikleşen kesitlerdeki dönmeler (θ_p) ile orantılı olacağı açıktır. Başka bir deyişle; plastik mafsalin enerji tüketme kapasitesini plastik dönme kapasitesi belirlemektedir. Tablo 5'deki oranlar incelendiğinde, DBYBHY (2007)'ye uygun olarak boyutlandırılan betonarme çerçevelerin Çok Şiddetli Deprem etkisi altında bile göçme sınırındaki dönme kapasitesine erişmediği

görülmektedir. Dolayısıyla, plastik kesitler en elverişsiz olarak kabul edilebilecek bu durumda bile plastik dönme yapabilmekte ve plastik enerji tüketebilmektedir.

5. Sonuçlar

Çalışma kapsamında betonarme düzlem çerçevelerde doğrusal olmayan davranış sonucu tüketilen plastik enerjinin hesaplanması araştırılmıştır. Ayrıca Türk Deprem Yönetmeliği'ne uygun olarak boyutlandırılan betonarme çerçevelerin farklı

deprem düzeyleri etkisinde plastikleşen kesitlerinde tüketilen enerjilerden hareketle plastik enerji istemi belirlenmiştir. Elde edilen somut bulgular aşağıdaki gibidir.

- Yönetmeliğe uygun olarak boyutlandırılan bu çerçevelerde plastik kesitlerin kiriş uçlarında ve alt kat kolon uçlarında oluştuğu görülmüştür. Dolayısıyla bu tür çerçevelerde plastikleşen kesitlerdeki moment ve dönme değerleri esas alınarak hesaplanan plastik enerjinin önemli kısmı kiriş plastik mafsallarından sağlanmaktadır.
- Her itme adımı için plastikleşen kesit sayısı artmakta ve oluşan plastik mafsallardaki dönmeler büyümektedir. Buna bağlı olarak plastik enerji tüketimi de artmaktadır. Plastik enerji diyagramlarında, çerçevelerin tepe yerdeğiştirmesi ile plastik enerjileri arasında doğrusala yakın bir ilişki elde edilmiştir.
- Çerçevelerin dikkate alınan farklı deprem düzeyleri için belirlenen doğrusal olmayan modal yerdeğiştirme isteminin artmasıyla plastik enerji istemleri de artmaktadır. Dolayısıyla, şiddetli depremler etkisinde kesitlerin kapasitelerinde önemli bir azalma olmaksızın doğrusal olmayan şekildeğiştirme yapabilmeleri ve plastik enerji tüketebilmeleri önem kazanmaktadır.
- Sabit moment veya pekleşme etkisiyle küçük moment artışları etkisinde dönme hareketi yapan plastik mafsallarda tüketilen enerji miktarı plastik dönme değerleriyle orantılıdır. Bu nedenle kesitlerin göçme kapasitesine ulaşmadan plastik dönme yapabilmesi enerji tüketimi açısından önemlidir.
- Tasarım Depremi dikkate alınarak boyutlandırılan çerçevelerde aynı deprem etkisi altında kiriş uçlarında oluşan plastik mafsallardaki en büyük dönme değerleri bu kesitlerin göçme sınırındaki plastik dönme değerinin yaklaşık %40'ı kadardır. Aynı oran Orta Şiddetli Deprem için yaklaşık %15 ve Çok Şiddetli Deprem için ise yaklaşık %60'dır. Kolon plastik mafsallarındaki en büyük plastik dönme

değerinin de Çok Şiddetli Deprem etkisi altında dahi göçme sınırındaki dönme kapasitesinin altında kaldığı görülmüştür.

Çalışmadan elde edilen bulgular dikkate alındığında, Türk Deprem Yönetmeliği'ne uygun olarak tasarlanan betonarme çerçevelerin yeterli plastik enerji tüketme potansiyeline sahip oldukları görülmektedir. Kesitlerin sünekliğinin artırılmasına yönelik alınabilecek tüm önlemlerin bu kesitlerin plastik enerji tüketebilme kabiliyetini artıracığı açıktır.

Kaynaklar

- Akbaş, B. ve Shen, J., 2003. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı ve Enerji Kavramı, İMO Teknik Dergi, Yazı 192, 2877-2901.
- Akiyama, H., 1985. Earthquake-Resistant Limit-State Design for Buildings, Tokyo Üniversitesi Basısı, Japonya.
- Alıcı, F.S., Kaatsız, K. ve Sucuoğlu, H., 2013. Genel İtme Analizinin Pratik Uygulaması, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eylül 25-27, Hatay, Türkiye.
- Bai, J. ve Ou, J., 2012. Plastic Limit-State Design of Frame Structures Based on the Strong-Column Weak-Beam Failure Mechanism, 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon.
- Banihashemi, M. R., Mirzagoltabar, A. R. ve Tavakoli, H., 2014. Development Seismic Design of Steel Moment Frames and the Evaluation by Energy Spectrum Method, Indian Journal of Science and Technology, 7, 10, 1699-1711.
- Banihashemi, M. R., Mirzagoltabar, A. R. ve Tavakoli, H. R., 2015. Development of the Performance Based Plastic Design for Steel Moment Resistant

- Frame, International Journal of Steel Structures, 15, 1, 51-62.
- Camara, A. ve Astiz, M.A., 2012. Pushover Analysis for the Seismic Response Prediction of Cable-Stayed Bridges Under Multi-Directional Excitation, Engineering Structures, 41, 444-455.
- Deprem Yönetmeliği – DBYBHY, 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.
- Fajfar, P., Vidic, T. ve Fischinger, M., 1989. Seismic Design in Medium- and Long-Period Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 18, 8, 1133-1144.
- Housner, G.W., 1956. Limit Design of Structures to Resist Earthquakes, Proceedings of the 1st World Conference on Earthquake Engineering, Earthquake Engineering Research Institute, 5, 1-13, Oakland, California.
- Jiang, Y., Gang, L. ve Yang, D., 2010. A Modified Approach of Energy Balance Concept Based Multimode Pushover Analysis to Estimate Seismic Demands for Buildings, Engineering Structures, 32, 5, 1272-1283.
- Kaatsız, K. ve Sucuoğlu, H., 2014. Generalized Force Vectors for Multi-Mode Pushover Analysis of Torsionally Coupled Systems, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 43, 13, 2015-2033.
- Kalkan, E. ve Kunnath, S.K., 2008. Relevance of Absolute and Relative Energy Content in Seismic Evaluation of Structures, Advances in Structural Engineering, 11, 1, 17-34.
- Kreslin, M. ve Fajfar, P., 2012. The Extended N2 Method Considering Higher Mode Effects in Both Plan and Elevation, Bulletin of Earthquake Engineering, 10, 2, 695-715.
- Kunnath, S.K. ve Chai, Y.H., 2004. Cumulative Damage-Based Inelastic Cyclic Demand Spectrum, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 33, 4, 499-520.
- Kunnath, S.K. ve Hu, Q., 2004. Evaluation of Cyclic Demand in Ductile RC Structures, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No: 290, August 1-6, Canada.
- Kuwamura, H. ve Galambos, T.V., 1989. Earthquake Load for Structural Reliability, Journal of Structural Engineering, 115, 6, 1446-1462.
- Lee, S.-S., ve Goel, S.C., 2001. Performance-Based Design of Steel Moment Frames Using a Target Drift and Yield Mechanism, Research Report No. UMCEE 01-17, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan.
- Lee, S.-S., Goel, S.C. ve Chao, S.-H., 2004. Performance-Based Seismic Design of Steel Moment Frames Using Target Drift and Yield Mechanism, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No: 266, August 1-6, Canada.
- Leelataviwat, S., Goel, S.C. ve Stojadinovic, B., 2002. Energy-Based Seismic Design of Structures Using Yield Mechanism and Target Drift, Journal of Structural Engineering, 128, 8, 1046-1054.
- Leelataviwat, S., Saewon, W. ve Goel, S.C., 2008. An Energy Based Method for Seismic Evaluation of Structures, 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, Beijing, China.

- Liao, W.-C. ve Goel, S.C., 2012. Performance-Based Plastic Design and Energy-Based Evaluation of Seismic Resistant RC Moment Frame, Journal of Marine Science and Technology, 20, 3, 304-310.
- Liao, W-C. ve Goel, S. C., 2012. An Energy Spectrum Method for Collapse Evaluation of RC Moment Frame Structures, 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisbon.
- Manfredi, G., 2001. Evaluation of Seismic Energy Demand, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30, 4, 485-499.
- Mortezaei, A., Ronagh, H.R., Kheyroddin, A. ve Amiri, G.G., 2011. Effectiveness of Modified Pushover Analysis Procedure for the Estimation of Seismic Demands of Buildings Subjected to Near-Fault Earthquakes Having Forward Directivity, The Structural Design of Tall and Special Buildings, 20, 6, 679-699.
- Reyes, J.C. ve Chopra, A.K., 2011. Three-Dimensional Modal Pushover Analysis of Buildings Subjected to Two Components of Ground Motion, Including Its Evaluation for Tall Buildings, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 40, 7, 789-806.
- Riddell, R. ve Garcia, J.E., 2001. Hysteretic Energy Spectrum and Damage Control, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30, 12, 1791-1816.
- SAP2000, 2014. Integrated Structural Analysis and Design Software, Version 16.1.0, Computers and Structures Inc., Berkeley, CA.
- Sucuoğlu, H. ve Günay, M.S., 2011. Generalized Force Vectors for Multi-Mode Pushover Analysis, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 40, 1, 55-74.
- TS500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uang, C.-M. ve Bertero, V.V., 1990. Evaluation of Seismic Energy in Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 19, 1, 77-90.
- Zahrah, T.F. ve Hall, W.J, 1984. Earthquake Energy Absorption in SDOF Structures, Journal of Structural Engineering, 110, 8, 1757-1773.

Maçka (Trabzon) İlçesi ve Çevresinin Otbiçen (Arachnida: Opiliones) Faunası

Kemal KURT*

Gümüşhane Üniversitesi, Şiran Mustafa Beyaz Meslek Yüksekokulu, 29700, Şiran/Gümüşhane

Geliş tarihi/Received 27.04.2015

Düzeltilerek geliş tarihi/Received in revised form 15.07.2015

Kabul tarihi/Accepted 15.07.2015

Özet

Bu çalışmada, Maçka (Trabzon) ve çevresinden 2013 yılının Haziran ayından başlayarak 2014 yılının Eylül ayına kadar yapılan arazi çalışmaları sonucunda toplanan örnekler sistematik açıdan değerlendirildi. Bu değerlendirme sonucunda 4 familya ait toplam 19 takson tespit edildi. Bu taksonlar: *Dicranolasma giljarovi* Šilhavý, 1966; *Giljarovia tenebricosa* Redikorzev, 1936; *Histicostoma caucasicum* (Redikorzev, 1936); *Mitostoma gracile* (Redikorzev, 1936); *Paranemastoma* sp.; *Vestiferum alatum* Martens, 2006; *Vestiferum funebre* (Redikorzev, 1936); *Lacinius erinaceus* Starega, 1966; *Mitopus morio* (Fabricius, 1779); *Odiellus zecariensis* Mcheidze 1952; *Opilio hemseni* Roewer, 1952; *Opilio parietinus* (De Geer, 1778); *Phalangium opilio* Linnaeus, 1761; *Rafalskia olympica olympica* (Kulczyński, 1903); *Rilaena ermani* Kurt, 2015; *Rilaena zakatalica* Snegovaya, Chemeris, 2005; *Rilaena triangularis* (Herbst, 1799); *Zachaeus crista* (Brullé, 1832); *Nelima pontica* Charitonov, 1941 araştırma alanından ilk kez kaydedildi. Bu türlerin dünya ve Türkiye'deki dağılımları verildi.

Anahtar Kelimeler: Fauna, Maçka (Trabzon), Opiliones, Otbiçen, Sistematik, Türkiye

Harvestmen (Arachnida: Opiliones) Fauna of Surrounding Maçka (Trabzon) District

Abstract

In this study, the samples collected from the land studies, between June 2013 and September 2014 in Maçka (Trabzon) district, were evaluated systematically. As a result of these evaluations, 19 species belonging to 4 families were determined. These taxa: *Dicranolasma giljarovi* Šilhavý, 1966; *Giljarovia tenebricosa* Redikorzev, 1936; *Histicostoma caucasicum* (Redikorzev, 1936); *Mitostoma gracile* (Redikorzev, 1936); *Paranemastoma* sp.; *Vestiferum alatum* Martens, 2006; *Vestiferum funebre* (Redikorzev, 1936); *Lacinius erinaceus* Starega, 1966; *Mitopus morio* (Fabricius, 1779); *Odiellus zecariensis* Mcheidze 1952; *Opilio hemseni* Roewer, 1952; *Opilio parietinus* (De Geer, 1778); *Phalangium opilio* Linnaeus, 1761; *Rafalskia olympica olympica* (Kulczyński, 1903); *Rilaena ermani* Kurt, 2015; *Rilaena zakatalica* Snegovaya, Chemeris, 2005; *Rilaena triangularis* (Herbst, 1799); *Zachaeus crista* (Brullé, 1832); *Nelima pontica* Charitonov, 1941 were recorded in the study area for the first time. This species was given distribution in the world and Turkey.

Keywords: Fauna, Harvestmen, Maçka (Trabzon), Opiliones, Systematics, Turkey

* Kemal KURT, kemalkurtmyo@gmail.com, Tel: (0456) 233 10 32

1. Giriş

Otbiçenler (Opiliones), Eklembacaklılar (Arthropoda) şubesinin örümceğimsiler (Arachnida) sınıfı içerisinde yer alan bir takım olup tür sayısı bakımından örümcek ve kenelerden sonra üçüncü büyük takımını oluşturur. Otbiçenler yaklaşık olarak ülkemizde 100, Avrupada 310, Paleartik bölgede 801, dünyada ise 6125 takson ile temsil edilmektedirler (Mitov, 2007; Kury, 2012, 2013; Kurt 2014).

Avrupa'da birçok ülkenin otbiçen biyoçeşitliliği tam olarak tespit edilmesine rağmen, ülkemizde otbiçenler üzerine yeterince çalışma yapılmamıştır. Ülkemiz otbiçenleri üzerine ilk çalışmalar yabancı bilim insanları tarafından kapsamlı olmayan faunistik araştırmalar şeklinde gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda otbiçenler üzerine ülkemiz araştırmacıları tarafından yapılan çalışmalar hızla artmaktadır. Yerli araştırmacılar tarafından yapılan ilk çalışmalar yüksek lisans ve doktora tez çalışmalarıdır. Günümüzde ise gerek faunistik gerekse sistematik araştırmalar hızla devam etmektedir. İran, Suriye, Irak ve İsrail gibi ülkemize yakın bölgelerde otbiçenler üzerine çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Azerbaycan, Bulgaristan, Kafkaslar ve Rusya'nın otbiçen faunası üzerine çok sayıda çalışma mevcuttur (Kurt, 2010).

Otbiçenler toprak içerisinde ve yüzeyinde, taş ve ağaç kabuklarının altında, kaya, ağaç ve bitkilerin üzerinde, döküntü içlerinde yaşamsal aktivitelerinin sürdürürler. Otbiçenler, karada yaşayan başta böcekler olmak üzere diğer birçok eklembacaklının etkili predatörü olarak bilinirler (Çorak, 2010).

Bu grup için dünyada farklı isimler kullanılmaktadır. Örneğin çoban örümcekleri anlamına gelen "shepherd spiders" terimi kullanılmıştır. Bazı Avrupa ülkelerinde çobanlar sürüyü daha iyi kontrol etmek için uzun çubuklar üzerinde yürürler. Otbiçenlerin hareketleri Avrupa'daki çobanların yürüyüşüne benzetildiği için bu terim

kullanılmıştır (Hillyard ve Sankey 1990). Ayrıca bu grubun üyelerinin hareketi orakla ot biçen bir çiftçiye benzediğinden dolayı bu grup için "otbiçen" terimi kullanılmıştır (Bayram, vd., 2007).

Otbiçenler vücutlarının tek parça olması, sefalotoraks ve abdomenin tüm genişliğince birleşmesi, abdomenin segmentli yapıda olması, bir çift gözlerinin bulunması, koku bezlerine sahip olması, zehir ve ağ bezlerinin bulunmaması gibi özelliklerinden dolayı diğer araknid gruplarından kolayca ayırt edilirler (Hillyard ve Sankey, 1990).

Araştırma alanının florasının bir kısmı araştırılmıştır, fakat faunası ile ilgili önemli bir çalışma yoktur. Bunun yanı sıra bölgenin otbiçen faunası üzerine herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu alanın faunasını daha net ortaya koymak için otbiçenler yönünden de araştırılması gerekmektedir. Trabzon iline bağlı Maçka ilçesi ve çevresinin otbiçen faunasının belirlenmesi ülkemiz otbiçen faunasının belirlenmesine önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

2. Gereç ve Yöntem

Araştırma alanı Maçka ilçesi ve çevresinden oluşmaktadır. Araştırma alanı Sümela Manastırı, Altındere Milli Parkı, Meryemana vadisi, Vazelon ve Kuştu Manastırları ve 137 yaylaya sahip olup, doğusunda Yomra İlçesi, batısında Akçaabat, Düzköy ve Tonya İlçeleri, kuzeyinde Trabzon, güneyinde Gümüşhane İli ve Torul İlçesi bulunmaktadır (Şekil 1). Maçka ilçesi ve çevresi çok değişik habitat ve iklim özellikleri içermektedir. Bu tür özellikler yapılacak olan çalışmayı gerek faunistik gerekse ekolojik açıdan değerli kılmaktadır.

Maçka ve çevresinden 2013 yılı Haziran-2014 yılı Eylül ayları arasında belirlenen istasyonlardan aspiratör, çukur tuzak, atrap ve pens yardımıyla otbiçen örnekleri toplanmıştır. Toplanan örnekler, içerisinde % 70'lik etil alkol bulunan saklama şişelerine alınarak etiketlendi.



Şekil 1. Araştırma alanının haritası

Bunların yanı sıra çalışma yapılan istasyonlarla ilgili gerekli koordinat bilgileri ve ekolojik notlar arazi defterine not edilmiş. Laboratuvara getirilen örnekler öncelikle familya düzeyinde teşhisleri yapılarak ayıklanmıştır. Örnekler, literatürler ve müze materyalleri kullanılarak cins ve tür seviyesinde tespit edilerek içinde % 70'lik alkol ve 1-2 damla gliserin bulunan saklama şişelerine konularak Gümüşhane Üniversitesi Şiran Meslek Yüksekokulu Araknoloji

Laboratuvarında (GUSAL) müze materyali olarak muhafaza altına alınmıştır.

“İncelenen örnekler” kısmında kodlama sistemi kullanılmıştır. Bu kodlamada ilk harf örneğin toplandığı il, sonraki ikinci harf ilçenin baş harfi, rakam ise örnekleme yapıldığı yeri, küçük harf ise toplandığı tarihi göstermektedir. Örneklerin toplandığı tarih ve yer bilgileri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Arazi çalışmasında yapılan örnekleme yer bilgileri

Kısaltmalar	Lokalite	Koordinatlar	Yükseklik (m)	Toplanma tarihi
TMA-01	Trabzon, Maçka, Pervanoğlu tesisi karşısı	N40°40'190", E39°25'132"	1691	a) 06.07.2013; b)20.07.2013; c)15.08.2013; d) 22.08.2013; e)11.09.2013
TMA-02	Trabzon, Maçka, Zitaş yolu	N40°20' 570", E39°18'592"	1457	a) 06.07.2013; b) 22.08.2013
TMA-03	Trabzon, Maçka, Hamsiköy üstü	N40°22'199", E39°50' 430"	1922	a) 06.07.2013
TMA-04	Trabzon, Maçka, Zigana dağı	N40°39'426", E39°24'710"	1723	a) 20.07.2013
TMA-05	Trabzon, Maçka, Derebaşı yaylası	N40°39'107", E39°26'125"	1866	a) 20.07.2013; b) 15.08.2013
TMA-06	Trabzon, Maçka, Zitaş	N40°40'226", E39°26'322"	1667	a) 20.07.2013
TMA-07	Trabzon, Maçka, Tarihi eski yol-I	N40°40'965", E39°27'181"	1456	a) 20.07.2013; b)29.07.2013; c)15.08.2013
TMA-08	Trabzon, Maçka, Hamsiköy, Mezralar	N40°41'468", E39°27'979"	1428	a) 20.07.2013

Tablo 1'in devamı

Kısaltmalar	Lokalite	Koordinatlar	Yükseklik (m)	Toplanma tarihi
TMA-09	Trabzon, Maçka, Pilav dağı	N40°48'565", E39°39'717"	1030	a)17.06.2013; b) 17.07.2013; c) 21.07.2013; d)13.09.2013
TMA-10	Trabzon, Maçka, Mataracılar köyü	N40°48'798", E39°39'615"	1052	a) 21.07.2013; b)29.07.2013
TMA-11	Trabzon, Maçka, Altındere vadisi	N40°39'856", E39°40'108"	1526	a) 22.07.2013
TMA-12	Trabzon, Maçka, Sümela Manastırı	N40°41'600", E39°38'820"	1494	a) 22.07.2013
TMA-13	Trabzon, Maçka, Pervanoğlu yaylası	N40°40'582", E39°24'276"	1845	a) 28.07.2013
TMA-14	Trabzon, Maçka, Giresunda yaylası	N40°41'716", E39°24'072"	2082	a) 28.07.2013; b)11.09.2013
TMA-15	Trabzon, Maçka, Balehor yaylası	N40°39'866", E39°26' 410"	1761	a) 28.07.2013; b)22.08.2013
TMA-16	Trabzon, Maçka, Hasan yaylası	N40°39'372", E39°30' 838"	1800	a) 28.07.2013
TMA-17	Trabzon, Maçka, Yüzüncüyıl köyü	N40°44'714, E39°41'716"	900	a) 29.07.2013; b)22.08.2013; c)12.09.2013
TMA-18	Trabzon, Maçka, Çayırlar köyü	N40°46'241", E39°40'732"	735	a) 29.07.2013
TMA-19	Trabzon, Maçka, Camiboğazi yaylası	N40°36'119", E39°38' 776"	2448	a) 30.07.2013
TMA-20	Trabzon, Maçka, Çakırgöl yolu	N40°38'654", E39°40' 843"	1841	a) 30.07.2013
TMA-21	Trabzon, Maçka, Tarihi eski yol-II	N40°40'972", E39°27'210"	1577	a) 15.08.2013
TMA-22	Trabzon, Maçka, Tarihi eski yol-III	N40°41'630", E39°28'740"	1323	a) 15.08.2013
TMA-23	Trabzon, Maçka, Örnekalın köyü	N40°50'403", E39°36'112"	940	a) 16.08.2013
TMA-24	Trabzon, Maçka, Kulin dağı yol ayrımı	N40°50'130", E39°34'525"	1482	a) 16.08.2013
TMA-25	Trabzon, Maçka, Ocaklı köyü yaylası	N40°49'551", E39°29'191"	1910	a) 16.08.2013
TMA-26	Trabzon, Maçka, Lişer yaylası	N40°49'500", E39°29'940"	1917	a) 16.08.2013; b)14.09.2013
TMA-27	Trabzon, Maçka, Kulin dağı	N40°49'190", E39°34'227"	1061	a) 16.08.2013; b)14.09.2013
TMA-28	Trabzon, Maçka, Yukarı köy	N40°45'045", E39°34'070"	691	a) 17.08.2013
TMA-29	Trabzon, Maçka, Yazılıtaş köy	N40°44'221", E39°33'085"	837	a) 17.08.2013
TMA-30	Trabzon, Maçka, Dikkaya köyü	N40°42'012", E39°29'395"	1045	a) 17.08.2013
TMA-31	Trabzon, Maçka, Papazar yaylası	N40°42'747", E39°28'572"	1798	a) 17.08.2013
TMA-32	Trabzon, Maçka, Yediharman yaylası	N40°40'675", E39°25'657"	1385	a) 22.08.2013
TMA-33	Trabzon, Maçka, Giranobası yaylası	N40°41'269", E39°27'953"	1626	a) 22.08.2013; b)12.09.2013
TMA-34	Trabzon, Maçka, Galyan yaylası	N40°41'929", E39°43'737"	1953	a) 23.08.2013
TMA-35	Trabzon, Maçka, Büyükoba yaylası	N40°42'214", E39°19'885"	2263	a) 12.09.2013
TMA-36	Trabzon, Maçka, Güzelyayla köyü	N40°41'259", E39°29'199"	1098	a) 12.09.2013
TMA-37	Trabzon, Maçka, Çataltepe şehitliği	N40°42'673", E39°43'867"	1497	a) 13.09.2013
TMA-38	Trabzon, Maçka, Karadağ	N40°42'842", E39°43'200"	1670	a) 13.09.2013
TMA-39	Trabzon, Maçka, Pilav dağı-II	N40°49'299", E39°39'818"	1140	a) 13.09.2013
TMA-40	Trabzon, Maçka, Ormaniçi köyü	N40°46'48,4" E39°40'36,8"	950	a)13.09.2013

3. Bulgular

Araştırma alanı olan Maçka ilçesi ve çevresinde yapılan arazi çalışmalarında örnekler el, atrap, çukur tuzak yardımıyla toplandı. Toplanan örnekler faunistik ve sistematik açıdan değerlendirildi. Bu değerlendirme sonucunda 4 familya ait toplam 19 takson tespit edilmiştir. Tespit edilen taksonların listesi Tablo 2’de verilmiştir.

Dicranolasmatidae Simon, 1879

Dicranolasma giljarovi Šilhavý, 1966
İncelenen örnekler: 5♀, 2♂, a; 1♂, TMA-08 a; 1♀, 1♂, TMA-30 a; 1♀, 3♂, TMA-10 a.
Dünyadaki yayılışı: Bulgaristan, Gürcistan, Kırım, Rodos Adaları, Rusya, Türkiye ve Ukrayna (Snegovaya ve Marusik, 2012).
Türkiye’deki yayılışı: Ankara, Van (Kurt vd., 2010), Kastamonu (Snegovaya ve Marusik 2012), Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015).

Tablo 2. Araştırma alanından tespit edilen otbiçen taksonlarının listesi.

Familya/Türler	Cinsiyet
Dicranolasmatidae	
<i>Dicranolasma giljarovi</i> Šilhavý, 1966	♀, ♂
Nemastomatidae	
<i>Giljarovia tenebricosa</i> Redikorzev, 1936	♀, ♂
<i>Histicostoma caucasicum</i> (Redikorzev, 1936)	♀, ♂
<i>Mitostoma gracile</i> (Redikorzev, 1936)	♀, ♂
<i>Paranemastoma</i> sp.	♀, ♂
<i>Vestiferum alatum</i> Martens, 2006	♂
<i>Vestiferum funebre</i> (Redikorzev, 1936)	♀, ♂
Phalangiidae	
<i>Lacinius erinaceus</i> Staręga, 1966	♀, ♂
<i>Mitopus morio</i> (Fabricius, 1779)	♀, ♂
<i>Odiellus zecariensis</i> Mcheidze 1952	♀, ♂
<i>Opilio hemseni</i> Roewer, 1952	♀, ♂
<i>Opilio parietinus</i> (De Geer, 1778)	♀, ♂
<i>Phalangium opilio</i> Linnaeus, 1761	♀, ♂
<i>Rafalskia olympica olympica</i> (Kulczyński, 1903)	♀, ♂
<i>Rilaena ermani</i> Kurt, 2015	♀, ♂
<i>Rilaena triangularis</i> (Herbst, 1799)	♀
<i>Rilaena zakatalica</i> Snegovaya, Chemeris, 2005	♂
<i>Zachaeus crista</i> (Brullé, 1832)	♀, ♂
Sclerosomatidae Simon, 1879	
<i>Nelima pontica</i> Charitonov, 1941	♀, ♂

Nemastomatidae Simon, 1872

Giljarovia tenebricosa (Redikorzev, 1936)

İncelenen örnekler: 1♂, TMA-09 a; 1♀, 1♂, TMA-01 a; 3♀, 2♂, TMA-09 c; 1♀, 1♂, TMA-08 a; 1♀, 2♂, TMA-20 a; 12♀, 4♂, TMA-26 b; 1♀, 1♂, TMA-31 a; 1♂, TMA-01 d; 1♀, 3♂, TMA-39 a; 5♂, TMA-19 a. Dünyadaki yayılışı: Abhazya, Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye (Martens, 2006). Türkiye'deki yayılışı: Artvin, Rize (Martens, 2006), Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015).

Histicostoma caucasicum (Redikorzev, 1936)

İncelenen örnekler: 2♀, TMA-09 a; 8♀, 7♂, TMA-09 c; 1♀, 1♂, TMA-20 a; 6♀, 1♂, TMA-17 c; 1♂, TMA-27 a; 2♀, TMA-31 a; 1♂, TMA-39 a; 2♂, TMA-40 a; 3♀, TMA-12; 2♂, TMA-24 a; 4♀, 3♂, TMA-37 a; 2♀, TMA-10 a; 3♀, 2♂, TMA-02 a. Dünyadaki yayılışı: Azerbaycan, Ermenistan, Gürcistan ve Türkiye (Martens, 2006). Türkiye'deki yayılışı: Artvin, Ordu, Rize (Martens, 2006), Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015).

Mitostoma gracile (Redikorzev, 1936)

İncelenen örnekler: 2♀, 2♂, TMA-09 a; 1♀, 1♂, TMA-04 a; 3♀, 2♂, TMA-08 a; 4♀, 2♂, TMA-12 a; 5♀, 6♂, TMA-27 a; 2♀, 3♂, TMA-09 c. Dünyadaki yayılışı: Azerbaycan, Bulgaristan, Gürcistan, Rusya, Türkiye ve Yunanistan (Martens, 2006). Türkiye'deki yayılışı: Kastamonu, Ordu, Rize (Martens, 2006), Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015).

Paranemastoma sp.

İncelenen örnekler: 2♀, 2♂, TMA-09 a; 1♀, 1♂, TMA-04 a; 4♀, 2♂, TMA-12 a; 5♀, 6♂, TMA-27 a; 2♀, 3♂, TMA-09 c.

Vestiferum alatum Martens, 2006

İncelenen örnekler: 3♂, TMA-09 d. Dünyadaki yayılışı: Gürcistan ve Türkiye (Martens, 2006). Türkiye'deki yayılışı: Artvin (Martens, 2006), Trabzon (Kurt, 2015b).

Vestiferum funebre (Redikorzev, 1936)

İncelenen örnekler: 2♀, 1♂, TMA-09 c. Dünyadaki yayılışı: Gürcistan ve Türkiye (Martens, 2006; Kurt, 2015b). Türkiye'deki yayılışı: Trabzon (Kurt, 2015b).

Phalangiidae Latreille, 1802

Lacinius erinaceus Staręga, 1966

İncelenen örnekler: 2♀, TMA-15 a; 2♂, TMA-15 b. Dünyadaki yayılışı: Abhazya (Staręga 1966) ve Türkiye (Kurt ve Erman, 2015). Türkiye'deki yayılışı: Bayburt, Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015).

Mitopus morio (Fabricius, 1779)

İncelenen örnekler: 5♀, 3♂, TMA-20 a; 1♀, 1♂, TMA-14 a; 2♀, 1♂; TMA-14 b; 5♀, 3♂, TMA-13 a; 2♂, TMA-17 c; 5♀, TMA-26 a; 5♂, TMA-26 b; 5♀, 10♂, TMA-01 d; 2♀, 2♂, TMA-07 a; 1♀, 1♂, TMA-38 a; 5♀, 5♂, TMA-05 a; 10♀, 10♂, TMA-05 b; 5♀, 5♂, TMA-01 c; 3♀, 1♂, TMA-33 a; 5♀, 1♂, TMA-33 b; 1♂, TMA-27 a. Dünyadaki yayılışı: Almanya, Arnavutluk, Avusturya, Belçika, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Çin, Danimarka, Estonya, Fareo Adaları, Finlandiya, Fransa, Himalayalar, Hırvatistan, Hollanda, Japonya, İran, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Kore, Kuzey Afrika, Kuzey Amerika, Macaristan, Norveç, Polonya, Romanya, Rusya, Sibirya, Slovakya, Slovenya, Tibet ve Türkiye (Spoek, 1963). Türkiye'deki yayılışı: Mardin (Roewer, 1959), Niğde (Kurt, vd., 2008), Bayburt (Kurt ve Erman, 2015).

Odiellus zecariensis Mcheidze 1952

İncelenen örnekler: 1♂, TMA-40 a; 1♂, TMA-38 a; 7♂, TMA-39 a; 3♀, 2♂, TMA-09 a; 1♀, 1♂, TMA-09 b; 1♀, 1♂, TMA-09 c; 3♂, TMA-09 d; 4♂, TMA-27 a; 2♀, 1♂, TMA-02 b; 1♂, TMA-17 a; 3♂, TMA-24 a; 2♂, TMA-14 a; 3♀, 2♂, TMA-14 b; 4♀, 3♂, TMA-36 a; 3♀, 4♂, TMA-26 a. Dünyadaki yayılışı: Abhazya, Ajarıya, Kırım, Gürcistan, Rusya ve Türkiye (Snegovayave Marusik, 2012). Türkiye'deki yayılışı: Artvin (Snegovaya ve Marusik, 2012).

Opilio hemseni Roewer, 1952

İncelenen örnekler: 1♀, 4♂, TMA-40 a; 5♂, TMA-36 a; 2♀, TMA-07 a; 2♂, TMA-07 b; 3♀, 3♂, TMA-22 a; 5♀, TMA-33 a; 3♂, TMA-33 a; 5♀, TMA-21 a; 1♂, TMA-39 a. Dünyadaki yayılışı: Ermenistan, Gürcistan, İran, Rusya, Türkiye ve Ukrayna (Staręga,

2003; Snegovaya, 2010). Türkiye'deki yayılışı: Artvin (Staręga, 2003).

Opilio parietinus (De Geer, 1778)

İncelenen örnekler: 4♂, TMA-02 a; 2♂, TMA-03 a; 2♂, TMA-35 a; 2♂, TMA-34 a; 3♀, 2♂, TMA-33 a; 3♀, 4♂, TMA-30 a; 5♀, 2♂, TMA-22 a; 4♀, 2♂, TMA-39 a. Dünyadaki yayılışı: A.B.D., Avrupa'nın tamamı, Batı Sibirya, Kafkaslar, Kanada, Kanarya Adaları, Kuzey Afrika, Merkezi Asya, Tasmanya ve Yakın Doğu (Mitov, 2000). Türkiye'deki yayılışı: Adana, Ankara, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Konya, Niğde, Osmaniye (Kurt vd., 2011), Antalya (Çorak, 2010), Bayburt, Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015),

Phalangium opilio Linnaeus, 1761

İncelenen örnekler: 1♂, TMA-02 a; 2♀, 2♂, TMA-09 a; 4♀, 1♂, TMA-09 b; 2♂, TMA-09 c; 2♀, TMA-09 d; 10♀, 10♂, TMA-13 a; 10♀, 10♂, TMA-17 a; 5♀, 5♂, TMA-17 b; 1♀, 1♂, TMA-18 a; 1♀, 1♂, TMA-14 a; 2♀, 1♂, TMA-14 b; 1♀, 2♂ TMA-35 a; 4♀, 1♂ TMA-07 a; 3♀, 1♂, TMA-21 a; 2♀, 1♂, TMA-22 b; 10♀, 5♂, TMA-39 a; 10♀, 5♂, TMA-31 b; 2♀, 1♂, TMA-26 a; 5♀, 5♂, TMA-26 b; 5♀, 1♂, TMA-01 a; 1♂, TMA-01 b; 2♀, 1♂, TMA-01 c; 5♀, 2♂, TMA-06 a; 3♀, 2♂, TMA-15 a; 2♀, TMA-33 a; 4♀, TMA-33 b. Dünyadaki yayılışı: Almanya, Arnavutluk, Avustralya, Belçika, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Hollanda, Japonya, İspanya, İsveç, İsviçre, İtalya, Kuzey Amerika, Macaristan, Norveç, Polonya, Rusya, Slovakya, Slovenya, Türkiye, Yeni Zelanda ve Yugoslavya (Spoek, 1963). Türkiye'deki yayılışı: Ankara, Hatay, Kırıkkale, Niğde (Kurt vd., 2010), Bayburt, Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015).

Rafalskia olympica olympica (Kulczyński, 1903)

İncelenen örnekler: 1♂, TMA-01 c. Dünyadaki yayılışı: Türkiye (Karaman, 2002). Türkiye'deki yayılışı: Bursa (Karaman, 2002).

Rilaena ermani Kurt, 2015

İncelenen örnekler: 1♂, TMA-01 a, 2♀, TMA-01 b, 2♀, TMA-01 c. Dünyadaki yayılışı: Türkiye (Kurt, 2015a). Türkiye'deki yayılışı: Trabzon (Kurt, 2015a).

Rilaena triangularis (Herbst, 1799)

İncelenen örnekler: 2♀, TMA-05 a; 1♀, TMA-20 a; 1♀, TMA-15 a. Dünyadaki yayılışı: A.B.D., Almanya, Avusturya, Belçika, Bosna-Hersek, Bulgaristan, Büyük Britanya, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hırvatistan, Hollanda, İrlanda, İsveç, İsviçre, İzlanda, İtalya, Kanada, Kolombiya, Macaristan, Norveç, Polonya, Romanya, Rusya, Sırbistan, Slovakya ve Slovenya (Martens, 1978). Türkiye'deki yayılışı: Bayburt (Kurt ve Erman, 2015).

Rilaena zakatalica Snegovaya, Chemeris, 2005

İncelenen örnekler: 1♂, TMA-01 c. Dünyadaki yayılışı: Azerbaycan, Rusya, Türkiye (Snegovaya ve Chemeris 2005, Snegovaya ve Chumachenko 2011; Kurt, 2015a). Türkiye'deki yayılışı: Trabzon (Kurt 2015a).

Zachaeus crista (Brullé, 1832)

İncelenen örnekler: 5♂, 5♀, TMA-04 a; 5♀, 5♂, TMA-20 a; 2♀, TMA-24 a; 3♀, TMA-32 a. Dünyadaki yayılışı: Almanya, Azerbaycan, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Hollanda, İsviçre, İsveç, Macaristan, Norveç, Polonya, Slovakya, Slovenya ve Türkiye (Snegovaya ve Marusik, 2012). Türkiye'deki yayılışı: Ankara, Bolu, Kırıkkale, Niğde, Osmaniye (Kurt, vd., 2011), Antalya (Çorak, 2010), Bilecik, Denizli (Martens, 1978), Bursa, İzmir (Snegovaya ve Marusik, 2012), Bayburt, Gümüşhane (Kurt ve Erman, 2015).

Sclerosomatidae Simon, 1879

Nelima pontica Charitonov, 1941

İncelenen örnekler: 1♂, TMA-18 a; 20♀, 20♂, TMA-03 a; 10♀, 10♂, TMA-36 a; 10♂, TMA-29 a; 5♀, 2♂, TMA-28 a; 7♀, 5♂, TMA-22 a; 5♀, 5♂, TMA-27 b; 2♀, 2♂, TMA-40 a; 10♀, 5♂, TMA-07 a; 2♀, 1♂,

TMA-30 a; 1♀, 2♂ TMA-09 a. Dünyadaki yayılışı: Abhazy, Bulgaristan, Gürcistan, Rusya ve Türkiye (Snegovayave Marusik, 2012). Türkiye'deki yayılışı: Kastamonu, Kırklareli (Kurt, 2014).

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma Maçka (Trabzon) ilçesinin otbiçen faunasını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma alanında yapılan arazi çalışmalarında örnekler el, atrap, çukur tuzak yardımıyla toplandı. Toplanan örnekler faunistik ve sistematik açıdan değerlendirildi. Bu değerlendirme sonucunda 4 familya ait toplam 19 takson tespit edilmiştir. Bu taksonlar: *Dicranolasma giljarovi* Šilhavý, 1966; *Giljarovia tenebricosa* Redikorzev, 1936; *Histicostoma caucasicum* (Redikorzev, 1936); *Mitostoma gracile* (Redikorzev, 1936); *Paranemastoma sp.*; *Vestiferum alatum* Martens, 2006; *Vestiferum funebre* (Redikorzev, 1936); *Lacinius erinaceus* Staręga, 1966; *Mitopus morio* (Fabricius, 1779); *Odiellus zecariensis* Mcheidze 1952; *Opilio hemseni* Roewer, 1952; *Opilio parietinus* (De Geer, 1778); *Phalangium opilio* Linnaeus, 1761; *Rafalskia olympica olympica* (Kulczyński, 1903); *Rilaena ermani* Kurt, 2015; *Rilaena zakatalica* Snegovaya, Chemeris, 2005; *Rilaena triangularis* (Herbst, 1799); *Zachaeus crista* (Brullé, 1832); *Nelima pontica* Charitonov, 1941 taksonları araştırma alanından ilk kez kaydedilmiştir.

Arazi çalışmaları sonucunda toplam 1000 birey yakalanmış olup bunların 347'si erkek, 375'i dişi ve 278'i nimftir. Değerlendirilen örneklerden 424 birey Phalangiiidae, 159 birey Nemastomatidae, 125 birey Sclerosomatidae, 14 birey ise Dicranolasmatidae familyasına ait olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma alanının otbiçen faunası Kafkasların otbiçen faunasına benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni Kafkasya'ya ait fauna elemanlarının ülkemize giriş kapısı Kars-Erzurum Platosu ve Doğu Karadeniz kıyı şeridi olmasıdır.

Birçok Avrupa ülkesi 19. yüzyılda otbiçen faunalarını tespit etmelerine rağmen, ülkemizde ise henüz otbiçen faunası detaylı olarak belirlenememiştir. Buna bağlı olarak, mevcut çalışma gibi faunistik ve sistematik çalışmaların daha çok proje konusu olarak verilmesi ve daha kapsamlı çalışmalar yapılması, ülkemizdeki otbiçen faunasına katkı sağlayacaktır.

5. Teşekkür

Türkiyenin opilionid zenginliğini ortaya çıkarmak ve katkılar sağlamak amacıyla yapılan bu çalışmaya 13.B0423.02.2 nolu proje ile maddi destek veren Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine (GÜBAP) teşekkürü borç bilirim.

6. Kaynaklar

- Bayram, A., Çorak, İ. ve Danışman, T., 2007. Ankara-Soğuksu Milli Parkı ve çevresinin otbiçen faunasının araştırılması (Arachnida: Opiliones). Tübitak, Tbag, No: 2437/104T046, Ankara.
- Çorak, İ., 2010. Antalya ili Otbiçenlerin Sistematığı ve Biyoekolojisi (Arachnida: Opiliones). Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Kırıkkale, 131s.
- Hillyard, P.D. ve Sankey, J.H.P., 1990. Harvestmen: Keys and notes for the identification of the species. Synopses of the British Fauna (Linnean Society of London), London, England. pp. 1-120.
- Karaman, I.M., 2002. A contribution to the knowledge of the species *Rafalskia olympica* (Kulczyński, 1903) (Opiliones, Phalangiiidae, Phalangiiinae). Arachnologische Mitteilungen, 24, 62-71.
- Kurt, K., Babaşoğlu, A., Seyyar, O., Demir, H. ve Topçu, A., 2008. New faunistic records for the Turkish harvestmen fauna (Arachnida:

- Opiliones). Munis Entomology & Zoology, 3(2), 654-660.
- Kurt, K., 2010. Gümüşhane ve Bayburt illerinin otbiçen faunası. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum, 147s.
- Kurt, K., Erman, O.K., Demir, H. ve Seyyar, O., 2010. The Turkish Harvestmen (Opiliones) with zoogeographical remarks. Serket, 12 (2), 33-44.
- Kurt, K., Snegovaya, N., Demir, H. ve Seyyar, O., 2011. New Data on the Harvestmen (Arachnida, Opiliones) of Turkey. Acta Zoologica Bulgarica, 63 (2), 145-150.
- Kurt, K. ve Erman, Ö.K., 2015. Harvestmen (Arachnida: Opiliones) fauna of Gümüşhane and Bayburt in Turkey. Spixiana (In press).
- Kurt, K., 2014. Updated checklist of harvestmen (Arachnida: Opiliones) in Turkey. Archives of Biological Sciences, Belgrade, 66, 1617-1631.
- Kurt, K., 2015a. A new species and a new record of the genus *Rilaena* Šilhavy, 1965 (Opiliones: Phalangiidae) from Turkey. Entomological News (In Press).
- Kurt, K., 2015b. Contributions to the knowledge of the genus *Vestiferum* Martens, 2006 (Opiliones: Nemastomatidae) from Turkey. Entomological News (In Press).
- Kury, A.B., 2012. A synopsis of catalogs and checklists of harvestmen (Arachnida, Opiliones). Zootaxa, 3184, 35-58.
- Kury, A. B., 2013. Order Opiliones Sundevall, 1833. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.), Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness (Addenda 2013). Zootaxa, 3703, 27-33.
- Martens, J., 1978. Spinnentiere, Arachnida: Weberknechte, Opiliones. Die Tierwelt Deutschlands. G. Fischer Verlag, Jena, Deutschland. pp. 1-464.
- Martens, J., 2006. Weberknechte aus dem Kaukasus (Arachnida, Opiliones, Nemastomatidae) [Harvestmen from the Caucasus (Arachnida, Opiliones, Nemastomatidae)]. Senckenbergiana Biologica, 86 (2), 145-210.
- Mitov, P.G., 2000. Contribution to the knowledge of the harvestmen (Arachnida: Opiliones) of Albania. Ekologia, 19 (3), 159-170.
- Mitov, P.G., 2007. Spatial Niches of Opiliones (Arachnida) from Vitosha Mountains, Bulgaria. Biogeography and Ecology of Bulgaria, Monographiae Biologicae, 82, 423-446.
- Roewer, C.F., 1959. Die Araneae, Solifuga und Opiliones der Sammlungen des Herrn Dr. K. Lindberg aus Griechenland, Creta, Anatolien, Iran und Indien. Göteborgs Kungliga Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles handlingar. Matematiska och naturvetenskapliga skrifter, 8 (4), 1-47.
- Snegovaya, N.Y. ve Chemeris, A.N., 2005. A contribution to the knowledge of the harvestman fauna of the Zakataly State Reserve, Azerbaijan (Arachnida: Opiliones). Arthropoda Selecta, 13 (4), 263.
- Snegovaya, N.Y., 2010. Further studies on harvestmen of the genus *Opilio* Herbst, 1798 (Arachnida: Opiliones: Phalangiidae) from the Caucasus. Caucasian Entomological Bulletin, 6 (1), 3-18.
- Snegovaya, N.Y. ve Chumachenko, Y.A., 2011. Harvestmen (Arachnida: Opiliones) from the yew and box-tree grove of the Caucasian State

- Natural Biospheric Reserve, Russia. Caucasian Entomological Bulletin, 7 (2), 115–124.
- Snegovaya, N.Yu., ve Marusik, Y.M., 2012. New species and collections of Opiliones (Arachnida) from Turkey. Acta Arachnologica, 61(2): 59-70.
- Spoek, G.L., 1963. The Opilionida (Arachnida) of the Netherlands. Zoologische Verhandelingen, 63, 1-70.
- Staręga, W., 2003. On the identity and synonymies of some Asiatic Opilioninae (Opiliones: Phalangiidae). Acta Arachnologica, 52 (2), 91–102.

YAZARA BİLGİLER

1. Kapsam ve Genel Bilgi

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. Dergi **bilimsel ve hakemli** bir dergi olup, Ocak ve Temmuz aylarında olmak üzere yılda iki kez online yayınlanır.

Derginin esas amacı "Gelişen ve Geliştiren Üniversite" sloganı ile yola çıkan Gümüşhane Üniversitesinin hedeflerinin bir parçası olarak araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin bilimsel yayına dönüştürülmesi, ulusal ve uluslararası indekslere girerek evrensel bilime katkı sağlamaktır.

2. Yayın Dili

Dergide yayınlanacak tüm yazılar için yayın dili Türkçe' dir. Sadece başlık, özet ve anahtar kelimeler hem Türkçe hem de İngilizce olarak hazırlanmalıdır. Makalelerde patentli gereçler, özel isimler, simgeler ve uluslararası kısaltmalar dışında tüm sözcükler Türkçe okunuşa ve yazım kurallarına uygun olarak yazılır. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise bu sıralama dikkate alınarak yazılır.

3. Elektronik Ortamda Başvuru

Dergi ile ilgili **tüm yazışmalarda** gufbed@gumushane.edu.tr adresi 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 aşağıda belirtilen Gönderi Kontrol Listesindeki her maddeyi de kontrol etmeleri gerekmektedir. Makaledeki bilgilerin doğruluğunun sorumluluğu yazar(lar)a aittir.

Yayınlanacak makalelerde, araştırma ve yayın etiğine uygunluk esastır. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne gönderilen makaleler ile birlikte mutlaka "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" ile "Son Kontrol Listesi" Dergi yazışma adresine "gufbed@gumushane.edu.tr" gönderilmelidir. 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. Değerlendirme Süreci

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi'ne iletilen yazılar öncelikle dergi editörünün konu başlığı ve anahtar kelimelere dayanılarak yönlendireceği yayın kurulu üyesi tarafından biçimsel açıdan değerlendirilir. Bu ön inceleme aşamasıyla, incelenecek yayının dergi formatına uygun olup olmadığına karar verilir. "Makale Gönderimi ve Telif Hakkı Devir Formu" ile "Son Kontrol Listesi" olmayan veya eksik olan yayınlar ön incelemeye alınmaz. Dergi yazım kurallarına uygun hazırlanmayan makaleler düzeltilmek üzere yazara geri gönderilir.

Formata uygun olarak hazırlanan yazılar ilgili yayın kurulu tarafından bilimsel açıdan değerlendirilir. **Ayrıca bu aşamada ilgili yayın kurulu üyesi yazının alıntı olup olmadığını inceler.** Bilimsel açıdan incelemeye değer bulunan yazılar editöre gönderilir.

Editör bilimsel içerik bakımından değerlendirilmek üzere yazıyı, konusuna uygun olarak en az iki ya da üç hakeme yönlendirir. Hakem seçiminde öncelikle konu ile ilgili dergi danışma kurulu üyelerinden ya da alanında uzman başka bir bilim insanından yararlanılır. Hakemler değerlendirmeleri sonucunda, uygun, düzelterek 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 son karar editöre aittir. 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 e-posta olarak yazışmadan sorumlu yazara iletilir.

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 Türleri

Dergide yayınlanan farklı yayın formatları ile ilgili bilgiler ve yazı türlerine göre yazarların dikkat etmeleri gereken hususlar şu şekildedir:

Araştırma Makaleleri: Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Özet, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Özet, 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.**

Derlemeler: Dergi kapsamındaki güncel konularda çalışmalarını bulunan kişiler tarafından hazırlanan derleme başvuruları incelemeye alınır. Derlemeler, Türkçe Başlık, İngilizce Başlık, Yazarlar, Adresler, Türkçe Özet, Türkçe Anahtar Kelimeler, İngilizce Özet, 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.**

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. Editöre mektup Türkçe olarak yazılır. **Ana metin en fazla 1000 kelime olup kaynak sayısı 10'u geçmemelidir.**

6. Makalenin Hazırlanması

• **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.

• **Satır boşlukları:** Bütün satır boşlukları Times New Roman karakterinde ve 12punto olmalıdır.

• **Metin:** Times New Roman karakterinde 12 punto ile sağa ve sola dayalı olarak tek aralıklı yazılmalıdır. Noktadan ve virgülden sonra 1 boşluk bırakılmalıdır.

• **Paragraf:** Her paragraf arasında bir satır boşluk bırakılmalı, paragraf başlarında içerden başlanmamalıdır (Tab tuşu kullanılmamalıdır).

• **Makale başlığı:** Sayfa başından 3 satır boşluk bırakıldıktan sonra, başlık Times New Roman, 16 punto ve koyu olarak yazılmalıdır. Başlıkta yer alan her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde sayfaya ortalanarak yazılmalıdır.

• **Yazar adı veya adları:** 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 virgül konularak, Times New Roman, 12 punto, normal ve sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. Sorumlu yazar isminde üst simge yıldız sembolü olmalıdır.

• **Yazarın/ların adresi/leri:** 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.

• **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 özet:** Adres/ler den 5 satır boşluk bırakıldıktan sonra, **Özet** kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto, **koyu, italik** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Özet metni Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Özet metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Özet kelimesi ile özet metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **İngilizce başlık ve özet (Abstract):** Türkçe anahtar kelimelerin altına 2 satır boşluk bırakılarak, başlık Times New Roman, 16 punto koyu, her kelimenin ilk harfi büyük olacak şekilde sayfaya ortalanarak yazılmalıdır. **Abstract**, kelimesi Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto, **koyu, italik** ve sola dayalı olarak yazılmalıdır. Abstract metni Times New Roman yazı karakterinde, 12 punto ve *italik* olarak yazılmalıdır. Abstract metninin 250 kelimeyi geçmemesine özen gösterilmelidir. Abstract kelimesi ile abstract metni arasında boşluk bırakılmamalıdır.

• **Anahtar kelimeler / Keywords:** Anahtar kelimeler ve Keywords kelimeleri Türkçe özetin ve İngilizce özetin altına bir satır boşluk bırakılarak, Times New Roman, 12 punto, **koyu** ve *italik* olarak yazılmalıdır. En az 3 en fazla 6 adet anahtar kelime verilmeli, anahtar kelimelerin her kelimenin ilk harfi büyük ve aralarına virgöl konularak verilmelidir. Anahtar kelimeler alfabetik sıralamaya uygun olarak verilmelidir. İngilizce anahtar kelimeler (Keywords) ise bu sıralama dikkate alınarak yazılmalıdır.

• **Ana başlıklar:** Ana Başlıklar sırasıyla numaralandırılmalıdır (1. Giriş 2. Amaç, Gereç ve Yöntem gibi). **Tüm başlıklar** sola dayalı Times New Roman, 12 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, 12 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.

• **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.**

• **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 12 punto ile yazılmalıdır. Ancak zorunlu kalınan durumlarda yazı boyutu yazı sınırlarını geçmeyecek şekilde en az 9 puntoya kadar düşürülebilir.

- **Denklemler:** Metin içerisine yazılacak denklemler, Word yazım programındaki denklem 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 12 punto ile *italik* yazılmalıdır. Makalede ondalık gösterimde nokta kullanılmalı, binlikleri ayırırken virgöl kullanılmalıdır.

- **Kaynaklar:** Kaynaklar tez içerisinde “**soyadı ve tarih sistemine**” göre yazılmalıdır. Her kaynak kendi orijinal dilinde verilmelidir. Kaynaklar yazılırken sıralama aşağıdaki şekilde olmalıdır:

“Yazar soyadı-virgöl - ilk ad(lar)ının baş harfi- nokta-virgöl- yayın yılı- nokta - belgenin başlığı - virgöl-yayınlandığı yer (yayın organı ya da yayın evi)- virgöl- cilt no- virgöl- sayı no- virgöl-sayfa no-virgöl-yayınlandığı şehir veya ülke- nokta”.

Yazarlar arası virgöl ile ayrılır, ancak iki ve daha fazla yazarlarda son yazar "ve" ile ayrılır. Aynı yazar(lar)ın farklı yıllarda yayınlanmış eserleri veriliyorsa önce yaptığı yayından başlayarak (eskiden yeniye doğru) sıralama yapılmalıdır. Aynı yazar(lar)ın aynı yıla ait yayınları yayın yılını takip eden a, b, c harfleri ile sıralanmalıdır (Örg: 1998a,b).

Kaynak eserin yazımının bir satırdan daha uzun olması halinde ikinci satır ve diğer satırlar, ***değinen ilk eserin yazar ilk adının baş harfi hizasından başlayarak yazılmalıdır. İkinci ve diğer satırları birinci eserin ikinci satırı hizasından başlanmalıdır.*** Dergi adları ise kısaltma yapılmadan ve altı çizili olarak yazılır.

Metin içerisinde yazarı belli olan internet kaynaklarına atıf yapılırken, yazar soyadı sistemine benzer şekilde yazılmalıdır. Örneğin: (James ve Richard, 2003) David ve Clifford' a (2003) göre ...

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)

Kaynakların yazılması sırasında literatürde yaygın olarak bilinen ***periyodik dergilerin adları açık olarak yazılmalıdır.*** Örneğin: (Journal of Hydrology).

Kitap, makale, bildiri, tez, standartlar ve yönetmelikler aşağıda gösterilmiştir.

Ulusal-Uluslararası Makaleler:

Ayalew, L., Yamagishi, H. ve Ugawa, N., 2004. Landslide Susceptibility Mapping Using GIS-Based Weighted Linear Combination, The Case in Tsugawa Area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan, Landslides, 1, 73-81.

Gökçeoğlu, C. ve Ercanoğlu, M., 2001. Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler, Yerbilimleri, H.Ü. Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 23, 201-219.

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.

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 Tritiyum İzotopu Yardımıyla Matematiksel Modellemesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 125s.

Raporlar:

Aslaner, M., 1972. Çayeli-Madenköy Cu-Pb-Zn Aramaları Hakkında Kısa Not, MTA Maden Etüd Rap. No. 118,

Baran, I. and Kasperek, 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.

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.

Bildiriler Kitabı:

Sualtı Günleri-1999, Türkiye’de Sualtı Görüntüleme, Belgeleme ve Arşivleme Çalışmalarının Günümüzdeki Durumu, 26-27 Şubat 1999, Bildiriler Kitabı (editörler: B. Akınoğlu, M. Draman), Sualtı Araştırmaları Derneği, Ankara, 84s.

Bildiri Özeti:

Tezcan, L., Gunay, G., Hotzl, H., Reichert, B., 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., Tezcan, L., 1998b, Köyceğiz Gölü Karışım Dinamiği: Çevresel İzotoplar Ve Üç Boyutlu Yerinde Yoğunluk Ölçümleri, MTA Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi Bildirileri, 2-6 Kasım 1998, Ankara, s.104-106.

Tam Metni Basılı Bildiriler:

Hamarat,S., Ülkenli,H., Türe,G., 1998, Türkiye kıyıları Aydıncık-Taşucu Deniz Mağaraları Sualtı Araştırmaları, Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı, Aralık 1998, İstanbul, Türkiye, s.105-111.

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.).

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](http://www.tdk.gov.tr/TR/Genel/BelgeGoster.05Ağustos2011).



- İŞYARLAR S., KIRBAŞ İ.; Doğal Gaz Yakıtlı Bir Yanma Odasında Hava ve Yakıt Hızlarının Sıcaklık, Entalpi ve Entropi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi.....60-66
- KARAKOYUN G., OSMA E.; Erzincan’da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris L. var. hamata* Steven.) Ağır Metal Birikimi.....67-77
- ÇÖTELİ E., KARATAŞ F.; Yemlik (*Tragopogon reticulatus*) Bitkisinin Yapraklarındaki Glutasyon ve Vitamin Miktarları ile Toplam Antioksidan Kapasitesinin Araştırılması.....78-86
- ÇAKIR T., KARA A.; Dolgu Zeminine Ait Birim Hacim Ağırlık Değeri Değişiminin Konsol Bir İstinat Duvarının Sismik Davranışı Üzerindeki Etkileri.....87-100
- UÇAR T., MERTER O.; Farklı Deprem Düzeyleri İçin Betonarme Çerçevelerin Plastik Enerji İstemlerinin Belirlenmesi.....101-113
- KURT K.; Maçka (Trabzon) İlçesi ve Çevresinin Otbiçen (Arachnida: Opiliones) Faunası.....114-123