



ANATOLIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH

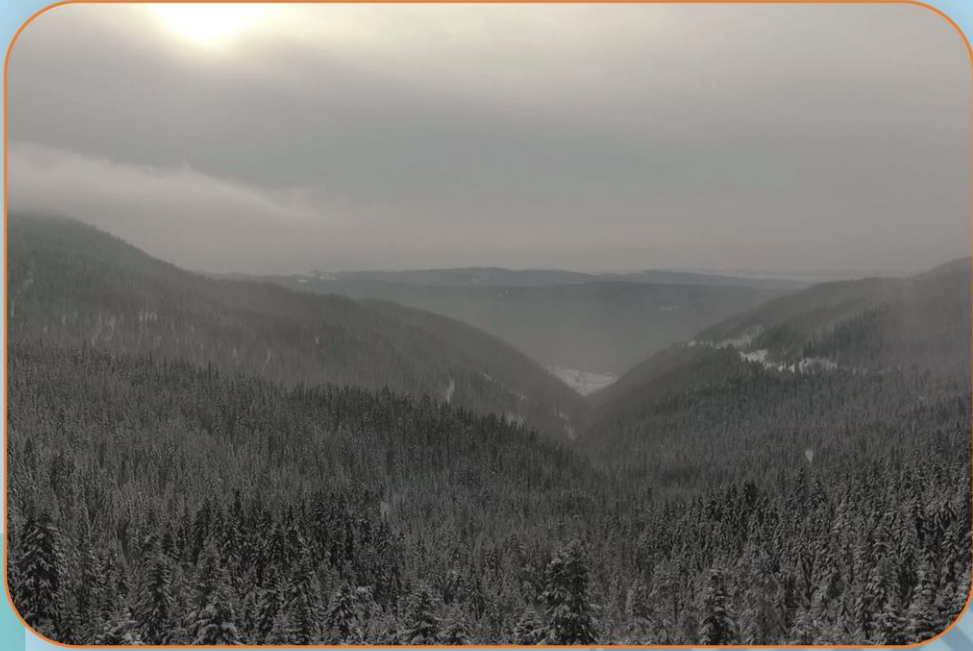
ANADOLU ORMAN
ARAŞTIRMALARI DERGİSİ

ISSN 1309-856X
EISSN 2564-7660



Cilt: 4 No: 2 Aralık 2018

Vol:4 Issue: 2 December 2018



**Anadolu Orman
Araştırmaları
Dergisi**



**Anatolian Journal
of Forest
Research**

**ISSN: 1309-856X
E-ISSN: 2564-7660**

Cilt: 4	No: 2	Aralık 2018	Vol: 4	Issue: 2	December 2018
		Sahibi	Owner		
		Prof. Dr. Hasan AYRANCI	Prof. Dr. Hasan AYRANCI		
		Rektör	Rector		
		Editör	Editor		
		Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN		

Danışma Kurulu / Advisory Board

Prof. Dr. Abdullah Emin AKAY	Bursa Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ünal AKKEMİK	İstanbul University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sezgin AYAN	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ertuğrul BİLGİLİ	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Melih BOYDAK	Işık University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Serdar CARUS	Süleyman Demirel University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Murat DEMİR	İstanbul University	TÜRKİYE
Doç. Dr. İlker ERCANLI	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sabit ERŞAHİN	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ceyhun GÖL	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ömer KARA	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Doç. Dr. Akif KETEN	Düzce University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ömer KÜÇÜK	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ramazan ÖZÇELİK	Süleyman Demirel University	TÜRKİYE
Prof. Dr. İbrahim ÖZDEMİR	Süleyman Demirel University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sezgin ÖZDEN	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Doç. Dr. Halil Barış ÖZEL	Bartın University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Atakan ÖZTÜRK	Artvin Çoruh University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK	İstanbul University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Timothy RANDHIR	University of Massachusetts	A.B.D.
Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Yusuf SERENGİL	İstanbul University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Fahrettin TİLKİ	Artvin Çoruh University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Aydın TÜFEKÇİOĞLU	Artvin Çoruh University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Mustafa Fehmi TÜRKER	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Dr. Öğr. Üyesi Serhat URSAVAŞ	Çankırı Karatekin University	TÜRKİYE
Dr. Öğr. Üyesi Seyran PALABAŞ UZUN	Kahramanmaraş Sütçü İmam University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Sabri ÜNAL	Kastamonu University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Hakkı YAVUZ	Karadeniz Teknik University	TÜRKİYE
Prof. Dr. Ahmet YEŞİL	İstanbul University	TÜRKİYE
Assist. Prof. Dr. Rasoul YUSEFPOUR	University of Freiburg	ALMANYA

**Anadolu Orman
Araştırmaları
Dergisi**



**Anatolian Journal
of Forest
Research**

**ISSN: 1309-856X
E-ISSN: 2564-7660**

Cilt: 4 No: 2 Aralık 2018

Vol: 4 Issue: 2 December 2018

Alan Editörleri / Field Editors

Prof. Dr. M. Nuri ÖNER
Doç. Dr. Nazan KUTER
Dr. Öğr. Üyesi Meriç ÇAKIR
Dr. Öğr. Üyesi Yalçın KONDUR

Prof. Dr. Sedat KELEŞ
Dr. Öğr. Üyesi Arda ÖZEN
Dr. Öğr. Üyesi Serhat URSAVAŞ

Doç. Dr. İlker ERCANLI
Dr. Öğr. Üyesi Ender BUĞDAY
Dr. Öğr. Üyesi Üstüner BİRBEN

Dizgi Sorumlusu

Dr. Öğr. Üyesi Yalçın KONDUR

Compositor

Assist. Prof. Dr. Yalçın KONDUR

Kapak Tasarımı

Dr. Öğr. Üyesi Ender BUĞDAY

Cover Design

Assist. Prof. Dr. Ender BUĞDAY

Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Dekanlığı 18200 Çankırı / TÜRKİYE
Tel: +90 376 212 2757 Fax: +90 376 213 6983

Bu dergi yılda iki defa yayınlanır

This journal is published twice a year

Anatolian Journal of Forest Research has been published as REFEREED JOURNAL according to 03/24/2010 dated and 11/3 numbered decision of the Administrative Board of Çankırı Karatekin University

Indexed and Abstracted in

DRJI, Google Scholar, Scientific Indexing Services, SOBIAD



İÇİNDEKİLER / CONTENTS

• Orman Yangınlarının Olay Yerinde Analizi, Kusurluların ile Kusur Oranlarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler	
• Analysis of the Realized Forest Fire Event, Determination of the Defects and Defects and the Precautions That Must Be Performed	89
<i>Mehmet ZİLE</i>	
• Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma	
• How to Calculate Institutional Carbon Footprint: A Theoretical Study	98
<i>Ali ÜREDEN, Sezgin ÖZDEN</i>	
• Harvest Amounts and Economic Value of the Acorn in Turkey	
• Türkiye'deki Meşe Palamudunun Hasat Miktarları ve Ekonomik Değeri	109
<i>Simge ÇİZGEN, Gamze TUTTU, Serhat URSAVAŞ</i>	
• Farklı Konumsal Özelliklerin Orman Amenajmanı Planlama Modeline Dahil Edilmesi: Örnek Bir Uygulama	
• Integration of Various Spatial Attributes into Forest Management Planning Model: A Case Study	114
<i>Sedat KELEŞ, Yusuf DERELLİ, Tuğçe Nur ERCİYEZ</i>	
• Ormanların Çap Dağılımlarının Modellenmesinde Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanımı: Trabzon ve Giresun Ormanları Doğu Ladini-Sarıçam Karışık Meşcereleri Örneği	
• Use of Deep Learning Algorithms for Modelling Forest Diameter Distributions: A Case Study of Oriental Spruce and Scots Pine Mixed Stands in Trabzon-Giresun Forest	122
<i>İlker ERCANLI, Ferhat BOLAT, Hakkı YAVUZ</i>	
• Spatial Distribution of Some Toxic Elements in Some Urban Soils of Çankırı, Turkey	
• Bazı Çankırı Şehir Topraklarındaki Toksik Elementlerin Uzaysal Değişimi	133
<i>Sabit ERŞAHİN, Gülay KARAHAN, Ebru GÜL, Seval SÜNAL, Ülkü DİKMEN, Bayram Cemil BİLGİLİ</i>	



Orman Yangınlarının Olay Yerinde Analizi, Kusurluların ile Kusur Oranlarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler

M. Zile^{1,*}

¹Mersin Üniversitesi, Erdemli UTİYO, 33001, MERSİN

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 28 Mayıs 2018

Kabul Tarihi : 8 Ekim 2018

*Sorumlu yazarın e-posta adresi:
mehmetzile@mersin.edu.tr

ÖZ

Yapılan bu araştırma ile gerçekleşmiş orman yangınları incelenerek, bu yangınlardaki kusurların neler olduğu tespit edilerek yangınların tekrar çıkmasının önlenmesi amaçlanmaktadır. Tanımlayıcı tipteki araştırmanın verileri 23.07.2011 ile 12.08.2013 tarihleri arasında,

Adana ve Mersin illerinde meydana gelmiş sekiz adet orman yangını gözlemsel ve kayıt incelemeleri ile elde edilmiştir. Adli vaka olarak adliyeye intikal eden bu yangınlarda iş sağlığı ve güvenliği açısından gerekli tedbirlerin alınmadığı anlaşılmaktadır. Yaşanan bu orman yangınları bir ülke gerçeği olarak karşımızda çözülmesi gereken bir sorun olarak durmaktadır. Uzman kişilerce iş güvenliği ve denetimi yapılmayan durumların orman yangınlarına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Orman yangınları çok ciddi sonuçları olan masraflı kazalardandır. Türkiye’de son on yılda iş sağlığı ve güvenliğine gereken önem verilmesine rağmen, yetkililere bildirilen orman yangını sayısında herhangi bir azalma olmadığı görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile orman yangınları, sebepleri ve alınması gereken önlemler üzerine odaklanılmaktadır. Orman yangınlarının bilinçli ve bilinçsiz insan hatasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu çalışmayla, orman yangın riskleri hakkında yeni bilgiler ortaya konulmuştur. Ülkemizde meydana gelen orman yangınları örnek alanlar üzerinden incelenmiştir. Bu yangınların sebepleri kimlerin ne oranda kusurlu olduğu saptanmış ve bu tür yangınların oluşmasını engellemek için öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Orman Yangınları, İş Sağlığı ve Güvenliği, Kaza Analizi, Kusur Oranları

Analysis of the Realized Forest Fire in the Event, Determination of the Defects and Defects and the Precautions That Must Be Performed

ABSTRACT

In this research, forest fires which were realized were investigated. That are the flaws in these fires have been determined. It is aimed to prevent fires from coming out again. The data of the descriptive study were eight forest fires that occurred in Adana and Mersin between 23.07.2011 and 12.08.2013. It was obtained by observational and recording studies. It is understood that the necessary measures have not been taken in terms of occupational health and safety. These forest fires are a problem that needs to be solved as a country. It is understood that unoccupational safety and uncontrolled situations by the experts cause forest fires. Forest fires are costly accidents with very serious consequences. Although, careful attention to the occupational health and safety in Turkey over the last decade, the number of forest fires reported to the authorities it did not demonstrate any reduction. This study focuses on forest fires, their causes and precautions to be taken. It was determined that forest fires were caused by conscious and unconscious human error. With this study, new information about forest fire risks has been introduced. Forest fires occurring in our country were examined through sample areas. The causes of these fires, who are defective in what proportion has been determined. Recommendations are provided to prevent the occurrence of such fires.

Keywords: Forest Fires, Occupational Health and Safety, Accident Analysis, Defect Rates

Bu makaleye atf:

Zile, M., 2018. Orman Yangınlarının Olay Yerinde Analizi, Kusurluların ile Kusur Oranlarının Belirlenmesi ve Alınması Gereken Önlemler. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 89-97.

1. Giriş

Ormanların kısmen ya da tamamen yanarak yok olması olayına orman yangını denir. Dayananda (1977)' ya göre orman yangınları yıldırım düşmesi, elektrik hatlarının birbirine değmesi, yanardağ patlaması, sıcaklıkların aşırı derecede yükselmesi gibi doğal olaylardan kaynaklandığı gibi kimi zaman da insanların attıkları sigara izmaritleri ya da bilinçsizce yaktıkları ateşler neden olmaktadır.

Türkiye'de ormanlarımızın geleceğini tehlikeye sokan en önemli etkenlerden birisi orman yangınlarıdır. Ülkemizin Akdeniz kuşağında olması, iş sağlığı ve güvenliğine aykırı insan hataları sebebiyle orman yangınlarına maruz kalmaktadır. Orman Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre, 2017 yılında yanarak zarar gören alan Adana'da 162 hektar, Mersin ilinde 928 hektar ve ülkemizde ise toplam 23986 hektardır. Ülkemizde elektrik hatları sebebiyle çıkan yangınlardan 2330 hektar alan, çöp olarak atılmış cam şişelerden çıkan yangınlardan ise 37 hektar alan zarar görmüştür.

Chandler (1983)'e göre insan faktörü orman yangınlarını çoğaltmaktadır. Fakat insanlığın bütün uğraşı yangın sayısını azaltmak ve çok yanan alanların küçültülmesini sağlamaktır. "Bakar (1993)'e göre" bu durumda yangınları önleme ve zararlarını azaltmak hususunda modern ve profesyonel ormancılık anlayışı devreye girmeli ve ormanlarda koruyucu tedbir olarak iş sağlığı-güvenliği önlemleri alınmalıdır. Yaşanan bu orman yangınları bir ülke gerçeği olarak karşımızda çözülmesi gereken önemli bir sorun olarak durmaktadır. Johansson (1996)'a göre uzman kişilerce güvenliği ve denetimi yapılmayan her türlü ormansal alan yangınlara davetiye çıkartmaktadır.

Türk Ceza Kanununun 170. Maddesinde 'Yangın, bina çökmesi, toprak kayması, çığ düşmesi, sel veya taşkın tehlikesine neden olan kişi, üç aydan bir yıla kadar hapis veya adli para cezası ile cezalandırılır.' ifade edilmektedir. Orman Kanununun 76. Maddesinde 'Ormanlara sönmemiş sigara veya yangına dolaylı olarak yol açabilecek madde atmak yasaktır, idarî para cezası verilir.' ifade edilmektedir. Orman Kanununun 110. Maddesinde 'Dikkat ve özen yükümlülüğüne aykırı olarak orman yangınına sebebiyet verenler iki yıldan yedi yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır.' ifade edilmektedir. Orman Genel Müdürlüğü Teşkilat Ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabulü Hakkında Kanunun 2. Maddesinde 'Genel Müdürlüğün görevleri, ormanların geliştirilmesini, usulsüz ve kanunsuz müdahalelere, tabii afetlere, yangınlara, muhtelif zararlılara karşı korunmasını ve gerekli kontrolleri sağlamaktır.' ifade edilmektedir.

Kanunun 7. Maddesinde ise 'Orman yangınlarını önlemek ve mücadele amacıyla plan ve programlar hazırlamak, araç, gereç temin etmek, tesislerin kurulmasını sağlamak ve gerekli diğer tedbirleri almaktır.' ifade edilmektedir.

Yargıtay Ceza Genel Kurulu birçok kararında da ifade ettiği üzere, taksir eylemle neticesi arasında nedensellik bağı bulunarak yapılan eylemin iradeli bir şekilde yapılması şeklinde tanımlanır. Bilinçli taksir ise 5237 sayılı Türk Ceza Kanununun 22/3. maddesinde 'kişinin öngördüğü neticeyi istememesine karşın, neticenin meydana gelmesi' olarak tanımlanmıştır. Orman yangınlarında taksirle yani eylemle neticesi arasında nedensellik bağı bulunarak yapılan eylemin iradeli bir şekilde yapılarak bir veya birden fazla insanın ölümüne neden olan kişi Türk Ceza Kanununda 85 maddesince iki yıldan altı yıla kadar hapis cezası ile cezalandırılır. Yaralanmalarda, taksirle yani eylemle neticesi arasında nedensellik bağı bulunarak yapılan eylemin iradeli bir şekilde yapılarak başkasının sağlığının ya da algılama yeteneğinin bozulmasına neden olan kişi, Türk Ceza Kanununda 89 maddesince üç aydan bir yıla kadar hapis veya adli para cezası ile cezalandırılır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada, ormanlarda meydana gelebilecek olası yangın risklerine yönelik mevcut tehlike kaynaklarına olan mantıksal uyanıklığın artırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu araştırmayla, gerçekleşmiş orman yangınları olay yerinde incelenip, bu yangınlarda kusurların neler olduğu tespit edilerek tekrar bu yangınların oluşmaması amaçlanmaktadır. Gerçekleşen bu orman yangınları olay yeri Cumhuriyet Savcısının bilirkişi olarak görevlendirmesiyle orman yangınlarının olduğu yerde inceleme yapılarak gerekli veriler toplanıp fotoğraflamalar yapılmıştır. Tanımlayıcı tipteki araştırmanın verileri 23.07.2011 ile 12.08.2013 tarihleri arasında Adana ve Mersin İlleri'nde meydana sekiz adet orman yangınları gözlemsel ve kayıt inceleme yöntemleri uygulanarak toplanmıştır. Orman yangınlarının meydana geldiği yerin il, ilçe ve mevki isimleri hukuki bir çıkar çatışmasına meydan vermemek için açık bir şekilde verilmemiştir. Bunlar;

- ❖ S. İlçesi K. Köyü E. Mevkiinde meydana gelen orman yangını
- ❖ A İlçesi B. Köyü, S. Mevkiindeki meydana gelen orman yangını
- ❖ K.İlçesi C. Köyü Mevkiindeki meydana gelen orman yangını
- ❖ S.İlçesi B. Köyü Mevkiindeki meydana gelen orman yangını

- ❖ S.İlçesi Ç. Köyü U. Mevkiindeki meydana gelen orman yangını
- ❖ S.İlçesi E. Köyü Z. Mevkiindeki meydana gelen orman yangını
- ❖ S.İlçesi K. Köyü D. Mevkiindeki meydana gelen orman yangını
- ❖ L. İlçesi M. Köyü B. Mevkiindeki meydana gelen orman yangını olmak üzere sekiz adet yangın olayı üzerinde durulmuştur (Zile, 2013; Zile, 2015). Araştırmada, Mersin ve Adana illerinde meydana sekiz adet orman yangınında olay yeri incelemesi yapılarak gerekli veriler toplanmıştır. Diğer illerdeki orman yangınlarının hepsine gitmek mümkün olmamıştır. Ancak, araştırma bulgularının tüm orman yangınlarında genellenebilirlik özelliği bulunmaktadır.

3. Bulgular

3.1 S. ilçesi K. köyü E. mevkiinde meydana gelen orman yangını

03.08.2012 tarihinde S. İlçesi K. köyü E. mevkiinde meydana gelen yangın olayının A5 ve A6 elektrik direkleri arasındaki tellerin birbirine temas etmesi neticesinde kıvılcım çıkartarak enerji nakil hattı altındaki otları tutuşturarak yangına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Şekil 1' de olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflamalar verilmektedir.

Olay yeri incelemelerinden anlaşıldığı üzere, K.köyü E.mevkiinde meydana gelen yangın olayının aşırı rüzgâr alan A5 ve A6 elektrik direkleri arasındaki elektrik hatlarının birbirine değip ateş kıvılcımları çıkartarak koptuğu ve yangının çıkmasına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir. Enerji nakil hatlarının yoğun rüzgâr alan bölgelerde elektrik hatlarının birbirine değmemesi için kablo ayırıcı kelepçelerin olması gerekirken enerji nakil hattında herhangi bir ayırıcı kelepçelerinin olmadığı, orman bölgesindeki elektrik direklerinin altında güvenlik sebebiyle mucur dökülmesi gerekirken dökülmemiş olduğu ve ormandan sorumlu orman Şefliğinin enerji nakil hattı altında yangına sebebiyet verebilecek otların temizlemesi gerekirken temizlenmediği tespit edilmiştir.



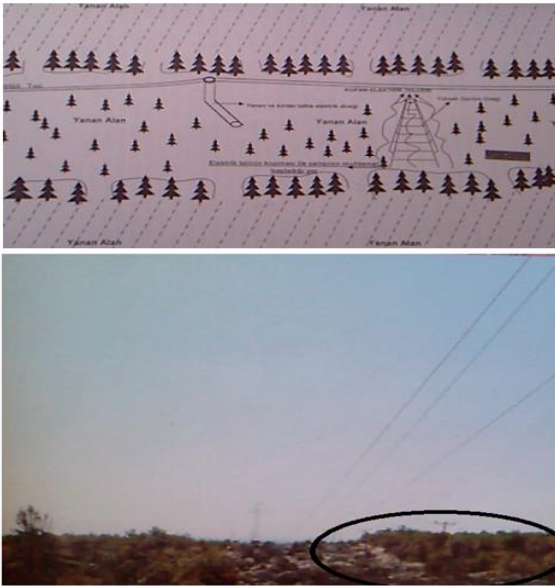
Şekil 1. Orman yangını olay yeri incelemesi (Fotoğraflar 13.08.2012 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

30.11.2000 tarihli 24246 nolu Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliğinin 10. maddesinde ‘‘Yangın tehlikesi bulunan yerlerdeki arkların yaratacağı yangın tehlikesini en aza indirmek üzere, direklerin altına 10 cm. kalınlığında ve 3 metre yarıçapında bir bölgeye mıcır dökülmesi’’ Şeklinde ifade edilmektedir. Yönetmeliğinin 67. maddesinde ‘‘Hava hatlarının denetimi: İşletme tarafından belirli sürelerde hava hatları ve direkler, topraklamalar dâhil denetlenmeli ve yoklanmalıdır. Yoklama ve bakımın sonuçları düzenli olarak kaydedilmelidir. Hava hatları dışındaki kuvvetli akım tesisleri: İşletme tarafından tesisin özellikleri göz önüne alınarak belirli aralıklarla denetleme ve yoklamaların süresi hiç bir zaman 2 yılı geçmemelidir. Yoklama ve bakımların sonuçları düzenli olarak kaydedilmelidir.’’ ifade edilmektedir. Yönetmeliğin 44. maddesinde ‘İletken çekimini ve hat güvenliğini

bozan bütün ağaçlar budanmalı ya da kesilmelidir’ şeklinde ifade edilmektedir. Yönetmeliğinin 54/f maddesinde ‘‘ormanlık alanlarda ağaç direk kullanılmamalıdır’’ ifade edilmektedir. Yukarıda ifade edilen sebeplerden söz konusu enerji nakil hattının 30.11.2000 tarih ve 24246 sayılı resmi gazetede yayınlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesis Yönetmeliğinin 10, 67, 44 ve 54/f maddelerince X kurumunun işletme sorumluluğunu yerine getirmemiş olması sebebiyle söz konusu yangında % 70 oranında asli kusurlu olduğu tespit edilmiştir. Ormandan sorumlu X orman Şefliğinin enerji nakil hattı altında yangına sebebiyet verebilecek otları her altı ayda bir temizlemesi gerekirken temizlenmemesi sebebiyle söz konusu yangında % 30 oranında tali kusurlu olduğu anlaşılmaktadır (Zile, 2017).

3.2. A. ilçesi B. köyü S. mevkiindeki meydana gelen orman yangını

23.07.2011 tarihinde A İlçesi B. Köyü, S. Mevkiindeki yangın çıktığı, yangının X kurumuna ait yüksek gerilim hattı direğinden çıktığı ve Şiddetli rüzgârın etkisiyle aynı yönde ilerlediği anlaşılmaktadır. Şekil 2’ de olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflamalar verilmektedir. Olay yeri incelemelerinden anlaşıldığı üzere, enerji nakil hattının en yoğun rüzgâr alan yerindeki elektrik direğine ait enerji nakil hatlarının birbirlerine değmesi sonucu elektrik kıvılcımı meydana getirdiği, bu kıvılcımların enerji nakil hattının altında bulunan kurumuş otlara sirayet etmesi neticesinde yangının çıktığı, söz konusu mevkiinin yoğun rüzgâr almasıyla yangının her yöne sıçrayarak yangına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 2. Orman yangını olay yeri incelemesi (Fotoğraflar 03.08.2011 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

Olay yeri incelemelerinden söz konusu enerji hattı, enerji hattı direğinin montaj ve hatların gerekli sehim verilerek çekilmesi açısından 30.11.2000 tarihli 24246 nolu Resmi Gazetede yayınlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliğince uygun tesis edildiği anlaşılmaktadır. Söz konusu enerji nakil hattının 30.11.2000 tarih ve 24246 sayılı resmi gazetede yayınlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesis Yönetmeliğinin 10, 67, 44, 54/f maddelerince X kurumu işletme sorumluluğunu yerine getirmemiş olması sebebiyle TEİAŞ’ söz konusu yangında tali kusurlu olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu yangının kuvvetli rüzgâr sebebiyle meydana gelmesi sebebiyle asli kusurlu herhangi bir kurum veya kişinin ise olmadığı anlaşılmaktadır.

3.3. K. ilçesi C. köyü mevkiindeki meydana gelen orman yangını

29.08.2011 tarihinde K. İlçesi C. köyünde meydana gelen yangın olayının elektrik direklerindeki tellerin birbirine temas etmesi neticesinde kıvılcım çıkartarak enerji nakil hattı altındaki otları tutuşturarak yangına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Şekil 3’ de olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflamalar verilmektedir.



Şekil 3. Orman yangını olay yeri incelemesi (Fotoğraflar 09.09.2011 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

Olay yeri incelemelerinden anlaşıldığı üzere, yangının C. Köyü mevkiinde aşırı rüzgâr alan elektrik direklerinin yoğun olduğu tepede çıkmış olduğu anlaşılmaktadır. Enerji nakil hatlarının yoğun rüzgâr alan bölgelerde elektrik hatlarının birbirine değmemesi için kablo ayırıcı kelepçelerinin olması

gerekirken enerji nakil hattında herhangi bir ayırıcı kelepçelerinin olmadığı, orman bölgesindeki elektrik direklerinin altında güvenlik sebebiyle mucur dökülmesi gerekirken dökülmemiş olduğu ve ormandan sorumlu X orman şefliğinin enerji nakil hattı altında yangına sebebiyet verebilecek otları temizlenmesi gerekirken temizlenmediği anlaşılmaktadır.

29.08.2011 tarihinde K.İlçesi C. köyünde meydana gelen yangın olayının elektrik direklerindeki tellerin birbirine temas etmesi neticesinde kıvılcım çıkartarak enerji nakil hattı altındaki otları tutuşturarak yangına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Olay yeri incelemelerinden anlaşıldığı üzere, yangının C. Köyü mevkiinde aşırı rüzgâr alan elektrik direklerinin yoğun olduğu tepede çıkmış olduğu anlaşılmaktadır. Enerji nakil hatlarının yoğun rüzgâr alan bölgelerde elektrik hatlarının birbirine değmemesi için kablo ayırıcı kelepçelerinin olması gerekirken enerji nakil hattında herhangi bir ayırıcı kelepçelerinin olmadığı, orman bölgesindeki elektrik direklerinin altında güvenlik sebebiyle mucur dökülmesi gerekirken dökülmemiş olduğu ve ormandan sorumlu X orman şefliğinin enerji nakil hattı altında yangına sebebiyet verebilecek otları temizlenmesi gerekirken temizlenmediği anlaşılmaktadır. Söz konusu enerji nakil hattında, 30.11.2000 tarih ve 24246 sayılı resmi gazetede yayımlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesis Yönetmeliğinin 10, 67, 44, 54/f maddelerince X kurumunun işletme sorumluluğunu yerine getirmemiş olması sebebiyle söz konusu yangında tali kusurlu olduğu tespit edilmiştir. Ormandan sorumlu X orman şefliğinin enerji nakil hattı altında yangına sebebiyet verebilecek otları her altı ayda bir temizlemesi gerekirken temizlenmemesi sebebiyle söz konusu yangında tali kusurlu olduğu anlaşılmaktadır.

3.4. S. ilçesi B. köyü mevkiindeki meydana gelen orman yangını

19.08.2012 tarihinde saat 14.00 sıralarında B. Köyü kandil sırtı mevki olarak tabir edilen yerde orman yangının meydana geldiği anlaşılmaktadır. Şekil 4' de olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflamalar verilmektedir. Olay yeri incelemelerinden anlaşıldığı üzere, G. bölgesi yakınlarında M.'nin kendi tarlasında ağaç keserken kestiği ağaç gövdesini kontrol edemeyerek enerji nakil hattı üzerine düşürmüştür. Bu sebeple enerji nakil hattının elektrik tellerinin birbirine değmesi sonucu kısa devre olduğu, bu kısa devre sonucu iletken teller ark yaparak koştığı, oluşan ark arazi üzerindeki otları tutuşturarak orman yangınına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Orman yangını olay yeri incelemesi (Fotoğraflar 29.08.2012 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

Kısa devre sebebiyle enerji nakil hattı koruma röleleri kısa devre esnasında devreyi açması gerekirken devreyi açmadığı anlaşılmaktadır. Bütün enerji kalan iki tel üzerinden aktığı, tellerin aşırı ısındığı, bu aşırı ısınma sebebiyle söz konusu enerji nakil hattının uzantısı olan beş kilometre uzaklıktaki B.Köyü yakınlarındaki noktanın da koştığı ve koparken de çıkardığı ark sebebiyle ikinci bir noktada da yangın çıktığı tespit edilmiştir. M. isimli tarla sahibi enerji nakil hattında tehlike arz eden ağaçları budamadan önce kendisinin bizzat X kurumuna başvurup, enerji nakil hattının elektriği kesilip X kurumu ekiplerinin nezaretinde budama işlemi yapması gerekirken, X kurumunun bilgisi dışında son derecede tehlike arz eden tedbirsiz ve ihmalkâr davranarak budama işlemini yapması neticesinde iki yerden yangına sebebiyet verdiği, söz konusu yangın olayında M. isimli tarla sahibinin asli kusurlu olduğu tespit edilmiştir. Yüklenici firma, 30.11.2000 tarihli 24246 nolu Resmi Gazetede yayımlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliğinin 67. maddesine aykırı davranarak denetlenmediği anlaşılmaktadır. Enerji nakil hattı koruma röleleri kısa devre esnasında devreyi açması gerekirken devreyi açmadığı ve oluşan arklar ile enerji nakil hattının iki ayrı noktasında orman yangınına sebebiyet verdiğinin anlaşılması sebebiyle, yüklenici firma yetkili mühendisi M. ve elektrik teknikeri C.'nin söz konusu orman yangınında tali kusurlu olduğu tespit edilmiştir.

3.5. S. ilçesi Ç. köyü U. mevkiindeki meydana gelen orman yangını

12.08.2013 tarihi saat 10:30 de Ç. Köyü U. Mevkiinde orman yangını çıktığı, yangına T. Mermer' e ait izinli saha maden ocağı sahasında

olduğu, yangının Alpet kablosunun kopması sonucunda çıktığı anlaşılmaktadır. Şekil 5'te olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflar verilmektedir.



Şekil 5. Orman yangını olay yeri inceleme (Fotoğraflar 22.08.2013 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

Olay yeri incelemelerinden anlaşıldığı üzere, yangının mermer ocağına ait ve direksiz bir şekilde gelişigüzel yere atılarak çekilen kablolardan çıktığı tespit edilmiştir. Gelişigüzel çekilen bu hatta üç fazdan iki faza enerji yüklemesi olduğu, mermer ocağı yetkilileri tarafından gelişigüzel yere atılarak çekilen kablonun kopması sonucunda yangının farklı güzergâhlardan da çıktığı ve yangının aşırı rüzgâr sebebiyle yayıldığı anlaşılmaktadır. Hiçbir şekilde özel enerji nakil hattının son derecede tehlikeli olabilecek direksiz bir şekilde çekilmemesi gerekirken mermer ocağı yetkilileri tarafından gelişigüzel yere atılarak çekilmesi sebebiyle koptuğu ve koparken de ark çıkarması sebebiyle de yangının 13.00 sıralarında farklı yerlerden çıkarak büyüdüğü tespit edilmiştir. T. Mermer işletmesinin sahibi İ.'nin söz konusu yangının çıkmasında dikkatsiz ve ihmalkâr davranması sebebiyle söz konusu yangının çıkmasında asli kusurlu olduğu tespit edilmiştir. Enerji nakil hattının direksiz gelişigüzel yere atılarak çekilmesini izin vermemesi gerekirken yeterli denetimleri yapmayan bakım ve onarımdan sorumlu X kurum yetkilisinin de tali kusurlu olduğu tespit edilmiştir.

3.6. S. ilçesi E. köyü Z. mevkiindeki meydana gelen orman yangını

07.07.2012 tarihinde E. Köyü Z. Mevkiinde yangın çıktığı, yangının X kurumuna ait yüksek gerilim hattı direğinden çıktığı ve şiddetli rüzgârın etkisiyle aynı yönde ilerlediği anlaşılmaktadır. Şekil 6' de olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflar verilmektedir.



Şekil 6. Orman yangını olay yeri inceleme (Fotoğraflar 17.09.2012 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

Olay yeri incelemelerinden anlaşıldığı üzere, enerji nakil hattının en yoğun rüzgâr alan yerindeki elektrik direğine ait enerji nakil hatlarının birbirlerine değmesi sonucu elektrik kıvılcımı meydana getirdiği, bu kıvılcımların enerji nakil hattının altında bulunan kurumuş otlara sirayet etmesi neticesinde yangının çıktığı, söz konusu mevkiinin yoğun rüzgâr alması sebebiyle yangının her yöne sıçrayarak yangına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Söz konusu enerji nakil hattının 30.11.2000 tarih ve 24246 sayılı resmi gazetede yayınlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesis Yönetmeliğinin 10 ve 67 maddesine uygun olmadığı, rüzgârın kuvvetli olduğu ve sık yangın çıkma tehlikesinin olduğu ortamlarda enerji nakil hatlardaki tellerin birbirine değmesini önleyen iletken ayıraçlarının kullanılması gerekirken kullanılmaması, yangın tehlike ihtimali yüksek olan enerji nakil hatları altındaki sararmış otların temizletilmesi gerekirken temizletilmediği ve bu sebeplerle X kurumunun idaresinde olan şirketin işletme sorumluluğunu yerine getirmemiş olması sebebiyle yüklenici şirket yetkilisi C.'nin tali kusurlu olduğu ve bölgedeki enerji nakil hattından sorumlu X kurumunun sistem işletme müdürü H.'nin tali kusurlu olduğu tespit edilmiştir.

3.7. S. ilçesi K. köyü D. mevkiindeki meydana gelen orman yangını

29.09.2012 tarihinde S. İlçesi K. Köyü D. Mevkiindeki yangın çıktığı, yangının çıktığı bölgenin TRP 46 TR bölgesinin A2 ve A4 taşıyıcı

direkler arasında çıktığı anlaşılmaktadır. Şekil 7' de olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflamalar verilmektedir.



Şekil 7. Orman yangını olay yeri incelemesi (Fotoğraflar 11.10.2012 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

Olay yeri incelemelerden anlaşıldığı üzere, enerji nakil hattının en yoğun rüzgâr alan yerindeki elektrik direğine ait enerji nakil hatlarının birbirlerine değmesi sonucu elektrik kıvılcımı meydana getirdiği, bu kıvılcımların enerji nakil hattının altında bulunan kurumuş otlara sirayet etmesi neticesinde yangının çıktığı, söz konusu mevkiinin yoğun rüzgâr alması sebebiyle yangının her yöne sıçrayarak yangına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır. Enerji nakil hattının sürekli kopması sebebiyle birçok eklemelerin yapıldığı anlaşılmaktadır. Söz konusu enerji nakil hattının 30.11.2000 tarih ve 24246 sayılı resmi gazetede yayımlanan Elektrik Kuvvetli Akım Tesis Yönetmeliğinin 10, 67, 44, 54/f maddelerince X kurumunun işletme sorumluluğunu yerine getirmemiş olması sebebiyle tali kusurlu olduğu tespit edilmiştir.

3.8. L. ilçesi M. köyü B. mevkiindeki meydana gelen orman yangını

02.08.2013 tarihinde L. İlçesi M. Köyü B. Mevkiindeki orman yangını çıktığı anlaşılmaktadır. Şekil 8' de olay yeri inceleme anında çekilen fotoğraflamalar verilmektedir.



Şekil 8. Orman yangını olay yeri incelemesi (Fotoğraflar 12.08.2013 tarihinde M. Zile tarafından çekilmiştir).

Olay yerinde yapılan incelemelerden anlaşıldığı üzere; yangın çıkış mahalline yakın bulunan yayla evlerine enerji veren fazlar arası 380 volt, faz-nötr arası 220 volt olan üç faz alçak iletim hattında direkler arası mesafenin gayet uygun olduğu, iletkenlere verilen sehimin gayet normal olduğu, iletkenler arası açıklığın gayet iyi olduğu anlaşılmaktadır. İki direk arası iletkenlerde yapılan incelemelerde, kısa devre kaynaklı bir isleme olmadığı yani tellerin birbirine değmediği, teller arası açıklıktan da anlaşıldığı üzere bunun mümkün olamayacağı, herhangi bir elektrik tellerinin birbirine değmediği ve yayla evlerindeki mesken elektriğinin yangın öncesi ve sonrasında kesilmediği tespit edilmiştir. Bu sebeplerden dolayı yangının elektrik hattından çıkmadığı anlaşılmaktadır. Yapılan incelemelerden, yangının çıktığı iddia edilen yerde güneş ışınlarının geldiği açıya bakıldığında, saat 9:00 dan 12:00 ye kadar çok dik ve yoğun bir şekilde geldiği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda yangının çıktığı iddia edilen yerde yoğun bir şekilde tarla bitki çöpleri ve otlar gibi ağıl çöplerinin olduğu anlaşılmaktadır. Yangının çıktığı iddia edilen yerde çok sayıda kırık çay bardaklarının olduğu tespit edilmiştir. Bu kırık çay bardakları çok dik ve yoğun bir şekilde gelen güneş ışınlarını bünyesine alarak aşırı ısındığı, mercek vazifesi yaparak üzerine gelen yoğun güneş ışıklarını ince kurumuş ağıl olarak isimlendirilen otlara yansıtarak tutuşturduğu ve bu şekilde yangının doğal sebeplerden çıktığı tespit edilmiştir. Söz konusu yangının çıkmasında, bu kırık çay bardaklarını ormana atan belirsiz kişilerin tek asli kusurlu olduğu tespit edilmiştir.

4. Tartışma ve sonuç

Mandallaz (1996)'a göre orman yangınlarının oluşmasında üretim teknolojisi, üretim araçları, evre koşullarının yanında sosyolojik, psikolojik, fizyolojik birçok etken rol oynamaktadır. Ancak, Roads (2000)'a göre orman yangınlarının oluşmasına neden olan etkenlerin tümü temel iki etkene indirgenebilir. Bunlar güvensiz şartlar ile insanların yaptığı bilinçsiz davranışlardır. Orman yangın riskleri yapılan işlerden, yürütülen işlemler ve çeşitli yöntemlerden, kullanılan maddelerden, her türlü enerji sistem ve donanımlardan, ormanın içerisinde veya çevresinde bulunan insanlardan, orman bölgesindeki organizasyonlardan, orman koşullarından ve çeşitli unsurların birbirleri ile etkileşmesinden kaynaklanır (Apud, 1995; Preisler, 2002). Yapılan çalışmayla, birçok adliyeye intikal eden orman yangınları üzerinde durarak bilimsel nedenleri araştırılmış, sebeplendirme yaklaşımları oluşturulmuş, bu yangınların tekrar oluşmaması ve önlenmesi için yapılması gerekli güvenlik önlemler üzerinde durulmuştur.

3234 sayılı, Orman Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamenin Değiştirilerek Kabul Hakkında Kanun'un 2/a maddesine göre ‘‘Orman kaynaklarını; ekolojik, ekonomik ve sosyokültürel faydalarını dikkate alarak, bitki ve hayvan varlığı ile birlikte, ekosistem bütünlüğü içinde idare etmek, katılımcı ve çok amaçlı şekilde planlamak, usulsüz müdahalelere, tabii afetlere, yangınlara karşı korumak, muhtelif zararlıları ile mücadele etmek ve ettirmek, ormancılık karantina hizmetlerini yürütmek, geliştirmek, orman alanlarını ve ormanlara ilişkin hizmetleri artırmak, ormanları imar ve ışlah etmek, sivil-kültürel bakımını ve genleştirmesini sağlamak’’ Orman Genel Müdürlüğün aslı görevi olarak belirtilmiştir. Orman yangınlarını nleme sorumluluğu Orman Genel Müdürlüğüne aittir.

Enerji nakil hatları tesis edilirken, ormanlık alanların dışında olacak şekilde veya yeraltından geçecek şekilde projelendirilmelidir. Orman bölgesinden geçen enerji nakil hatları Elektrik Kuvvetli Akım Tesis Yönetmeliğine uygun tesis edilmelidir. Yönetmelikte belirtilen direkler ve iletkenler arası mesafeler gözden geçirilerek güvenlik sınırları yeniden belirlenmelidir. Orman bölgesinden geçen enerji nakil hatların yıllık en az bir kere periyodik bakımları zorunlu hale getirilmeli, hattın altında ağaçlar budanmalı ve altındaki otlar temizlenmelidir. Enerji nakil hatlarının sebep olduğu yangınlardan ilgili enerji dağıtım şirketi sorumludur.

Ormanı yangınlarının meydana gelmesini engellemek için, Orman Genel Müdürlüğü, yangın çıkma olasılığı olan yüksek yerleri tespit ederek etkin önlemler almalı ve ormanlara yangın gözetleme kuleleri yapmalıdır. Yangın ıkma riskinin yüksek olduğu yaz aylarında, yangın riski yüksek olan ormanlarda yangınla mücadele konusunda yeterli eğitim almış yangın ekipleri hazır bulundurulmalı ve orman giriş ve ıkışları yasaklanmalıdır. Ormanlara cam ve cam kırıkları atılmamalıdır. Cam, güneş işığına bir büyüteç gibi kurumuş otlara yoğun bir şekilde çekerek tutuşmasına ve böylece orman yangının oluşmasına neden olur. Orman yangınlarının üzülmesi gereken bir sebebi de, elektrik hatlarının yoğun rüzgar sebebiyle birbirine değmesi sonucu kıvılcım atması kaynaklıdır. Bu sebeple orman bölgesinden geçen elektrik hatlarının yeraltından çekilmesi daha uygun olacağı ifade edilebilir.

Orman yangınlarının en önemli sebeplerinden biri de insan hatalarından kaynaklı eylemlerdir. Yakılan ateşi söndürmeden bırakmak, sönmemiş sigara izmariti ve kibritin yere atılması, tarlalarda istenmeyen otların veya tarla anızının yakılması, gece aydınlatma için ormanda ateşle dolaşılması, çocukların orman içinde ateşle oynamaları orman yangınlarına taksirli nedenleri arasındadır. Özellikle orman bölgesi çevresinde oturan halk yangın çıkma sebepleri ve alınması gereken önlemler konusunda eğitilerek gerekli uyarılar yapılmalıdır. Orman çevresinde tarla veya otlakların genişletilmesi, orman içinde yapılan yasadışı işleri gizlemek ve çıkar elde etmek içinde kasten orman yangınının çıkarıldığı da yüzleşmemiz gereken bir gerçektir.

olleşme ve ormansızlaşmanın önlenmesi yolunda devlet yönetmeliklerinin yeterli olduğunu söylemek mümkün değildir. Anayasaya ormanların korunması, geliştirilmesi ve devamlılığının sağlanması yolunda kanun hükümleri konulmalı mevcut kanun ve yönetmelikler güncellenmelidir. Ormanların ülkeye yararları hususunda amaç dış kullanımın olduğu yaygınlaştığını ve bu konuda ormanların istismar edildiğini söylememek mümkün değildir. Bu sebeple ormandan yararlanacak hizmetler sınırlandırılmalı ve yeniden değerlendirilmeye tabi tutulmalıdır.

Kaynaklar

Dayananda P. W. A., 1977. Stochastic models for forest fires, *Ecological Modeling*, Volume 3, 309-313.

Chandler, C., 1983. Fire in forestry. Volume 1. Forest fire behavior and effects. Volume 2. Forest fire management and organization, *For. Fire & Atmosph. Sci. Res.*, Washington, DC, USA.

D. L. Martell D. L., 1987. A logistic model for predicting daily people-caused forest fire occurrence in Ontario. *Can. J. For. Res.*, Volume 17, 394-401.

Apud E., 1989. Guide-lines on ergonomic study in forestry prepared for research workers in developing countries, Geneva, ILO.

Bakar A.,1993. Safety and health in the use of chemicals at work: A training manual, Geneva, ILO.

Apud E. ,1995. Ergonomics in forestry: The Chilean case, Geneva, ILO.

Johansson K., 1996. Improving working conditions and increasing profits in forestry, Sectorial Activities Programme Working Paper No. 99, Geneva, ILO.

Mandallaz D.,1996. Statistical model for the prediction of forest fires, Report Project Minerve II, ETH Zurich.

Roads J. O., 2000. Development of a seasonal fire weather forecast for the contiguous United States. In *Third Symposium of Fire and Forest Meteorology*, American Meteorological Society, 99-102.

Preisler H.K., 2002. Forest fire models. In A. H. El-Shaarawi and W. W. Piegorsch, editors, *Encyclopedia of Environmetrics*, Wiley, Chichester, 808-810.

Zile M., 2013. Elektrik enerjisi kaynaklı adli vaka iş kazalarında sebeplendirme yaklaşımları ve iş güvenliğinin oluşturulması, VII.Ulusal İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Kongresi, Yayın No:E/2013/600, ISBN: 978-605-01-0469-1, Çukurova Üniversitesi Adana, 293-300.

Zile M., 2015. İş güvenliği risk değerlendirme analiz modellemesi ve yazılımının bulanık mantıkla oluşturulması, *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 30(2), ISSN 1019-1011, 267-273.

Zile M., 2017. Ülkemizde gerçekleşen elektrik iş kazaları ve bu kazalardaki kusur oranlarının belirlenmesi, *International Conference on Multidisciplinary, Science, Engineering and Technology (IMESET'17Bitlis)*, e - ISBN: 978-605-82480-3-8, Oct27-29, Bitlis, 234-239.

Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma[□]

A. Üreden¹, S. Özden^{2,*}

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 18000, ÇANKIRI

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18000, ÇANKIRI

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 20 Haziran 2018

Kabul Tarihi : 19 Kasım 2018

*Sorumlu yazarın e-posta adresi:
ozden@karatekin.edu.tr

[□] Bu çalışma 26-29 Nisan 2018 tarihlerinde Kastamonu'da düzenlenen International Congress on Engineering and Life Science etkinliğinde sunulmuş ve özeti yayımlanmıştır.

ÖZ

Hızla gelişen sanayileşmeden kaynaklanan sera gazları küresel iklim değişikliğini de beraberinde getirmiştir. İklim değişikliği ise dünyadaki yaşamı olumsuz etkilemektedir. Yerküredeki yaşamı tehdit eden tehlikenin farkına varan dünya milletleri küresel ısınma konusunda birtakım önlemler almaya başlamıştır. Bu kapsamda Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmış, sözleşmeye bağlı sera gazı emisyonunun azaltılması için Kyoto Protokolü de imzalanmıştır. Sözleşme ile gelişmiş ülkeler sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre %5 azaltmayı taahhüt etmiştir.

İmzalanan sözleşme ve protokollere bağlı olarak sera gazı emisyonunun hesaplanmasını ve ticaretini düzenleyen bir takım standartlar getirilmiştir. Ürün karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan PAS 2050 standardı, kurumların karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan ISO 14064 standardı bunların en çok tercih edilenleridir. Sera gazı emisyonu hesaplamalarında, en sağlıklı ve detaylı sonucun alınması için kurumun sera gazı salımında direk etki eden faaliyetler, kurumun faaliyetlerine devam edebilmesi için gerçekleştirdiği hizmet ya da ürün alımlarından kaynaklı faaliyetler ve kurumun faaliyetlerini gerçekleştirirken sera gazı salımında etkin olan faaliyetlerle ilişkileri olarak üç kapsamlı hesaplamalar olduğu yapılan literatür çalışmaları ile karşımıza çıkmaktadır. Kurumsal karbon ayak izi hesaplamada takvim yılı ya da mali yıl baz alınması hesaplamanın daha sağlıklı ve doğru sonuç vermesi açısından önemlidir. Kurumların karbon ayak izlerini bilmeleri faaliyetlerinden kaynaklı sera gazlarını kontrol altına almaya yönelik önlemler için önemlidir. Bu çalışmada; kurumların faaliyetlerini gerçekleştirdikleri sırada atmosfere saldıkları sera gazlarından kaynaklı küresel iklim değişikliğine yaptıkları olumsuz etki ve bundan kaynaklı “karbon ayak izlerinin” hesaplanma yöntemleri tanıtılarak kurumsal düzeyde karbon ayak izinin küçültülme stratejileri ve önemi tartışılmaktadır.

Anahtar kelimeler: İklim değişikliği, Karbon ayak izi, Kurumsal hesaplama, Kyoto protokolü

How to Calculate Institutional Carbon Footprint: A Theoretical Study

ABSTRACT

Greenhouse gases arising from rapidly developing industrialization have brought global climate change. Climate change, on the other hand, negatively affects life in the world. The nations of the world who are aware of the danger that threatens life on the earth have begun to take measures against global warming. In this context, the United Nations Framework Convention on Climate Change was signed and the Kyoto Protocol was signed to reduce emissions of greenhouse gases. Under the agreement, developed countries committed to reduce greenhouse gas emissions by 5% compared to 1990. Depending on the contracts and protocols signed, a number of standards have been released to regulate the calculation and trading of greenhouse gas emissions. The PAS 2050 standard used in product carbon footprint calculation and the ISO 14064 standard used in the carbon footprint calculation of institutions are the most preferred ones. In greenhouse gas emission calculations, there are three comprehensive calculations for activities that directly affect the company's greenhouse gas emissions in order to obtain the healthiest and detailed result, activities resulting from the services or product purchases that the institution carries out and activities related to greenhouse gas emissions with the literature studies done. Based on the calendar year or fiscal year, it is important to calculate the corporate carbon footprint in order to make the calculation more accurate and accurate. Knowing the carbon footprint of

Bu makaleye atf:

Üreden, A., Özden, S., 2018. Kurumsal Karbon Ayak İzi Nasıl Hesaplanır: Teorik Bir Çalışma. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 98-108.

institutions is important for the measures to control greenhouse gases arising from their activities. In this study, the adverse effects of climate change caused by greenhouse gases on the atmosphere as the institutions perform their activities is to calculate. By introducing the calculation methods of "carbon footprints" originating from this negative effect; is to discuss the downsizing strategies and prejudice of the carbon footprint at the institutional level.

Keywords: Carbon footprint, Climate change, Institutional calculation, Kyoto protocol

1. Giriş

Bulduğumuz asrın en önemli çevre sorunu olarak kabul edilen küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğindeki, insan etkisi bilimsel olarak kanıtlanmıştır (Özer, 2012). İnsanlığın enerjiye olan ihtiyacı ve enerjiyi elde etmek için gerçekleştirdiği faaliyetlerde fosil yakıt tüketimi küresel iklim değişikliğinin en önemli nedenidir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde (UNFCCC, 1992) (United Nations Framework Convention on Climate Change) iklim değişikliğinin zararlı etkileri; *“İklim değişikliği sonucunda fiziksel çevrede veya biyotat da ortaya çıkan ve doğal haldeki veya yönetim altındaki ekosistemlerin bileşimi, kendilerini onarma yeteneği ve verimliliği veya sosyo-ekonomik sistemlerin çalışması veya insan sağlığı ve refahı üzerinde önemli zararlı etkileri olan değişiklikler demektir.”* olarak tanımlanmaktadır. Küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğinin başlıca nedeni, giderek artan fosil yakıt tüketimiyle açığa çıkan gazların atmosferdeki varlıklarının artması sonucu doğal sera etkisinden daha fazla sera etkisine sebep olmalarıdır (UNFCCC, 1992).

UNFCCC (1992) Sera etkisi yapan gazları tanımlarken, *“Sera gazları hem doğal, hem de insan kaynaklı olup atmosferdeki, kızıl ötesi radyasyonu emen ve tekrar yayan gaz oluşumları anlamına gelir.”* ifadelerini kullanmıştır. Karbon dioksit (CO₂), Metan (CH₄), Nitroz Oksit (N₂O), Hidroflorür karbonlar (HFCs), Perfloro karbonlar (PFCs), Sülfürhekza florid (SF₆) gazları, Kyoto protokolünde sera etkisi yaptığı belirtilen, çevre kirliliğine ve küresel ısınmaya sebep olan, insan faaliyetleri sonucu açığa çıkan gazlardır (Anonim, 1998b; Albayrak ve ark., 2014). Bu gazların atmosferdeki miktarının artması, sera etkisini de artırmaktadır. Her geçen gün şiddetlenerek etkisini artıran küresel ısınma ve devamında iklim değişikliği insanlığın yaşamını olumsuz etkilediği gibi diğer canlıların yaşamını da olumsuz etkilemektedir. Küresel ısınmada etken olan ve Kyoto protokolü ile belirtilen CO₂ ve diğer 5 sera gazının insanlığın faaliyetleri ile gerçekleştiği belirlendiğinden, kontrol ve denetiminin de insan faaliyetlerinin belirlenmesi ile olacağı anlaşılmıştır (Bekiroğlu, 2011).

İnsanoğlunun doğayı kullanırken yaptığı her faaliyet doğada bir etki bırakır. Özellikle tüketim faaliyetleri doğa üzerinde olumsuz etkiler bırakır. Bugün dünyamızda insanoğlunun karbon emisyonlarını azaltıp küresel iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmek gerekliliği konusunda geniş bir uzlaşma vardır (Hua et al., 2011). Karbon ayak izi hesaplamaları bu etkiyi ölçmenin bir yoludur. Başta Kyoto protokolü ile taahhüt veren ülkeler olmak üzere yaşanılabilir bir dünya için sorumluluk hisseden tüm ülkeler, kurumlar ve bireylerin sera gazı salımını azaltmak için, karbon ayak izlerini hesaplamaları ve gerekli önlemleri almaları gerekmektedir. Kurumların karbon ayak izini hesaplamaları, yasal zorunluluğun yanı sıra müşteri ya da yatırımcı talepleri, pazarlama, kurumsal imaj, sosyal sorumluluk gibi zorunluluk ya da gönüllülük esaslarına göre hesaplanarak sera gazı emisyonu azaltımı veya emisyon ticaret mekanizmalarına katılım gereksiniminden dolayı hesaplanabilmektedir (Bekiroğlu, 2011).

İklim değişikliğini küresel sorun olmaktan çıkarmak için yapılan çalışmalarda dönüm noktası Kyoto protokolü olmuştur. Kyoto protokolü, küresel iklim değişikliği ile mücadele etmek amacıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında imzalanan protokoldür. Protokol ile sanayisi gelişmiş ülkeler ile sanayisi gelişmekte olan ülkeler sebep oldukları CO₂ ve sera etkisi yaptığı belirtilen diğer 5 sera gazının salımını azaltmak, bunu gerçekleştiriyorlarsa karbon ticareti yolu ile haklarını artırmayı kabul etmişlerdir (UNFCCC, 1992; Anonim, 1998b; Albayrak ve ark., 2014). Kyoto Protokolü, karasal karbon kaynaklarını ve yutakları yasal olarak bağlayıcı bir emisyon azaltma sistemine dahil ederek önemli bir atılım gerçekleştirmiştir (Anonim, 1998a)

Karbon ihracı, diğer adı ile karbon ticareti bir ülkenin ya da kurumun standardın üstünde emisyonuna sebep olduğu sera gazı salımından kaynaklanan emisyon azaltma sorumluluğunu, başka ülkenin veya kurumun standardın altında kalan emisyon kısmının satın alınmasına dayalı bir önlemdir (Çiçek ve Çiçek, 2012; Narin, 2013; Çıtak, 2016) Kyoto protokolünün 17. maddesi gereği, protokolün EK-B listesindeki tarafların salım sınırlaması ya da azaltım yükümlülüklerini, salım serbestliği olan diğer taraflardan satın alabilme

olanağı sunulmuştur (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 1998b). Tarafların söz konusu ticareti gerçekleştirebilmeleri için belirli şartları sağlamaları gerekmektedir. Karbon ticaretinin sağlıklı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için Uluslararası Kayıt Sistemi geliştirilmiştir (Bekiroğlu, 2011).

Sonuçları yeryüzü yaşamını olumsuz etkileyen küresel ısınma ve iklim değişikliğine etki eden olaylarda, insan etkisinin ortaya konabilmesi için küresel değişim sürecinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu süreci yönetmek için kurumların öncelikle kendi yetki sınırları içinde yapılan geniş çaplı eylemlerden kaynaklanan karbon ayak izi yönetim programlarına gereksinim vardır (Anonim, 2017a).

Karbon emisyonu hesaplamalarında, GHG Protokolünde (Anonim, 2017b), belirtilen parametrelere bağlı olarak ISO (International Organization for Standardization - Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu) tarafından geliştirilen, sera gazı emisyonlarının kurum seviyesinde hesaplanması ve raporlanması (ISO 14064-1), sera gazı emisyon azaltmalarının veya uzaklaştırma iyileştirmelerinin hesaplanması, izlenme ve raporlanması (ISO 14064-2) ve sera gazı beyanlarının onaylanması ve doğrulanması (ISO 14064-3) kılavuz ve özellikleri belirten seriler (Anonim, 2011a; Anonim, 2013b), karbon ayak izi hesaplamaları, yapılan hesaplamaların raporlanması ve doğrulayıcı kuruluş tarafından doğrulanması için gerekli hesaplama yöntemlerini ve ilkeleri belirtir (Sreng, 2016). Ayrıca, 3 kitaptan oluşan IPCC kılavuzlarında Aşama (Tier) yaklaşımları olarak belirtilen hassasiyet derecelerine göre belirlenen 3 farklı hesaplama formüllerinden faydalanılmaktadır (Pekin M.A. 2006).

Kurumların Karbon Ayak İzi Yönetim Programlarını geliştirebilmeleri, karbon emisyonlarını belirlemelerine bağlıdır. Karbon ayak izi hesaplamalarının yapılabilmesi ve alınması gereken önlemlerin belirlenmesi için, bu çalışmada materyal ve yöntem olarak da kullanılan protokoller, şartnameler, standartlar ve kılavuzlardan faydalanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Kyoto Protokolünün tarafı olan ülkemizin, küresel iklim değişikliğine yaptığı olumsuz katkının azaltılması için kurumsal bazda alınabilecek önlemleri belirlemek üzere; kurumların karbon ayak izlerini belirlemesine yönelik yol göstermek, yöntemleri uygulamalı olarak Türkçe literatüre kazandırmaktır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC, 1992), Kyoto Protokolü (Anonim, 1998b), GHG (Sera

Gazı Protokolü) Protokolü (Anonim, 2017b), Ürün karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan PAS 2050 (Publicly Available Specification – “Kamuya Açık Şartname”) (Anonim, 2011b) ve ISO 14067 (Anonim, 2013b) Standartları, kurumların karbon ayak izi hesaplamasında kullanılan ISO 14064 (International Standard Organization – “Uluslararası Standart Örgütü”) (Anonim, 2013b) standart serisi, karbon nötrlüğünün nasıl gösterileceğini detaylandıran PAS 2060 (Publicly Available Specification – “Kamuya Açık Şartname”) (Anonim, 2018a) standardı ve IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change – “Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli”) (Anonim, 2006) kılavuzlarının yanı sıra bilimsel yayınlar ve akademik çalışmalar kullanılmıştır. Bu yöntemleri kullanarak hipotetik bir hesaplama da yapıp değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

Şüphesiz dünya var olduğu günden bugüne kadar çeşitli değişimlere uğramıştır. Ancak, 18. yüzyılda başlayan sanayi devrimine kadar bu değişimler dünyanın kendi doğal dengesi içerisinde devam etmektedir. Sanayi devrimi ile birlikte insanlık da dünyanın yaşadığı değişime katkı eklemeye başlamıştır. Söz konusu katkının etkisi o kadar şiddetli olmuştur ki, 150-200 yıllık kısa bir sürede dünyadaki doğal değişim olması gerektiğinden çok daha hızlı bir ivme kazanmıştır. Günümüzde iklim değişikliği olarak adlandırdığımız olaylar, aslında dünya var olduğu günden beri meydana gelen atmosferik faaliyetlerdir. İnsanlığın önlenemez teknolojik yükselme isteği iklim değişikliğinin doğal sürecini etkilemiştir.

Küresel ısınmaya etki eden en büyük aktör, gerçekleştirdiği faaliyetlerle doğal dengeyi bozan insanogludur. Gelişmelerin farkına varan dünya milletleri küresel ısınmanın önüne geçebilmek için karbon emisyonuna katkı sağlayan faaliyetleri ilk önce yavaşlatarak küresel ısınmadaki ivmeyi stabil hale getirmek, daha sonra da azaltma eğilimi göstermesini sağlayarak atmosferdeki karbondioksit ve diğer 5 sera gazı varlığını 1990 yılı değerlerinin %5 altına gerilemesini gerçekleştirmeyi amaçlamıştır (Özmen, 2009).

İnsanlık bireysel faaliyetlerinden çok kurumsal faaliyetleri ile küresel iklim değişikliğinde etkili olmaktadır. Bu sebeptendir ki, kurumlar küresel ısınmadaki kendi paylarını belirlemek ve gerekli önlemleri almak için karbon ayak izlerini hesaplamaları gerekmektedir.

Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken tükettikleri elektrik, ısı, fosil yakıtın yanında faaliyetlerinde kullandıkları özel makinalar için gerekli, sera etkisi olan gazların tüketimi, enerjinin

üretimi sırasında oluşan sera gazı emisyonu vb. faaliyetler küresel ısınma ve iklim değişikliğinde etken faktörlerdir. Ayrıca, kurumlar faaliyetlerini gerçekleştirmek için almış oldukları ürün ve hizmetler ile de sera gazı emisyonuna sebep olmaktadır.

Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirmek için direkt olarak emisyonuna sebep olduğu sera gazı salımları, doğrudan sera gazı salımı olarak değerlendirilmiş ve Kapsam 1 olarak sınıflandırılmıştır (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 2013a; Anonim, 2017a). Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken dışarıdan aldıkları elektrik, ısı, buhar vb. enerjilerin üretilmesi sırasında oluşan sera gazı emisyonu, dolaylı sera gazı emisyonu olarak değerlendirilmiş ve Kapsam 2 olarak sınıflandırılmıştır (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 2013a; Anonim, 2017a). Kurumların faaliyetlerini gerçekleştirirken almış oldukları ürün ve hizmetler sebebi ile o ürün ve hizmetlerin tedariki esnasında meydana gelen sera gazı emisyonları, diğer dolaylı sera gazı emisyonu olarak değerlendirilmiş ve Kapsam 3 olarak sınıflandırılmıştır (Bekiroğlu, 2011; Anonim, 2013a; Anonim, 2017a).

Kurumsal karbon ayak izi hesaplamaları, ISO 14064-1 serisi kılavuz ve özelliklerinde belirtilen yöntemlerle, GHG Protokolünde belirtilen hesaplama gruplarına göre, IPCC kılavuzlarında belirtilen veri toplama, hesaplama, raporlama ve referans değer tablolarından yararlanılarak gerçekleştirilmektedirler.

Kurumsal Karbon ayak izi hesaplamalarının yanı sıra ürün ve hizmetlerin yaşam döngüsü süresince gerçekleşen karbon ayak izi hesaplamalarında BSI (British Standards Institution - İngiliz Standartları Enstitüsü) tarafından geliştirilen ve yayınlanan PAS 2050 standardı ve ISO 14067 standardı kullanılmaktadır (Anonim, 2011a).

Karbon ayak izlerinin boyutunu öğrenen kurumlar, karbon emisyonlarını nötr hale getirmek isteyebilmektedirler. Hatta karbon emisyonlarını nötrlediklerini beyan etmek isteyebilirler. Karbon salımlarını nötrlediklerini doğrulamak isteyen kurumlar PAS 2060 standardından faydalanmaktadır.

Verilen bilgiler ışığında kurumlar karbon ayak izlerini hesaplamak istediklerinde IPCC kılavuzları, uluslararası standardizasyon örgütü ve GHG protokolü ışığında geliştirilen ve Türkçe literatüre kazandırılması amacı ile Aşama 1 ve Aşama 2'nin yanı sıra Aşama 3 kapsamına giren bazı hesaplama denklemleri aşağıda belirtilmiştir.

3.1. Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Elektrik tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 1 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim, 2015; Anonim 2016; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2/\text{yıl}} = \left(\left(\frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}} \times \text{İ\&DK}_{\%} \right) + \left(\frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kWh}}} \right) \right) \times 10^{-3} \quad (1)$$

Burada;
E tCO₂ = Emisyon ton karbondioksit miktarını,

FV = Faaliyet Verisi (kWh/yıl) yıllık tüketilen toplam elektrik miktarını,

EF = Emisyon Faktörünü (kgCO₂/kWh) (Türkiye için 0,4603 kgCO₂/kWh olarak alınmış olup, detaylı bilgi TEİAŞ yıllık raporlarından elde edilmektedir)(Anonim, 2015; Anonim 2016).

İ&DK = İletim ve Dağıtım Kayıplarını (%13,3) (Türkiye için ortalama %13,3 olarak alınmış olup, detaylı bilgi TEİAŞ yıllık raporlarından elde edilmektedir) (Anonim, 2015; Anonim, 2016).

10⁻³ = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını göstermektedir.

3.2. Doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Doğalgaz tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 2 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2} = \left(\left(\left(\frac{DOY_{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}}{\text{m}^3} \times \frac{DK_{\frac{\text{m}^3}}{\text{yıl}}}}{\text{yıl}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left(\frac{EF_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}}}}{\text{TJ}} \times 10^{-3} \right) \times YF_{\text{TJ}} \times OF \right) \times 10^{-3} \quad (2)$$

Burada;
 $E tCO_2$ = Toplam doğalgaz emisyonunu,
 DOY_{kg/m^3} = Doğalgaz ortalama yoğunluğunu
 (Doğal gazı m^3 cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı (Anonim, 2018b))
 $DK_{m^3/yıl}$ = Yıllık doğalgaz kullanım miktarını
 (m^3 cinsinden yıllık),
 10^{-3} = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını
 $EF_{kgCO_2/TJ}$ = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)
 YF_{TJ} = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)
 OF = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)
 10^{-3} = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

Doğalgaza bağlı karbon ayak izi hesaplanırken $DK_{m^3/yıl}$ değeri “k” düzeltme faktörü uygulanmış değer dikkate alınır. Doğalgaz dağıtım şirketleri faturalarda gerçek tüketim değerini ölçtükten sonra aylık belirlenen “k” düzeltme faktörü ile çarparak düzeltilmiş tüketim değerini hesaplamaktadır. Dikkat edilmesi gereken nokta yıllık doğalgaz tüketim toplamı alınırken “k” düzeltmesi yapılmış değerler aylık olarak ayrı ayrı alınarak toplanır.

3.3. Benzin tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Benzin tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 3 te verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E tCO_2 = \left(\left(\left(\left(BOY_{\frac{kg}{m^3}} \times BK_{\frac{\ell}{yıl}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left(EF_{\frac{kgCO_2}{TJ}} \times 10^{-3} \right) \times YF_{TJ} \times OF \right) \times 10^{-3} \right) \quad (3)$$

Burada;
 $E tCO_2$ = Toplam benzin emisyonunu
 BOY_{kg/m^3} = Benzin ortalama yoğunluğu
 (Benzini litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısını) (Anonim, 2018b)
 $BK_{\ell/yıl}$ = Yıllık benzin kullanımı miktarını
 (litre cinsinden yıllık)
 10^{-3} = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını
 $EF_{kgCO_2/TJ}$ = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)
 YF_{TJ} = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)

OF = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)
 10^{-3} = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

3.4. Mazot tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamaları

Mazot tüketiminden kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 4 te verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E tCO_2 = \left(\left(\left(\left(MOY_{\frac{kg}{m^3}} \times MK_{\frac{\ell}{yıl}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left(EF_{\frac{kgCO_2}{TJ}} \times 10^{-3} \right) \times YF_{TJ} \times OF \right) \times 10^{-3} \right) \quad (4)$$

Burada;
 $E tCO_2$ = Toplam mazot emisyonunu,
 MOY_{kg/m^3} = Mazot ortalama yoğunluğunu
 (Mazotu litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı (Anonim, 2018b))
 $MK_{\ell/yıl}$ = Yıllık mazot kullanım miktarını
 (litre cinsinden yıllık)
 10^{-3} = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını
 $EF_{kgCO_2/TJ}$ = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)
 YF_{TJ} = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)

OF = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)
 10^{-3} = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

3.5. Acil durum jeneratörleri ve su pompaları kullanımı kaynaklı emisyon hesaplamaları

Acil durum jeneratörleri ve su pompaları kullanımı kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 5 te verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_2 = \left(\left(\left(\left(\text{MOY}_{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \times \text{MK}_{\frac{\ell}{\text{yıl}}} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left(\text{EF}_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}}} \times 10^{-3} \right) \times \text{YF}_{\text{TJ}} \times \text{OF} \right) \right) \times 10^{-3} \quad (5)$$

Burada;
 $E \text{ tCO}_2$ = Toplam mazot emisyonunu
 $\text{MOY}_{\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$ = Mazot ortalama yoğunluğunu (Mazotu litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı (Anonim, 2018b))
 $\text{MK}_{\frac{\ell}{\text{yıl}}}$ = Yıllık mazot kullanım miktarını (litre cinsinden yıllık)
 10^{-3} = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını
 $\text{EF}_{\frac{\text{kgCO}_2}{\text{TJ}}}$ = Emisyon Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)
 YF_{TJ} = Yükseltgenme Faktörünü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)

OF = Oksidasyon Faktörünü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)
 10^{-3} = Ton'u Gg'a çevirme katsayısını göstermektedir.

3.6. Yangın koruma sistemleri kaynaklı hfc-227ea (fm200 ticari isim) gazı emisyonu hesaplamaları

Yangın koruma sistemleri kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 6 da verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2e} = (\text{THFC}_{\text{HFC-227ea}} \times 10^{-3}_{\text{tHFC-227ea}}) \times \text{TŞ}_{\%} \times \text{KIP}_{\text{tCO}_2/\text{tHFC-227ea}} \quad (6)$$

Burada;
 $E \text{ tCO}_{2e}$ = Toplam HFC-227ea gazı emisyonu karbondioksit eşdeğerini
 THFC = Sistemde yüklü Toplam HFC-227ea gazını (kg) (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma Potansiyel Değerleri) (Anonim, 2012)
 10^{-3} = kg'ı Ton'a çevirme katsayısını
 $\text{TŞ}_{\%}$ = Sisteme emisyonundan dolayı yapılan Toplam Şarj Miktarını (Sisteme yüklenen toplam HFC-227ea gazının % değerinden oranı – yıllık %1 civarı bir emisyon gerçekleşmektedir.) (Anonim, 2012)

$\text{KIP}_{\text{tCO}_2/\text{tHFC-227ea}}$ = Küresel Isınma Potansiyelini göstermektedir. (Sera Gazı Protokolü)

3.7.Klima, buzdolabı ve su sebilleri kaynaklı r410a karışım gazı emisyonu hesaplamalarında;

Klima, buzdolabı ve su sebilleri kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 7 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2e} = (\text{T}_{\text{R410a}} \times 10^{-3}) \times \text{TŞ}_{\%} \times \left(\text{KIP}_{\frac{\text{tCO}_2}{\text{tR410a}}} \left((0,5 \times \text{R} - 32) + (0,5 \times \text{R} - 125) \right) \right) \quad (7)$$

Burada;
 $E \text{ tCO}_{2e}$ = Toplam R410a gazı emisyonu karbondioksit eşdeğeri
 T_{R410a} = Sistemde yüklü toplam R_{410a} gazı kg cinsinden (Anonim, 2012; Anonim, 2013b)
 10^{-3} = kg'ı tona çevirme katsayısını
 $\text{TŞ}_{\%}$ = Sisteme emisyonundan dolayı yapılan toplam şarj miktarı (Sisteme yüklenen toplam R_{410a} gazının % değerinden oranı – yıllık %1 civarı bir emisyon gerçekleşmektedir.) (Anonim, 2012)
 $\text{KIP}_{\text{tCO}_2/\text{tHFC-227ea}}$ = Küresel ısınma potansiyeli (Sera Gazı Protokolü)

R-32 (HFC 32) = CH₂F₂ gazını (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma Potansiyel Değerleri)
R125 (HFC 125) = CHF₂CF₃ gazını göstermektedir. (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma Potansiyel Değerleri)

3.8.Elektrik kontrol odası kaynaklı sera gazı emisyonu hesaplamaları

Elektrik kontrol odası kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 8 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E \text{ tCO}_{2e} = (\text{T}_{\text{SF}_6} \times 10^{-3}) \times \text{TŞ}_{\%} \times \text{KIP}_{\frac{\text{tCO}_2}{\text{tSF}_6}} \quad (8)$$

Burada;
 $E tCO_{2e}$ = Toplam SF₆ gazı emisyonu
 Karbondioksit eşdeğeri
 T_{SF_6} = Sistemde yüklü Toplam SF₆ gazı
 kg cinsinden (Sera Gazı Protokolü, Küresel Isınma
 Potansiyel Değerleri) (Anonim, 2013b)
 10^{-3} = kg'ı tona çevirme katsayısını
 $TŞ\%$ = Sisteme emisyonun dolaylı
 yapılan Toplam Şarj Miktarı (Sisteme yüklenen
 toplam SF₆ gazının % değerinden oranı – yıllık
 %1 civarı bir emisyon gerçekleşmektedir.)

KIP_{tCO_2/tSF_6} = Küresel Isınma Potansiyelini
 göstermektedir. (Sera Gazı Protokolü, Küresel
 Isınma Potansiyel Değerleri)

3.9. Toplu ulaşım kaynaklı emisyon hesaplamaları

Toplu Ulaşım Kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 9 ve 10 da verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E tCO_2 = \left(\left(\left(\left(\frac{MOY_{kg}}{m^3} \times MK_{\ell}}{yil} \right) \times 10^{-3} \right) \times \left(\frac{EF_{kgCO_2}}{TJ} \times 10^{-3} \right) \times YF_{TJ} \times OF \right) \times 10^{-3} \right) \quad (9)$$

$$MK_{\ell/yil} = (YK_{yil} \times 0,25_{\ell}) / KS \quad (10)$$

(Toplu taşıma ve toplu seyahat araçlarından kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan ek formüldür.)

Burada;
 YK_{yil} = Yıllık yapılan km
 $0,25_{\ell}$ = Otobüsün km'de yaktığı ortalama mazot. (litre cinsinden)
 KS = Kişi sayısını
 $E tCO_2$ = Kişi başı toplam mazot emisyonunu
 MOY_{kg/m^3} = Mazot ortalama yoğunluğu (Mazotu litre cinsinden kg cinsine çevirme katsayısı) (Anonim, 2018b)
 $MK_{\ell/yil}$ = Mazot kullanımı litre cinsinden yıllık (Kişi başı)
 10^{-3} = kg'ı tona çevirme katsayısını

$EF_{kgCO_2/TJ}$ = Emisyon Faktörü (IPCC kılavuzları Tablo – 2.2 de mevcut)
 YF_{TJ} = Yükseltgenme Faktörü (IPCC kılavuzları Tablo – 1.2 de mevcut)
 OF = Oksidasyon Faktörü (IPCC kavuzlarında “1” olarak kabul edilmektedir.)
 10^{-3} = Ton'u Gg'a çevirme katsayısı göstermektedir.

3.10. Uçuşlardan kaynaklı emisyon hesaplamaları

Uçuşlardan kaynaklı emisyon hesaplamalarında denklem 11 ve 12 de verilen model kullanılmaktadır (Anonim, 2006; Anonim, 2013b; Anonim 2017b).

$$E tCO_2 = \left((YT_{kg/LTO} \times EF_{LTOkg/CO_2}) + (SYT_{\ell} \times SEF_{kg/CO_2}) \times 10^{-6} \right) / KS \quad (11)$$

$$SYT_{\ell} = (YK \times BYT_{\ell}) / 100 \quad (12)$$

(Uçuşlardan kaynaklı karbon emisyonu hesaplamalarında kullanılan ek formüldür.)

Burada;
 $E tCO_2$ = Kişi başı toplam jet yakıtı emisyonunu
 $YT_{t/LTO}$ = Uçaklarda 914 metreye (3000 feet) kadar tırmanışta harcanan yakıt tüketimini
 EF_{LTOkg/CO_2} = Uçaklarda 914 metreye (3000 feet) kadar tırmanışta harcanan yakıt tüketimini ait emisyon faktörü (Uluslararası Sivil Havacılık Kurumundan alınan bilgilerdir)
 10^{-3} = kg'ı tona çevirme katsayısını
 SYT_{ℓ} = Litre cinsinden seyir halindeki yakıt tüketimini
 YK = Yapılan kilometreyi
 BYT_{ℓ} = Birim yakıt tüketimini (Uçaklarda 100 km mesafedeki yakıt tüketimi hesaplanır.)

SEF_{kg/CO_2} = Seyir emisyon faktörünü
 KS = Koltuk sayısını göstermektedir.

Uçaklarda yakıt tüketimi koltuk sayısı gibi veriler değişkenlik gösterdiği için uçuş kaynaklı hesaplamalarda emisyon faktörü uçan uçak tipine göre belirlenmelidir. Mümkün olmadığı takdirde IPCC'nin belirlediği ortalama emisyon verileri kullanılmalıdır (Pekin, 2006).

Yukarıda belirtilen denklemler ışığında hipotetik olarak elektrik tüketiminden ve uçuşlardan kaynaklı emisyon hesaplamalarına örnek verilecek olursa;

A kurumu yıllık 8.475.245 kWh elektrik tüketmiştir. TEİAŞ Türkiye için iletim ve dağıtım kayıpları olarak %13,3 olarak bildirmiştir. TEİAŞ emisyon faktörünü faaliyet raporlarında 0,4603 kgCO₂/kWh olarak bildirmiştir.

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = \left(\left(\frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}} \times I\&DK\% \right) + \left(\frac{FV_{\text{kWh}}}{\text{yıl}} \times EF_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}} \right) \right) \times 10^{-3} \quad (1)$$

yukarıda verilen veriler 1 nolu denklemde yerine konduğunda;

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = ((8.475.245_{\text{kWh/yıl}} \times 0,4603_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}} \times 0,133) + (8.475.245_{\text{kWh/yıl}} \times 0,4603_{\text{kgCO}_2/\text{kWh}})) \times 10^{-3}$$

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = (520.024,00 + 3.901.155,27) \times 10^{-3}$$

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = 4.421.179,27 \times 10^{-3}$$

$$E \text{ tCO}_2/\text{yıl} = 4.421,18 \text{ tCO}_2/\text{yıl} \text{ olarak belirlenir.}$$

Görüleceği üzere bir kurum yıllık 8.475.245 kWh elektrik tükettiğinde, 4.421,18 tCO₂/yıl karbon emisyonuna sebep olmaktadır. Bu kurum elektrik tüketimini yukarıda belirtilen yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrikle gerçekleştirmiş veya tasarruf önlemleri almış olsaydı, gerçekleştirdiği emisyon azaltma faaliyet oranı kadar karbon emisyonunu azaltacaktır.

Diğer bir örnekte de; A kişisi İstanbul'dan Londra'ya uçakla seyahat etmek istemektedir. Uçuş için Airbus firmasının ürettiği A320 tipi uçak

kullanılmıştır. Buna göre öncelikle A320 tipi uçağın teknik bilgileri ilgili firmadan ve hesaplama verileri IPCC kılavuzlarında alınır.

Airbus A320;

180 koltukludur.

İstanbul – Londra arası 3046 km'dir.

A320 tipi uçak, 100 km de 424 litre jet yakıtı tüketmektedir.

IPCC kılavuzuna göre LTO (Landing and Take Off Cycle – İniş ve Kalkış Döngüsü) yakıt tüketimi 770 kg/LTO dur.

IPCC kılavuzuna göre A320 tipi uçak emisyon faktörü 2440 LTOkg/CO₂ dir.

IPCC kılavuzuna göre seyir emisyon faktörü 3150 kg/CO₂ tir.

$$E \text{ tCO}_2(\text{kişi}) = \left(\left(\frac{YT_{\text{kg}}}{\text{LTO}} \times EF_{\text{LTOkg}} \right) + \left(\frac{SYT_{\ell}}{\text{CO}_2} \times SEF_{\text{kg}} \right) \right) \times 10^{-6} / \text{KS} \quad (11)$$

$$SYT_{\ell} = (YK \times BYT_{\ell}) / 100 \quad (12)$$

yukarıda verilen veriler 11 ve 12 nolu denklemlerde yerine konduğunda;

$$SYT_{\ell} = (3046_{\text{km}} \times 424_{\ell}) / 100$$

$$SYT_{\ell} = 12.915_{\ell}$$

$$E \text{ tCO}_2(\text{kişi}) = \left(\left(\frac{770_{\text{kg/LTO}} \times 2440_{\text{LTOkg/CO}_2}}{\text{CO}_2} \right) + \left(\frac{12.915_{\ell} \times 3150_{\text{kg/CO}_2}}{\text{CO}_2} \right) \right) \times 10^{-6} / 180$$

$$E_{\text{tCO}_2(\text{kişi})} = \left(\frac{1.878.800 + 40.682.250}{180} \right) \times 10^{-6}$$

$$E_{\text{tCO}_2(\text{kişi})} = \frac{42.561.050}{180} \times 10^{-6}$$

$$E_{\text{tCO}_2(\text{kişi})} = 42,561_{\text{tCO}_2} / 180$$

$$E_{\text{tCO}_2(\text{kişi})} = 0,24_{\text{tCO}_2(\text{kişi})} \text{ olarak bulunur.}$$

4. Tartışma ve sonuç

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinde (UNFCCC, 1992) iklim değişikliğine etki eden insan faktörü; “*Karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan değişiklik.*” olarak tanımlanmıştır.

İklim değişikliğindeki doğal dengelyi sanayileşme ile birlikte bozan insanlığın, gerçekleştirdiği faaliyetlere daha fazla gelişmişliği ve refahı yakalamak adına kurumsallaşarak devam etmesi, yeryüzü yaşamını tehdit edecek seviyede küresel ısınmaya sebebiyet vermiştir.

Kurumsallaşan sanayileşmenin küresel ısınmaya olan etkisini azaltmak için kurumların gerekli tedbirleri almaları gerekmektedir. Alınması gereken tedbirlerin belirlenebilmesi için kurumlar gerçekleştirdikleri emisyonları karbon ayak izi hesaplama yöntemleri ile belirlemeleri gerekmektedir.

Karbon emisyonlarını azaltmayı hedefleyen Kyoto protokolüne taraf ülkeler kurumların emisyon azaltımlarına öncelik vermişlerdir (Bekiroğlu, 2011).

Karbon ayak izi hesaplamalarında kurumun faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi, gerekli enerjinin tedariki esnasında açığa çıkan karbon emisyonlarının hesaplanması için GHG protokolünde belirtilen gruplandırmalarda kapsam 1 ve 2 gruplarında veri toplama mevcut şartlarda kolay olurken kapsam 3 grubunda gerekli alt yapının henüz mevcut olmaması nedeniyle hesaplamalar çok güç olmaktadır. Kapsam 3 grubunda hesaplamaların gerçekleştirilebilmesi için veri toplama sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Adanalı, 2014).

Kaplan (2011), kurumsal karbon salımının azaltılabilmesi için gerekli karbon yönetim sisteminin oluşturulmasında prensip olarak “*ölçülen kontrol edilir*” yaklaşımına göre gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Karbon yönetim sistemleri oluşturulduktan sonra kurumsal karbon ayak izi hesaplamaları daha kolay olacaktır.

Mevcut mevzuatta sera gazı emisyonu yüksek kuruluşlarda, karbon ayak izi raporlamaları zorunlu olsa da, diğer kuruluşlarda gönüllülük esasına dayanmaktadır. Bu durum karbon ayak izi hesaplamalarında Kapsam 3 verilerinin yeterli düzeyde elde edilememesine sebep olmaktadır. Ulusal ve global düzeyde küresel ısınmaya dikkat çekildiğinde gönüllülük esasına dayalı hesaplama yapan kuruluşlarda hesaplamalarını gerçekleştirecektir. Böylelikle %100'e yakın doğru, şeffaf ve kolay kurumsal karbon ayak izi hesaplamaları yapılabilecektir.

Karbon ayak izini hesaplamış bir kurumun emisyon değerini düşürebilmek için çeşitli önlemler alması gerekmektedir. Tatar (2012), küresel ısınmada kurumsal etkinin azaltılması için bilindik tasarruf tedbirlerinin uygulanması karbon ayak izinin azaltılmasında alınması gereken öncelikli tedbir olduğunu belirtmiştir.

İş yerine ulaşımında bireysel araç kullanımı yerine toplu taşıma kullanımı, ulaşım kaleminin sebep olduğu emisyonu ciddi oranda düşürecektir. Bunun yanında aktif olarak kullanılan elektrikli ve elektronik cihazların kapalı tutulması, devamlı kullanımda olmayan elektrik tüketimlerinde sistemin sensörlü ya da otomatik mekanizmalarla desteklenmesi elektriğe bağlı karbon emisyonunda da gerekli tasarrufu sağlayacaktır. Elektrik ihtiyacını karşılaması amacı ile güneş enerjisi panelleri, rüzgâr enerjisi panelleri gibi yenilenebilir enerji sistemlerinin kurularak elektrik enerjisi sistemine entegre edilmesi elektriğe bağlı karbon emisyonunu azaltacaktır.

Binaların dış cephe yalıtımının yapılması ısı kaynaklı emisyonu azaltacağı gibi bina havalandırmalarının da özellikle kış aylarında kalorifer sistemi üzerinden sağlanması bina içerisindeki ani ısı düşüşlerini önleyecek ve gereksiz karbon emisyonuna sebep olmayacaktır.

Kullanım amaçlı sıcak su ihtiyaçlarını da güneş panelleri yardımı ile ısıtarak hizmete sunulması, kullanım suyunun ısıtılması için gerekli enerji ihtiyacını büyük oranda ortadan kaldıracığından karbon emisyonu açısından büyük tasarruf sağlayacaktır.

Ulaşımında fosil yakıt tüketen araçlar yerine daha çevreci hibrid ya da elektrikli sistemle çalışan araçların kullanılması, mümkün olduğunca yüksek oranda toplu taşıma araçlarıyla seyahat, araç kullanımına bağlı karbon emisyonunu azaltacaktır.

Aydınlatma, ısınma, ulaşım ve diğer mekanik ve elektronik cihaz ve sistemlerin zamanında bakımlarının yaptırılması da sera gazı emisyonunun artmasında önleyici olacaktır.

Belirtilen bütün öneriler karbon emisyonunun azaltılmasının gerçekleştirilmesi yönünde yapılması

gereken aktivitelerdir. Bahsedilen önlemler sera gazı emisyonunu belirli oranda azaltsa da yeterli olmayabilir. Bu durumda alternatif önlemler almak gereklidir.

Alternatif önlemler de karbon yutakları kurmak, karbonu ihraç etmek ya da son zamanlarda gündeme hızla yerleşen karbonu karbon rezervuarlarına hapsedmek şeklinde ortaya çıkmaktadır. Burada seçim yapmak oldukça güçtür.

Metz et al. (2005), karbonu karbon rezervuarına hapsedmeyi, diğer adı ile karbondioksit tutum ve depolaması işlemini karbondioksitin meydana geldiği kaynaklardan alınarak belirlenen saklama bölgesine nakli ve depolanmasının gerçekleştirildiği bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Ancak Metz et al. (2005), bu yöntemin etkilerinin yeterince araştırılmadığından bahsetmektedir.

Karbonu karbon rezervuarlarına hapsedmek ileride daha büyük bir çevre kirliliği sorununa sebep olur mu? sorusunu beraberinde getirmektedir. İleriye dönük bir öngörünün tam ve doğru bir şekilde netleştirilememesi bu öneriye şüphe ile yaklaşılmasına sebep olsa da dünyada bu önlemi uygulayan kurum ve ülkeler mevcuttur.

Kyoto protokolünün 17. maddesinde "*EK-B'de yer alan taraflar, 3. maddedeki taahhütlerini yerine getirmek amacıyla satın ticaretine katılabilirler.*" hükmü ile karbon ticaretinin önünü açmıştır (Anonim 1998b). Protokole taraf ülkeler taahhüt ettikleri hedefe ulaşamadıklarında maddi cezalara maruz kaldıkları gibi itibar kayıplarına da uğramaktadırlar (Bekiroğlu 2011). Taraf ülkeler, bu duruma düşmemek için ilgili madde hükmüne göre karbon azaltım kredisi olarak kotalarını artırmakta ya da taahhütlerini yerine getirmeye çalışmaktadırlar (Bekiroğlu 2011).

Karbon ticareti ilk bakışta karbon emisyonunu azaltmada etkin bir yöntem olarak gözükse de global olarak bakıldığında öyle olmadığı düşünülmektedir. Sonuç itibarıyla Kyoto protokolüne göre bir kurumun ya da ülkenin kendisine belirtilen limitten fazla emisyonuna sebep olduğu sera gazı salımını başka kurumun ya da ülkenin limitinin altında kalan kısmını satın almaya dayalı bir önlemdir (Çiçek ve Çiçek, 2012; Narin, 2013; Çıtak, 2016). Dünya ölçeğinde bu önlem karbon emisyonunu azaltmaktan çok mevcut durumu stabil hale getirmektedir. Ayrıca kurumların karşısına maddi bir külfet olarak çıkmaktadır.

UNFCCC (1992) karbon yutağını, "*bir sera gazını, bir aerosolü veya bir sera gazının oluşumunda rolü bulunan bir öncü maddeyi atmosferden uzaklaştıran herhangi bir işlem, faaliyet veya mekanizma anlamına gelir.*" olarak tanımlamaktadır. Yer kürede iki önemli yutak alanı mevcuttur, bunlar karasak alanlar ve okyanuslardır

(Karakuş 2010). İnsanın direk etki edebildiği yutaklar ise ormanlardır. Yapılan ağaçlandırma çalışmalarıyla yeni karbon yutakları kurulmaktadır.

Karbon yutaklarının kurulması ve mevcut yutakların korunması her ne kadar kurumlara karbon ticareti kadar maddi yük getirirse de global düzeyde sera gazı emisyonunu azaltacağından tercih edilmesi gereken bir önlem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca, karbon ticareti her yıl gerçekleşmesi gereken bir önlem iken, karbon yutağı kurmak uzun vadeli bir önlemdir. Karbon yutağı kurulduktan sonra sadece koruyucu önlemler alınması yeterli olacaktır. Karbon yutakları içerisinde en popüler olanı ormanlardır. Çepel (2003), iyi gelişmiş 100 yaşındaki bir kayın ağacının 1200 metre küp karbondioksidi absorbe ederek 6 ton karbon olarak bağladığını belirtmiştir.

İklim Değişikliğinin istenmeyen etkilerinin azaltılması hatta Kyoto Protokolünde belirtilen 1990 yılı değerlerinin %5 altına çekilebilmesi için, karbon emisyonu minimum seviyede olan elektrikli araçlar, güneş enerjisi panelleri gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi yönünde önlemlerin alınması gerekmektedir.

Bahsedilen önlemler mevcut sera gazı emisyonunu azaltmak için gerçekleştirilmektedir. En kalıcı önlem karbon salımının minimum seviyede olduğu teknolojilerinin geliştirilmesi ve insan hayatına entegre edilmesidir.

Kaynaklar

Adanalı, K., 2014. Karbon Yönetimi Yaklaşımı ve Örnek Uygulamalar. 7. Uluslar arası Ankiros Döküm Kongresi. İstanbul

Albayrak, B., Çok D., Barça G., Özdemir S. O., 2014. Karbon Ayak İzi. Doğu Üniversitesi İşletme ve Toplum Dersi Sunumu EM356. İstanbul

Anonim, 1998a. The Terrestrial Carbon Cycle: Implications for the Kyoto Protocol by IGBP Terrestrial Carbon Working Group, *Science* 29 MAY 1998: 1393-1394

Anonim, 1998b. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü. Ek A. Birleşmiş Milletler. 1998

Anonim, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>. Erişim 31.03.2018

Anonim, 2011a. Karbon Yönetimi Standartları 7. Geri Dönüşüm, Çevre Teknolojileri ve Atık Yönetimi Uluslararası Fuarı. Tüyap Fuar ve Kongre Merkezi. 10 Haziran 2011. İstanbul.

Anonim, 2011b. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services, BSI, ISBN 978 0 580 71382 8, London

Anonim, 2012. Soğutucu alışkanlıkları. Frigo Teknik Soğutma Sistemleri Teknik Bilgiler. 2012. Gebze Kocaeli.

Anonim, 2013a. Antalya Büyük Şehir Belediyesi, Sürdürülebilir Enerji Eylem Planı. 2013. Antalya

Anonim, 2013b. International Organization for Standardization <https://www.iso.org/search.html?q=14064>. Erişim 25.03.2018

Anonim, 2015. <https://www.teias.gov.tr/tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri/2015> Erişim 14.10.2018

Anonim, 2016. <https://www.teias.gov.tr/tr/x-uluslararası-istatistikler-ve-yil-ortasi-doviz-kurlari-0> Erişim 27.10.2018

Anonim, 2017a. Kurumsal Karbon Ayak İzi Envanteri ve Analizi. Gebze Belediye Başkanlığı 2017. Gebze

Anonim, 2017b. What is GHG Protocol? <http://www.ghgprotocol.org/about-us>. Erişim 25.03.2018

Anonim, 2018a. PAS 2060 Karbon Nötraliyeti. <https://www.bsigroup.com/tr-TR/PAS-2060-Karbon-Nötraliyeti/> Erişim 25.03.2018

Anonim, 2018b. Enerji Kaynaklarının Alt Isıl Değerleri ve Petrol Eşdeğerine Çevrim Katsayıları. http://www.yegm.gov.tr/duyurular_haberler/document/SENVVER_15_Usul_ve_Esaslar_Ek2.pdf Erişim 18.06.2018

Bekiroğlu, O., 2011. Sürdürülebilir Kalkınmanın Yeni Kuralı: Karbon Ayak İzi. II. Elektrik Tesisatı Ulusal Kongresi. 24 – 27/11/2011 İzmir

Çepel, N., 2003. Doğal Bitki Örtüsünün Tahribi, Ekolojik Sonuçları ve Koruma Çareleri. Ekolojik sorunlar ve çözümleri. TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları. ss.53-73. 2003 Ankara

Çiçek, H.G., Çiçek, S., 2012. Karbon Vergisi ile Karbon Ticareti İzinlerinin Karşılaştırılması. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi No:47. (Ekim 2012). ss.95-119

Çıtak, O. S., 2016. Karbon Ayak İzinin Ne Kadarı Finansal Piyasalarda: Karbon Piyasalarının Performansı ve Karbon Merkez Bankasının Kurulması. Maliye Finans Yazıları, 2016-(105), 31-46

Hua, G., Chenga, T.C.E., Wang, S., 2011. Managing carbon footprints in inventory management. *International Journal of Production Economics*. Volume 132, Issue 2, August 2011, Pages 178-185.

Kaplan, İ. 2011. Karbon Yönetim Sistemi ve ISO 14064. İzmir Rüzgâr Sempozyumu ve Sergisi. 23-24 Aralık 2011. İzmir

Karakuş, N., 2010. Yutak Alanlarının İklim Değişikliği Üzerine Etkilerinin Türkiye Örneğinde Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi. 2010. Adana

Metz, B., Davidson, O., Coninck, H., Loos, M., Meyer, L., 2005. Karbon Dioksit Tutum ve Depolaması. IPCC Özel Raporu. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli III. Çalışma Grubuna ait rapor. 2005. New York. ABD

Narin, M., 2013. Kyoto Protokolü Esneklik Mekanizması: Emisyon Ticareti. *International Conference on Eurasian Economies* 2013.

Özmen, T., 2009. Sera Gazı, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi*. Sayı, 453. Sayfa 42-46. Ocak – Şubat 2009 Ankara

Özer B., 2012. Türkiye Elektrik Sektöründe CO₂ Emisyonu Azaltma Potansiyeli Üzerine Senaryo Analizleri. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Çevre Mühendisliği Programı. Doktora Tezi. Nisan 2012. İstanbul

Pekin, M. A., 2006. Ulaştırma Sektöründen Kaynaklanan Sera Gazı Emisyonları. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Otomotiv Programı. Yüksek Lisans Tezi. Haziran 2006. İstanbul

Sreng, R., 2016. Otomotiv Endüstrisinde Karbon ayak izi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Çevre Mühendisliği Bölümü Programı. Yüksek Lisans Tezi. Ağustos 2016. Sakarya

Tatar, O. 2012. Karbon Ayak İzi ve Uluslararası Karbon Ticareti. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ankara

UNFCCC, 1992. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Rio de Janeiro, Brezilya



Harvest Amounts and Economic Value of the Acorn in Turkey[□]

S. Çizgen^{1,*}, G. TUTTU¹, S. URSAVAŞ¹

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18000, ÇANKIRI

ARTICLE INFO

Received: July 11, 2018

Accepted : November 9, 2018

*Corresponding author's e-mail address:
simgecizgen@karatekin.edu.tr

[□] This work was presented as poster in
International Symposium on New Horizons in
Forestry-ISFOR, 18-20 October 2017,
Isparta/Turkey.

ABSTRACT

Acorn is consumed as food in some Mediterranean and European countries (Italy, Spain). It is rich in primary metabolites (protein, carbohydrate and various oils) and contains various secondary metabolites such as phenolics and alkaloids. In Turkey, the first records of acorn harvest backs to 1989 according to the data received from General Directorate of Forestry, Department of Non-Wood Products and Services. In 1989, for the first time, 9.000 kg acorn collected and 360 ₺ income gained in the region of The Forest Regional Directorate Balıkesir. According to the same data, 1.000 kg

cupula and cupula scale of *Quercus* were gathered from Mersin Forest District Directorate and 260 ₺ were obtained for the first time in 1990. Occasionally it appears that oak leaf and bark are found in the economy. Acorn has been harvested from the Forest Regional Directorate of Bursa, Balıkesir, Konya, Antalya, İzmir, Denizli and Isparta. Maximum amount of acorn harvested from the Forest Regional Directorate Isparta was 746.000 kg, and minimum amount was 500.00 kg in the Forest Regional Directorate of Bursa.

Keywords: Ethnobotanical, Forest Regional Directorate, *Quercus* sp.

Türkiye'deki Meşe Palamudunun Hasat Miktarları ve Ekonomik Değeri

ÖZ

Meşe palamudu, İtalya ve İspanya gibi bazı Akdeniz ve Avrupa ülkelerinde gıda olarak tüketilmektedir. Palamut, primer metabolitler (protein, karbonhidrat ve çeşitli yağlar) açısından oldukça zengindir ve ayrıca fenolik ile alkaloidler gibi çeşitli ikincil metabolitleri bünyesinde barındırır. Orman Genel Müdürlüğü, Odun Dışı Ürün ve Hizmetler Daire Başkanlığının 1989-2016 yılları arasındaki verilerine göre ilk meşe palamudu hasat verileri 1989 yılında 9000 kg ve 360 ₺ ile Balıkesir Orman Bölge Müdürlüğünden elde edilmiştir. Devam eden süreçte palamut tırnağı ve kadehi, ilk kez 1990 yılında 1.000 kg ve 260 ₺ ile Mersin Orman Bölge Müdürlüğünde kaydedilmiştir. Hasat verilerine göre zaman zaman meşe yaprağı ve kabuğu da ekonomide yer almıştır. Şimdiye kadar meşe palamudu hasat verilerinin; Bursa, Balıkesir, Konya, Antalya, İzmir, Denizli ve Isparta Orman Bölge Müdürlüklerinden elde edildiği görülmektedir. Değerlendirme sonucunda en çok hasat verisine sahip Orman Bölge Müdürlüğü 746.000 kg ile Isparta iken en az hasat verisine sahip Orman Bölge Müdürlüğünün 500 kg ile Bursa olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Etnobotanik, Orman Bölge Müdürlüğü, *Quercus* sp.

1. Introduction

The *Quercus* L. (Oak), which belongs to Fagaceae family and one of the three genus that naturally grows in our country, is an important forest

tree that is widely distributed in the temperate and subtropical regions of the northern hemisphere. *Quercus*, which has 350-500 species in the world, has a total of 24 taxa in our country with 17 species, subspecies and varieties. Four of these taxa are

Citation:

Çizgen, S., Tuttu, G., Ursavaş, S., 2018. Harvest Amounts and Economic Value of the Acorn in Turkey. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 109-113.

endemic.

Oaks are deciduous or evergreen trees or shrubs. Buds spirally arranged; leaves have various appearances, sessile or petiolate, pinnatifid, serrate, dentate or lobed. Lobes rounded at tips or pointed with aristate tips, rarely entire. Flowers monocious. Fruit a nut (acorn), maturing in 1 or 2 years, subglobose to oblong or cylindrical, surrounded at base or nearly enclosed by cupule. Cupule covered outside with numerous imbricate scales (short or long, thin or thick). Acorn sweet or bitter to taste and called as “palamut” or “pelit” in Turkish (Hedge and Yalırık, 1982; Yılmaz, 2014).

Acorn has an important place in various usage fields and economy. *Quercus ithaburensis* Decne subsp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge, *Quercus robur* L., *Quercus cerris* L. are species with economic value. In Turkey, *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis* has an area of 142.293 hectares (OGM, 2017). In this context the aim of this study Using General Directorate of Forestry, Department of Non-wood Products and Services between 1989-2016, it is aimed to reveal the amount of hardwood production and the income earned, at the same time emphasizing the importance of the materials it contains and its usage areas.

2. Ethnobotanical uses

Acorns of the oak species, which are important species of the Fagaceae family have been the subject of many fields, especially traditional medicine due to the polyphenolic compounds (flavonoids, pseudotannins, tannins). Extracts of *Quercus* species and compounds obtained from these extracts were found to be antimicrobial, antiinflammatory, antioxidant, gastroprotective and anticancer (Baytop, 1984; Şöhretoğlu and Sakar, 2004). Acorns of the species of *Q. robur*, *Q. coccifera* L., *Q. ilex* L. and *Q. vulcanica* (Boiss.Heldr.ex) Kotschy contain gallic acid (10-20%), gallic acid, coloring matter and bitter substances and have a strengthening and antiseptic effect. It is used internally against diarrhea, externally in throat diseases as mouthwash. In addition, poisonings caused by alkaloids, copper and lead salts are prevented from passing through the blood by drinking infusion prepared from the crust (Baytop, 1984). Species used in the treatment of acorns are *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis*, *Q. robur* and *Q. cerris*. About 3 to 5% gallic acid-bearing acorns are used in stomach diseases, antidiabetics, inflammatory diseases and diarrhea (OGM, 2017; Şöhretoğlu et al., 2012; Leporatti and Ivancheva, 2003; Tuzlacı, 2006). *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis* cups and acorns are used for respiratory tract disorders and influenza treatment

(Sargın et al., 2013). The *Q. coccifera* is used in the treatment of candidiasis, haemorrhoids and kidney stones, as well as external burns (Tuzlacı, 2006). The brown acorns of *Q. cerris*, which is commonly known as Red Oak or Hairy Oak, used as stain and branches of its used as made of the broom. *Quercus infectoria* Oliver subsp. *infectoria* which is named as Oak, Shrub Mash, Mazi Shrub or Mazi Oak. The taxon is used as stain (Polat et al., 2013).

Oak acorns are consumed as food in some Mediterranean and European countries. It is rich in primary metabolites (protein, carbohydrate and various oils) and also contains various secondary metabolites such as phenolics and alkaloids. In this context, *Q. cerris* (Turkish vein) and *Q. robur* contain unsaturated fatty acids such as omega 3 and α -linoleic acid (Bernardo-Gil et al., 2007; Rakic et al., 2007). At the same time, it has been determined that the bonito oil obtained by various techniques contains oleic acid, palmitic acid, stearic acid, linolenic and linoleic acid (Al-Rousan et al., 2013). In the literature review, it is seen that one of the active ingredients of the tannins, ellagic acid, has blood-clotting and blood pressure-lowering effects (Ratnoff and Crum, 1964). Especially abroad, it was also found that the tannic acid present in the body acts as an antidote against snake and insect poisoning. It has also been shown in laboratory investigations that it has an immune system potentizing effect and regulates insulin secretion. To develop methods that can be used at the active level and to create a lasting positive effect, studies supporting the clinical findings are needed (Kuppusamy and Das, 1993).

Tannin which is found especially in *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis*, shows its ability to be hydrolyzed, is often used in sepsis (tanning). Tannin is different in each organ of the plant. Gallic tannins are found in the cupule and cupule scale, while tannins in the acorn are lower. The rate of tannins in the cupula of oak is quite high. This ratio is shaped by the characteristics of the plant and the characteristics of the growing environment (OGM, 2017). *Quercus brantii* Lindl, one of the important species of the red oak group with wide spread in the south and eastern Anatolian regions in our country and contains active ingredients in the form of p-comeric acid, gallic acid, quercetin, epiktesin, methyl gallate, routine and elagic acid (Çoruh et al., 2014). In another study, it was found that the active ingredients of the *Q. brantii* strain were protective against liver and pancreatic damage caused by diabetes (Yaman and Doğan, 2016).

3. Economic value

The data of acorn, cupula and cupula scale of *Quercus*, which are important for Turkey as non-wood products and medicinal aromatic plant were gained from Republic of Turkey General Directorate of Forestry, Department of Non-Wood Products and Services and literature survey were the main sources of this study and these data were used for determining the harvest and income amount of these oaks. Tables were used to determine harvest (kg) and income (₺), which were carried out depending on years. One American dollar (\$) is equivalent to approximately 5.37 Turkish Lira (₺).

Quercus (Oak), a member of the Fagaceae family, is known to 17 natural species in Turkey. Both of wood and fruit have wide use areas. The aim of this study was to review the use of this species in different areas in Turkey. The production, income, and use of acorn will be discussed, as well. The Cork Oak (*Quercus suber* L.) is of great economic importance in forestry of Turkey. The fungus has a flexible structure in its form. It is resistant to severe working conditions and is subject to many sectors. It has a fourteen square shaped cellular structure that blocks air and is a fairly light product that does not leak liquids and gases, does not break or crush, and protects the natural flexible form at high speed. *Q. suber*, approximately lives two hundred years old and it has been found to have an appropriate age range of 50-150 with a high quality (Günel, 2006).

4. Results

Acorn harvest, cupula and cupula scale of *Quercus* harvest amount and income received between 1989 and 2016 are given in Table 1 and 2 (Source: Republic of Turkey General Directorate of Forestry, Department of Non-Wood Products and Services). According to the data of 27 years, the total amount of harvest of acorn was 1.299.165 kg and the income was 452.165 ₺. In Table 2, cupula and cupula scale of *Quercus* were first recorded in Mersin Forest District Directorate. 1.000 kg product was yielded and 260 ₺ was obtained from this harvest in 1990.

Table 1. Acorn harvest amount and income received.

General Directorate of Forestry	of	Harvest (kg)	Income (₺)	Years
Denizli		5.000	-	2016
Konya		1.000	50	2014
Bursa		500	15	2011
İzmir		194.105	3.882	2008
İzmir		3.000	60	2006
Isparta		746.000	249	2006
Antalya		51.150	1.020	2003
İzmir		41.080	28.756	1997
Antalya		63.000	25.200	1997
Antalya		144.000	28.800	1996
Antalya		41.330	4.133	1994
Balıkesir		9.000	360.000	1989
TOTAL		1.299.165	452.165	

According to Table 1, the first data on the acorn harvest were recorded in Balıkesir Forest District Directorate in 1989, 9.000 kg was harvested and 360 ₺ was obtained.

Table 2. Cupula and cupula Scale of *Quercus* harvest amount and income received.

General Directorate of Forestry	of	Harvest (kg)	Income (₺)	Years
Balıkesir		7.000	140	2008
Balıkesir		3.400	102	2006
Balıkesir		77.200	1.312	2005
İzmir		5.600	95.200	2005
Balıkesir		14.900	223.500	2003
İzmir		8.333	50.000	2001
Mersin		1.000	260.000	1990
TOTAL		117.433	630.254	

5. Discussion

The geographical location of Turkey provides favorable conditions for the growth of medicinal and aromatic plants. This situation should be considered as an opportunity that can be transformed into an advantage for our country. Medical aromatic plants are the basis of products used in various fields such as medicine, cosmetics, pharmacology and food. Turkey flora is therefore of paramount importance. Many kinds of species, which have commercially important spreading naturally in the Mediterranean, Southeastern Anatolia, Marmara, Eastern Black Sea regions, and mainly in the Aegean region (Faydaoğlu and Sürücüoğlu, 2011). In these regions, important species can be identified and meetings on the subject can be organized to increase the public awareness. The main aim should be to reduce the most harmful damages that may result from unconscious approaches by hanging interesting

banners describing the importance of plants on the important centers of the city.

Especially when the studies in the 1990's are examined, there are contradictions about the health effects of tannin active substances. Some researchers have claimed that they have anti-cancer properties, while others have claimed that they increase cancer risk. Various research and scientific publications, which were performed between 2010 and 2015, revealed that the active ingredients of tannin had the anti-cancer, anti-bacterial and anti-inflammatory effects. But more research is needed to explain these contradictory statements.

In addition to the traditional usage areas of the oaks in medicine, usage of oaks as alternative renewable resources to fossil fuel consumption was reported in the literature in recent years. It has been concluded that the use of liquefied oak wood as fuel is more effective than that of raw solid wood in a study, which was performed in 2016 (Yoğurtçu and Kamışlı, 2016). There are also surveys that study the resistance levels of oak wood. It was also shown that wood of *Quercus hartwissiana* Stev. (Istranca oak) the oak shows a dense structure and quite high level of resistance (Dündar, 2002). The most important input to this situation in forestry will be in industrial restructuring areas.

Acknowledgement

The author thanks to Republic of Turkey General Directorate of Forestry, Department of Non-Wood Products and Services. This study was presented (Poster) at International Symposium on New Horizons in Forestry (ISFOR) 18-20 October 2017 in Isparta, and published in the Abstract Book of the Symposium.

References

Al-Rousan, W.M., Ajo, R.Y., Al-Ismail, K.M., Attlee, A., Shaker, R.R. Osaili, T.M. 2013. Characterization of Acorn Fruit Oils Extracted From Selected Mediterranean *Quercus* Species. *Grasas Y Aceites*. 64(5), 554-560.

Baytop, T. 1984. Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi. İstanbul Üniversitesi Yayınları No:3255, Eczacılık Fakültesi No:40, İstanbul.

Bernardo-Gil, M., B., Lopes, I.M.G., Casquilho M., Ribeiro M.A., Esquivel M.M. Empis J., 2007. Supercritical carbon dioxide extraction of acorn oil. *J. of Supercritical Fluids*. 40, 344-348.

Çoruh, N., Nebigil, C., Özgökçe, F., 2014. Rapid and comprehensive separation for the phenolic constituents of *Quercus brantii* acorns. *J Liq Chromatogr R T*. 37(6), 907-915.

Dündar, T., 2002. Demirköy Yöresi Istranca Meşelerinin (*Quercus hartwissiana* Stev.) Mekanik Özellikleri. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, A Serisi. 52(2), 160-172.

Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S., 2011. Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkileri Kullanılması ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. 11(1), 52- 67.

Günal, N., 2006. Batı Akdeniz Havzasında Bir Meşe Türü: *Quercus suber* (Mantar Meşesi). *Türk Coğrafya Dergisi*. 44, 1-10, İstanbul.

Hedge, I.C., Yaltrık, F. 1982. *Quercus* L. In: Davis, P.H. (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, University Pres. Vol. 7, 659-683, Edinburgh.

Kuppasamy, U., Das, N.P., 1993. Protective effects of tannic acid and related natural compounds on *Crotalus adamanteus* subcutaneous poisoning in mice. *Pharmacol Toxicol*. 72, 290.

Leporatti, M., L., Ivancheva, S., 2003. Preliminary comparative analysis of medicinal plants used in the traditional medicine of Bulgaria and Italy. *J. of Ethnopharmacology*. 87(2), 123-142.

OGM, 2017. http://atib.ogm.gov.tr/Sayfalar/Tıbbi_ve_Itri_Bitkilerimizi_Tamyalim/Palamutmesesi.aspx (accessed 21.04.2017).

Polat, R., Satıl, F., Selvi, S., 2013. Havran ve Burhaniye (Balıkesir) Yörelerinde El Sanatlarında Yararlanılan Bitkiler Üzerine Etnobotanik Araştırmalar. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 1(29), 1-6.

Rakic, S., Petrovic, S., Kukic, J., Jadranin, M., Tesevic, V., Povrenovic, D., Siler-Marinkovic, S., 2007. Influence of thermal treatment on phenolic compounds and antioxidant properties of oak acorns. *Food Chemistry*. 104, 830-834.

Ratnoff, O., D., Crum, J., D., 1964. Activation of hageman factor by solution of ellagic acid. *J. Lab. Clin. Med*. 63, 359.

Sargin, S.A., Akçiçek, E., Selvi, S. 2013. An ethnobotanical study of medicinal plants used by the local people of Alaşehir (Manisa) in Turkey. *J. of Ethnopharmacology*. 150, 860-874.

Şöhretoğlu, D., Sakar, M.K. 2004. Polyphenolic Constituents and Biological Activities of *Quercus* Species. *J. Fac. Pharm Ankara*. 33(3), 183-215.

Şöhretoğlu, D., Sabuncuoğlu, S., Harput, U.Ş., 2012. Evaluation of antioxidative, protective effect against H₂O₂ induced cytotoxicity, and cytotoxic activities of three different *Quercus* species. *Food Chem Toxicol*. 50(2), 141-146.

Tuzlacı, E. 2006. Şifa Niyetine Türkiye'nin Bitkisel Halk İlaçları. Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti. İstanbul.

Yaman, T., Doğan, A., 2016. Streptozotosin ile Diyabet Oluşturulan Sıçanlarda Meşe Palamudu (*Quercus brantii* Lindl.) Ekstraktların Karaciğer ve Pankreası Koruyucu Etkileri. *Dicle Üniv. Vet. Fak. Derg.* 1(2), 7-15. Elektronik ISSN: 1308-0679.

Yılmaz, H. 2014. *Quercus* L. In: Akkemik, Ü. 2014 (Ed.) Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları I. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, 673-702, Ankara.

Yoğurtçu, H., Kamışlı, F., 2016. Meşe (*Quercus brantii*) Odununun Sürekli Çevrimli Bir Reaktörde Sıvılaştırılması ve Sıvı Ürünün Bileşiminin Belirlenmesi. Int. J. Pure Appl. Sci. 2(1), 40-49, ISSN: 2149-0910.



Farklı Konumsal Özelliklerin Orman Amenajman Planlama Modeline Dahil Edilmesi: Örnek Bir Uygulama

S. Keleş¹, Y. Derelli^{2,*}, T. N. Erciyez²

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18000, ÇANKIRI

² Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 18000, ÇANKIRI

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 20 Haziran 2018

Kabul Tarihi : 30 Kasım 2018

*Sorumlu yazarın e-posta adresi:
yusuffderelli@gmail.com

ÖZ

Karmaşık orman amenajmanı planlama problemlerinin çözümünde çok sayıda simülasyon ve matematiksel optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu modelleme teknikleri, orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetiminde bütünlük analizler yapabilme yeteneğine

sahiptir. Bu makalede, odun üretimine yönelik ve aynı zamanda ormanların sunmuş olduğu diğer önemli fonksiyonların kalite ve kantitesini doğrudan ilgilendiren konumsal özelliklerin planlama modellerine dahil edilmesinin, model sonuçlarına olan etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla karışık tamsayı programlama tekniği kullanılarak değişik konumsal özellikleri içeren farklı alternatif planlama stratejileri geliştirilmiştir. Sonuçlar irdelendiğinde, üretimi düzenleyici kısıtların modellere dahil edilmesi ile ormandan beklenen ekonomik getiriler üzerinde %4-8 oranında azalmaların meydana geldiği görülmüştür. Konumsal özelliklerin modele dahil edildiği stratejilerde ise odun üretiminden elde edilen faizlendirilmiş gelir üzerinde yaklaşık %1-10 arasında azalmalar meydana gelmiştir. Sonuç olarak, karmaşık orman amenajmanı problemlerinin çözümünde, matematiksel optimizasyon teknikleri, karar vericilerin etkin kararlar almasında önemli bir rol oynamaktadır.

Anahtar kelimeler: Orman amenajmanı, Modelleme teknikleri, Orman ekosistemi, Konumsal planlama

Integration of Various Spatial Attributes into Forest Management Planning Model: A Case Study

ABSTRACT

Numerous simulation and optimization based planning systems have been developed to support many aspects of forest management planning. Such tools are capable of doing integrated analyses of sustainable management of forest ecosystems. The paper focuses on the use of mathematical optimization techniques in forest management planning including timber production in direct and other vital important forest ecosystem functions in indirect. In this context, various forest management planning alternatives including different spatial attributes were developed using mixed-integer programming. Results showed that the integration of regulatory constraints into forest management model reduced the economic profits obtained from timber production by 4-8%. In the other hand, the integration of spatial attributes into the model reduced the discounted timber value between 1-10%. In conclusion, using different mathematical optimization techniques are extremely important in forestry and sustainable use of forest ecosystems. The quantitative models encourage forest managers and decision makers to solve more complex forest management problems.

Keywords: Forest management, Modeling techniques, Forest ecosystem, Spatial planning

Bu makaleye atf:

Keleş, S., Derelli, Y., Erciyez, T.N., 2018. Farklı Konumsal Özelliklerin Orman Amenajman Planlama Modeline Dahil Edilmesi: Örnek Bir Uygulama. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 114-121.

1. Giriş

Orman ekosistemleri sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yönetildiğinde, topluma temiz ve kaliteli su üretimi, iklim düzenleme, değişik odun ve odun dışı ürünler sunma, rekreasyon, estetik, biyolojik çeşitlilik koruma gibi değerler sağlamaktadır. Bu kapsamda orman amenajmanı, toplumun orman ekosistemlerinden olan beklentilerini/amaçlarını karşılama görevini üstlenmektedir. Bu amaçların değişmesi ve çeşitlenmesi ile birlikte, bu amaçlara ulaşmak da daha karmaşık bir hale gelmektedir (Davis et al., 2001). Geçmişte orman yöneticileri maksimum odun üretiminin elde edilmesine yoğunlaşmış ve bu anlayış odun yönetimi olarak adlandırılmıştır. Bu anlayışta temel amaç, ormanların sunmuş olduğu diğer fonksiyonların dikkate alınması veya orman kaynaklarının konumsal düzeninin sağlanmasından ziyade, yalnızca odun üretiminin eniyilenmesiydi (Başkent and Yolaşmaz, 2000; Keleş et al., 2017). Fakat son yarım yüzyılda, orman ekosistemlerinden beklenen taleplerin artması ve çeşitlilik göstermesi, orman amenajmanında yeni açılımlar, yaklaşımlar ve düzenlemelerin hayata geçirilmesine neden olmuştur. Bu süreçte orman amenajman planlamasında daha önceleri kullanılan basit formüller yaklaşımların yerini, matematiksel modelleme teknikleri almıştır (Parades and Brodie, 1988).

Orman amenajmanı çok karmaşık ve aynı zamanda ihtilafli bir faaliyettir. Orman ekosistemlerinin çok sayıda fonksiyon sunması ve bu fonksiyonların talebi ile birlikte ortaya çıkan işletme amaçlarının çoğu zaman ve konum itibarıyla farklı ölçekleri kapsamaktadır. Doğasında hiyerarşik bir yapı sergileyen bir karar verme süreci ile gerçekleştirilmektedir. Bu hiyerarşik yapı stratejik, taktiksel ve operasyonel düzeylere ayrılmaktadır (Weintraub and Cholaky, 1991; Gunn, 1991; Murray and Church, 1995; Baskent and Keleş 2005)

Son yıllarda, özellikle ekolojik ve çevresel konuların öneminin artmasına bağlı olarak, orman amenajmanında konumsal kavramlar büyük önem kazanmıştır. Orman amenajman planlamasında üretim birimlerinin şekli, büyüklüğü, dağılımı, minimum ve maksimum kesim alanı büyüklükleri, komşuluk kısıtları ve çekirdek alanlar, ön plana çıkan konumsal kavramlardır (Baskent, 2001; Başkent and Keleş, 2005; Kadioğulları ve ark., 2015). Konumsal planlama modellerinde, her bir üretim birimi ayrı bir bileşen olarak dikkate alınmakta ve kullanılan modelleme tekniğinin sonucu olarak, üretim birimleri birleştirilebilir veya ayrıştırılabilir. Her bir üretim biriminin kontrolü ile

birlikte ormandaki üretimin konumsal düzenlemesi gerçekleştirilir (Baskent and Jordan, 1991).

İster konumsal isterse konumsal olmayan orman amenajmanı planlama problemlerinin çözümünde, değişik matematiksel optimizasyon teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerden özellikle doğrusal programlama konumsal olmayan orman planlama problemlerinin çözümünde kullanılırken (Keleş and Başkent, 2007; Keleş et al., 2007; Başkent et al., 2008; Keleş, 2010; Keleş and Başkent, 2011), tamsayı programlama ve bunun değişik versiyonları (karışık tamsayı programlama gibi) konumsal orman planlamasında kullanılmaktadır.

Bu makalede, örnek bir plan ünitesinde 5 yıllık bir planlama yörüngesi boyunca taktiksel düzeyde bir orman planlama modeli geliştirilmiştir. Konumsal olmayan, yarı-konumsal ve konumsal olmak üzere üç farklı planlama modeli kapsamında geliştirilen alternatif planlama stratejileri, en önemli değerlendirme kriterlerinden biri olan odun üretimi ve odun üretiminden elde edilen faizlendirilmiş gelir üzerinden kıyaslanmıştır. Yine her bir planlama stratejisinde, farklı konumsal kısıtların modele eklenmesinin yarattığı sonuçlar tartışılmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada yaklaşık 11517 hektar alandan oluşan ve 896 meşcereden oluşan örnek bir hipotetik orman temel altlık olarak kullanılmıştır. Her bir meşcere farklı yaş, gelişim çağı ve bonitet özelliklerine sahip olup, meşcerelere ilişkin bu veriler örnek amenajman planlarından gerçeğe yakın değerler olarak alınmıştır. Çalışmada planlama süresi 5 yıl (1'er yıllık periyotlar şeklinde) olarak dikkate alınmıştır. Diğer bir ifadeyle planlama, taktiksel planlama niteliği taşımaktadır. Hesaplamalar meşcere düzeyinde yapılmıştır. Ekonomik değer hesaplanmasında %3 faiz oranı kullanılmıştır.

Bu çalışmada, orman amenajmanı modelinin geliştirilmesinde karışık tamsayı programlama tekniği kullanılmıştır. Model temel olarak, amaç fonksiyonu, kaynaklar ve kısıtlayıcı denklemlerden oluşmaktadır. Orman amenajmanı planlama modelinin matematiksel formülasyonu aşağıda açıklanmıştır.

$$MaxZ = \sum_i^m \sum_j^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

$$\sum_j^n X_{ij} = 1 \text{ for } i= 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_i^m \sum_j^n A_{ijt} X_{ij} - H_t = 0 \text{ for } t=1, 2, \dots, T \quad (3)$$

$$H_t - H_{t+1} = 0 \quad \text{for } t=1, 2, \dots, T-1 \quad (4)$$

$$H_t \geq F_t \quad \text{for } t=1, 2, \dots, T \quad (5)$$

$$b_{l,t} H_t - H_{t+1} \leq 0 \quad \text{for } t=1, 2, \dots, T-1 \quad (6)$$

$$-b_{h,t} H_t + H_{t+1} \leq 0 \quad \text{for } t=1, 2, \dots, T-1 \quad (7)$$

$$\sum_i^m C_{it} = \bar{C}_t \quad \text{for } t=1, 2, \dots, T-1 \quad (8)$$

$$V_0 - V_T \leq 0 \quad (9)$$

$$0 \leq X_{ij} \leq 1 \quad (10)$$

Burada,

C_{ij} : j silvikültürel müdahalesine tabi tutulan meşçeresinden elde edilen net bugünkü fayda

X_{ij} : j müdahalesine göre işletilen meşçeresinin oranı

A_{ij} : j müdahalesinin seçilmesi durumunda i meşçeresinden sağlanan toplam odun üretimi

F_t : t periyodunda gerekli minimum odun üretimi

H_t : t periyodunda ki toplam odun üretimi

$b_{l,t}$: t ve $t+1$ periyotları arasındaki üretim düzeyinde mevcut alt sınır

$b_{h,t}$: t ve $t+1$ periyotları arasındaki üretim düzeyinde mevcut üst sınır

C_{it} : i meşçeresi t periyodunda kesilme durumuna göre 0-1 arasında değer alan değişken

\bar{C}_t : t periyodunda üretime tabi tutulan meşçere sayısı

V_0 : Başlangıç ağaç serveti miktarı

V_T : Planlama yörüngesi sonundaki ağaç serveti miktarı

m : meşçere sayısı

n : müdahale seçeneği sayısı

Eşitlik 1 problemin amaç fonksiyonu olup, planlama yörüngesi boyunca ormandan elde edilen odun üretiminin faizlendirilmiş bugünkü değerini maksimize etmek amaçlanmaktadır. 2. eşitlik bir dizi mantıksal kısıtlar olup, her bir meşçerenin müdahale edilen oranının en fazla 1 olmasını sağlamaktadır. Eşitlik 3, her bir periyottaki üretim miktarını hesaplayan kısıtlayıcılarıdır. 4, 6 ve 7 eşitsizlikleri, odun üretimi akışını düzenleyen kısıtlayıcılarıdır. Kısıt 5, t periyodunda talep edilen minimum odun üretimini ifade etmektedir. Kısıt 8, t periyodunda üretime giren meşçere sayısını hesaplamaktadır. Kısıt 9, ormanı düzenleme amaçlı kullanılan bir kısıt olup, başlangıçtaki ağaç serveti düzeyinin planlama yörüngesi sonunda en azından başlangıçtaki değer kadar olmasını garanti altına almaktadır. Kısıt 10, X_{ij} değişkenlerinin 0-1 arasında değer almasını güvenceye almaktadır.

Bu çalışmada, konumsal olmayan, yarı-konumsal ve konumsal olmak üzere üç farklı alternatif

planlama modeli geliştirilmiştir. Konumsal olmayan modelde, üç alternatif strateji geliştirilmiştir. Temel strateji olarak adlandırılan birinci stratejide, son envanter kısıtı altında, faizlendirilmiş toplam odun üretiminin maksimize edilmesi amaçlanmıştır. İkinci stratejide, periyotlar arasında eşit ete üretiminin hedeflendiği kısıt, ilk stratejiye ilave edilmiştir. Son olarak üçüncü stratejide, periyotlar arasında %5 değişime izin verilen üretimi düzenleyici kısıt temel stratejiye eklenmiştir.

Yarı-konumsal modelde, birinci periyotta üretilen meşçere sayısını kontrol etmek ve izlemek için üç strateji geliştirilmiştir. Birinci yani temel stratejide, son envanter kısıtı ile birinci periyotta en az 50000 m³ odun üretimi talebi altında, planlama yörüngesi boyunca odun üretiminden elde edilen faizlendirilmiş bugünkü faydanın maksimizasyonu amaçlanmıştır. Temel stratejiden elde edilen sonuçlara bağlı olarak, ikinci stratejide, birinci periyotta üretime tabi tutulan meşçere sayısı 20 olacak şekilde, ilk stratejiye bir kısıt eklenmiştir. İkinci stratejinin aksine, üçüncü stratejide ise, birinci periyotta üretime alınacak meşçere sayısını artırmak için, meşçere sayısı 90'a çıkarılmış ve birinci stratejiye kısıt olarak eklenmiştir.

Konumsal modelde amaç, orman ekosisteminde birinci periyotta üretime alınacak meşçerelerin dağıtılması/serpiştirilmesidir. Bu amaçla üç alternatif strateji geliştirilmiştir. Modelde amaç odun üretiminden elde edilecek faizlendirilmiş bugünkü faydanın, son envanter kısıtı altında, eniyilenmesidir. İlk strateji bu şekilde belirlenmiştir. İkinci stratejide komşuluk kısıtı modele eklenmiştir. Bu kısıt ile üretime alınacak meşçerelerin kümelenmesini önlemek için, ilk periyotta birbirine komşu en fazla iki meşçerenin kesilmesi hedeflenmiştir. Üçüncü stratejide ise, aynı periyotta en fazla üç meşçerenin üretime alınabileceği komşuluk kısıtı eklenmiştir.

3. Bulgular

Konumsal olmayan modele ilişkin alternatif stratejilerin odun üretimleri ve odun üretiminden elde edilen faizlendirilmiş bugünkü değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Planlama yörüngesi boyunca faizlendirilmiş odun üretimi değerini maksimize eden stratejiler arasında, temel strateji (strateji 1) 157982 m³ ile en düşük odun üretimi değerini vermiştir. Bu stratejide, en yüksek odun üretimi 157650 m³ ile ilk periyotta gerçekleşmiştir. Strateji 2'de planlama yörüngesi sonunda ki toplam odun üretimi, strateji 1 ile kıyaslandığı zaman yaklaşık %1 oranında artış göstermiştir (159415 m³). Diğer taraftan, faizlendirilmiş toplam odun üretimi değeri ise strateji 1'e göre strateji 2'de % 4-8 oranında

azalmıştır. Strateji 2’de her bir periyotta eşit miktarda odun üretimi sağlanmıştır (31883 m³). Strateji 3, yine strateji 1 ile kıyaslandığı zaman, daha fazla odun üretimi sağlamasına rağmen (159390 m³), faizlendirilmiş bugünkü değer itibariyle daha düşük

değerde sonuçlanmıştır (146434 m³). Tüm stratejilerde orman ekosisteminin sürekliliğini garanti altına alan 1156031 m³ başlangıç servet düzeyi, planlama yörüngesi sonunda elde edilmiştir.

Tablo 1. Alternatif planlama stratejilerinin zaman itibariyle odun üretimi ve faizlendirilmiş bugünkü değerleri

Periyot	Strateji 1		Strateji 2		Strateji 3	
	Odun Üretimi (m ³)	Faizlendirilmiş Bugünkü Değer (m ³)	Odun Üretimi (m ³)	Faizlendirilmiş Bugünkü Değer (m ³)	Odun Üretimi (m ³)	Faizlendirilmiş Bugünkü Değer (m ³)
1	157650	153058	31883	30954	35229	34203
2	332	313	31883	30053	33468	31547
3	0	0	31883	29177	31794	29096
4	0	0	31883	28328	30205	26837
5	0	0	31883	27503	28694	24752
Toplam	157982	153371	159415	146015	159390	146434

Yarı-konumsal modelde, alternatif stratejilere ilişkin sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Odun üretiminin faizlendirildiği en büyük değer 150862 m³ ile strateji 1’de gerçekleşmiştir. Faizlendirilmiş odun üretimi değeri itibariyle strateji 1 ile kıyaslandıkları zaman, strateji 2 ve 3’te meydana gelen azalmaların önemsiz olduğu görülmüştür. Yani hemen hemen benzer değerler elde edilmiştir. Strateji 1, 2 ve 3 için ilk periyotta kesilen meşcere sayıları sırasıyla 64, 20 ve 90 olarak gerçekleşmiştir. Sonuçlar açık olarak göstermektedir ki, odun üretiminin faizlendirilmiş değerlerinde herhangi bir azalma olmaksızın, periyotlarda kesime alınan meşcere sayılarının kontrolü model de sağlanmıştır.

Bununla birlikte, katı kısıtların modele dahil edilmesi ile, parçalı meşcere sayısı artmıştır. Şekil 1, alternatif stratejiler için ilk periyotta üretime alınan meşcereleri daha iyi görebilmek için, çalışma alanının belirli bir parçasını göstermektedir. Şekilden de görüldüğü üzere, strateji 1’de ilk periyotta kesime alınan meşcereler alana dağılmış durumdadır. Strateji 2’de ilk periyotta kesilen meşcere sayısının 20 olarak sınırlandırılması ile kesilen meşcerelerin dağılması engellenmiştir. Diğer taraftan, ilk periyotta kesilen meşcere sayısının artırılmasına izin verildiği strateji 3’te, kesilen meşcerelerin alana dağılmış olduğu görülmektedir.

Tablo 2. Alternatif planlama stratejilerinden planlama yörüngesi boyunca elde edilen çıktılar

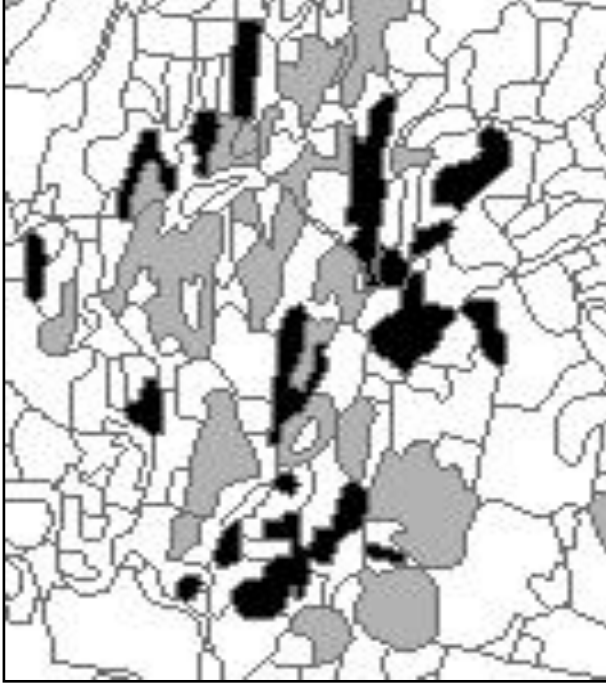
Stratejiler	Odun Üretimi (m ³)	Faizlendirilmiş Bugünkü Değer (m ³)	Parçalı Meşcere Sayısı	İlk Periyotta Kesilen Meşcere Sayısı
Strateji 1	158550	150862	1	64
Strateji 2	158413	150733	2	20
Strateji 3	158524	150838	2	90

Komşuluk kısıtlarının odun üretimi ve faizlendirilmiş odun üretimi değerleri üzerine etkilerinin araştırıldığı konumsal modelde, üç alternatif stratejiye ilişkin model sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Herhangi bir konumsal kısıtın yer almadığı strateji 1’e farklı konumsal kısıtlarının eklendiği strateji 2 ve 3’te, faizlendirilmiş odun üretimi değerlerinin sırasıyla %9 ve %3.5 oranında azaldığı görülmüştür. Strateji 2 ve 3’te, konumsal

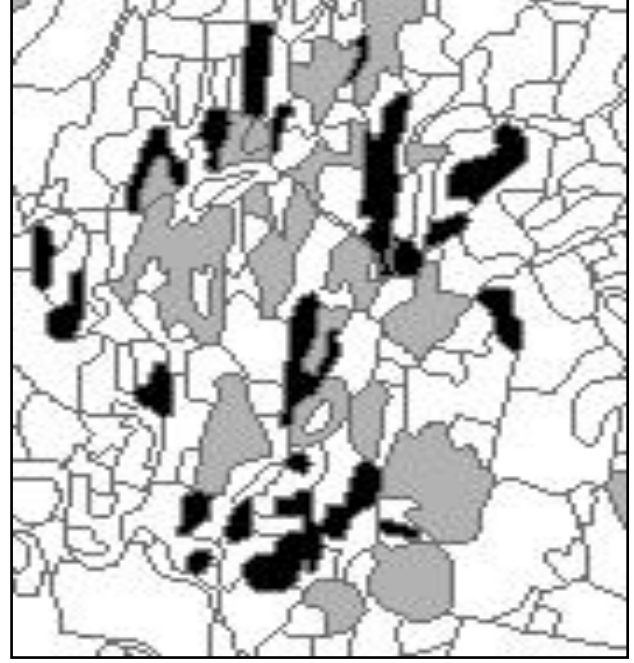
kısıtlar nedeniyle, bazı meşcereler diğer periyotlarda kesime alınmıştır. Fakat 5 periyot birlikte değerlendirildiğinde, strateji 2 ve 3’ten elde edilen faizlendirilmiş odun üretimi değerinin strateji 1 ile neredeyse benzer olduğu görülmektedir. Strateji 2’de en fazla iki, strateji 3’te ise en fazla üç komşu meşcerenin üretime alınması kısıtı sağlanmıştır (Şekil 2).

Tablo 3. Alternatif planlama stratejilerinden planlama yörüngesi sonunda elde edilen model çözüm sonuçları

Stratejiler	Odan Üretimi (m ³)	Faizlendirilmiş Bugünkü Değer (m ³)	Parçalı Meşcere Sayısı	İlk periyotta Kesilen Meşcere Sayısı
Strateji 1	157982	153371	0	169
Strateji 2	158760	153685	2	125
Strateji 3	157857	153095	1	145



(a)



(c)



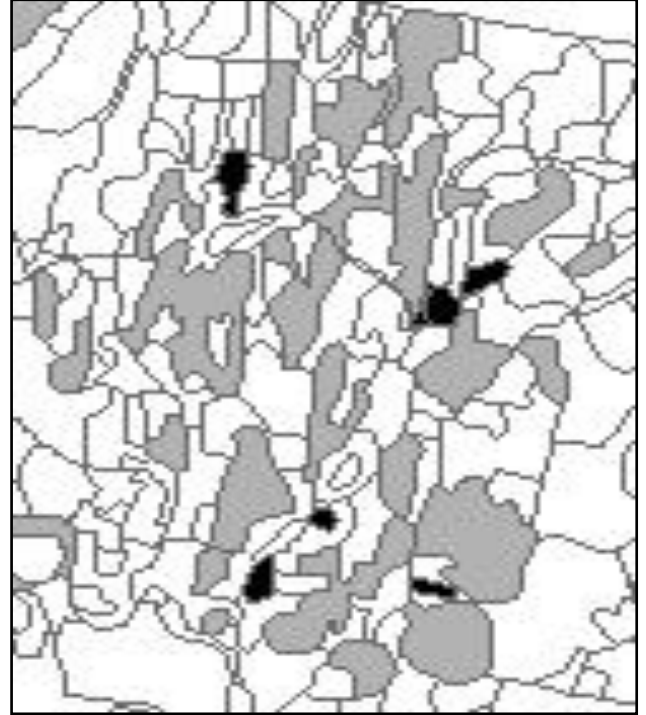
(b)

- 1. periyotta üretime alınan alanlar
- Diğer periyotlarda üretime alınan alanlar
- Planlama yörüngesi boyunca üretilmeyen alanlar

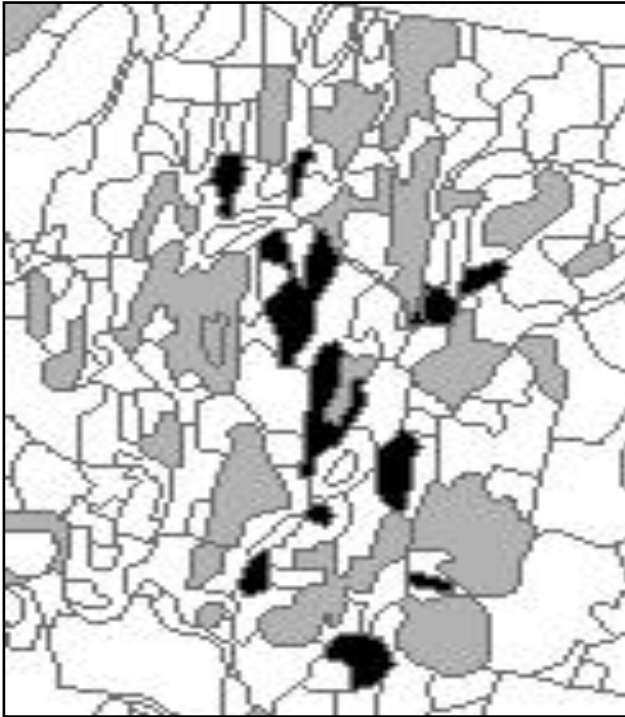
Şekil 1. İlk periyotta kesilen meşcere sayısının a) 0 b) 20 c) 90 olarak ayarlandığı alternatif stratejiler için elde edilen model çözümlerinin konumsal düzeni



(a)



(c)



(b)

- Diğer periyotlarda üretilen alanlar
- 1. periyotta üretime alınan alanlar
- Planlama yörüngesi boyunca üretilmeyen alanlar

Şekil 2. Komşuluk kısıtları sayısının a) 0 b) 2 c) 3 olarak ayarlandığı alternatif stratejilerin çözümlerine ilişkin model çözümlerinin konumsal düzeni

4. Tartışma ve sonuç

Orman amenajman planlamasında daha önceleri kullanılan metotlar çoğunlukla odun üretimi amaçlı ve genellikle hesaplama açısından basit problemlerin çözümünde sonuçlar vermekteydi. Bu metotlar, orman ekosisteminden elde edilen odun üretimini düzenleyici roller üstlenmekte ve halen Türkiye ve bazı ülkelerde orman amenajman planlamasında kullanılmaya devam etmektedir. Ancak bu metotlar orman ekosisteminin sunmuş olduğu diğer fonksiyonların sürekliliğini garanti altına alamamaktadır. Bu süreçte, ormanların ekosistem tabanlı çok amaçlı ve aynı zamanda sürdürülebilir yönetiminde son dönemlerde farklı modelleme tekniklerinin ve bununla bağlantılı yazılımların geliştirilmesi ortaya çıkmıştır (Keleş and Başkent, 2007; Keleş et al., 2007; Başkent and Keleş 2009; Karahalil et al., 2009; Keleş, 2010; Keleş and Başkent, 2011; Başkent et al., 2014; Kadioğulları ve ark., 2015).

Bu makalede, orman ekosistemlerinin özellikle biyolojik çeşitlilik, toprak ve su koruma gibi hayati önemli fonksiyonların sürdürülebilir yönetiminde önem arz etmekte olan konumsal özelliklerin, karışık tamsayılı programlama tekniği kullanılarak,

planlamaya dahil edilmesi ve elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Bu amaçla, taktiksel düzeyde ve farklı konumsal özelliklerin modellere dahil edildiği, değişik konumsal ve konumsal olmayan planlama alternatifleri geliştirilmiştir. Veri tabanı işlemleri ile planlama modellerin sonuçlarının sunumunda Coğrafi Bilgi Sistemlerinden faydalanılmıştır. Üç farklı planlama modelinin sonuçları birlikte irdelendiğinde, oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir. Düzenleyici kısıtların modele dahil edilmesi, daha önce yapılan benzer çalışmalar olduğu gibi, odun üretiminden elde edilen ekonomik getiriler üzerinde az da olsa azalmalarla sonuçlanmıştır (Field et al., 1980; Hof et al., 1986; Haight et al., 1992; Hoganson and McDill, 1993; Baskent and Keles, 2006; Keleş, 2010; Başkent et al., 2011; Keleş, 2017). Konumsal özelliklerin modellere dahil edilmesi, ormandan beklenen çıktılar üzerinde önemli sayılabilecek azalmalara neden olmamıştır. Diğer taraftan, konumsal özelliklerin modellere dahil edilmesiyle birlikte, orman ekosisteminde zaman ve konum düzenin önemli ölçüde sağlanabileceği görülmüştür. Litertatür incelendiğinde, konumsal özelliklerin orman amenajman planlama modellerine başarıyla dahil edildiği çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Barahona et al., 1992; Weintraub et al., 1994; Hof et al., 1994; Williams, 1998; Hof and Bevers, 2000; McDill et al., 2002).

Bununla birlikte bu çalışmanın genişletilmesi ve saha sonraki çalışmalarda dikkate alınması gereken bazı eksiklikler bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan model deterministik yapıda olup, çıkması olası risk ve belirsizlikler modele dahil edilmiştir. Onun üretiminin faizlendirilmesinde doğrudan odun üretim miktarı kullanılmış olup, ürün çeşitleri itibariyle parasal değerler kullanılmamıştır. Çalışmada sadece odun üretimi fonksiyonu modele dahil edilmiş olup, diğer orman fonksiyonlarını da içeren modellerin geliştirilmesi yerinde olacaktır. Son yıllarda daha çok kullanım alanına sahip olan kombine optimizasyon tekniklerinin de bu tür planlama problemlerinin çözümünde kullanılması ve tamsayı programlama tekniğinden elde sonuçlar ile kıyaslanması bu çalışmanın iyileştirilmesi açısından önemlidir. Sonuç olarak, orman ekosistemlerinden sürdürülebilir bir şekilde ve çok amaçlı faydalanma hususunda, matematiksel optimizasyon teknikleri son derece önemli rol oynamaktadır. Bu sayısal modeller, orman yöneticileri veya karar vericilerin karmaşık orman amenajmanı planlama problemlerini çözmesi anlamında etkin kararlar almasını kolaylaştırmaktadır.

Kaynaklar

- Barahona, F., Weintraub, A., Epstein, R., 1992. Habitat dispersion in forest planning and the stable set problem. *Operations Research* 40 (1), 14–21.
- Başkent, E.Z., Jordan, G.A., 1991. Spatial wood supply simulation modeling. *Forestry Chronicle* 67 (6), 610–621.
- Başkent, E.Z., Yolasıgımaz, A., 2000. Exploring the Concept of Forest Landscape Management Paradigm. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24, 443–451.
- Başkent, E.Z., 2001. Combinatorial optimization in forest ecosystem management modeling. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 25, 187–194.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., 2006. Developing alternative wood harvesting strategies with linear programming in preparing forest management plans. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30, 67–79.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., 2005. Spatial forest planning: A review. *Ecological Modelling* 188, 145–173.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., Yolasıgımaz, H.A., 2008. Comparing multi-purpose forest management with timber management in incorporating timber, carbon and oxygen values: A case study. *Scandinavian Journal of Forest Research* 23 (2), 105–120.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., 2009. Developing alternative forest management planning strategies incorporating timber, water and carbon values: An examination of their interactions. *Environmental Modeling and Assessment* 14 (4), 467–480.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., Kadioğulları, A.İ., Bingöl, Ö., 2011. Quantifying the effects of forest management strategies on the production of forest values: timber, carbon, oxygen, water and soil. *Environmental Modeling and Assessment* 16 (2), 145–152.
- Başkent, E.Z., Keleş, S., Kadioğulları, A.İ., 2014. Challenges in developing and implementing a decision support systems (ETÇAP) in forest management planning: a case study in Honaz and İbradı, Turkey. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (Special Issue, Supplement: 1), 121–131.
- Davis, L.S., Johnson, K.N., Bettinger, P., Howard, T.E., 2001. *Forest Management: to Sustain Ecological, Economic, and Social Values*. McGraw-Hill Companies Inc, New york.
- Field, R.C., Dress, P.E., Fortson, J.C., 1980. Complementary linear and goal programming procedures for timber harvest scheduling. *Forest Science* 26, 121–133.
- Gunn, E.G., 1991. Some aspects of hierarchical production planning in forest management. In: *Proceedings of the 1991 Symposium on Systems Analysis in Forest Resources*, 3–6 March 1991, South Carolina, USDA FS General Technical Report SE-74, pp. 54–62.
- Hof, J.G., Pickens, J.B., Barlett, E.T., 1986. A maxmin approach to non-declining yield timber harvest scheduling problems. *Forest Science* 32, 663–666.
- Hof, J., Bevers, M., Joyce, L., Kent, B., 1994. An integer programming approach for spatially and temporally optimizing wildlife populations. *Forest Science* 40 (1), 177–191.

- Hof, J., Bevers, M., 2000. Optimal timber harvest scheduling with spatially defined sediment objectives. *Canadian Journal of Forest Research* 30 (9), 1494–1500.
- Haight, R.G., Monserui, R.A., Chew, J.D., 1992. Optimal harvesting with stand density targets: Managing Rocky Mountain Conifer Stands for multiple forest outputs. *Forest Science* 38, 554–574
- Hoganson, H.M., McDill, M.E., 1993. More on forest regulation: An LP perspective. *Forest Science* 39, 321–347.
- Kadioğulları, A.İ., Keleş, S., Başkent, E.Z., Bingöl, Ö., 2015. Orman amenajman planlarının konumsal simülasyon modeli ile hazırlanması. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 16 (2), 307-318.
- Karahalil, U., Keleş, S., Başkent, E.Z., Köse, S., 2009. Integrating soil conservation, water production and timber production values in forest management planning using linear programming. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (11), 1241-1250.
- Keleş, S., Başkent, E.Z., 2007. Modeling and analyzing timber production and carbon sequestration values of forest ecosystems: A case study. *Polish Journal of Environmental Studies* 16 (3), 473-479.
- Keleş, S., Yolasiğmaz, H.A., Başkent, E.Z., 2007. Long term modeling and analyzing of some important forest ecosystem values with linear programming. *Fresenius Environmental Bulletin* 16 (8), 963-972.
- Keleş, S., 2010. Forest optimization models including timber production and carbon sequestration values of forest ecosystems: A case study. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 17 (6), 468-474.
- Keleş, S., Başkent, E.Z., 2011. Joint production of water and timber: A case study. *Water Policy* 13 (4), 535-546.
- Keleş, S., 2017. Determining optimum cutting ages including timber production and carbon sequestration benefits in Turkish pine plantations. *Sains Malaysiana*, 46 (3), 381-386.
- Keleş, S., Durusoy, İ., Çakır, G., 2017. Analysis of the changes in forest ecosystem functions, structure and composition in the Black Sea region of Turkey. *Journal of Forestry Research*, 28 (2), 329-342.
- McDill, M.E., Rebain, S.A., Braze, J., 2002. Harvest scheduling with area-based adjacency constraints. *Forest Science* 48 (4), 631–642.
- Murray, A.T., Church, R.L., 1995. Heuristic solution approaches to operational forest planning problems. *OR Spektrum* 17, 193–203.
- Parades, G., Brodie, D., 1988. Activity Analysis in Forest Planning. *Forest Science* 34 (1), 3-18.
- Weintraub, A., Cholak, A., 1991. A hierarchical approach to forest planning. *Forest Science* 37 (2), 439–460.
- Weintraub, A., Barahona, F., Epstein, R., 1994. A column generation algorithm for solving general forest planning problems with adjacency constraints. *Forest Science* 40 (1), 142–161.
- Williams, J.C., 1998. Delineating protected wildlife corridors with multi-objective programming. *Environmental Modelling and Assessment* 3, 77–86.

Ormanların Çap Dağılımlarının Modellenmesinde Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanımı: Trabzon ve Giresun Ormanları Doğu Ladini-Sarıçam Karışık Meşcereleri Örneği

İ. Ercanlı^{1,*}, F. Bolat¹, H. Yavuz²

¹ Çankırı Karatekin Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 18200, ÇANKIRI

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 61080, TRABZON

MAKALE KÜNYESİ

Geliş Tarihi: 11 Kasım 2018

Kabul Tarihi : 31 Aralık 2018

*Sorumlu yazarın e-posta adresi:
ilkerercanlı@karatekin.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada, Yapay zeka uygulaması olan Derin Öğrenme Algoritmaları ile meşcerelerin çap dağılımlarını modellenmesi amaçlanmış, bu amaçla da Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan eşityaşlı Doğu Ladini-

Sarıçam karışık meşcerelerinden (LCs veya CsL) Ercanlı (2010) tarafından alınan 161 adet örnek alanlardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Meşcerelerin çap dağılımlarının %25, %50 ve %95'lik yüzdelerine göre parametreleri hesaplanan 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna ilişkin Hata kareler Toplamı (HKT) değeri; 6126730, Hataların Ortalama Kare Kökü (HKOK) değeri; 67.5172, $R^2_{düz.}$ değeri; 0.6121, AIC değeri; 11351.16 ve SBC değeri ise; 11366.77 olarak elde edilmiştir. Derin öğrenme algoritmasının eğitim süreci, örnek alanların belirli çap basamağına karşılık gelen ağaç sayısı ($n \text{ ha}^{-1}$) özelliğinin çıktı değişkeni; örnek alanın toplam ağaç sayısı ($N \text{ ha}^{-1}$), ilgili çap basamağının orta değeri (cm) ve dağılımın %25, %50 ve %95'lik yüzdelerine girdi değişkeni esas alınarak, "nfolds=5" alt seçeneği ile "k sayısı kadar çapraz doğrulama" yöntemi ile uygulanmıştır. Bu eğitim süreci, R yazılımının H_2O paketi kullanılarak gerçekleştirilmiş, algoritma yapısının oluşturulmasında, nöron sayısı; 100 ve transfer fonksiyonu "Rectifier" fonksiyonu seçilmiştir. Derin öğrenmede, ağın başarısını etkileyen katman sayısının belirlenmesinde ise, derin öğrenme algoritmalarına ilişkin 8 farklı katman (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 katman seçenekleri) seçeneği çeşitli istatistiksel başarı ölçüt değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Yapılan bu karşılaştırmada, HKT değeri; 1286083, HKOK değeri; 30.9570, $R^2_{düz.}$ değeri; 0.9184, AIC değeri; 9252.41 ve SBC değeri ise; 9278.44 olarak elde edilen 5 katmanlı derin öğrenme algoritması, çap dağılımını modellemede en başarılı olarak belirlenmiştir. 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre derin öğrenme ile HKT değerinde; % 79.01 azalış, HKOK değerinde % 54.15 azalış, $R^2_{düz.}$ değerinde % 30.63 artış, AIC değerinde % 18.49 azalış ve SBC değerinde % 18.37 azalış elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çap Dağılımı, Derin Öğrenme Algoritması, Tahmin, Hata kareler toplamı

Use of Deep Learning Algorithms for Modelling Forest Diameter Distributions: A Case Study of Oriental Spruce and Scots Pine Mixed Stands in Trabzon-Giresun Forest

ABSTRACT

To model diameter distribution by using Deep Learning Algorithms, an application of an Artificial Intelligence, the data, obtained from 161 plots sampled by Ercanlı (2010) from even aged Scotch Pine-Oriental Spruce mixed stands located in Trabzon and Giresun Forest District Enterprise, were used in this study. Sum of Squared Errors (SSE), Root Mean Squared Error (RMSE), $R^2_{adj.}$, AIC and SBC for 3-Parameter Weibull probability density function were 6126730, 67.5172, 0.6121, 11351.16 and 11366.77, respectively. The Deep Learning Algorithm were trained including the target independent as number of trees (ha^{-1}) at any diameter class in the sample plots and input variables as total

Bu makaleye atf:

Ercanlı, İ., Bolat, F., Yavuz, H., 2018. Ormanların Çap Dağılımlarının Modellenmesinde Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanımı: Trabzon ve Giresun Ormanları Doğu Ladini-Sarıçam Karışık Meşcereleri Örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 122-132.

number of trees of sample plots, middle value of any diameter class, %25, %50 and %95 percent values of these diameter distributions and also based on the cross-validation fitting process with “nfolds=5”. This training process were carried out using H₂O open source machine learning platform in R software environment and also the number of 100 neurons and “Rectifier” transfer function were selected in training algorithms. Especially, eight different layer choices (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 layer choices) for deep learning algorithms were compared based on different success criteria to determine best predictive number of layer. Based on these criteria, five-layer deep learning algorithm yielded the best predictive results for individual volume values with SSE of 1286083, RMSE of 30.9570, R²adj. of 0.9184, AIC of 9252.41 and SBC of 9278.44. Compared five-layer deep learning algorithm with 3-Parameter Weibull probability density function, 79.01% decrease in SSE, 54.15% decrease n RMSE, 30.63% increase in R²adj., 18.49% decrease in AIC and 18.37% decrease in SBC were obtained by the deep learning algorithm.

Keywords: Diameter Distribution, Deep Learning Algorithm, Prediction, Mean squared error

1. Giriş

Ormanlıkta, çeşitli koşullar altındaki meşcerelerin artım ve büyüme değerlerinin tahmin edilmesinde, envanter verilerinin güncellenmesinde, meşcerelerden elde edilebilecek odun hasılasının belirlenmesinde, silvikültürel işlem seçeneklerinin değerlendirilmesinde yaygın bir biçimde artım ve büyüme modelleri kullanılmaktadır (Burkhart, 1995; Garcia, 2001). Bu bakımdan, büyüme modelleri, meşcerelerin bugünkü ve gelecekteki artım ve büyüme değerleri ile meşcere dinamiklerindeki değişimi tahmin etmektedir (Gadow and Hui, 1999). Ormanlardan elde edilecek ürün çeşitlerine ilişkin tahminler, başta ormancılık planlaması olmak üzere çeşitli ormancılık çalışmalarında önemli bir bilgi girdisidir (Maltamo, 1997; van Laar and Akça, 2007). Meşcereler hakkındaki ayrıntılı tahminlerin elde edilmesi, meşcere içinde ağaçların çap basamaklarına dağılımlarının ortaya konulması ve tahmin edilmesi ile mümkün olabilmektedir (Rennolls et al., 1985). Meşcerelerin çap dağılımlarının tahmin edilmesinde, çap dağılımının (frekans tablosunun), belirli bir olasılık yoğunluk fonksiyonunu “probability density function (pdf)” temel alınarak modellenmesi, en yaygın kullanılan yöntemdir. İstatistik yoğunluk fonksiyonları, belirli çap değerlerine ilişkin frekans değerinin toplam birey sayısına oranını veren istatistiksel fonksiyonlar olup, bu fonksiyonlar yardımıyla, başta ağaç sayısı olmak üzere, meşcerelerin göğüs yüzeyi ve hacim değerlerinin farklı çap basamaklarına dağılımlarına ilişkin tahminler elde edilebilmektedir (Ercanlı, 2010). Çap dağılımı konusundaki ilk çalışmalar, 1883 yılında Gram’ın kayın meşcerelerinin çap dağılımlarını normal dağılımla ve 1898 yılında De Liocourt’un değişik yaşlı meşcerelerde çap dağılımlarını exponential dağılımla tanımladığı çalışmalarıdır (Ercanlı, 2010). 1930’lı yıllarda, çeşitli matematik serileri kullanılarak çap dağılımları modellenmeye çalışılmıştır. Ormancılıkta, 1960’lı yıllarla birlikte (Clutter and Bennet, 1965) çap dağılımlarının modellenmesinde, istatistik yoğunluk

fonksiyonlarının “probability density function (pdf)” kullanımına ilişkin çalışmalar yürütülmüştür. Özellikle, ormancılıkta modellenmenin daha da önem kazanması ile çap dağılımlarının modellenmesinde farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Bailey and Dell, 1973; Smalley and Bailey, 1974; Hafley and Schreuder, 1977; Rennolls et al., 1985; Knoebel et al., 1986; Pukkala et al., 1990; Saramäki, 1992; Maltamo et al., 1995; Maltamo, 1997; Packard, 2000; Liu et al., 2004; Palahi et al., 2006; Podlaski 2006; Nord-Larsen and Cao, 2006; Palahi et al., 2007). Bu konuda yapılan çeşitli araştırmalarda farklı olasılık yoğunluk fonksiyonları önerilmesine karşın, 3 parametrelili Weibull fonksiyonu, model yapılarının oldukça esnek olmaları ve farklı çap dağılımlarını modellemedeki başarıları ile diğer dağılım fonksiyonlarına göre öne çıkmıştır (Bailey and Dell 1973; Matney and Sullivan 1982; Liu et al., 2004; Cao, 2004; Palahi et al., 2006). Ülkemizde ise, çap dağılımı modellenmesinde olasılık yoğunluk fonksiyonları kullanılarak farklı türler için çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Saraçoğlu, 1988; Yavuz, 1992; Carus, 1996; Atıcı, 1998; Yavuz vd., 2002; Carus ve Çatal, 2008; Ercanlı, 2010; Sönmez vd., 2010; Kahrıman ve Yavuz, 2011; Karakaş, 2013; Ercanlı vd., 2013; Doğdaş, 2014; Bolat, 2015a; Güneş, 2015).

Çap dağılımlarını belirli olasılık fonksiyonu ile modellenmesi yanında, artım ve büyüme modellenmesinde, yapay zeka uygulamaları olan Yapay Sinir Ağları (YSA) ve Derin Öğrenme Algoritmalarının kullanımı da önem kazanmaktadır. Özellikle son yıllarda, YSA’nın çeşitli tek ağaç ve meşcere özelliklerinin artım ve büyüme değerlerinin tahmin edilmesinde kullanımına ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ülkemizde YSA tekniği kullanılarak, Özçelik et al. (2008), ağaç hacimlerini; Diamantopoulou and Özçelik (2012) ve Özçelik et al. (2013), Bolat (2015b), ağaç boyunu; Özçelik et al. (2014), ağaçların gövde çaplarını; Diamantopoulou et al. (2015), 2 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun parametrelerini;

Ercanlı vd. (2016a) ve Günlü ve Ercanlı (2017), uzaktan algılama verileri ile meşcere karbonunu, Ercanlı vd. (2016b) çap artımını; Bolat ve Ercanlı (2016) ve Ercanlı ve Bolat (2017), çap dağılımlarını; Ercanlı vd. (2015), ağaçların yaş-boy ilişkilerini; Şenyurt vd. (2015), çeşitli meşcere özelliklerini; Ercanlı vd. (2018), yaprak alan indeksini tahmin etmişlerdir. Yapay zekanın diğer bir çeşidi olan Derin Öğrenme algoritmaları ise, tahminleme ve sınıflandırma gibi uygulamalarda oldukça başarılı sonuçlar verebilmektedir (LeCun et al., 2015; Carranza-Rojas et al., 2017). Derin öğrenme kavramı, 2010'lu yıllarda kullanılmaya başlanmış olup, özellikle derin öğrenme ile çok sayıda, milyonlarca ve hatta milyarlarca, veriye ilişkin analizlerin çok katmanlı olarak yapılması, etkin ve başarılı sonuçların üretebilmesini sağlamaktadır. Derin öğrenme yapısal olarak, YSA ile benzerlikler göstermesine karşın; yapay sinir ağları, genelde 1-2 katman ve 20-30 nörona ile sınırlı bir yapıya sahip iken, derin öğrenme 5-10 katman ve yüzlerce ve binlerce nöron ile oldukça karmaşık bir yapıda olabilmektedirler. Başta derin öğrenme olmak üzere, yapay zeka tekniklerinin bu karmaşıklığı da, bu tekniklerin insan beyninin öğrenme ve karar verme yöntemlerinden esinlenerek geliştiriliyor olmasından gelmektedir. Günümüz literatüründe, ormanların büyüme tahminleri için YSA kullanımına ilişkin belirli sayıda çalışma gerçekleştirilmesine karşın, diğer bir yapay zeka çeşidi olan derin öğrenme algoritmalarını kullanan bilimsel çalışmalar henüz başlangıç aşamasındadır. Bu çalışmada, Ülkemizin Doğu Karadeniz Bölgesinde yer alan Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlüklerinde önemli bir yayılım gösteren Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinin çap dağılımlarının modellenmesinde Derin öğrenme Algoritmalarının kullanımının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve yöntem

Bu çalışmada, araştırma materyali olarak, Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlükleri (O. B. M.) sınırları içerisinde yer alan eşityaşlı Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinden (LCs veya CsL) Ercanlı (2010) tarafından alınan 161 adet örnek alanlardan elde edilen veriler kullanılmıştır. Bu çalışmada, Trabzon O.B.M. sınırları içerisindeki Torul Orman İşletme Müdürlüğü Zigana Orman İşletme Şefliğinden 30, Kürtün O.İ.Ş.'den 20, Sarıçadağ O.İ.Ş.'den 18, Örümcek O.İ.Ş.'den 20, Maçka Orman İşletme Müdürlüğü Çatak O.İ.Ş.'den 8 ve Sürmene O.İ.M. Çaykara O.İ.Ş.'den 10 adet olmak üzere toplam 106 adet örnek alan alınmıştır (Ercanlı, 2010). Giresun O.B.M. sınırları içerisindeki Tirebolu O.İ.M. Akılbaba O.İ.Ş.'den 17,

Dereli O.İ.M. İkisü O.İ.Ş.'den 14, Espiye O.İ.M. Karaduğa O.İ.Ş.'den 24 adet olmak üzere toplam 55 adet örnek alanlar alınmıştır (Ercanlı, 2010).

Örnek alanlar daire biçiminde olup, büyüklükleri meşcere yapısı ve karışım durumuna göre 600 m² ile 1200 m² arasında değişmektedir. Çalışma kapsamında alınan örnek alanlarda; göğüs çapları 8 cm ve daha büyük tüm ağaçlarda göğüs çapı (d_{1.30}), her iki tür için çap basamaklarında dengeli bir şekilde dağıtılan 20-25 ağaçta boy, tepe başlangıç yüksekliği, tepe çapı, dip kütük çapı (d_{0.30}) ve çift kabuk kalınlığı ölçülmüştür. Ölçülen bu boy değerlerinin ayrıca hektarda 100 ağaç yöntemine göre belirlenmiş sayıda en boylu ağaçları içermesine de özen gösterilmiştir. Çap ölçümleri, çap ölçer ile mm hassasiyetinde, boy ölçümleri ise; Vertex Haglöf Boy Ölçer ile cm hassasiyetinde gerçekleştirilmiştir.

Araştırma materyali olan toplam 161 örnek alan verisinden, 137 örnek alan verisi rasgele seçilerek, Derin Öğrenme Algoritmalarının eğitiminde ve tahminlerin elde edilmesinde kullanılmış olup; 24 adet örnek alan verisi ise, eğitim süreci gerçekleştirilmiş olan ağı denetlenmesinde ve simülasyonların elde edilmesinde kullanılmıştır.

2.1. Çap dağılımlarının modellenmesi

Orman meşcereleri içindeki farklı çap basamaklarındaki ağaç sayılarını tahmin etmek üzere istatistik biliminin bir konusu olan Olasılık Yoğunluk Fonksiyonlarının “Probability Density Function (pdf)” kullanımı yaygındır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları, belirli bir çap değerinde (x değeri) ya da çap değerleri arasında bulunan birey sayısının (f, frekans değeri), meşceredeki toplam birey sayısına olan oranını, 0 ile 1 arasındaki bir değer olarak veren fonksiyonlardır. Olasılık yoğunluk fonksiyonları, ayrıca belirli bir çap değerine kadar olan kümülatif toplam birey sayısının oranını da verebilmektedir. Ormancılık literatüründe, çok farklı fonksiyonlarının karşılaştırılmasına ilişkin çalışmalar yapılmış olup, özellikle esnek ve farklı dağılımları temsil kabiliyetleri ile 3 Parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu çap dağılımlarının modellenmesinde başarılı sonuçları ile öne çıkmıştır (Smalley and Bailey 1974, Lohrey and Bailey 1977; Feduccia et al. 1979, Matney and Sullivan 1982, Clutter et al. 1984, Baldwin and Feduccia 1987; Liu et al., 2004; Čavlović et al., 2006; Palahi et al. 2006; Zhang and Liu, 2006; Gorgoso-Varela et al. 2007; Jiang and Brooks 2009; Andrasev et al. 2009). Bu bakımdan, bu çalışmada da, diğer çalışmalarda başarıyla kullanılmış olan 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu, çap dağılımlarını

modellemek üzere seçilmiştir. 3 parametrelili Weibull Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (Bailey and Dell, 1973) aşağıdaki gibi gösterilebilir;

$$F(x, \alpha, \beta, \gamma) = \frac{\alpha}{\beta} \cdot \left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \cdot \exp\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (1)$$

Bu formülde, x: çap (cm), α, β, γ ise olasılık yoğunluk fonksiyonun parametreleridir. Bu parametrelerden, α (alfa); Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonun konum (location) parametresi iken, β (beta); ölçek (scale) parametresi ve γ (lambda) ise; biçim (shape) parametresidir. Kümülatif Weibull dağılımı ise aşağıda verilmiştir.

$$F(x, \alpha, \beta, \gamma) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (2)$$

Weibull fonksiyonun konum parametresi (α); çap dağılımdaki en küçük çap değeri ile ilişkili iken, ölçek parametresi (β); çap dağılımının yaygınlığını ve

biçim parametresi (γ) ise; dağılımın şeklini tanımlamaktadır.

3 parametrelili Weibull fonksiyonuna ilişkin parametrelerinin tahmin edilmesinde, farklı yöntemler önerilmesine karşın, basit ve uygulanabilir yöntemler olan ve dağılımların modellenmesinde başarılı sonuçlar veren yüzelikleri esas olan eşitlikler kullanılmıştır (Knowe, 1992; Bailey et al., 1989; Knowe et al., 1997; Liu et al., 2004; Cao, 2004; Poduel, 2011; Poduel and Cao, 2013). Bu çalışmada; çap dağılımlarının %25, %31, %50, %63 ve %95'lik değerlerine karşılık gelen çapları esas alan 4 farklı eşitlikler esas alınarak, 3 parametrelili Weibull fonksiyonuna ilişkin parametreler hesaplanmıştır (Cao, 2004; Poduel, 2011; Poduel and Cao, 2013). Çap dağılımının yüzeliklerini esas alan eşitlikler, Çizelge 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Bu eşitliklerdeki çap dağılımlarının yüzelik değerleri, SPSS adlı bir istatistik paket programı kullanılarak hesaplanmıştır (SPSS 15.0 Inc., 2005).

Çizelge 1. Olasılık Yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin tahminine ilişkin Eşitlikler (Cao, 2004; Produel, 2011; Produel and Cao, 2013).

Yöntem	Eşitlikler
%31 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.63)}{\ln(1-0.31)}\right)}{\ln(d_{0.63}-\alpha)-\ln(d_{0.31}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{0.63}-\alpha}{(-\ln(1-0.63))^{\frac{1}{\gamma}}}$
%50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.95)}{\ln(1-0.50)}\right)}{\ln(d_{0.95}-\alpha)-\ln(d_{0.50}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{0.50}-\alpha}{(-\ln(1-0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$
%25, %50 ve %95'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.95)}{\ln(1-0.25)}\right)}{\ln(d_{0.95}-\alpha)-\ln(d_{0.25}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{0.50}-\alpha}{(-\ln(1-0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$
%31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	$\alpha = 0.5 \cdot d_{min}$ $\gamma = \frac{\ln\left(\frac{\ln(1-0.63)}{\ln(1-0.31)}\right)}{\ln(d_{0.63}-\alpha)-\ln(d_{0.31}-\alpha)}$ $\beta = \frac{d_{0.50}-\alpha}{(-\ln(1-0.50))^{\frac{1}{\gamma}}}$

Eşitliklerde; n; örnek alandaki ağaç sayısını, d_{min} ; örnek alandaki minimum çapı, $d_{0.25}$, $d_{0.31}$, $d_{0.50}$, $d_{0.63}$, $d_{0.95}$; çap dağılımda verileri küçükten büyüğe doğru sıralandığında %25'lik, %31'lik, %50'lik, %63'lik ve %95'lik veriye karşılık gelen çap değerini göstermektedir.

2.2. Derin öğrenme algoritmaları

Derin Öğrenme Algoritmaları, yapay zeka yöntemlerinden birisi olup, insan beyninin öğrenme ve karar verme karakteristikleri esas alınarak geliştirilmiştir. Yapay zekanın derin öğrenme algoritmalarından daha eski olan ve daha fazla kullanım alanı bulmuş olan yapay sinir ağları; giriş (input layer), gizli (hidden layer) ve çıktı (output layer) katmanları olmak üzere belirli sayıda katman içeren bir yapıya sahip iken, derin öğrenme ise çok sayıda 5,10 ve hatta onlarca katmanı içeren oldukça kompleks bir yapıdadır. Derin öğrenme algoritmalarının çok katmanlı ve kompleks yapıları yanında, eğitim süreçlerinin gerçekleştirilmesinde, bilgisayarların Grafik İşlemci ünitelerini (Graphics Processing Unit, GPU) kullanmaları ile de öne çıkmaktadırlar. 2010 yılından itibaren, yapay sinir

ağların ötesinde bir yapay zeka uygulaması olarak kullanımı öne çıkmaya başlayan Derin öğrenme Algoritmaları, günümüzde hızla popülerlik kazanmıştır. Gerek yapay sinir ağları gerekse çok katmanlı bir yapay sinir ağ çeşidi olan Derin Öğrenme Algoritmaları ile ormanların, meşcerelerin ve tek ağaçların artım ve büyüme değerlerinin tahmini, çeşitli yazılımlar vasıtasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Bir Derin Öğrenme Algoritması ile tahminlerin elde edilmesi, temelde veriler arasındaki ilişkileri (giriş ve çıktı değişkenleri ilişkileri) öğrenme sürecini (training) içermekte olup, öğrenme süreci de oldukça yoğun matematik işlemlerden oluşmaktadır. Bu çalışmada, derin öğrenme algoritmalarına ilişkin eğitim süreçlerinin gerçekleştirilmesinde, R yazılım dilinde oluşturulmuş (kodlanmış) H₂O paketi kullanılmıştır (H₂O.ai Team, 2018). H₂O paketi, açık kaynak kodlu

bir yapay zeka platformu olup, “Generalized Linear Models”, “Gradient Boosting Machines”, “Random Forests”, “Deep Neural Networks (Deep Learning)”, “Stacked Ensembles”, “Naive Bayes”, “Cox Proportional Hazards”, “K-Means”, “PCA” ve “Word2Vec” gibi yapay zeka uygulamalarını içermektedir. Özellikle, R yazılımı ile kodlanmış olan H₂O paketi, çok sayıda veriden ve değişkenden oluşan sistemlere ilişkin analizleri gerçekleştirmekte oldukça etkin, hızlı ve başarılı sonuçlar verebilmektedir. R yazılım mimarisine sahip H₂O paketi, bu bakımdan oldukça kompleks derin öğrenme algoritmalarını çözebilmekte ve tahminler elde edebilmektedir.

Bir derin öğrenme algoritmasını oluştururken, katman sayısı, nöron sayısı ve transfer fonksiyon çeşidi gibi algoritma parametrelerinin belirlenmesi, tahmin sonuçlarının başarısını etkileyen önemli karar süreçleridir. Ayrıca, özellikle derin öğrenme ile tahmin edilecek olan ve çıktı değişkeni olarak isimlendirilen özellik ile tahminde girdi değişkeni olacak çeşitli özelliklerin belirlenmesi de, ağın tahmin başarısını etkileyen diğer parametreler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada, meşcerelerin farklı çap basamaklarındaki (kademelerindeki) ağaç sayılarının tahmin edilmesi amaçlandığından; derin öğrenmeye ilişkin çıktı değişkeni; belirli bir çap kademesinde (çap basamağı aralığı 4 cm olarak alınmış olup; 8.0-12, 12.1-16, 92.1-96 ve 96.1-100 cm’lik çap kademeleri gibi) bulunan ağaç sayısının (f, frekans değeri), örnek alan büyüklüğüne göre hesaplanmış hektardaki (n ha⁻¹) değeri alınmıştır. Algoritmanın girdi değişkenleri ise; ilgili çap kademesi orta değerine karşılık gelen çap değeri (cm), örnek alanın toplam ağaç sayısı (N ha⁻¹) ve olasılık yoğunluk fonksiyonlarının parametrelerinin tahminine ilişkin eşitliklerde en başarılı olarak belirlenen dağılımın yüzdelik değerlerine karşılık gelen çap değerleridir (cm). Derin öğrenme algoritmalarında, çok sayıda farklı katman ve nöron sayıları ile transfer fonksiyonu seçenekleri söz konusudur. Bu çalışmada, nöron sayısı sabit tutulmuş ve 100 olarak seçilmiş olup, ayrıca transfer fonksiyonu da “*Rectifier*” fonksiyonu esas alınmıştır. Derin öğrenmenin en temel özelliği olan gizli katman (hidden layer) sayısı için de, 3 katman sayısından (derin öğrenme algoritmasının minimum katman sayısı) 10 katman sayısına olmak üzere 8 farklı (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 katmanlı) katman sayıları seçeneği ile veri eğitimi gerçekleştirilmiş, çap basamaklarına karşılık gelen ağaç sayılarının tahmin sonuçlarının başarı durumları karşılaştırılmıştır.

Derin öğrenme algoritması ile tahminlerin elde edilmesinde diğer bir önemli konu da, eğitimde ve denetimde kullanılacak verilerin ayrılması yöntemi

olup; “k sayısı kadar çapraz doğrulama” (K-Fold Cross Validation) yöntemi, eğitim sürecinin başında %75 eğitim-%25 test verisi ayırımını esas alan basit yaklaşıma göre, veri ayırmada oluşabilecek hataları en az indirgeyebilmektedir. H₂O paketi, “nfolds” alt seçeneği ile “k sayısı kadar çapraz doğrulama” yöntemi, eğitim sürecine katılabilmektedir. Bu çalışmada da, “k sayısı kadar çapraz doğrulama” yöntemi, “nfolds” seçeneği, en çok tercih edilen değer olan 5 değeri esas alınarak (nfolds=5) uygulanmıştır.

2.3. Derin öğrenme algoritma tahminlerinin simülasyonu ve denetlenmesi

Yapay zeka uygulamaları ile eğitim süreçlerinde söz konusu olabilecek önemli bir sorunda, ağın verileri ezberlemesi ve eğitimin tam olarak sağlanamaması ve ağın belirli girdi değişkenlere tesadüfi değerler atamasıdır. Bu problemin denetlenme süreci de; ağın eğitiminde kullanılmamış bir veri seti için tahminlerin elde edilmesi (simülasyonların) ve bu tahmin değerleri ile gözlem değerleri arasındaki farkın test edilmesi ile yapılabilmektedir. Bu çalışmada da, verilerin eğitiminde kullanılmamış olan 24 örnek alan verisi için derin öğrenme algoritması ile tahminler elde edilmiş ve bu örnek alanlar için derin öğrenme algoritmasına dayanan ağın simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Söz konusu bu simülasyona ilişkin tahmin değerleri ile gözlem değerleri arasındaki fark test edilmesinde ise, “Eşleştirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” kullanılmıştır. Bu örnek alanların farklı çap sınıfları için gözlemlenen ağaç sayıları ile en başarılı olarak belirlenen derin öğrenme algoritması kullanılarak tahmin edilen ağaç sayıları arasında, istatistiksel olarak bir farklılık olmaması durumunda (p>0.05); ağın ezberlemesi probleminin olmadığı ve ağın etkin ve doğru tahminler verebildiği sonucuna varılır. Bununla birlikte gözlemlenen ve ağ tarafından tahmin edilen ağaç sayıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olması durumunda ise (p<0.05); derin öğrenme algoritmasının doğru tahminler sunamadığı sonucuna varılabilir.

2.4. Karşılaştırma ölçütleri

Bu çalışmada, çap dağılımının çeşitli yüzdelik değerlerini kullanan 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonu ile farklı katman sayılarına sahip derin öğrenme algoritmalarına dayanan yapay zeka ile tahminler elde edildikten sonra, farklı yöntemler ile elde edilecek tahminlerin başarı durumlarının karşılaştırılmasında istatistiki ölçüt değerleri kullanılmıştır. Bu başarı ölçütleri ise;

Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı (R^2_{adi}), Akaike Bilgi Ölçütü (AIC), Schwarz'ın Bayesian Bilgi Ölçütü (SBC), Hataların Ortalama Kare Kökü (the root

mean square error, RMSE) değeri olmak üzere dört adettir. Kullanılan bu ölçütlere ilişkin formüller aşağıda verilmiştir.

$$\text{Düzeltilmiş Belirtme Katsayısı } (R^2_{düz.}) = 1 - \frac{HKT \cdot (n-1)}{YAKT \cdot (n-p)} \quad (3)$$

$$\text{Akaike Bilgi Ölçütü } (AIC) = n \cdot \ln\left(\frac{HKT}{n}\right) + 2k \quad (4)$$

$$\text{Schwarz'ın Bayesian Bilgi Ölçütü } (SBC) = n \cdot \ln\left(\frac{HKT}{n}\right) + k \cdot \ln(n) \quad (5)$$

$$\text{Hataların Ortalama Kare Kökü } (RMSE) = \sqrt{\frac{HKT}{n-k}} \quad (6)$$

3. Bulgular

Bu formüllerde, HKT; regresyon dışı kareler toplamı olup, gözlem değerinden farklı yöntemler ile elde edilen tahmin değerlerinin çıkarılması ile elde edilen model hatalarının karesi olarak hesaplanmıştır. YAKT ise; Y ayrılış kareler toplamı olup, gözlem değerinden gözlem değerlerine ilişkin ortalama değerinin çıkarılması elde edilen farkın karesi alınarak hesaplanmıştır. Formüllerdeki k değeri; tahminlerde kullanılan girdi değişken sayısını, n; veri sayısını göstermektedir. Bu ölçüt değerlerinden, 0 ile 1 arasında değer alan belirtme katsayısının, mümkün olduğunca 1'e yakın bir değer alması istenilmektedir. Diğer ölçüt değerlerinin küçük değerler alması, daha başarılı tahminlerin elde edildiğini göstermektedir.

Çizelge 2'de, bu çalışmada kullanılan 3 parametrelili Weibull fonksiyonun parametrelerinin dağılımın yüzde değerleri ile hesaplanmasına ilişkin 4 farklı eşitlik için elde edilen başarı ölçütleri görülmektedir. Bu ölçüt değerlerinden HKT; 6126730 ile 8841762, RMSE; 67.5172 ile 81.0790, $R^2_{düz.}$; 0.4864 ile 0.6121, AIC; 11351.16 ile 11843.27 ve SBC; 11366.77 ile 11853.68 arasında değişmektedir. Bu başarı ölçütleri değerlendirildiğinde; meşcerelerin çap dağılımlarını modellemeye en başarılı formül olarak; %25, %50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler belirlenmiştir (Çizelge 2). %25, %50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler ile 3 parametrelili Weibull fonksiyonun parametrelerinin hesaplanmasına ilişkin yöntemin HKT değeri; 6126730, RMSE değeri; 67.5172, $R^2_{düz.}$ değeri; 0.6121, AIC değeri; 11351.16 ve SBC değeri ise; 11366.77 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. 3 parametrelili Weibull fonksiyonun parametrelerinin farklı yüzdelik değerlere göre hesaplanmasına ilişkin başarı ölçüt değerleri.

Parametre Tahmin Yöntemleri	HKT	RMSE	$R^2_{düz.}$	AIC	SBC
%50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler	7201437	73.1726	0.5444	11566.86	11577.27
%25, %50 ve %95'lik değerleri esas alan eşitlikler	6126730	67.5172	0.6121	11351.16	11366.77
%31, %50 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	8111988	77.6898	0.4864	11729.24	11744.85
%31 ve %63'lük değerleri esas alan eşitlikler	8841762	81.0790	0.4406	11843.27	11853.68

Bu çalışmada, çap dağılımının modellenmesinde en başarılı olarak belirlenen %25, %50 ve %95'lik değerleri ile örnek alanlarının toplam hektardaki ağaç sayıları (hektarda) ve çap basamağı orta değerlerini; girdi değişkenleri, ilgili çap basamağında bulunan hektardaki ağaç sayılarını da çıktı değişkeni esas alarak derin öğrenme algoritması ile eğitim süreçleri farklı katman sayıları için gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3'te, derin öğrenme algoritmasına ilişkin farklı katman sayıları için çeşitli başarı ölçüt değerleri verilmiştir. Bu ölçüt değerlerinden HKT; 1286083 ile 1822275, RMSE;

30.9570 ile 36.8494, $R^2_{düz.}$; 0.8844 ile 0.9184, AIC; 9252.41 ile 9721.82 ve SBC; 9278.44 ile 9747.85 arasında değişim göstermektedir. Bu ölçüt değerleri değerlendirildiğinde, çap dağılımlarını modellemeye en başarılı yapay zeka uygulaması, 5 katmanlı derin öğrenme algoritması olarak belirlenmiştir. Bu derin öğrenme algoritmasına ilişkin yöntemin HKT değeri; 1286083, RMSE değeri; 30.9570, $R^2_{düz.}$ değeri; 0.9184, AIC değeri; 9252.41 ve SBC değeri ise; 9278.44 olarak elde edilmiştir.

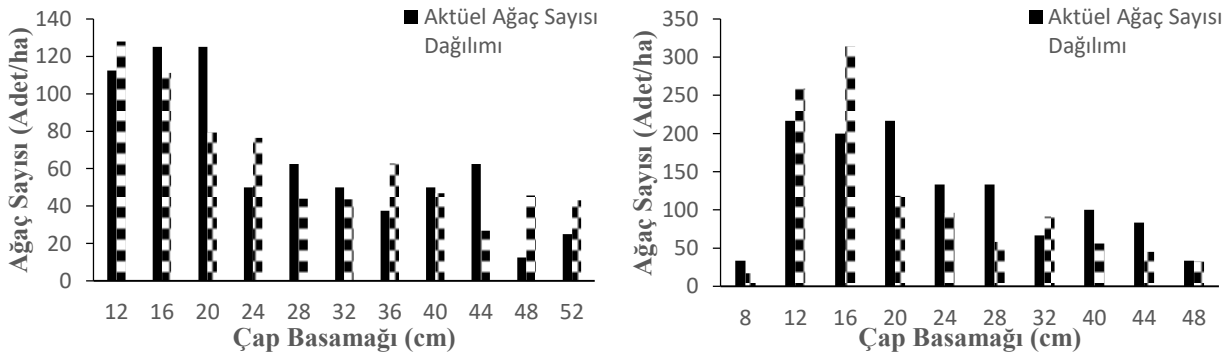
Çizelge 3. Derin öğrenmeye ilişkin farklı katman sayıları için hesaplanan başarı ölçüt değerleri.

Derin Öğrenme Katman Sayısı	HKT	RMSE	$R^2_{düz.}$	AIC	SBC
3 katman	1822275	36.8494	0.8844	9721.82	9747.85
4 katman	1761953	36.2344	0.8883	9676.47	9702.50
5 katman	1286083	30.9570	0.9184	9252.41	9278.44
6 katman	1384147	32.1155	0.9122	9351.39	9377.42
7 katman	1326290	31.4371	0.9159	9293.88	9319.90
8 katman	1656492	35.1333	0.8950	9593.34	9619.36
9 katman	1392241	32.2093	0.9117	9359.24	9385.27
10 katman	1425038	32.5864	0.9096	9390.61	9416.64

Bu çalışmada, ağ ile elde edilen tahminleri denetlemek için; 5 katmanlı derin öğrenme algoritması ile ağın eğitiminde kullanılmamış olan 24 adet örnek alan verisi için tahminler elde edilmiştir. Bu tahmin değerleri ile gözlem değerleri arasındaki farka ilişkin “Eşlendirilmiş İki Örnek Testi (Paired t test)” sonucunda; veri sayısı $n=240$ olup, ortalama fark $\bar{D}=-6.0872$, farka ilişkin standart sapma $S_D=68.2109$, t hesap değeri $t=-1.383$, $p=0.168$ olarak hesaplanmış olup, bu örnek alanların farklı çap basamaklarındaki gözlemlenen ağaç sayıları ile 5 katmanlı derin öğrenme algoritması ile tahmin

edilen ağaç sayıları arasında % 95 güvenle anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir.

Bu çalışmada çap dağılımlarını modellemede en başarılı olarak belirlenen 5 katmanlı derin öğrenme algoritması kullanılarak, çalışma kapsamındaki 2 örnek alan için farklı çap basamaklarındaki tahmini ağaçları elde edilmiş ve bu örnek alanların farklı çap basamaklarındaki gözlemlenen ve tahmin edilen çap dağılımları Şekil 1’de verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde, 5 katmanlı derin öğrenme algoritması ile önemli ölçüde gözlemlenen çap dağılımlarına benzer değişimler elde edildiği görülmektedir.



Şekil 1. İki örnek alan için 5 katmanlı derin öğrenme algoritması ile tahmin edilen çap dağılımları ile aktüel çap dağılımlarını karşılaştırmalı gösteren grafik.

4. Tartışma ve sonuç

Bu çalışmada, yapay zekanın bir uygulaması olan derin öğrenme algoritmalarının çap dağılımlarının modellenmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, Trabzon ve Giresun Orman Bölge Müdürlüklerinde yayılış gösteren Doğu Ladini-Sarıçam karışık meşcerelerinden Ercanlı (2010) tarafından alınmış 161 örnek alan verisi kullanılmıştır. Örnek alanların çap dağılımlarını modellemek üzere 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonlarının parametreleri, dağılımın yüzdeliklerini esas alan bir eşitliklerle hesaplanmış, parametreleri bu eşitlikler ile elde edilen bu fonksiyon kullanarak tahmini çap dağılımları elde edilmiştir. Elde edilen bu tahminlerin başarı durumları, çeşitli başarı ölçütlerine göre karşılaştırılmış, en başarılı olarak da; çap dağılımın

%25, %50 ve %95’lik yüzdelik değerleri ile fonksiyon parametrelerini hesaplayan eşitlik belirlenmiştir. Bu eşitlik ile parametreleri hesaplanan 3 parametrelili Weibull fonksiyonuna ilişkin HKT değeri; 6126730, RMSE değeri; 67.5172, $R^2_{düz.}$ değeri; 0.6121, AIC değeri; 11351.16 ve SBC değeri ise; 11366.77 olarak elde edilmiştir. Yapay zekâ uygulaması olan derin öğrenme algoritmalarına ilişkin 8 farklı katman (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 katman seçenekleri) seçeneği, çeşitli başarı ölçüt değerlerine göre karşılaştırılmış, HKT değeri; 1286083, RMSE değeri; 30.9570, $R^2_{düz.}$ değeri; 0.9184, AIC değeri; 9252.41 ve SBC değeri ise; 9278.44 olarak elde edilen 5 katmanlı derin öğrenme algoritması, çap dağılımını modellemede en başarılı derin öğrenme algoritması olarak belirlenmiştir. Çap dağılımı modellenmesinde, istatistik yöntemlerden en çok tercih edilen ve başarılı sonuçlar veren 3 parametrelili Weibull olasılık

yoğunluk fonksiyonu ile bir yapay zeka uygulaması olan derin öğrenme algoritmalarının çap dağılımlarını modellemesine ilişkin sonuçlar karşılaştırıldığında; derin öğrenme algoritmalarının, 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre oldukça başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir. Özellikle, 3 parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre derin öğrenme ile HKT değerinde; 6126730 değerinden 1286083 değerine azalış (% 79.01 azalış), RMSE değerinde; 67.5172 değerinden 30.9570 değerine azalış (% 54.15 azalış), $R^2_{düz.}$ değerinde; 0.6121 değerinden 0.9184 değerine artış (% 30.63 artış), AIC değerinde; 11351.16 değerinden 9252.41 değerine azalış (% 18.49 azalış) ve SBC değerinde; 11366.77 değerinden 9278.44 değerine azalış (% 18.37 azalış) elde edilmiştir. Bu değerler değerlendirildiğinde, derin öğrenme algoritmaları ile orman meşcerelerinin çap dağılımının modellenmesinde önemli başarı artışları ve iyileşmeleri elde edilmiştir. Benzer iyileşmeler, ülkemizde yapay sinir ağları konusunda yapılan Özçelik et al. (2008), Diamantopoulou and Özçelik (2012), Özçelik et al. (2013), Özçelik et al. (2014), Diamantopoulou et al. (2015), Ercanlı vd. (2015), Şenyurt vd. (2015), Bolat (2015b), Ercanlı vd. (2016), Bolat ve Ercanlı (2016), Ercanlı vd. (2016), Günlü ve Ercanlı (2017), Ercanlı ve Bolat (2017), Ercanlı vd. (2018) çalışmalarda ve dünyada yapılan birçok çalışmada da elde edilmiştir. Yapı olarak yapay sinir ağlarının daha ötesinde kompleks bir yapıya sahip olan derin öğrenme algoritmalarının uygulandığı bu çalışmada, klasik olasılık yoğunluk fonksiyonlarına çap dağılımlarının modellenmesinde başarı artışları ve iyileşmeler belirgindir. Bu başarılı sonuçlar, derin öğrenme algoritmasının oldukça kompleks ve nonlinear yapısı ile orman meşcerelerinin farklı çap dağılımlarını başarılı temsil kabiliyeti ile açıklanabilir. 5 katmanlı derin öğrenme algoritmasında, 5 katmanda 100 nörondan oluşan oldukça fazla sayıda ağırlık (weights) değeri kullanılmakta olup, bu kompleks ağ yapısı, derin öğrenmeye farklı veri yapılarını başarıyla modelleyebilme kabiliyeti kazandırmaktadır. Böylece derin öğrenme algoritmaları, klasik regresyon modelleriyle zor ve mümkün olmayan tahmin başarılarının elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Derin öğrenme algoritmasına modellemede başarılı sonuçlar elde edilmesine imkan veren bu kompleks ağ yapısı, derin öğrenme algoritmasının anlaşılmasını ve uygulanmasını zorlaştırabilmektedir. Genel olarak, çalışmalarda denklem yapıları verilebilen istatistiksel fonksiyonların basit yapıları yanında, 5 katmanda 100'er adet ağırlık değerleri gibi çok sayıda ağırlık değerine sahip olan derin öğrenme algoritmasının denklem yapısının verilmesi ve elle

hesaplamaları içeren uygulamaların yapılması mümkün değildir. Bu bakımdan, derin öğrenme algoritmalarının uygulamaları, ancak çeşitli bilgisayar yazılımları ve programları ile mümkün olup, günümüz bilgisayar çağında yaşadığımız göz önüne alındığında, bunun da çok zor olmadığı açıktır.

Bu çalışmada çap dağılımlarının modellenmesinde başarıyla uygulanan derin öğrenme algoritmalarının, meşcere hacmi, göğüs yüzeyi, biyokütlesi ve karbonu gibi diğer meşcere özellikleri ile çap, boy, hacim ve artımı gibi tek ağaç özelliklerinin tahminindeki başarı durumları da araştırılması gerekmektedir. Yeni bir yöntem olarak ormancılık literatürüne giren bir yapay zeka uygulaması derin öğrenmenin, meşcere ve tek ağaç özelliklerinin tahmininde, klasik istatistik yöntemlerine karşı bir alternatif olarak değerlendirilmesine ilişkin farklı çalışmaların gerçekleştirilmesi önemli bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca yapay zeka ile elde edilecek tahminlerin, belirli ölçüt değerlerine göre başarı durumları yanında, ormancılık uygulamalarında önemli olan büyüme kanuniyetleri bakımından değerlendirilmesi de önemli olmaktadır.

Kaynaklar

- Andrasev, S., Bobinac, M., Orlovic, S. 2009. Diameter structure models of Black Poplar selected clones in the section Aigeiros (Duby) obtained by the Weibull distribution. Sumarski List 133, 589-603
- Atıcı, E. 1998. Değişikyaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsly.) Ormanlarında Artım ve Büyüme, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi. İstanbul Üniveristesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bailey, R. L., Dell, T. R. 1973. Quantifying Diameter Distributions with The Weibull Functio. Forest Science, 19, 97-104.
- Bailey, R. L., Burgan, T. M., Jokela, E. J. 1989. Fertilized mid-rotation aged slash pine plantations—Stand structure and yield prediction models. South. J. Appl. For. 13, 76-80.
- Baldwin, V. C., Feduccia, D. P. 1987. Lobolly pine growth and yield prediction for managed West Gulf plantations. USDA For. Serv. Res. Pap. SO 236, 27 p.
- Bolat F. 2015a. Bursa-Kestel Orman İşletme Şefliği içerisindeki meşcereler için çap dağılım modellerinin geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 77 s.
- Bolat, F. 2015b. Predictions for Oriental Beech Tree Heights Based on Artificial Neural Network in Kestel Forests, The 10th International Beech Symposium, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Turkey.
- Bolat, İ., Ercanlı, İ. 2016. Using Artificial Neural Network in Describing Diameter Distribution in an Even-Aged Forest. International Forestry Symposium, 7-10 December 2016, Kastamonu-Turkey

- Burkhardt, H. 1995. Modeling Forest Growth. *Encyclopedia of Environmental Biology*, 2, 535-543.
- Čavlović, J., Božić, M., Boncina, A. 2006. Stand Structure of an Uneven-Aged Fir–Beech Forest with an Irregular Diameter Structure: Modeling The Development of The Belevine Forest, Croatia. *European Journal of Forest Research*, 125, 4, 325-333.
- Cao, Q. V. 2004. Predicting Parameters of A Weibull Function for Modeling Diameter Distribution. *Forest Science*, 50, 682 – 685.
- Carranza-Rojas, J., Goeau, H., Bonnet, P., Mata-Montero, E., Joly, A. 2017. Going deeper in the automated identification of Herbarium specimens. *BMC Evol. Biol.* <http://dx.doi.org/10.1186/s12862-017-1014-z>.
- Carus, S. 1996. Aynı Yaşlı Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsly.) Meşcerelerinde Çap Dağılımın Bonitet ve Yaşa Göre Değişimi. *İstanbul Orman Fakültesi Dergisi*, 46, 171-181.
- Carus, S., Çatal, Y. 2008. Kızılcım (*Pinus brutia* Ten.) Meşcerelerinde 7-Ağaç Örnek Nokta Yöntemiyle Meşcere Ağaç Sayısının Çap Basamaklarına Dağılımının Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 158-169.
- Clutter, J. L., Bennett, F. A. 1965. Diameter Distributions in Old-Field Slash Pine Plantation. *Georgia Forest Research Council, Report No.13*.
- Clutter, J. L., Harms, W. R., Brister, G. H., Rhenney, J. W. 1984. Stand structure and yields of site-prepared loblolly pine plantations in the lower coastal plain of the Carolinas, Georgia, and North Florida. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. SE-27*, 173 p.
- Doğdaş, İ. 2014. Burdur-Ağlasun yöresi kızılçım (*Pinus brutia* Ten.) ormanlarında meşcere ağaç sayısı, hacim ve hacim artımının çap basamaklarına dağılımının modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 98s, Isparta.
- Diamantopoulou, M. J., Özçelik, R. 2012. Evaluation of different modeling approaches for total tree-height estimation in Mediterranean Region of Turkey. *Forest Systems*, 21, 3, 383-397.
- Diamantopoulou, M. J., Özçelik, R., Crecente-Campo, F., Eler, Ü. 2015. Estimation of Weibull function parameters for modeling tree diameter distribution using least squares and artificial neural networks methods. *Biosystem engineering*, 133, 33-45.
- Ercanlı, İ. 2010. Trabzon ve Giresun orman bölge müdürlükleri sınırları içerisinde yer alan Doğu Ladini (*Picea orientalis* (L.) Link)-Sarıçım (*Pinus sylvestris* L.) Karışık meşcerelerine ilişkin büyüme modelleri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ercanlı İ., Bolat F., Kahrıman A. 2013. Comparing parameter recovery methods for diameter distribution models of Oriental spruce (*Picea orientalis* (L.) Link.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) mixed stands located Trabzon and Giresun Forest Regional Directorate. *International Caucasian Forestry Symposium (24-26 October)*, 119-126, Artvin, Turkey.
- Ercanlı, İ., Kahrıman, A., Bolat, F. 2015. Applications of Artificial Neural Network for Predicting The Relationships Between Height And Age For Oriental Beech. *The 10th International Beech Symposium*, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Turkey.
- Ercanlı, İ., Günlü, A., Şenyurt, M., Bolat, F., Kahrıman, A. 2016a. Artificial neural network for predicting stand carbon stock from remote sensing data for even-aged scots pine (*pinus sylvestris* l.) Stands in the taşköprü-çiftlik forests. *1st International Symposium of Forest Engineering and Technologies (FETEC 2016)*, Bursa Technical University, Faculty of Forestry, 2-4 June 2016, Bursa-TURKEY.
- Ercanlı, İ., Kahrıman, A., Yavuz, H. 2016b. Predicting Oriental Spruce and Scots Pine Tree Diameter Increments Based on Artificial Neural Network Located in Mixed Oriental Spruce-Scots Pine Stands at Trabzon and Giresun Forest District. *International Forestry Symposium*, 7-10 December 2016, Kastamonu-Turkey
- Ercanlı, İ., Bolat. 2017. Diameter distribution Modeling based on Artificial Neural Networks for Kunduz Forests. *International Symposium on New Horizons in Forestry-ISFOR 2017*, Isparta University, Faculty of Forestry, 18-20 October, Isparta, Turkey.
- Ercanlı, İ., Günlü, A., Şenyurt, M., Keleş, S. 2018. Artificial neural network models predicting the leaf area index: a case study in pure even-aged Crimean pine forests from Turkey. *Forest Ecosystems*, 5-29.
- Feduccia, D. P., Dell, T. R., Mann, W. F., Polmer, B. H. 1979. Yields of unthinned loblolly pine plantations on cutover sites in the West Gulf region. *USDA For. Serv. Res. Pap. So-148*, 88 p.
- Gadow, K. V., Hui, G.Y. 1999. Modeling Forest Development. *Kluwer Academic Publishers, Dordrecht*, 213 p.
- Garcia, O. 2001. Growth and Yield in British Columbia Background and Discussion. *University of Northern British Columbia General Technical Report*, 88 p.
- Günlü, A., Ercanlı, İ. 2017. Evaluating some artificial neural networks and multiple linear regression model for predicting carbon of pure oriental beech stand in Göldağ forests. *International Symposium on New Horizons in Forestry-ISFOR 2017*, Isparta University, Faculty of Forestry, 18-20 October, Isparta, Turkey.
- Güneş, S. 2015. Isparta yöresi Kızılcım meşcerelerinde çap dağılımının örnek nokta ağaç sayısına göre modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 85 s.
- Gorgoso-Varela, J. J., Alvarez-Gonzalez, J. G., Rojo, A., Grandas-Arias, J. A. 2007. Modelling diameter distributions of *Betula alba* L. stands in northwest Spain with the two-parameter Weibull function. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 16: 113-123.
- Hafley, W. L., Schreuder, H. T. 1977. Statistical distributions for fitting diameter and height data in even-aged stands. *Canadian Journal Forest Research*, 7, 481–487.
- H2O.ai Team., 2018. H2O documentation, URL: <http://docs.h2o.ai>
- Jiang, L. C., Brooks, J. R. 2009. Predicting diameter distributions for young longleaf pine plantations in Southwest Georgia. *South. J. Appl. For.* 33: 25-28.

- Kahrıman, A., Yavuz, H. 2011. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)-Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) Karışık Meşcerelerinde Çap Dağılımlarının Olasılık Yoğunluk Fonksiyonları ile Belirlenmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 12, 2, 109-125.
- Karakaş R. 2013. Önsen doğal Fıstıkçamı (*Pinus pinea* L.) meşcerelerinde çap dağılımlarının modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütcü İmam Fen Bilimleri Enstitüsü, 67s.
- Knoebel, B. R., Burkhart H. E., Beck, D. E., 1986. A Growth and Yield Model for Thinned Stands of Yellow-Poplar. Forest Science Monograph, 27, 39 p.
- Knowe, S. A. 1992. Basal Area and Diameter Distribution Models for loblolly Pine Plantations with Hardwood Competition in The Piedmont and Upper Coastal Plain. South. J. Appl. For., 16, 93-98.
- Knowe, S. A., Ahrens, G. A., DeBell, D. S. 1997. Comparison of diameter-distribution prediction, stand-table -projection and individual-tree growth modeling approaches for young red alder plantations. Forest Ecology and Management, 96, 207-216.
- LeCun, Y., Bengio, Y., Hinton, G. 2015. Deep learning. Nature 521, 436-444.
- Liu, C., Zhang, S. Y., Lei, Y., Newton, P. F., Zhang, L., 2004. Evaluation of Three Methods for Predicting Diameter Distributions of Black Spruce (*Picea Mariana*) Plantations in Central Canada. Canadian Journal of Forest Research, 34, 2424 - 2432.
- Lohrey, R. E., Bailey, R. L. 1977. Yield tables and stand structure for unthinned long leaf pine plantations in Louisiana and Texas. USDA For. Ser. Res. Pap. SO-133. 55 p.
- Maltamo, M., 1997. Comparing basal area diameter distributions estimated by tree species and for the entire growing stock in a mixed stand. Silva Fennica, 31, 1, 53-65.
- Maltamo, M., Puumalainen, J., Paivinen, R. 1995. Comparison of Beta and Weibull Functions for Modeling Basal Area Diameter Distributions in Stands of *Pinus Sylvestris* and *Picea Abies*. Scandinavian Journal of Forest Research, 10, 184-295.
- Matney, T. G., Sullivan, A. D. 1982. Compatible Stand and Stock Tables for Thinned and Unthinned Loblolly Pine Stands. Forest Science, 28, 161-171.
- Nord-Larsen, T., Cao, Q. V. 2006. A Diameter Distribution Model for Even-Aged Beech in Denmark. Forest Ecology and Management, 231, 218-225.
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M.J., Wiant, H. R., Brooks, J. R. 2008. Comparative study of standard and modern methods for estimating tree bole volume of three species in Turkey. Forest Products Journal, 58, 6, 73-81.
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Crecente-Campo, F., Eler, U. 2013. Estimating Crimean juniper tree height using nonlinear regression and artificial neural network models. Forest Ecology and Management 306, 52-60.
- Özçelik, R., Diamantopoulou, M. J., Brooks, J. R. 2014. The use of tree crown variables in over-bark diameter and volume prediction models. iForest-Journal of Biogeosciences and Forestry, 7:132-139.
- Packard, K. C., 2000. Modeling Tree Diameter Distributions for Mixed-Species Conifer Forests in the Northeast United States. Master Thesis, State University of New York, New York, USA., 129 p.
- Palahi, M., Pukkala, T., Trasobares, A. 2006. Calibrating Predicted Tree Diameter Distributions in Catalonia (Spain). Silva Fennica, 40, 3, 487-500.
- Palahi, M., Pukkala, T., Trasobares, A. 2007. Modeling The Diameter Distribution of *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* and *Pinus halepensis* Forest Stands in Catalonia Using the Truncated Weibull Function, Forestry, 79, 5, 553-562.
- Podlaski R. 2006. Suitability of The Selected Statistical Distributions for Fitting Diameter Data in Distinguished Development Stages and Phases of Near-Natural Mixed Forests in The Świętokrzyski National Park (Poland). Forest Ecology and Management, 236, 393-402
- Poudel, K. P. 2011. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions, MSc. Graduate Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, 60 p.
- Poudel, K. P., Cao, Q. V. 2013. Evaluation of methods to predict Weibull parameters for characterizing diameter distributions. Forest Science, 59, 2, 243-252.
- Pukkala, T., Saramaki, J., Mubita, O., 1990. Management Planning System for Tree Plantations; A Case Study for *Pinus Kesiya* in Zambia. Silva Fennica, 24, 171-180.
- Rennolls, K., Geary, D. N., Rollinson, T. J. D. 1985. Characterizing Diameter Distributions by The Use of The Weibull Distribution. Forestry, 58, 58-66.
- Saraçoğlu, Ö. 1988. Karadeniz Yöresi Göknaar Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. O. G. M. Yayınları, No: 25, 312.
- Saramäki J. 1992. A growth and yield prediction model of *Pinus kesiya* (Royle ex Gordon) in Zambia. Acta Forestalia Fenica 230, 68 p.
- Smalley, G. W., Bailey, R. L. 1974. Yield Tables and Stand Structure for Shortleaf Pine Plantations in The Tennessee, Alabama and Georgia Highlands. USDA Forest Service Research Paper, 97 p.
- SPSS Institute Inc. 2005. SPSS Base 12.0 User's Guide, 688 p.
- Sönmez, T., Günlü, A., Karahalil, U., Ercanlı, İ., Şahin, A. 2010. Saf Doğu Ladini Meşcerelerinde Çap Dağılımının Modellenmesi, "III. Ulusal Karadeniz Ormançılık Kongresi Bildiriler Kitabı. 20-22 Mayıs 2010, Artvin", Cilt: I, 388-398
- Şenyurt, M., Ercanlı, İ., Yavuz, H., Kahrıman, A. 2015. Predicting Stand Yield Parameters Based On Artificial Neural Network for Oriental Beech in Kestel Forests, Bursa. The 10th International Beech Symposium, 1-6 September, 2015, Kastamonu, Turkey.
- van Laar A., Akça A. 2007. Forest mensuration: in Managing Forest Ecosystems, Dordrecht, The Netherlands: Springer. 383 p.
- Yavuz, H. 1992. Değişik Yaşlı Meşcerelerde Büyümenin Markov Zincirleri Yöntemi ile Analiz Edilmesi. Doktora Tezi, K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 230 s.

Yavuz, H., Gül, A. U., Mısır, N., Özçelik, R., Sakıcı, O. E. 2002. Meşcerelerde Çap Dağılımlarının Düzenlenmesi ve Bu Dağılımlara İlişkin Parametreler ile Çeşitli Meşcere Ögeleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan İstanbul.

Zhang, L., Liu, C. 2006. Fitting Irregular Diameter Distributions of Forest Stands by Weibull, Modified Weibull and Mixture Weibull Models. Journal Forest Research, 11, 369-372.



Spatial Distribution of Some Toxic Elements in Some Urban Soils of Çankırı, Turkey[□]

S. Erşahin¹, G. Karahan^{2,*}, E. Gül¹, S. Sünal¹, Ü. Dikmen¹, B.C. Bilgili²

¹Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Forest Engineering, 18200, ÇANKIRI, TURKEY

²Çankırı Karatekin University, Faculty of Forestry, Department of Landscape Architecture, 18200, ÇANKIRI, TURKEY

ARTICLE INFO

Received: November 26, 2018

Accepted : December 17, 2018

*Corresponding author's e-mail address:
gkarahan03@gmail.com

[□] This paper was presented in 9th International Soil Science Congress on "The Soul of Soil and Civilization" 14-16 October, 2014, Antalya, Turkey.

ABSTRACT

Urban soils in Çankırı city have a high potential impact on water and air quality in residential areas. High heavy metal contents of these soils may pose considerable risk to the urban residences as most of the soils are bare due to inappropriate conditions for plant growth. We evaluated vertical and horizontal distribution of heavy metals concentrations in soils along the highway crossing the city in NE to SW direction. Each of ten sampling sites was sampled at five soil depths (0-2,5; 2,5-7,5; 7,5-12,5;12,5-17,5; 17,5-30 cm). The concentrations of heavy metals were measured using an Inductively

Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). Means of heavy metal concentrations were Fe>Mg>Mn>Ni>Cr>Zn>Cu>Ca>Co> Pb>Na>K>Cd>Hg. Concentrations of Fe and Mg were higher than critical values set for their maximum threshold soil concentrations for human health. The spatial distributions of Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, K, and Ca concentrations gradually decreased from NE to SW. Concentrations of Hg was far greater in the NE-half than SW-half, while concentration of Na was far greater in the SW-half of the transect than its NE- half. Concentrations of Cd, Cu, and Pb showed patchy distribution, and greater Zn concentrations occurred at both ends of the transect compared to values closer to city center. No significant correlation was found between pH and concentration of any of the studied heavy metals. In general, horizontal variation of heavy metals were greater compared to their vertical variation. Concentration of Mg was far greater than that of Ca and this was attributed to the parent material of the soils, which comprises considerable amount of serpentine. Potential contamination indices of the soil samples were: Fe, Mg, Na, Ca, K, Cr, Ni, Co, Cu, Mn, Zn, Cd, Pb, and Hg in decreasing order. Integrated pollution index showed that Fe and Mg concentrations of all samples were greater than 1, suggesting that these heavy metals have a significant risk on health of city residents.

Keywords: Çankırı, Heavy metals, Public health, Serpentine, Sodic urban soils.

Bazı Çankırı Şehir Topraklarında Toksik Elementlerin Uzaysal Değişimi

ÖZ

Çankırı şehir toprakları, şehirdeki hava ve su üzerinde önemli potansiyel kirlenici etkiye sahiptir. Bu topraklar, içerdikleri yüksek miktarlardaki ağır metaller ve yüzeylerinin çıplak olması nedeniyle şehir sakinleri üzerinde önemli sağlık riski taşımaktadır. Bu çalışmada, şehri kuzeydoğu ve güneybatı yönünde ikiye ayırmakta olan şehirlerarası ana yol boyunca toprakların ağır metal içeriklerinin dikey ve yatay yöndeki değişimi incelenmiştir.

Bu bağlamda hat belirlenen 10 noktadan derinlik esasına göre (0-2,5; 2,5-7,5; 7,5-12,5;12,5-17,5; 17,5-30 cm) alınan toprak örnekleri Inductively Coupled Plasma (ICP-MS) kullanılarak ağır metaller için analiz edilmiştir. Sonuçlar ortalamaların Fe>Mg>Mn>Ni>Cr>Zn>Cu>Ca>Co> Pb>Na>K>Cd>Hg şeklinde olduğunu göstermiştir. Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, K ve Ca konsantrasyonu kuzey batından güneydoğuya doğru azalan bir seyir göstermiştir. Çıva konsantrasyonu hattın kuzeydoğu yarısında, güneybatı yarısına nazaran daha yüksek bulunurken; Na içeriğinin güney batı kısmında kuzey doğu kısmına nazaran çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kadmiyum, Cu ve Pb

Citation:

Erşahin, S., Karahan, G., Gül, E., Sünal, S., Dikmen, E., Bilgili, B.C., 2018. Spatial Distribution of Some Toxic Elements in Some Urban Soils of Çankırı, Turkey. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi 4(2): 133-143.

konsantrasyonu yamalı/parçalı (patchy) bir dağılım göstermiş, Zn içeriği ise hattın uçlarına yakın bölgelerde merkeze göre çok daha yüksek değerler almıştır. Toprakların pH değerleri ile ağır metal konsantrasyonları arasında önemli bir ilişki çıkmamıştır. Genellikle, ağır metal konsantrasyonları dikey yöne nazaran yatay yönde daha yüksek değişkenlik göstermiştir. Düşük Ca/Mg oranı, bazı toprakların ana materyalinin önemli ölçüde serpantin içerdiğini göstermektedir. Toprakların potansiyel kirlenme indislerinin azalan yönde Fe, Mg, Na, Ca, K, Cr, Ni, Co, Cu, Mn, Zn, Cd, Pb ve Hg şeklinde olduğu belirlenmiştir. Entegre kirlilik riski Fe ve Mg diğerlerinin 1'den büyük olması nedeniyle bu metallerin şehirdeki insanların sağlığı üzerine önemli risk oluşturduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Çankırı, Ağır metaller, Halk sağlığı, Serpantin, Sodik şehir toprakları

1. Introduction

High concentrations of heavy metals in urban soils often pose critical risks to public health especially in developing countries where urbanization, industrialization, and rapid population take place concurrently (Odoi et al., 2011). Each of those heavy metals manifests its unique human health concern, which becomes critical over a specified concentration. The origin and source of those metals can be highly different. For example, Pb, Cu, and Zn are more anthropogenic origin (Bilos et al., 2001), while Ni, Cd, and As are mainly terrestrial origin. Number of studies has been conducted on distribution of heavy metals around the world. Wei and Yang (2010) reported that concentrations of Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, As, Hg and Cd were higher in urban soils and road dusts than their background values in over 25 cities across China. Vince et al. (2014) reported that Ba, Cd, Cu, Pb and Zn accumulated in the soils of Berehove, a small city in West-Ukraine, primarily resulted from anthropogenic activity.

The principal sources of elevated concentrations of heavy metals in urban soils are traffic, industrial activity, and household and industrial (toxic) wastes (Vince et al., 2014). Therefore, the studies regarding the heavy metal contamination of urban soils focus mainly on the large industrial centers and metropolises (Vince et al., 2014). On the other hand, geochemical quality of urban soils is a significant measure of a safe environment (Salonen and Korkka-Niemi, 2007). Large number of studies (Salonen and Korkka-Niemi, 2007) showed that the urban soil generally have greater concentrations of Pb, Cu, Zn, Hg, V, Ni and Mn than corresponding background samples.

Even in small towns, significant heavy metal pollution can be possible due to various human activities, such as shipyards, traffic, and industry (Salonen and Korkka-Niemi, 2007). In addition, geological factors can be major controls on the distribution of metals in some cases.

According to Jung (2001) and Park et al. (2006) heavy metals are released into the environment by

both anthropogenic and natural sources. Heavy metals occur in almost all soils naturally, but their concentrations and impact in soil can be influenced by many factors (Facchinelli et al. 2001), such as anthropogenic activities such as industry, mining, and agriculture), climate, and parent material. According to studies, we can explain the anthropogenic sources of heavy metals into three categories. These are urban and natural elements, and elements of a mixed origin (Miguel et al. 1997). Motor vehicles, industry, and weathered materials are mainly sources of heavy metals in the urban area (Douay et al. 2007). Wei and Yang (2010) reported that anthropogenic sources of heavy metals in environment include traffic emission (vehicle exhaust particles, tire wear particles, weathered street surface particles, brake lining wear particles), industrial emission (power plants, coal combustion, metallurgical industry, auto repair shop, chemical plant, etc.), domestic emission, weathering of building and pavement surface, atmospheric deposits etc. in urban soils.

The parent material also largely influences contents of heavy metals in many soil types, with concentration sometimes exceeding the critical values (Palumbo et al., 2000; Romić and Romić, 2003; Salonen and Korkka-Niemi, 2007). Heavy metals are found in soils derived from different types of parent material. The natural amounts and compositions of the heavy metals are closely related to their concentrations and compositions in the parent materials. For instance, soils derived from serpentine, are generally rich in Mg and Ni. The ratio of concentration in soil to parent materials may be affected by soil forming factors (climate, topography, and vegetation) and processes (translocation, transformation, and transportation).

Brady and Weil (2011) reported that the physical, chemical, and biological properties of soils affect the mobility and toxicity of these heavy metals to environment. The mobility of each heavy metal is specific depending on its chemistry (chemical speciation) in soil aqua system and reaction (adsorption-desorption) to soil surfaces. For example soils poor in organic matter content, are prone to release heavy metals. Because, organic matter have a

profound sorption capacity of the heavy metals (Sposito, 2008) and in soils with lower pH, the risk of heavy metal toxicity is greater as cation exchange sites of the soil particles are invaded by H^+ (Brady and Weil, 2011).

Sodic soils are characterized by their $pH > 8.5$, $EC < 4 \text{ dS m}^{-1}$ and exchangeable sodium percentage > 15 . These soils are known with their poor soil physical properties such as extremely low water infiltration and percolation and extremely poor soil aggregate stability. These soils become extremely hard when they dry, and sticky and impermeable when they wet. Soil sodicity is generally caused by irrigation of agricultural lands. However, soils derived from high sodium bearing deposits and rocks in arid, semi-arid, and semi humid climates can be highly sodic depending on physical and chemical properties of parent material. The soils of study area are derived from sodic lacustrine deposits. Their high clay content and pH may immobilize the heavy metals. However, since these soils are completely bare due to their poor physical and chemical properties, they are highly prone to be transported by wind to adjacent city parks, streets, bazaars, and so on, where they cause significant health problems.

Akyıldız and Karataş (2018) investigated heavy metal pollution in the Adana urban soils. They found widely above standard values for Ni, As, Cr, and Al. They noted that these results related with geological and environmental factors. Besides geological origin, industrial and household origin heavy metal pollution has become serious problem in Çankırı urban soils. However, there is no literature on the spatial distribution pattern and contamination levels of those heavy metals in soil of Çankırı city. The aim of this study was to assess the vertical and

horizontal distribution and contamination levels of the heavy metals (Fe, Mg, Mn, Ni, Cr, Zn, Cu, Ca, Co, Pb, Na, K, Cd, Hg) and the potential ecological risk of heavy metal pollutants in urban soils of Çankırı city.

2. Material and methods

2.1. Study area

This study was carried out in city of Çankırı, with a population of 72.000 located at $40^\circ 30' 41''$ North latitude and $32^\circ 30' 34''$ East longitudes between Kızılırmak and the main basins of the West Black Sea in the north of Central Anatolia Region of Turkey (Fig. 1). The city is 723 m above sea level. The climate in the region is semi-arid and annual temperature, humidity, and rainfall is 11°C , 60 %, and 418 mm, respectively (Anonymous, 2017). Çankırı is covered with bare mountains and plateaus generally, and soils of city are under threat from soil erosion.

2.2. Soil sampling and analysis

Soil samples were taken from 10 sampling sites on a transect along the highway crossing the Çankırı city in NE to SW direction at a distance of approximately 6 km. Each sampling site was sampled at five different soil depths (0-2.5; 2.5-7.5; 7.5- 12.5; 12.5-17.5; 17.5-30 cm). The sampling sites were chosen at localities where red colored soils dominate. The soil samples were air dried in laboratory, screened through 2 mm steel sieve, and stored in small self-sealing plastic bags. Some information on sampling sites is given in Table 1.

Table 1 Traffic and population loads and land uses of the sampling sites.

Sampling No	Sampling Site	Traffic load	Population load	Land uses
S1	Correctional center	Medium	Sparse	RA
S2	Correctional center	Medium	Sparse	RA
S3	Correctional center	Medium	Sparse	RA
S4	Correctional center	Medium	Sparse	RA
S5	Student dormitory	Heavy	Medium	RA
S6	Student dormitory	Heavy	Medium	RA
S7	Locomotive storage	Heavy	Sparse	IA
S8	Rail factory	Heavy	Sparse	IA
S9	Rail factory	Heavy	Sparse	IA
S10	Gas station	Heavy	Medium	CA

IA: Industrial area, RA: Residential area, CA: Commercial area

For ICP-MS analysis (Agilent 7700 series), 0.5 g of a soil sample was digested in an aqua regia with 8 ml (1:3 HNO_3 : HCl ; 1/4 nitric acid, 37%, 3/4 hydrochloric acid, 65%) and dried at 120°C . Then, HNO_3 (10 ml, 0.5 M) was added to the samples.

After filtered through blue band, residue was washed with 10 ml of 0.5 molar HNO_3 , and completed with ultrapure water to 1000 ml. The filtrate was completed with ultrapure water to 50 ml. Finally, the total concentrations of Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu,

Zn, Cd, Hg, Pb, and Na were measured with an ICP-MS. Soil particle-size distribution (Gee and Bauder, 1986), aggregate stability index (Kemper and Rosenau, 1986), pH and EC (McLean, 1982), soil organic matter content (Nelson and Sommers, 1982),

and CaCO_3 (McLean, 1982) were determined in soil samples. Vertical and horizontal distributions of studied heavy metals were mapped by computer program the GS⁺ (Robertson, 2001).

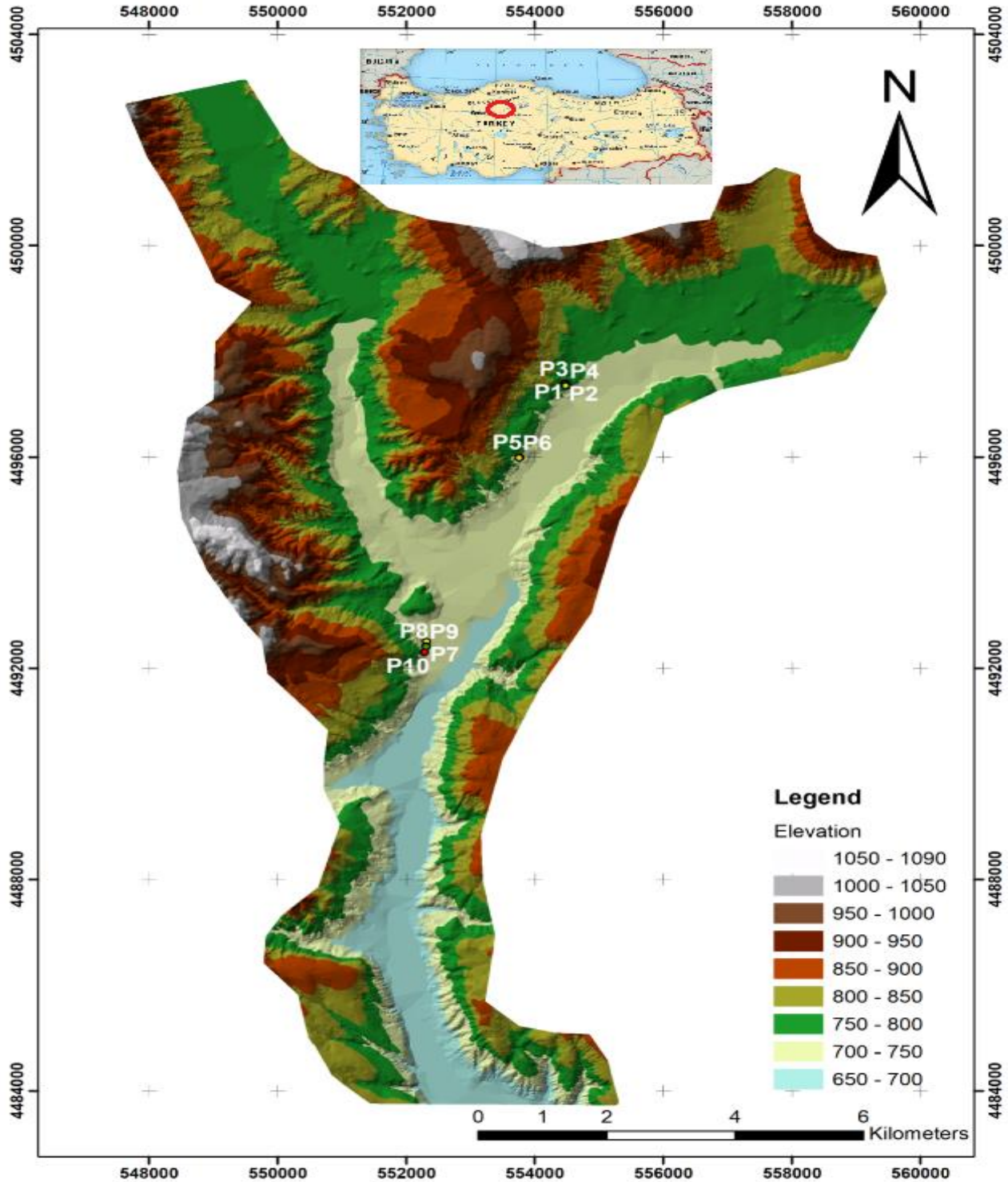


Figure 1 Location of the study area and sampling points (P1, P2, P3, P4: Correctional center; P5, P6: Student dormitory; P7: Locomotive storage, P8, P9: Rail factory, P10: Gas station).

3. Results and discussion

3.1 Contamination levels of heavy metals

The concentrations of metals (Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb, and Na) in urban soils of Cankırı city were showed in Table 2. The soils are clay with a pH>8.5, EC <4 dS m⁻¹, and have very low aggregate stability (Table 2). Contrary to clay content, sand content had a highly negatively skewed distribution. The greatest variation occurred for EC and lowest for pH. These results are compatible to majority of the data reported by others. The aggregate stability is very low and this explains the low hydraulic conductivity of these soils, which results in observed micro landslides at sloping sites under snowmelt and rainfalls.

Descriptive statistics of soil heavy metal contents in studied soils were given in Table 3.

Concentrations of Mg and Fe are greater than their critical values (Table 3). According to Webster (2002), distribution of Mg was slightly and of Fe was strongly left skewed. Greatest variation occurred for Cu and lowest for Zn. The variations for heavy metals were generally high. Considerably high right skewed distribution occurred for Cu, Cd, and Pb, indicating that some extremely high values of these metals occurred in some locations. However, their maximum values indicate these metals do not pose any risks for public health as they are far below their critical thresholds. In general, the metals with greater variation tended to distribute non-normally.

Table 2 Descriptive statistics of some physical and chemical properties of the study soils (N=50).

Soil Properties	Max.	Min.	Mean	S.D.	Skewness	Kurtosis	CV %
Sand, %	50.00	6.00	10.80	6.24	5.22	32.68	57.00
Silt, %	24.00	4.00	12.40	3.86	0.26	-0.31	32.00
Clay, %	88.00	42.00	76.82	6.98	-2.41	11.68	9.10
AS (%)	0.14	0.004	0.06	0.04	-0.16	-1.15	62.50
Salt (%)	0.26	0.01	0.07	0.06	1.65	2.11	90.70
pH	10.10	8.90	9.80	0.27	-1.42	2.07	2.80
OM, %	2.02	0.47	1.14	0.46	0.36	-0.75	40.40
CaCO ₃ , %	22.23	4.29	13.76	2.98	-0.52	2.92	21.60
EC(dS/m)	4.53	0.27	1.17	0.98	1.92	3.50	84.10

Max: Maximum, Min: Minimum, CV: Coefficient of variation, SD: Standard deviation, AS: Aggregate stability, OM:Organic matter, EC: Electrical conductivity

The maximum values of sand and silt content were found in first depth (0-2.5 cm) of 1. sampling point (Correctional center). However, the minimum sand content was found in fourth depth (2.5-7.5 cm) of 1. sampling point and minimum silt content was found in fifth depth (17.5-30 cm) of 4. sampling point (Railway factory). In addition, organic matter content of soils showed maximum values in 2.,3.,4., and 5. depths of 1. sampling point (correctional center). The CaCO₃ content also showed maximum value in fifth depth (17.5-30 cm) of 1. sampling point. The minimum values of organic matter content were found in third and fifth depths (7.5-12.5 and 17.5-30 cm) of 9. sampling point (Rail factory) and first depth of 10. sampling point (Gas station). The minimum value of CaCO₃ content was found in fourth depth (12.5-17.5 cm) of 8. sampling point (Rail factory).

The maximum value of soil clay content was found in fourth depth (12.5-17.5 cm) of 10. sampling point (Gas station) and the minimum value was found in fifth depth (17.5-30 cm) of 4. sampling point (Railway factory). Moreover, soil pH values showed maximum values in all depths of 10. sampling point (Gas station). The minimum value of

soil pH was found in fifth depth (17.5-30 cm) of 2. sampling point (Student dormitory). Related with soil electrical conductivity, the maximum value was found in fifth depth (17.5-30 cm) of 9. sampling point (Rail factory). The minimum value of EC was found in first depth (0-2.5 cm) of 5. sampling point (Student dormitory).

In general, the maximum values of soil properties were found mostly at the all depths of the 1. and 10. sampling points (Correctional center and Gas station), while the minimum values were seen at all depths of all samples.

Size of contaminated site, concentrations and type, and source of heavy metals are important factors to control of soil pollution in contaminated areas (Markus and McBratney 2001; McGrath *et al.* 2004; Luo *et al.*2007). The normalized pollution severity (NPS) value for the contamination level of the metals was calculated by Eq. (1).

$$NPS = \frac{C}{C_t} \quad (1)$$

where C is the concentration of metal in environment, C_t is the threshold value for the metal.

A NPS value greater than 1 indicates high risk of the element to the public health. The NPS-values of urban soils of Cankırı was presented in Fig. 2 and

metals with the highest NPS value and sampling zones are presented in Fig. 3.

Table 3 Descriptive statistics of soil heavy metal contents in studied soils (N=50).

Metals (mg kg ⁻¹)	Max.	Min.	Mean	SD	Skewness	Kurtosis	CV%
Mg	1399	308	840.7	265	-0.17	-0.42	31.50
Cr	73.13	1.60	12.14	24.41	1.60	0.72	2.00
Mn	66.10	15.52	35.75	12.25	0.61	-0.10	34.20
Fe	1511.91	452.50	1122.6	285.90	-1.07	0.44	25.40
Co	1.94	0.37	1.12	0.318	-0.16	0.23	28.40
Ni	12.89	2.91	9.03	2.62	-0.40	-0.81	29.00
Cu	15.17	0.46	1.94	2.10	5.47	-0.01	108.30
Zn	5.51	1.05	2.85	0.73	-0.01	3.59	25.70
Cd	0.37	0.003	0.027	0.06	5.25	31.68	200.40
Hg	0.04	0.001	0.01	0.01	2.03	4.76	105.90
Pb	5.10	0.39	0.95	0.82	3.76	15.65	86.80
Na	0.37	0.003	0.13	0.08	0.60	-0.22	63.30
K	0.12	0.03	0.08	0.02	-0.53	-0.05	28.30
Ca	2.19	0.62	1.44	0.39	-0.37	-0.34	27.10
Ca/Mg	2.52	1.35	1.76	0.26	0.72	0.51	14.80

Max: Maximum, Min: Minimum, SD: Standard deviation, CV: Coefficient of variation

The maximum value of Fe content was found in second depth (2.5-7.5 cm) of 9. sampling point (Railway factory). The minimum Fe content was found in second depth (2.5-7.5 cm) of 8. sampling point (also Railway factory). Moreover, the maximum value of Mg content was found in fifth depth (17.5-30 cm) of 1. sampling point (Correctional center). However, the minimum Mg content was found in in second depth (2.5-7.5 cm) of 6. sampling point (Student dormitory).

The Mean Normalized Pollution Severity (NPS_s) of elements in soil samples was given in Figure 2 and Normalized Pollution Severity (NPS) of Na, Mg, and Fe concentrations was given in Figure 3.

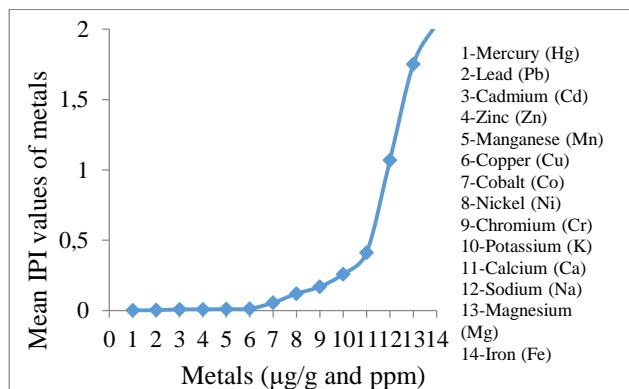


Figure 2 Mean normalized pollution severity (NPS) of metals in sampling points.

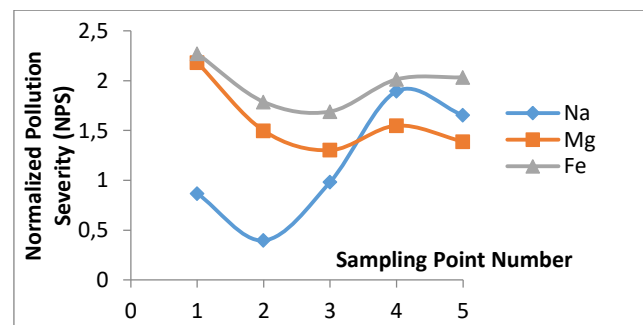


Fig. 3. Normalized pollution severity (NPS) of Na, Mg, and Fe concentrations at 1: Correction center, 2: Student dormitory, 3: Railway, 4: Rail factory, 5: Gas station.

The NPS_s of elements in soil samples ranged from 8.10^{-4} to 2.9. Figure 2 shows that the study soils are highly contaminated by Fe and moderately contaminated by Mg and Na. The maximum NPS value for Fe was 2.75, for Mg 2.92, and for Na 2.96. This indicates that the urban soils in the Çankırı city have been significantly impacted by these three metals (Fig. 3). It is highly difficult to comment on the source for Fe since it would be anthropogenic (mainly industrial) as well as geological. However, the high concentrations of Mg and Na could be mainly geological since the soils are derived from mostly serpentine and lacustrine originated sodic clay deposits.

3.2 Spatial distribution of metals

Spatial distribution of metal concentrations is a useful aid to assess the possible source of enrichment and determine spot sources of high metal concentration (Burgos *et al.*, 2008; Li *et al.*, 2008).

Surface maps for vertical and horizontal distribution of studied heavy metals Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, and Zn are given in Fig.4.

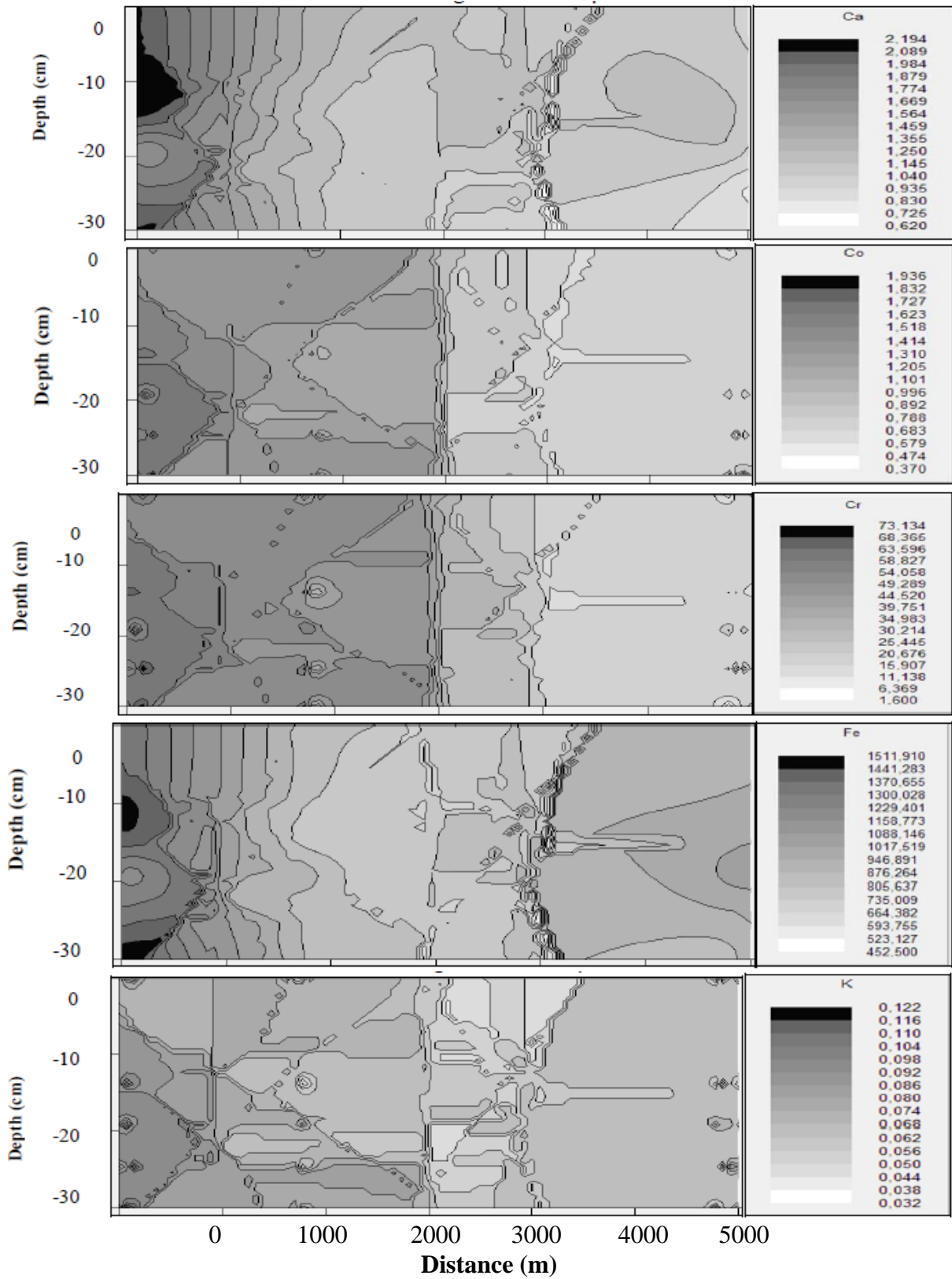


Fig. 4. Horizontal and vertical distribution of metal concentrations (µg/g) along the transect.

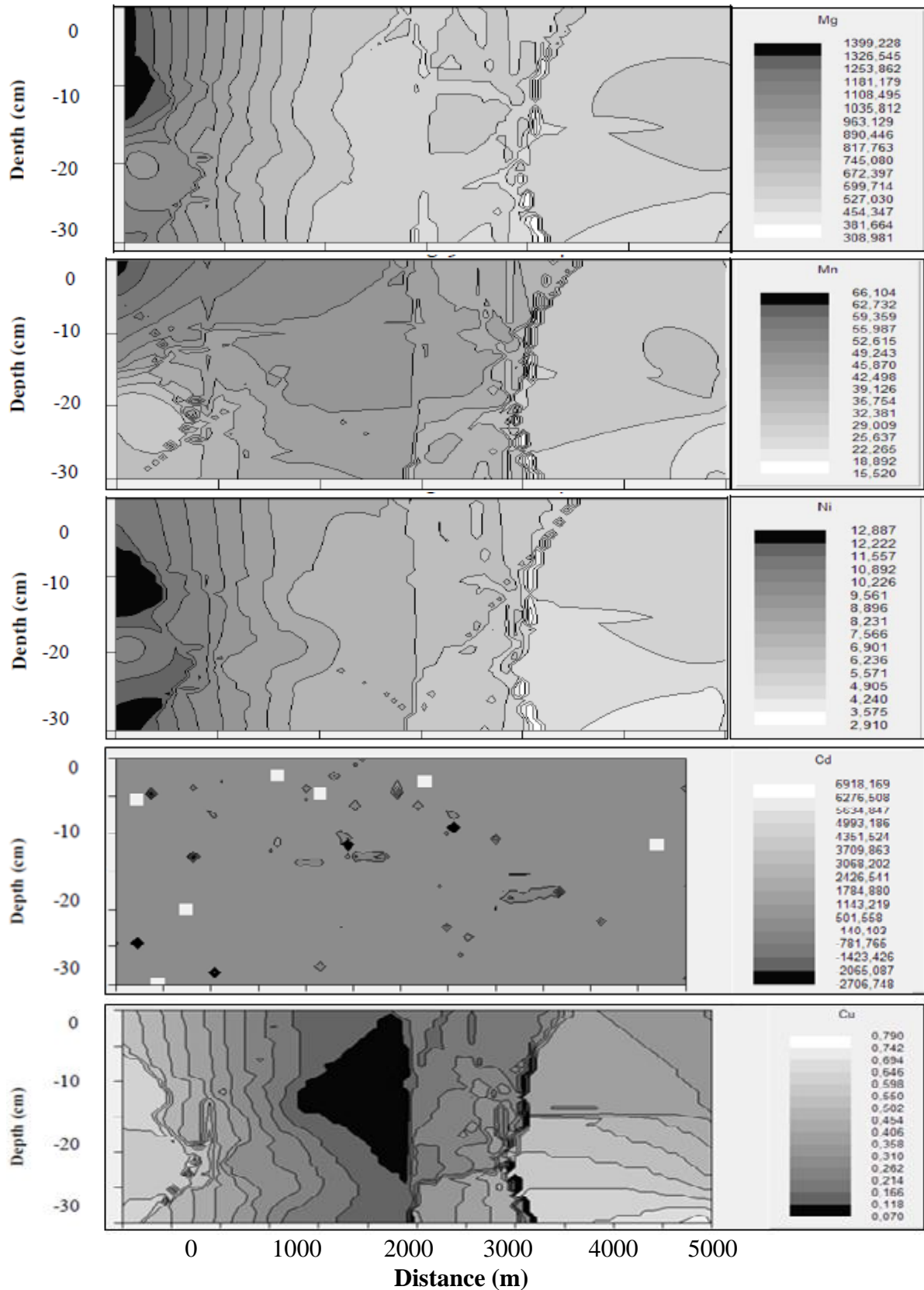


Fig. 4 (Cont.) Horizontal and vertical distribution ($\mu\text{g/g}$) of metal concentrations along the transect.

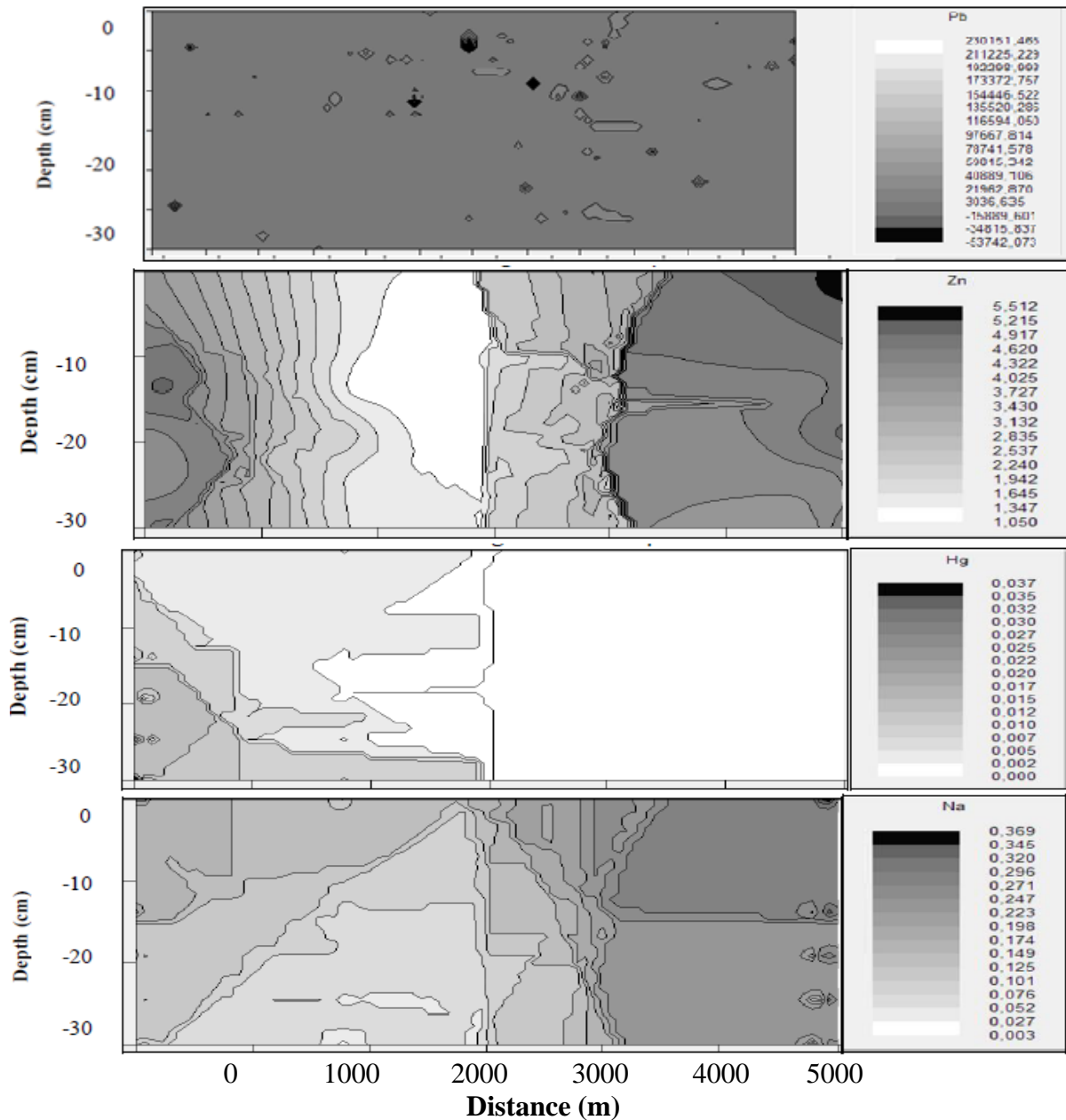


Fig. 4 (Cont.) Horizontal and vertical distribution of metal concentrations (µg/g) along the transect.

There are several clear trends in the distribution of the Fe, Mg, Ca, Co, Cr, K, Mn, and Ni, concentrations as they gradually increased from SW to NE, which can be attributed to gradual changes in composition of parent materials from North to South besides contributions from the urban activities such as industrial emissions and household wastes.

Concentrations of Cd, Pb, and Cu showed patchy distribution. Concentrations Cu exhibited hot spots nearby the center of the urban area. Greater Zn concentrations occurred at both ends of the transect compared to values closer to city center. Concentration of Hg was far greater in the NE half of the study area than SW half, while concentration of Na was far greater in the SW half of the study area than NE half. In general, horizontal variation of

heavy metals were greater compared to their vertical variation. No obvious relation was detected between pH and concentration of any of studied heavy metals.

The impact of the studied heavy metals should be mitigated. Unfortunately, high soil sodicity does not allow these areas are to be vegetated. In the past, many attempts were made to vegetate these soils, and all these attempts were unsuccessful. The city sprawls Omni directionally, resulting in excavate tremendous amounts of earth each year. Excavated material should be handled very carefully and protected in safe areas to avoid hazard of the heavy metals, especially those with high concentration. In other areas, the land may be left untouched or some special plantation techniques may be used to

vegetate these areas. Some sodicity tolerant grasses and bushes may be used in plantations. However, the chemical, biological, and physical properties of these soils should be considered carefully before any action to be taken for plantations. For example, some of these soils derived from serpentine and gypsum rocks and this may further obstruct adaptation of the plants to these localities. Since soils are considerably variable in parent material, plantations should be done site specifically. Low precipitation and high evapotranspiration result in parent materials dominate soil properties and relatively uniform accumulation of heavy metals by depth. Vince *et al.* (2014) specified that heavy metals can incorporate to the soil during the weathering of the soil-forming rocks. Thus, every soil may contain heavy metals more or less, depending on their concentration in the parent material.

Low Ca/Mg ratio is typical indicator of serpentine (Schaetzl and Anderson, 2005). Our low Ca/Mg (Table 3) ratio showed that the parent material of studied soils possesses serpentine in some degree. The poor productivity of serpentine soils was first attributed to the low Ca:Mg ratio present in serpentine substrates by Loew and May (1901). In general, soils derived from serpentine in arid and semi-arid regions are poor in organic matter and low in cation exchange capacity (O'Dell and Claassen, 2009).

4. Conclusions

We studied horizontal and vertical distribution of Mg, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Hg, Pb, Na, K, and Ca/Mg along a 7-km transect in Cankırı, North central Anatolia, Turkey. Their vertical and horizontal spatial distribution showed that concentrations of these heavy metals are principally controlled by their geologic origin since their spatial pattern exhibited prominent extremes and discontinuities, consistent with the observed pattern of parent material. Surface maps showed that concentrations of Fe and Mg exceeded their critical thresholds at many localities across the transect. These soils are highly vulnerable to water and wind erosions due to their poor hydraulic conductivity. Care should be taken to protect city and nearby streams from pollution of these metals. The soils may be vegetated to decrease surface erosion, avoiding pollution of nearby stream and residential areas by eroded sediments, transported by water and wind. The city is spreading in all directions, resulting in tremendous amount of excavated earth material exposed to air, posing a high risk to contaminate nearby residential areas by windblown

dusts. Therefore, the excavated material in construction areas should be handled carefully and stored in safe places to avoid environmental hazard of these heavy metals (especially Fe and Mg). The parent material of the soils comprises serpentine, which is characterized by low Ca/Mg ratio. The serpentine derived soils in arid and semi-arid regions often pose Mg contamination and have specifically adapted vegetation. Since the study soils considerably vary site-specifically depending on the dominance of parent material type (lacustrine sodic clay deposits, serpentine, gypsum, etc.), the plants should be chosen site-specifically for a successful plant adaptation in vegetating the bare soils.

Acknowledgments

The authors thank to Dr. Serhat Döker and Musa Uslu for their assistance in heavy metal analyses.

References

- Akyıldız, M. and Karataş, B. 2018. Investigation of Heavy Metal Pollution in the Soil at Adana City Center. Çukurova University Journal of the Engineering and Architecture, 33(2), pp. 199-214, June 2018.
- Anonymous, 2017. Çankırı meteoroloji bülteni, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Bilos, C., Colombo, J.C., Skorupka, C.N., Rodrigues, P.M.J., 2001. Sources, distribution and variability of airborne trace metal in La Plata City area, Argentina. Environ. Pollut., 111, 149–158. doi:org/10.1016/S0269-7491(99)00328-0
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2011. The Nature and Properties of Soils. Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall.
- Burgos, P., Madejón, M., Pérez-de-Mora, A., Cabrera, F., 2008. Horizontal and vertical variability of soil properties in a trace element contaminated area. International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation, 10, 11–25.
- Chen, T., Zheng, Y., Lei, M., Huang, Z., Wu, H., Chen, H., Fan, K., Yu, K., Wu, X. Tian, Q. 2005. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China, Chemosphere, 60, 542–551.
- Douay, F., Roussel, H., Fourrier, H., Heyman C., Chateau G., 2007. Investigation of heavy metal concentrations on urban soil, dust and vegetables nearby a former smelter site in Mortagne du Nord, Northern France. Journal of Soil and Sediments, 7, 143–146.
- Facchinelli, A., Sacchi, E., & Mallen, L., 2001. Multivariate statistical and GIS-based approach to identify heavy metal sources in soils. Environmental Pollution, 114, 313–324.
- Gee, G.W., Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. p. 383–411. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. 2nd ed. Agron. Manag. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

- Ji, Y.Q., Y.C. Feng, J.H. Wu, T. Zhu, Z.P. Bai, C.Q. Duan., 2008. Using geo-accumulation index to study source profiles of soil dust in China, *Journal of Environmental Sciences* 20, 571–578.
- Jung, M., 2001. Heavy metal contamination of soils and waters in and around the Imcheon Au-Agmine, Korea. *Applied Geochem*, 16, 1369-1375.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution, in: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, pp. 425–442.
- Li, J., Lu, Y., Yin, W., Gan, H., Zhang, C., Deng, X., Lian, J., 2008. Distribution of heavy metals in agricultural soils near a petrochemical complex in Guangzhou, China, *Environ Monit Assess*, 153, 365-375. doi:10.1007/s10661-008-0363-x.
- Loew O, May D.W., 1901. The relation of lime and magnesia to plant growth. U.S. Dep. Agric. Bur. Plant Ind. Bull., 1,1–53.
- Luo, W., Wang, T. Y., Lu, Y. L., Giesy, J. P., Shi, Y. J., Zheng, Y. M., et al., 2007. Landscape ecology of the Guanting Reservoir, Beijing, China: Multivariate and geostatistical analyses of metals in soils. *Environmental Pollution*, 146, 567–576.
- Markus, J., Mc Bratney, A. B., 2001. A review of the contamination of soil with lead II. Spatial distribution and risk assessment of soil lead. *Environment International*, 27, 399–411.
- McGrath, D., Zhang, C. S., & Owen, C. T., 2004. Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silvermines area, Ireland. *Environmental Pollution*, 127, 239–248.
- McLean, E., 1982. Soil pH and lime requirement, in: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy and SSSA, Madison, pp. 199–224.
- Miguel, E. De, Llamas, J.F., Chacon, E., Berg, T., Larssen, S., Royset, O., Vadset, M., 1997. Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: unleaded petrol and urban lead, *Atmospheric Environment*, 31, 2733–2740.
- Muller, G., 1969. Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River, *Geojournal*, 2 108–118.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter, in: Page, A.L., Miller, R., Keeney, D. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, pp. 539–579.
- O'Dell, R., Claassen, V., 2009. Serpentine revegetation: A Review. *Soil and Biota of Serpentine: A World View Northeastern. Naturalist* 16 (Special Issue 5), 253-271.
- Odoi, J., Armah, F., Luginaah, I., 2011. Assessment of Spatial Variability of Heavy Metals in Soils Under The Influence of Industrial Soap and Detergent Waste Water Discharge. *IJRRAS*, 9(2), 322-329.
- Palumbo, B., Angelone, M., Bellanca, A., Dazzi, C., Hauser, S., Neri, R., Wilson, J. 2000. Influence of inheritance and pedogenesis on heavy metal distribution in soils of Sicily, Italy. *Geoderma*, 95(3–4), 247-266.
- Park, J., Lee, J., Chon, H., Jung, M., 2006. Microbial effects on geochemical behavior of arsenic in As contaminated sediments. *J. Geochem. Explo*, 88, 134-138
- Robertson, G.P., 2001. GS+; Geostatistics for the Environmental Sciences, Version 7.0. Plainwell, Michigan, United States, Gamma Design Software.
- Romić M., Romić, D., 2003. Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. *Environ. Geol.*, 43(7), 795-805.
- Salonen, V., Korkka-Niemi, K., 2007. Influence of parent sediments on the concentration of heavy metals in urban and suburban soils in Turku, Finland, *Applied Geochemistry*, 22, 906–918.
- Schaetzl, R.J., Anderson, S., 2005. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, Cambridge
- Sposito, G., 2008. *The Chemistry of Soils*. Second Edition. Oxford University Press.
- Vince, T., Szabó, G., Csoma, Z., Sándor, G., Szabó, S., 2014. The spatial distribution pattern of heavy metal concentrations in urban soils - a study of anthropogenic effects in Berehove, Ukraine. *Cent. Eur. J. Geosci.*, 6(3), 330-343.
- Wei, B., Jiang, F., Li, X., Mu, S., 2009. Spatial distribution and contamination assessment of heavy metals in urban road dusts from Urumqi, NW China, *Microchemical Journal*, 93 (2)-147-152. doi:10.1016/j.microc.2009.06.001.
- Wei, B. and Yang, L., 2010. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*, 94, 99–107.

