

Sarp-Giresun Otoyol Çevresindeki Yapraklı Karayosunlarında Ağır Metal Analizleri

Bahadır KOZ^{1*}

Öz

Ağır metalleri biriktirme yeteneklerinden dolayı karayosunları, özellikle havadaki ağır metal kirliliğini takip edebilmek için oldukça uygundur. Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesindeki(Sarp-Giresun) karayosunları ve toprakları ağır metal analizi, ICP-MS (Endüktif Eşleştirilmiş Plazma – Kütle Spektrometresi) spektrometri yöntemi kullanılarak belirlendi. Karayosunlarının nitel analizi neticesinde, numunelerin V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb içerdiği gösterildi. Şehir merkezlerinden alınan karayosunu örneklerinde Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr ve V ortalama konsantrasyon değerleri 23,26, 101,15, 42,26, 55,45, 8,21, 5413,12, 333,58, 18,19 ve 27,00 olarak belirlenirken, şehirler arasından alınan karayosunu örneklerinde ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 17,57, 96,79, 42,38, 52,76, 6,23, 4561,71, 318,00, 17,65 ve 26,52 mg/kg olarak bulundu. Genel olarak karayosunlarında vanadyum, krom, mangan, demir, kobalt, nikel, bakır, çinko ve kurşun konsantrasyonlarının 2006-2017 yılları arasında azaldığı görüldü. Şehir merkezlerinden alınan toprak örneklerinde, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr ve V ortalama konsantrasyon değerleri 30,53, 166,19, 87,62, 183,12, 20,04, 15334,61, 730,63, 28,43 ve 50,83 mg/kg, merkez aralarından alınan toprak örneklerinde ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla şöyledir: 25,61, 286,21, 79,07, 123,89, 22,35, 14801,74, 461,79, 23,62 ve 44,57. Türkiye'de Sarp-Giresun Karayolu'ndaki karayosunlarında ki ağır metal konsantrasyonların da azalma olmasına rağmen, Dünya ile kıyaslandığında karayosunlarındaki ağır metal konsantrasyonları hala yüksek olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karayosunu; Ağır Metal; ICP-MS; Kirlilik

Heavy Metal Analysis in Mosses Around Sarp-Giresun Highway

Abstract

Abstract

Because of their ability to accumulate heavy metals, mosses are especially suitable to monitor heavy metal airborne pollution. The heavy metal analysis of mosses and soil in the East Black Sea region(Sarp-Giresun) of Turkey is determined using ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) spectrometry method. A qualitative moss analysis has shown that the samples contained V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn and Pb. While the mean concentration values of V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn and Pb in the moss samples collected from city centers are determined as 27.00, 18.19, 333.58, 5413.12, 8.21, 55.45, 42.26, 101.15 and 23.26 mg/kg, the mean concentration values in the moss samples collected from the city intervals are found as 17.57, 96.79, 42.38, 52.76, 6.23, 4561.71, 318.00, 17.65 and 26.52 mg/kg, respectively. In general, the concentration of Vanadium, Chromium, Manganese, Iron, Cobalt, Nickel, Copper, Zinc and Lead in mosses decreased between 2006 and 2017. While the mean concentration values of Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, and V in the soil samples collected from city centers are 30.53, 166.19, 87.62, 183.12, 20.04, 15334.61, 730.63, 28.43, and 50.83 mg/kg, the mean concentration values in the soil samples collected from the city intervals are 25.61, 286.21, 79.07, 123.89, 22.35, 14801.74, 461.79, 23.62 and 44.57 mg/kg, respectively. Despite the decrease in heavy metal concentrations in mosses on Sarp-Giresun Highway in Turkey, it is seen that heavy metal concentrations in mosses are still high when compared to the world.

Keywords: Moss; Heavy metal; ICP-MS; Pollution

¹Giresun Üniversitesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Giresun, Türkiye, bahadir.koz@giresun.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0003-3264-0144>

1. Giriş

Ağır metaller, hem insanlar hem de volkanik patlamalar, kozmik ve toprak kaynaklı tozlar, orman yangınları ve okyanus kaynaklı tuzlar gibi doğal kaynaklar tarafından çevreye verilmektedir. İnsan doğaya, demir çelik fabrikaları, petro-kimya sanayii, gübre sanayii, kömürle çalışan termik santraller, trafik gibi kaynaklar tarafından ağır metal vermektedir. (U.S. Government, 2001) Markert vd.,'ne göre; çevredeki ağır metallerin çoğu insan kaynaklıdır (Markert, vd., 2003). Türkiye'deki motorlu araçların sayısı, dünyada da olduğu gibi son 10 yılda %75 artmıştır. Bu yüzden, Dünyadaki çoğu ülkede nüfusun yoğun olduğu bölgelerde havadaki ağır metallerin monitörlenmesi, hayati derecede önemli bir hal almıştır.

Havadaki kirliliğin monitörlenmesi, son 30-40 yılda oldukça önemli hale gelmiştir. Hava kirliliğini ölçen teknik aletlerin oldukça masraflı olmasından dolayı, alternatif ölçme yöntemleri geliştirilmiştir. Biyosferin içeriğini anlayabilmek amacıyla oldukça verimli ve doğal bir yöntem olan canlı organizmaların ve Biyomateryallerin kullanıldığı Biyomonitörleme yöntemi Wolterbeek(2002) tarafından önerilmiştir. Kormofitlerin aksine, karayosunları küçük, iletim demetleri ve kökleri olmayan, hücre ve dokularını dış etkilere karşı koruyan bir Kütikül tabakasına sahip olmayan bitkilerdir. Karayosunları, su ve besinleri havadan bütün yüzeyleri ile absorblayarak almaktadırlar (Sassman, vd., 2015).

Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada, 1993'ten beri kurşunlu benzin kullanımını yasaklamışlardır. Dünyadaki bazı ülkelerde benzer kanunlar çıkartmışlardır (Dockery, 2001) Massadeh ve Snook(2006)'ya göre; böyle düzenlemeler, çevre farkındalığının önemli şekilde artmasına ve havadaki kurşun emisyonlarının önemli derecede azalmasına neden olmaktadır.

Araçlardaki kurşunlu benzin kullanım miktarı 2001 yılından beri kurşunsuz benzin kullanımı ve LPG kullanım oranlarına göre oldukça azalmıştır. 2003'teki verilere göre; kurşunlu benzin %39, LPG %36 iken kurşunsuz benzin tüketimi %25 idi (<http://cevreorman.gov.tr/moz>; 15.Şubat.2015). 2007 yılında kurşunlu benzin satışının yasaklanması ile birlikte Türkiye'de ki Trafik kaynaklı hava kirliliğinde de gittikçe iyileşme olduğu görülmektedir (<http://www.tuik.gov.tr> ; 28.Şubat.2018)).

Bu çalışmanın amacı; son 11 yıl esnasında (2006 ile 2017) Doğu Karadeniz sahil yolunun Sarp-Giresun otoyolu çevresindeki karayosunlarındaki trafik kaynaklı ağır metallerin ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy) cihazı kullanılarak belirlenmesidir. Elde edilen sonuçlar, 2006 yılında elde edilen sonuçlarla kıyaslanarak tartışıldı. Sonuçlar, Avrupa'daki benzer sonuçlarla kıyaslanarak, Türkiye'deki son 11 yıldaki trafik kaynaklı havadaki ağır metal miktarları ortaya konulacaktır (Ilyin ve Travnikov, 2005). Araçlarda kurşunlu benzin kullanımının yasaklanmasından sonraki süreçte havadaki kurşun miktarında azalma olup olmadığı belirlendi.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma alanı

Araştırma alanı Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesi sahilinde yer alıp yaklaşık 300 km uzunluğundadır, bu yol üzerinde 3 il ve 21 ilçe merkezi bulunmaktadır. Kontrol bölgesi olarak ta insan kaynaklı kirlilikten uzak Artvin ili, Şavşat ilçesi, Savaş köyü seçilmiştir. Zechmeister vd.(2003)'ne göre; çevre kirliliğinin monitörlenmesinde kullanılan Karayosunları SO_x ve NO_x'ler klorofillerini parçaladığı için hava kirliliği olan bölgelerde oldukça az bulunmaktadır.

2.2. Örnekleme ve Hazırlama

Tablo 3'te görüldüğü gibi karayosunları 19 şehir merkezi ve 33 şehir merkezi arasından, ayrıca Tablo 6'da da görüldüğü gibi toprak örnekleri 5 şehir merkezi ve 5 şehir merkezi arasından 2017 yılının Ekim ayında toplandı. Toplanan numuneler plastik buzdolabı poşetlerine konuldu ve üzerlerine örneğin toplandığı istasyonun habitatu lokasyonu gibi notlar alındı. Örnekler Laboratuvara getirilerek mikroskobik ve makroskobik incelemelere tabii tutuldu. Karayosunları, Smith tarafından yazılan; The Moss Flora Britain and Ireland (Smith, 2004), Frey ve arkadaşları tarafından yazılan; Die Moos-und Farnpflanzen Europas (Frey, vd., 1985) ve Pedrotti tarafından yazılan Flora dei Muschi D'Italia (Pedrotti, 2001) gibi Flora kitapları yardımıyla tür teşhisleri gerçekleştirildi. Tür teşhisleri gerçekleştirilen karayosunları ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla Giresun Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarında bulunan ICP-MS spectrometre cihazına gönderildi.

2.3. Endüktif Eşleşmiş Plazma – Kütle Spektrometresi (ICP-MS) analizleri

2 ml hidrojen peroksit ve 6 ml nitrik asit ile 1 gr numune mikrodalga çözme sisteminde çözüldü (CEM MARSX, 240/50, USA). Elde edilen tortu 10 ml saf suda seyreltildi (Turkmen ve Dura, 2016). Analizden önce örnekler 0.45 µm'lik filtrelerden geçirildi ve kalibrasyon standartları multi element standart'larına göre hazırlandı. (Merck, Darmstadt, Almanya). Geri kazanım yüzdesi Ni için 93, Cu için 104, Cr için 113, Zn için 102, Cd için 91 ve Pb için 115. Örnekler, mgkg⁻¹ yaş ağırlık olarak bir ICP-MS(BRUKER 820-MS, Almanya) kullanılarak numuneler 3 kez analiz edildi (Turkmen ve Dura, 2016). Bu ICP-MS cihazının çalışma şartları Tablo 2'de verilmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 3'te, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd ve Pb'un ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 26,19, 17,92, 327,58, 4894,96, 6,91, 54,32, 42,13, 99,30, 0,33 ve 19,38 mg.kg⁻¹'dir. Kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarının element konsantrasyonları, çalışma alanından toplanan karayosunlarının element konsantrasyonlarından oldukça düşük olduğu görüldü.

Tablo 4'te, şehir merkezi, şehirler arası ve kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarının ortalama konsantrasyon değerleri görülmektedir. Şehir merkezlerinden toplanan toprak numunelerinin ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve Pb'un 27,00, 18,19, 333,58, 5413,12, 8,21, 55,45, 42,26, 101,15 ve 23,26 mg.kg⁻¹'dir; Oysa ki şehirler arasından toplanan karayosunlarının konsantrasyon değerleri ise sırasıyla 26,52, 17,65, 318,00, 4561,71, 6,23, 52,76, 42,38, 96,79 ve 17,57 mg.kg⁻¹ olurken, kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarındaki konsantrasyon değerleri ise sırasıyla 5,01, 15,07, 209,17, 2908,40, 3,62, 34,57, 11,84, 23,76 ve 3,22 mg.kg⁻¹ olmaktadır.

Tablo 5'te, Şehir merkezi, şehirler arası ve kontrol bölgesinden toplanan toprak numunelerinin ortalama konsantrasyon değerleri görülmektedir. Şehir merkezlerinden toplanan karayosunu numunelerinin ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn ve Pb'un 50,83, 28,43, 730,63, 15334,61, 20,04, 183,12, 87,62, 166,19 ve 30,53 mg.kg⁻¹'dir; Oysa ki şehirler arasından toplanan karayosunlarının konsantrasyon değerleri ise sırasıyla 44,57, 23,62, 461,79, 14801,74, 22,35, 123,89, 79,07, 286,21 ve 25,61 mg.kg⁻¹ olurken, kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarındaki konsantrasyon değerleri ise sırasıyla 53,88, 32,06, 535,73, 13145,58, 19,73, 91,18, 95,92, 191,48 ve 27,01 mg.kg⁻¹ olmaktadır.

Tablo 6'da çalışma alanından toplanan toprak numunelerinin konsantrasyon değerleri görülmektedir. V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, ve Pb'un ortalama konsantrasyon değerleri sırasıyla 47,70, 26,03, 596,21, 15068,18, 21,20, 153,50, 83,85, 226,20, 1,58 ve 208,07, belirlendi. Beklenildiği gibi çalışma alanından toplanan topraklardan elde edilen konsantrasyon değerleri, kontrol bölgesinden elde edilen değerlere göre oldukça düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi 2006 yılında Türkiye'deki araç sayısı 12,227,393 iken 2017 yılında bu sayı 21,090,424'e yükseldi. Türkiye'nin nüfusu ise 2006 yılında 69,729,967 iken bu sayı 2017 yılında 80.810.525'e yükselmiştir (<http://www.tuik.gov.tr>; 28.Şubat.2018). Bununla birlikte, Vanadyum, Krom, Mangan, Demir, Kobalt, Nikel, Bakır, Çinko, Kadmiyum ve Kurşun'un konsantrasyon değerlerinde önemli bir azalma olduğu görülmektedir. 2006 ile 2017 yılları arasında, Avrupa'da olduğu gibi (Harmens, vd., 2007; Harmens, vd., 2008) Thöni ve arkadaşları (Thöni, vd., 2011), 1990 ve 2005 yıllarında Bulgaristan'da yapmış oldukları çalışmalarda da ağır metal konsantrasyonlarında önemli bir azalma olmasına rağmen hala oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Araç trafiği, hem partikül büyüklüğü hem de ağır metal kirliliği bakımından hava için önemli bir kirletici kaynaktır (Thorpe ve Harrison, 2008) Araçlardan çevreye verilen ağır metaller; petrol yakıtları, dizel motorlar, lastik kaplamaları, fren balataları, yüzey aşınması gibi çeşitli kaynaklardan verilmektedir.

Bunlarla birlikte; trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin önemli bir sebebi de trafikteki sürekli dur-kalk hareketidir. Westerlund ve Johansson'a göre (Westerlund ve Johansson, 2002); Dur-Kalk hareketi fren balatalarından çevreye verilen Cu ve Pb'nin konsantrasyon değerlerini 5 ile 9 kat arasında arttırdığını tespit etmişlerdir.

Şehir merkezlerinden toplanan bütün karayosunu örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları, şehirlerarası ve kontrol bölgesinden toplanan karayosunu numunelerindeki ağır metal konsantrasyonlarının hepsinden daha yüksektir. Bu durumun temel nedenini şehirleşme, trafik yoğunluğu, araç sayısı, nüfus gibi etkenler oluşturmaktadır. Çalışma sahasındaki kurşunun ana kaynağını kurşunlu benzin oluşturmaktadır. Kurşun; çocukların zeka gelişimini olumsuz yönde etkilediği gibi yetişkinlerde de kardiyovasküler hastalıklara sebep olmaktadır (Communities of the European Commission, 2002).

Trafikle ilişkili Bakır ve Çinko'nun ana kaynağını araba frenleri ve araba lastikleri oluşturmaktadır (Zechmeister, vd.,2005). Hulskotte ve arkadaşları, yapmış oldukları çalışmada Hollanda'daki Bakır emisyonlarının %80'i araçların fren balatalarından kaynaklandığını belirtmektedirler, ayrıca Cu ve Zn emisyonlarına, araçların dur-kalk hareketleri ve fren balataları katkı sağlamaktadır (Hulskotte, vd., 2007).

Cu, Zn ve Co, çevreye arabalar ve kamyonlar tarafından verilmektedir (Garg., vd., 2000). Krom, Mangan,, Demir ve Nikel aynı zamanda Dünyanın yer kabuğunda da mevcuttur. İnsanlar, ağır metaller gibi tehlikeli kimyasal atıklar ihtiva eden tehlikeli atıkların yakınında yaşamaktadırlar. Kobalt'ın akut toksisitesi, astım ve pneumonia gibi akciğerleri etkilediği gözlenmiştir. Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı, Kobalt ve Krom'un insanlar için muhtemelen kanserojen olduğunu belirlemiştir (IARC, 1993). Havadan yüksek oranda Krom solunduğunda Akciğerlere, mideye ve bağırsaklara zarar vermektedir. Bilindiği gibi Nikel insanlarda alerjik reaksiyonlara sebep olmaktadır. Bütün bunlar; gübreler, endüstriyel atıklar, oto egzostları ve araç akaryakıtlarından çevreye verilmektedir (Koz, vd., 2008).

Mevcut sonuçlar, Tablo 7'de literatürdeki veriler ile kıyaslanmaktadır. Tablo 7'den de görüldüğü gibi Avrupa'daki diğer ülkelerle kıyaslandığında, çalışma kapsamında elde edilen sonuçların oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye'de önemli çevre problemleri olduğunun göstergesidir. Tablo 7'ye göre; Finlandiya, Fransa, Almanya, ve Romanya'daki ağır metal konsantrasyonlarındaki düşüş eğiliminin Türkiye'de de gözlemlendiği görülmektedir. Türkiye'de de gözlenen ağır metal konsantrasyonlarındaki bu düşüş eğiliminin temel sebepleri, 2007 yılında

kullanımdan kaldırılan kurşunlu benzin ve toplumda giderek artan çevre koruma farkındalığından kaynaklanmaktadır.

2007 yılında Türkiye’de kurşunlu benzin kullanımını yasaklandıktan sonra karayosunlarındaki kurşun konsantrasyonlarında önemli bir düşüş olduğu 2006 ve 2017 yıllarında yapılan çalışmalarla ortaya konuldu (<http://www.ekonomihaber7.com>; 8.Mart.2018)). Doğadaki kurşun kirliliğinin ana kaynağı kurşunlu benzin kullanımınıdır. Kurşun kirliliği insan nüfusu, şehirleşme ve araç sayısı ile ilişkilidir ve kurşun hem çocuklar hem de yetişkinlerde sinir sistemini etkilemektedir. Aynı zamanda yüksek miktarlarda kurşuna maruz kalmak çocuklarda beyin ve böbreklere zarar verirken, yetişkinlerde ölüme neden olabilmektedir (ATSDR, 2003).

Vanadyum, beyin hücre bariyerlerini ve kan damarlarını geçebilmektedir. Nefesle alındıktan sonra özellikle gerçekleşen toxisitenin belirtileri yeşil renkli bir dil, ishal ve kramplardır (Mukherjee, vd., 2004). Krom, karbonhidratlar ve lipid metabolizmasının temel elementi olmasına rağmen, eksikliği kardiyovasküler hastalıklara sebep olabilmektedir (Dünya sağlık örgütü (WHO), 1988). Mangan’la kirlenmiş bir çevre de, Mongolizm ve nörolojik hastalıkların görülme ihtimali artmaktadır (Dünya sağlık örgütü (WHO), 1980).

Kadmiyum insan aktiviteleri neticesinde çevreye verilen bir toksik elementtir. İnsanlar sigara dumanı veya yiyeceklerle kadmiyuma maruz kalabilmektedirler. Aşırı bakır sebebiyle oluşan toxisite çok nadirdir, gastrointestinal problemlere öncülük edebilmektedir(Dünya sağlık örgütü (WHO), 1992).

Nikel, bazı enzimlerin ve Üreaz’ın kofaktörüdür, fakat nikel toxisitesi gelişimin yavaşlamasına ve anemiye sebep olabilmektedir (Dünya sağlık örgütü (WHO), 1991).

Aşırı çinko çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Akut toxisite belirtileri; Bulantı, kusma, ishal, uyuşukluk ve ateştir (Dünya sağlık örgütü (WHO), 2001).

Ozaki vd., (2004)’te tarafından yapılan çalışma ile fren balatalarının, trafikte dur-kalk hareketinin, lastik kaplamalarının, asfalt kaplamalarının, çevreye verilen Zn, Cd, Ni emisyonlarına katkıda bulunduğunu göstermişlerdir.

Hava yoluyla taşınan ağır metaller, buldukları ekosistemlere girerler ve konsantrasyonlarına ve toksisitelerine bağlı olarak, bu ekosistemlerin bileşenleri için büyük veya küçük bir tehdit oluştururlar. Ağır metallerin topraktaki canlı organizmalarında birikmesinin çevre üzerinde zararlı bir etkiye sahip olabileceğini söylemektedir (Herpin, vd., 1996),

Vanderpoorten ve goffinet (2009), briyofitlerin çevresel koşullara bağlı olarak morfolojik karakterlerinde çok çeşitli intraspesifik varyasyon sergilediğini belirtmektedirler. Substrat konsantrasyonları ile karşılaştırıldığında, analiz edilen karayosunu örneklerinde tespit edilen diğer elementlerin bolluğu, düşük seviyelerden yüksek seviyelere kadar değişmektedir. Böyle bir varyasyon, yaprak yüzey alanı gibi karayosunlarının morfolojik ve anatomik yapısı ve rüzgar yönü,

element konsantrasyonları ve havadaki nem gibi diğer çevresel etkilerle doğrudan ilişki gösterebilmektedir (Koz, vd., 2008).

4. Sonuçlar ve Öneriler

Bölgedeki ağır metal konsantrasyonları 2017 yılında 2006 yılına göre oldukça azalmıştır. Çevre kontrolü için karayosunlarının ideal indikatör canlılar olduğu bir kez daha ortaya konulmaktadır. Substrat konsantrasyonu ile karayosunu örneklerindeki element miktarları karşılaştırıldığında, element konsantrasyonlarının daha yüksek veya daha düşük olmasının nedeni karayosunlarının morfolojik ve anatomik yapısı ile iklim koşullarından kaynaklandığı görülmektedir. Böyle bir çalışma 5 yılda bir tekrarlanarak bölgedeki ağır metal kirliliği kontrol altında tutulmalıdır.

Son olarak, karayosunları çevre kirliliğinin belirlenmesinde önemli indikatör bitkilerdir.

Teşekkür

Bu araştırma Giresun Üniversitesi BAP(Bilimsel Araştırma Projeleri) koordinatörlüğü tarafından FEN-BAP-A-010617-142 numaralı proje ile finansal olarak desteklendi. Maddi desteklerinden dolayı Giresun Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Division of Toxicology, Clifton Road, NE, Atlanta, GA, available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/>.
Communities of the European Commission, 2002. Commission Regulation (EC) 221/2002 of 6 February 2002 amending regulation (EC) No.466/2002 setting maximum levels for certain

- contaminants in foodstuffs. Official journal of the European Communities. Brussels, 6 February 2002; 2008.
- Dockery, D.W., 2001. Epidemiological evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. *Environmental Health Perspectives*, 109; 483–486.
- Frey, W., Frahm, J. P., Fischer, E., Lobin, W. Die Moosund Farnpflanzen Europas. Stuttgart: G. Fischer; 1985.
- Garg, B.D., Cadle, S.H., Mulawa, P.A., Groblicki, P.J., Laroo, C. and Parr, G.A., 2000. Brake wear particulate matter emissions. *Environmental Science Technology*, 34; 4463-4469.
- Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Ruhling, A., 2007. Temporal trends in the concentration of arsenic, chromium, copper, iron, nickel, vanadium and zinc in mosses across Europe between 1990 and 2000. *Atmospheric Environment*, 41; 6673-6687.
- Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Ruhling, A., 2008. Temporal trends (1990-2000) in the concentration of cadmium, lead, and mercury in mosses across Europa. *Environmental Pollution*, 151; 368-376.
- Herpin, U., Berlekamp, J., Markert, B., Wolterbeek, B., Grodzinska, K., Sievers, U., Lieth, H., Weckert, V., 1996. The distribution of heavy metals in a transect of the three states Netherlands, Germany and Poland determined with the aid of moss monitoring. *Science of the Total Environment*, 187; 185-198.
- Hulskotte, J.H.J., Denier van der Gon, H.A.C., Visschedijk, A.J.H., Schaap, M., 2007. Brake wear from vehicles as an important source of diffuse copper pollution. *Water Science & Technology*, 56; 223-231.
- <http://www.cevreorman.gov.tr/moz> (15.Şubat.2006).
- <http://www.ekonomihaber7.com> (8.Mart.2018)
- <http://www.tuik.gov.tr> (28.Şubat.2018)
- IARC., 1993. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 58, Lyon, France.
- Ilyin, I., Travnikov, O., 2005. Modelling of Heavy Metal Airborne Pollution in Europa: Evaluation of the Model Performance. EMEP/MS-CHE Technical Report 8/2005.
- Koz, B., Cevik, U., Ozdemir, T., Duran, C., Kaya, S., Gundogdu, A. and Celik, N., 2008. Analysis of mosses along Sarp-Samsun highway in Turkey. *Journal of Hazardous Materials*, 153; 646-654.
- Meteorological Synthesizing Centre-East, Moscow, Russian Federation. Available from:
- Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G. *Bioindicators&Biomonitoring, Principles, Concepts and Applications*. London, 334; 2003.
- Massadeh, A.M. Snook, R.D., 2002. Determination of Pb and Cd in road dusts over the period in which Pb was removed from petrol in the UK. *Journal of Environmental Monitoring*, 4; 567–572.
- Mukherjee, B., Patra, B., Mahapatra, S., Banerjee, P., Tiwari, A., Chatterjee, M., 2004. Vanadium-An element of atypical biological significance. *Toxicology Letters*, 150; 135-143.
- Ozaki, H., Watanabe, I., Kuno, K., 2004. Investigation of the heavy metal sources in relation to automobiles. *Water, Air&Soil Pollution*, 157; 209-223.
- Pedrotti, C. C. *Flora Dei Muschi D’Italia*. Rome: Antonia Delfino Editore; 2001.
- Sassman, S., Weidinger, M., Adlassnig, W., Hofhansl, F., Bock, B., Lang, I., 2015. Zinc and copper uptake in *Physcomitrella patens*: limitations and effects on growth and morphology. *Environmental and Experimental Botany*, 2015b; 118; 12-20.
- Smith, A. J. E. *The moss flora of Britain and Ireland*. Edinburgh: Cambridge University Press; 2004.
- Thorpe A., Harrison, R.M., 2008. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review, *Science of the Total Environment*, 400; 270-282.
- Thöni, L., Yurukova, L., Bergamini, A., Ilyin, I., Matthaei, D., 2011. Temporal trends and spatial patterns of heavy metal concentrations in mosses in Bulgaria and Switzerland: 1990-2005. *Atmospheric Environment*, 45; 1899-1912.
- Turkmen, M., Dura, N., 2016. Assessment of heavy metal concentrations in fish from south western black sea. *Indian Journal of Geo Marine Science*, 45(11); 1552-1559.

- U.S. Government. Control of emissions of hazardous air pollutants from mobile sources; final rule. Federal register 40, CFR parts 80 and 86. US Government Printing Office, Washington, DC; 2001.
- Westerlund, K.G., Johansson, C. Emissions of metals and particulate matter due to wear of brake linings in Stockholm. In: Brebbia, C.A., Martin-Duque, J.F.(Eds), Air Pollution X. WIT Press, Southampton, pp793-802; 2002.
- Wolterbeek, B., 2002. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. *Environmental Pollution*, 120 (1); 11–21.
- World Health Organization. Environmental Health Criteria 58- Chromium. Geneva: WHO; 1988a.
- World Health Organization. Environmental Health Criteria-Manganese. Geneva: WHO; 1980b
- World Health Organization. Environmental Health Criteria- Cadmium. Geneva: WHO; 1992
- World Health Organization. Environmental Health Criteria- Nickel. Geneva: WHO; 1991a
- World Health Organization. Environmental Health Criteria- Zinc. Geneva: WHO; 2001a
- Vanderpoorten, A., Goffinet, B. Introduction to bryophytes. New York: Cambridge University Press; 2009.
- Zechmeister, H. G., Grodzinska, K., & Szarek-Lukaszewska, G. Bryophytes. In B. A. Markert, A.M. Breure, & H. G. Zechmeister (Eds.), *Bioindicators/biomonitoring (principles, assessment, concepts)* (pp. 329–374). Amsterdam: Elsevier; 2003.
- Zechmeister, H.G., Hohenwallner, D., Riss, A., Hanus-Illyar, A., 2005. Estimation of element deposition derived from roadtraffic sources by using mosses. *Environmental Pollution*, 138; 238-249.

Tablo 1. Sarp-Giresun Otoyolu boyunca istasyonlar

Konum	Karayosunu Türleri	Ortalama Araç Sayısı (2006)	Ortalama Araç Sayısı (2016)	Nüfus (2005)	Nüfus (2017)
Hopa	<i>Calliergonella cuspidata</i>	2737	7564	15445	26805
Hopa-Arhavi	<i>Plagiothecium succulentum</i>	4265	8878		
Arhavi	<i>Pleurozium schreberi</i>	3545	7020	14079	20452
Arhavi-Fındıklı	<i>Pleurozium schreberi</i>	4265	7412		
Fındıklı-Ardesen	<i>Scleropodium purum</i>	4779	8630		
Ardesen	<i>Homalothecium sericeum</i>	4231	9720	45392	40640
Ardesen-Pazar	<i>Eurhynchium striatum</i>	4689	11011		
Pazar	<i>Leptodictyum riparium</i>	5498	11142	14682	30463
Pazar-Çayeli	<i>Eurhynchium hians</i>	5756	10674		
Çayeli-Rize	<i>Eurhynchium striatum</i>	9255	16108		
Rize	<i>Hypnum cupressiforme</i>	25261	36884	78144	147317
Rize-Derepazarı	<i>Hypnum resupinatum</i>	7211	17958		
Derepazarı-İyidere	<i>Homalothecium sericeum</i>	7211	15599		
İyidere-Of	<i>Amblystegium varium</i>	7270	14065		
Of	<i>Calliergonella cuspidata</i>	7270	13873	25478	41248
Of-Sürmene	<i>Homalothecium sericeum</i>	9151	16674		
Sürmene	<i>Eurhynchium striatum</i>	12342	19648	17063	25669
Sürmene-Araklı	<i>Homalothecium sericeum</i>	11602	18417		
Araklı	<i>Eurhynchium striatum</i>	11387	18540	22506	47191
Araklı-Arsin	<i>Hypnum cupressiforme</i>	11355	23012		
Arsin	<i>Eurhynchium striatum</i>	13175	22604	13038	28175
Arsin-Yomra	<i>Homalothecium sericeum</i>	13956	28851		
Yomra-Trabzon	<i>Brachythecium albicans</i>	13956	49209		
Trabzon	<i>Calliergonella cuspidata</i>	30456	67245	214949	332504
Trabzon-Akçaabat	<i>Hypnum cupressiforme</i>	28985	50939		
Akçaabat	<i>Rhynchostegium murale</i>	28540	47583	39102	121535
Akçaabat-Çarşıbaşı	<i>Bryum capillare</i> Hedw.	10567	16407		
Çarşıbaşı	<i>Amblystegium varium</i>	10389	15361	8532	15022
Vakfikebir	<i>Hypnum resupinatum</i>	11245	16380	33394	26787
Beşikdüzü	<i>Brachythecium albicans</i>	11245	15301	29766	21041
Beşikdüzü-Eynesil	<i>Eurhynchium striatum</i>	7856	12211		
Eynesil-Görele	<i>Hypnum cupressiforme</i>	7929	12636		
Görele	<i>Rhytidiadelphus squarrosus</i>	8476	12294	27214	29806
Görele-Tirebolu	<i>Hypnum cupressiforme</i>	8328	11977		
Tirebolu	<i>Hypnum cupressiforme</i>	7301	12318	16112	30814
Espiye-Keşap	<i>Thuidium tamariscinum</i>	7669	14808		
Keşap-Giresun	<i>Amblystegium varium</i>	6350	19627		
Giresun	<i>Eurhynchium striatum</i>	19351	27001	83686	134937

Tablo 2. ICP-MS çalışma koşulları ve ayarları

Parameters	Settings	Parameters	Settings
Plasma flow	18.0 (l/min)	Corner lens	-193 (volt)
Auxiliary flow	1.80 (l/min)	Left mirror lens	45 (volt)
Nebulizer flow	0.90 (l/min)	Right mirror lens	33 (volt)
Sheath gas	0.15 (l/min)	Bottom mirror lens	38 (volt)
CRI gas He	160 (ml/min)	Entrance lens	-1 (volt)
CRI gas H2	100 (ml/min)	Fringe bias	2.5 (volt)
RF power	1.40 (kW)	Entrance plate	-39 (volt)
Sampling depth	6.5 (mm)	Pole bias	0 (volt)
Pump rate	4 (rpm)	Scan mode	Peak hopping
Stabilization delay	15 (s)	Dwell time	20 (ms)
Spray chamber	3 (°C)	Points per peak	1
First extraction lens	-1 (volt)	Scans/Replicate	50
Second extraction lens	-180 (volt)	Replicates/Sample	3
Third extraction lens	-226 (volt)		

Tablo 3. Karayosunlarındaki ağır metal konsantrasyonları (mg/kg)

Örnek numarası	Karayosunu Türleri	Konum	V (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Co (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
1	<i>Calliergonella cuspidate</i> (Hedw.)Loeske	Hopa	21,20	13,60	327,87	3897,38	3,70	34,08	23,40	23,48	N.D.	4,55
2	<i>Brachythecium albicans</i> (Hedw.)B,S,G,	Arhavi-Hopa	23,05	12,39	318,38	3546,73	3,28	41,10	18,70	45,33	N.D.	6,99
3	<i>Plagiothecium succulentum</i> (Wils.)Lindb,	Arhavi-Hopa	22,17	12,68	308,30	3493,38	3,30	40,27	34,59	34,78	N.D.	12,87
4	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,	Arhavi-Hopa	21,89	11,75	287,47	3568,36	3,08	35,08	40,12	43,23	N.D.	13,83
5	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Arhavi-Hopa	22,74	12,80	290,48	3472,37	2,84	42,39	47,30	28,50	N.D.	13,28
6	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.)Mitt,	Arhavi	24, 28	13,06	310,84	3988,33	3,85	40,56	36,79	67,54	N.D.	12,79
7	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.)Mitt,	Fındıklı-Arhavi	22,75	13,58	308,73	3890,43	3,79	39,83	49,33	75,30	N.D.	11,23
8	<i>Scleropodium purum</i> (Hedw.)Limpr,	Ardeşen-Fındıklı	23,13	12,85	329,07	4362,04	3,53	49,03	38,72	68,95	N.D.	14,29
9	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,	Ardeşen	23,66	20,65	338,74	4796,30	4,29	36,70	30,98	82,90	N.D.	17,33
10	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp,	Pazar-Ardeşen	22,86	17,30	310,37	4662,80	3,34	40,39	35,20	54,78	N.D.	15,49
11	<i>Leptodictyum riparium</i> (Hedw.)Warnst,	Pazar	25,38	11,27	323,48	3865,83	4,23	50,44	40,30	48,20	N.D.	20,94
12	<i>Eurhynchium hians</i> (Hedw.)Lac,	Çayeli-Pazar	24,28	20,57	310,60	4132,88	3,65	38,50	40,38	65,40	N.D.	11,25
13	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,	Çayeli-Pazar	23,63	17,45	327,66	4438,74	3,78	47,30	30,80	76,93	N.D.	7,85
14	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp,	Rize-Çayeli	24,29	13,86	319,54	4569,08	5,38	44,40	36,582	95,56	N.D.	16,81
15	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Rize	37,50	12,03	321,30	4144,02	7,13	25,80	71,99	119,42	0,15	31,54

16	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp,	Derepazarı- Rize	28,50	12,89	307,78	3757,13	5,78	46,94	40,94	87,22	N.D.	12,37
17	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,	Derepazarı- Rize	28,30	15,58	329,95	4434,37	6,33	37,97	45,98	76,40	N.D.	11,23
18	<i>Hypnum resupinatum</i> Tayl,	Derepazarı- Rize	27,20	18,65	304,47	4276,87	6,57	50,67	58,33	45,74	N.D.	16,20
19	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,	İyidere- Derepazarı	25,60	19,73	328,96	4584,81	6,64	60,84	56,97	67,22	N.D.	5,67
20	<i>Amblystegium varium</i> (Hedw,) Lindb,	Of-İyidere	29,37	20,54	320,57	4704,39	6,86	45,73	40,65	70,45	N.D.	8,76
21	<i>Calliergonella cuspidate</i> (Hedw,)Loeske	Of	29,81	24,69	340,57	4754,37	5,78	57,12	44,11	87,32	N.D.	9,61
22	<i>Tortella fragilis</i> (Hook,&Wils,)Limpr,	Of	28,65	24,17	307,65	5203,18	6,70	63,23	37,57	88,99	N.D.	14,53
23	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw,)B,S,G,	Sürmene-Of	29,08	20,43	338,74	4876,63	5,90	50,16	49,75	90,35	N.D.	8,90
24	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp,	Sürmene	20,78	24,17	347,36	5547,20	7,03	52,73	47,65	134,26	N.D.	18,74
25	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw,)B,S,G,	Araklı- Sürmene	20,95	18,84	310,84	4892,00	6,22	60,28	68,70	97,53	N.D.	19,02
26	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Araklı- Sürmene	26,54	19,27	330,86	4673,87	6,10	61,23	50,17	70,40	N.D.	4,67
27	<i>Pleurozium schreberi</i> (Brid,)Mitt,	Araklı	23,98	17,48	342,74	5377,16	6,87	73,57	40,34	80,90	N.D.	5,76
28	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp,	Araklı	28,40	19,75	339,07	5406,38	6,55	65,16	44,59	98,05	N.D.	11,28
29	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Arsin- Araklı	25,93	11,90	320,45	5238,38	5,84	67,39	20,44	111,87	N.D.	14,39
30	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp,	Arsin	28,34	20,54	348,90	5703,75	6,45	54,55	29,76	58,34	N.D.	13,20
31	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Yomra- Arsin	26,12	23,03	338,93	5470,95	6,24	70,34	39,79	90,87	N.D.	12,00
32	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw,)B,S,G,	Yomra- Arsin	27,05	24,16	349,64	5500,76	6,66	80,54	40,87	87,60	N.D.	17,85

33	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,	Trabzon-Yomra	28,93	18,59	342,94	5683,49	6,97	78,44	50,70	115,29	N.D.	22,28
34	<i>Bryum albicans</i> (Hedw,)B,S,G,	Trabzon-Yomra	26,29	20,93	376,33	5740,63	8,44	80,47	55,58	164,30	N.D.	18,90
35	<i>Ctenidium molluscum</i> (Hedw,)Mitt,	Trabzon-Yomra	27,18	15,77	365,28	7307,44	7,90	85,22	50,70	154,30	N.D.	19,84
36	<i>Calliergonella cuspidate</i> (Hedw,)Loeske	Trabzon	22,07	17,02	431,33	12105,50	14,12	111,36	62,13	289,65	N.D.	88,77
37	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Akcaabat-Trabzon	19,65	18,80	352,84	7893,45	11,20	89,47	40,87	220,50	N.D.	34,26
38	<i>Rhynchostegium murale</i> (Hedw,)B,S,G,	Akcaabat	23,94	19,44	354,08	5683,07	11,20	78,54	44,53	178,30	N.D.	22,35
39	<i>Bryum capillare</i> Hedw,	Çarşıbaşı-Akcaabat	27,05	22,20	348,10	5472,08	8,76	79,32	30,78	154,00	N.D.	18,75
40	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp,	Çarşıbaşı-Akcaabat	49,00	34,02	376,06	5320,14	12,21	51,61	59,29	216,68	0,70	52,64
41	<i>Amblystegium varium</i> (Hedw,) Lindb,	Çarşıbaşı-	37,39	27,88	395,21	6719,85	15,96	87,86	45,66	63,16	N.D.	17,15
42	<i>Hypnum resupinatum</i> Tayl,	Vakfikebir	20,53	18,93	356,28	7482,03	15,80	76,00	50,69	89,03	N.D.	34,59
43	<i>Bryum albicans</i> (Hedw,)B,S,G,	Beşikdüzü	28,40	19,88	387,69	7693,34	16,08	68,34	40,85	90,40	N.D.	34,27
44	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw,) Schimp,	Eynesil-Beşikdüzü	29,97	19,77	300,04	3142,61	4,97	24,84	25,22	134,99	N.D.	32,82
45	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Görelle-Eynesil	28,15	35,66	353,85	3854,21	17,76	116,81	68,59	177,83	0,12	16,92
46	<i>Rhytidadelphus squarrosus</i> (Hedw,) Warnst,	Görelle	28,37	19,55	275,03	3518,29	6,42	32,21	41,57	76,21	N.D.	15,84
47	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Tirebolu-Görelle	29,73	16,77	261,85	3956,53	5,58	27,01	33,05	112,39	0,33	39,03
48	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw,	Tirebolu	8,69	10,37	294,58	2410,33	3,61	20,10	23,15	148,79	0,12	29,00
49	<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw,)B,S,G,	Keşap-Espiye	25,98	7,63	312,58	3032,91	5,27	12,41	23,45	85,49	0,12	26,51
50	<i>Amblystegium varium</i> (Hedw,) Lindb,	Giresun-Keşap	29,90	11,60	243,18	4488,30	6,84	45,63	44,40	102,73	N.D.	22,00

51	<i>Homolothecium sericeum</i> (Hedw.)B,S,G,	Giresun-Keşap	26,19	8,80	212,37	3141,10	4,56	20,07	32,43	91,92	0,16	22,96
52	<i>Eurhynchium striatum</i> (Hedw.) Schimp,	Giresun	25,47	16,72	354,48	4662,15	8,10	35,00	35,58	124,34	0,11	24,13
Ortalama			26,19	17,92	327,58	4894,96	6,91	54,32	42,13	99,30	0,33	19,38
Max-Min			49,00-	35,66-	431,33-	12105,5-	17,76-	116,81-	71,99-	289,65-	1,21-0	88,77-
Değerler			8,69	7,63	212,37	2410,33	2,84	12,41	18,7	23,48		4,55

Tablo 4. Şehir merkezi, Şehirlerarası ve Kontrol bölgesinden toplanan karayosunlarının ortalama, en büyük ve en küçük değerleri

	V (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Co (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)
Şehir merkezi Ortalama	27,00	18,19	333,58	5413,12	8,21	55,45	42,26	101,15	23,26
	37,5-20,53	27,88-8,8	431,33-212,37		16,08-3,7	111,36-20,07	71,99-23,4	289,65-23,48	88,77-4,55

En büyük-En küçük değer				12105,50-3141,1					
Şehir merkezleri arası Ortalama	26,52	17,65	318,00	4561,71	6,23	52,76	42,38	96,79	17,57
En büyük En küçük değerler	49-19,65	35,66-7,63	376,33-212,37	7893,45-3032,91	17,76-2,84	116,81-12,41	68,7-18,7	220,5-28,5	52,64-4,67
Kontrol bölgesi Ortalama	5,01	15,07	209,17	2908,40	3,62	34,57	11,84	23,76	3,22
En büyük En küçük değerler	9,17-0	20,25-13,17	290,67-146,57	3847,71-2110,39	4,68-2,64	46,32-28,85	13,88-9,42	29,91-19,79	3,61-2,63

Tablo 5. Şehir merkezi, Şehirlerarası ve Kontrol bölgesinden toplanan toprakların ortalama, en büyük ve en küçük değerleri.

V (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Co (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Pb (mg/kg)
-----------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------

Şehir merkezi	50,83	28,43	730,63	15334,61	20,04	183,12	87,62	166,19	30,53
Ortalama	80,37-17,09	37,3-15,3	890,15- 633,09	18349,25- 9835,99	23,86-15,28	265,32- 113,88	140,28-55,56	222,82-99,84	69,32-11,43
En büyük-En küçük değer									
Şehir merkezleri arası	44,57	23,62	461,79	14801,74	22,35	123,89	79,07	286,21	25,61
Ortalama	63,13-29,55	41,08-7,17	646,63-95,12	26095- 4333,66	39,33-8,22	256,06-16,97	124,79- 25,979	651,23-50,74	47,04-3,04
En büyük En küçük değerler									
Kontrol bölgesi	53,88	32,06	535,73	13145,58	19,73	91,18	95,92	191,48	27,01
Ortalama	74,92-32,84	40,91-23,20	561,24- 510,22	14995,80- 11295,37	21,04-18,43	98,62-83,74	120,40-71,44	229,88- 191,48	28,68-25,35
En büyük En küçük değerler									

Tablo 6. Toprak örneklerinin ağır metal konsantrasyonları (mg/kg).

Örnek numarası	Konum	V (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Co (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)
-------------------	-------	--------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------	---------------

1	Giresun-Keşap	34,36	30,25	447,14	15766,92	19,22	125,03	70,48	266,88	1,59	32,23
2	Keşap-Espiye	29,55	7,17	95,12	4333,66	8,22	16,97	25,97	50,74	0	4,56
3	Espiye	17,09	15,30	649,44	15378,92	23,17	184,07	55,56	222,82	8,03	39,77
4	Tirebolu-Görece	38,77	30,72	590,96	10253,00	15,28	61,70	76,06	366,56	1,04	41,22
5	Görece	60,14	36,70	633,09	9835,99	18,87	113,88	76,02	99,84	0,24	15,18
6	Vakfikebir-Carşıbası	57,04	41,08	529,12	26095,00	39,33	256,06	98,06	95,67	0,53	3,04
7	Carşıbası-Akcaabat	63,13	8,92	646,63	17560,16	29,74	159,70	124,79	651,23	2,39	47,04
8	Rize	57,21	18,79	689,79	17119,33	15,28	143,74	108,53	187,11	0,49	11,43
9	Giresun	39,37	34,08	790,72	15989,60	19,04	208,60	57,75	101,82	1,12	16,99
10	Trabzon	80,37	37,30	890,15	18349,25	23,86	265,32	140,28	219,37	0,39	69,32
Ortalama		47,70	26,03	596,21	15068,18	21,20	153,50	83,85	226,20	1,58	28,07
Max-Min Değerler		80,37-17,09	41,08-7,17	890,15-95,12	26095-4333,66	39,33-8,22	265,32-16,97	140,28-25,97	651,23-50,74	8,03-0	69,32-3,04

Tablo 7. Literatürdeki bilgilerle mevcut çalışmanın elementel konsantrasyon sonuçlarının kıyaslanması (mg/kg)

Bölgeler	V (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Co (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Yıl	Kaynaklar
Finlandiya	3,36	1,47		357		1,70	5,07	35,9	0,26	9,9	1990	(Harmens vd., 2007)
Finlandiya	1,24	1,06		210		1,38	3,38	27,6	0,12	3,0	2000	(Harmens vd., 2007)
Fransa	2,46	3,16		549		1,94	5,30	32,4	0,20	8,8	1995	(Harmens vd., 2007)
Fransa	2,89	1,69		654		2,30	6,40	40,4	0,20	5,7	2000	(Harmens vd., 2007)
Almanya	2,87	1,83		561		2,38	9,13	50,2	0,31	12,9	1990	(Harmens vd., 2007)
Almanya	1,06	0,91		343		1,13	7,14	41,0	0,21	4,6	2000	(Harmens vd., 2007)
Romanya	12,53	10,85		5114		8,41	18,42	69,1	1,02	35,1	1990	(Harmens vd., 2007)
Romanya	7,99	8,46		2518		3,35	21,56	79,6	0,46	14,4	2000	(Harmens vd., 2007)
Sarp-Samsun otoyolu		52,2	790,5	40090	11,6	17,2	267,5	175,5	0	39,1	2006	(Koz vd., 2008)
Sarp-Giresun Otoyolu	27,00	18,19	333,58	5413,12	8,21	55,45	42,46	101,15	0,36	23,26	2017	Mevcut çalışma