

T. C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS

SALIX FRAGILIS L. (SALICACEAE)' İN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE
BİYOMONİTÖR OLARAK KULLANILMASI

Hasan YAVUZER

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Etem OSMA

Biyoloji
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2018

Her Hakkı Saklıdır.

Kabul ve Onay Sayfası

Dr. Öğr. Üyesi Etem OSMA danışmanlığında, Hasan YAVUZER tarafından hazırlanan bu çalışma 04.07.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı Biyoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Mustafa KORKMAZ

İmza:


Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Etem OSMA

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Bülent ESKİN

İmza:

Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun 31/07/2018 tarih ve 27/4..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Paşa YALÇIN
Enstitü Müdürü v.

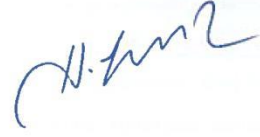
Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“*SALIX FRAGILIS* L. (SALICACEAE) İN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE BİYOMONİTÖR OLARAK KULLANILMASI” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımda intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 04/07/2018.

Hasan YAVUZER



ÖZET

Yüksek Lisans

***SALIX FRAGILIS* L. (SALICACEAE)' İN AĞIR METAL KİRLİLİĞİNDE BİYOMONİTÖR OLARAK KULLANILMASI**

Hasan YAVUZER

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Etem OSMA

Bu çalışma ile Erzincan il sınırları içerisinde, Karasu Nehri'nin geçmiş olduğu Ter-
can, Yedisu ve Üzümlü isimli yerleşim bölgeleri ile Erzincan ili şehir merkezinde
bulunan Işıkpınar Deresi çevresi olmak üzere farklı dört lokaliteden toplanan *Salix*
fragilis L. (Gevrek söğüt) bitkisine ait örneklerde bazı ağır metallerin miktarları tespit
edilmiştir. Laboratuvar ortamında, *Salix fragilis* L. bitkisinin kök, kabuk, yaprak ve
yetiştirdiği toprak örnekleri bir dizi ön işlemden geçirilmiştir. Elde edilen son ürün ile
ICP-MS'de, Fe, Cu, Zn, Mn, Pb, Co, Cr ve Cd ağır metallerinin konsantrasyonları
belirlenmiştir. Analizler sonucu ulaşılan veriler SPSS istatistik paket programında
istatistiksel olarak karşılaştırılarak; bitki kısımları, toprak ve lokaliteler arasındaki
farklılıklar belirlenmiştir. Analizi yapılan ağır metallerin, daha çok bitki köklerinde
biriktiği tespit edilmiştir. Ayrıca, Yedisu lokalitesinde, ağır metal miktarının, diğer
lokalitelere göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. *S. Fragilis* L.' in ağır metal kirlili-
ğinin belirlenmesinde biyomonitör olabileceği sonucuna varılmıştır.

2018, 60 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Biyomonitör, ICP-MS, *Salix fragilis* L., Erzincan

ABSTRACT

Master

USING OF *SALIX FRAGILIS* L. (SALICACEAE) AS A BIOMONITOR FOR HEAVY METAL POLLUTION

Hasan YAVUZER

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Asisst. Prof. Etem OSMA

In this study, heavy metal concentration (Pb, Co, Cr, Cd, Fe, Cu, Zn, Mn) was detected from the samples obtained from the soil, leaf, root and barks of the (*Salix fragilis* L.) which was picked from four different regions Karasu River (Üzümlü, Yedisu, Tercan) and around Işıkpınar Stream. After the pre-treatment of plant and soil samples had been performed in the laboratory, heavy metal concentrations were analyzed in ICP-MS. Element data obtained from plant pieces and soil from different regions was evaluated in SPSS Statistic Package Program statistically, and the differences between the localities were determined. It has been seen that heavy metal concentration was accumulated more in the root of the plants. Additionally, the amount of heavy metal was more in Yedisu locality. Through this study, it was deduced that it would be a biomonitor for the determination of heavy metal contamination of *S. Fragilis* L.

2018, 60 Pages

Key Words: Biomonitor, Heavy metal, ICP-MS, *Salix fragilis* L., Erzincan

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının her aőamasında beni destekleyip, yönlendiren, sabrını, ilgi ve alakasını, güler yüzünü, hoşgörüsünü hiçbir zaman kaybetmeden her türlü bilgi ve emeği ile yanımda olan, danışmanım, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Etem OSMA'ya sonsuz minnet, teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Aynı zamanda Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji bölüm başkanı ve öğretim üyelerine teşekkürü borç bilirim.

Ayrıca Yüksek Lisans eğitimim süresince, desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim Fatma YAVUZER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çocuklarım; Ömer, Efe ve Gökalg YAVUZER'e sevgilerimle..

Hasan YAVUZER

Temmuz, 2018

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. KURAMSAL TEMELLER.....	11
3.1. Ağır Metaller ve Özellikleri.....	11
3.1.1. Manganez (Mn).....	11
3.1.2. Krom (Cr)	11
3.1.3. Çinko (Zn).....	12
3.1.4. Kobalt (Co)	13
3.1.5. Bakır (Cu)	13
3.1.6. Demir (Fe).....	14
3.1.7. Kurşun (Pb).....	14
3.1.8. Kadmiyum (Cd)	15
3.2. Ağır Metallerin Bitki Bünyesine Alınması	18
3.3. Biyomonitör Canlılar ve Özellikleri.....	19
4. METERYAL ve YÖNTEM.....	23
4.1. Çalışma Alanı ve Özellikleri	23
4.2. Örnek Materyal	24
4.3. Yöntem.....	27
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	29
5.1. Araştırma Bulguları	29
5.1.1. Cu (Bakır) konsantrasyonu	29
5.1.2. Zn (Çinko) konsantrasyonu	30
5.1.3. Cd (Kadmiyum) konsantrasyonu	31

5.1.4. Cr (Krom) konsantrasyonu	32
5.1.5. Fe (Demir) konsantrasyonu	33
5.1.6. Co (Kobalt) konsantrasyonu	34
5.1.7. Pb (Kurşun) konsantrasyonu	35
5.1.8. Mn (Mangan) konsantrasyonu	36
6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	38
7. ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR	50
EKLER	59
Ek-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar	60
ÖZGEÇMİŞ	61

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Çalışma alanı	24
Şekil 4.2. <i>S. fragilis</i> L. ülkemizdeki yayılış alanı	25
Şekil 4.3. <i>S. fragilis</i> L. Bitki yaprakları	26
Şekil 4.4. <i>S. fragilis</i> L.	26
Şekil 5.1. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cu konsantrasyonu	29
Şekil 5.2. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Zn konsantrasyonu	30
Şekil 5.3. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cd konsantrasyonu	31
Şekil 5.4. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cr konsantrasyonu.....	32
Şekil 5.5. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Fe konsantrasyonu.....	33
Şekil 5.6. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Co konsantrasyonu	34
Şekil 5.7. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Pb konsantrasyonu	35
Şekil 5.8. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Mn konsantrasyonu	36

TABLULAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırması (Yıldız, 2004)	16
Tablo 3.2. Ekosisteme dahil olan toksik ağır metal kaynakları (Markert,1993)	17
Tablo 5.1. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cu konsantrasyonu	29
Tablo 5.2. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Zn konsantrasyonu	30
Tablo 5.3. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cd konsantrasyonu	31
Tablo 5.4. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cr konsantrasyonu.....	32
Tablo 5.5. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Fe konsantrasyonu.....	33
Tablo 5.6. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Co konsantrasyonu	35
Tablo 5.7. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Pb konsantrasyonu	36
Tablo 5.8. Farklı lokalitelerden alınan <i>S. fragilis</i> L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Mn konsantrasyonu	37

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
'	dakika
<	Küçük
>	Büyük
°C	Santigrat derece
Po	Polonyum
Al	Aliminyum
As	Arsenik
Au	Altın
B	Bor
Ba	Baryum
Br	Brom
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Ce	Seryum
Cl	Klor
Cr	Krom
Cs	Sezyum
Cu	Bakır
Eu	Evropyum
Fe	Demir
H	Hidrojen
H ₂ O ₂	Su
HCL	Hidro Klorik Asit
Hf	Hafniyum
Hg	Cıva
HNO ₃	Nitrik Asit
K	Potasyum

La	Lantan
Lu	Lutenyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
Nd	Neodim
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
Rb	Rubidyum
S	Kükürt
Sb	Antimon
Sc	Skandiyum
Se	Selenyum
Sm	Samaryum
Th	Toryum
Ti	Titanyum
V	Vadanyum
Yb	İtterbiyum

Kısaltmalar

ANOVA	Analysis of Variance
cm	Santimetre
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
g	Gram
g/cm ³	Gram/Santimetreküp
g/mol	Gram/Mol
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer
km	Kilometre
km ²	Kilometrekare
m	Metre
mg/kg	Miligram/kilogram
mg/L	Miligram/litre
mm	Milimetre
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
µg/g dw	Mikrogram

1. GİRİŞ

Günümüzde gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin çoğunda, çevre ile ilgili sorunlar, ülkeler ve devletlerin en önemli sorunlarından biri haline gelmiş, küreselleşmenin de etkisiyle bu sorun uluslararası bir boyuta ulaşmıştır. Teknoloji ve sanayileşme, üretilen birçok kimyasal maddenin, insanlar veya diğer canlıların faydasına kullanılabilmesini mümkün hale getirmişken, bu gelişim ve değişim, ciddi boyutlardaki birçok problemin de doğmasına sebep olmuştur (Üçer, 2009).

Birleşmiş Milletler (BM) Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi'nin 2017'de yayınladığı Dünya Nüfus Tahminleri Raporu'na göre, dünya nüfusu son 12 yılda 1 milyar artarak 7,6 milyara ulaşmıştır. Rapora göre, dünya nüfusunun 2030 yılında 8,6 milyara, 2050 yılında 9,8 milyara ve yüzyıl sonunda 11,2 milyara ulaşması beklenmektedir (Anonim, 2018a). Bu hızlı nüfus artışı, insan taleplerini her geçen gün artırmakta ve bu talep artışı da çeşitli sorunların ortaya çıkmasına, dolayısıyla çevrenin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır. Doğa, insan ile etkileşiminde zamanla avantajını kaybetmiş, insanlığın elindeki güçler karşısında kendini koruma ve yenileme imkânlarını yitirmiş, çoğu yerde tamamen tamir edilmesi mümkün olmayan süreçlere girmiştir (Keleş ve Ertan, 2002).

Genel bir tanımlamayla; çevrenin doğal olmayan bir şekilde, insan eliyle bozulmasına çevre kirliliği denir. Kirleticiler de tüm canlı organizmalara zarar veren, canlı sağlığını negatif yönde etkileyen, aynı zamanda cansız varlıklara da olumsuz yönde etki eden maddelerin tümüdür. Kirleticiler; maddeler şeklinde olabildiği gibi bazen de ısı, ışık, ses şeklindeki enerji türleri şeklinde de ortaya çıkabilir. Doğal varlıklar grubuna giren bu unsurlar, gereken sınırı aşmadıkları takdirde kirletici olmazlar. Doğa, normalde, sınırını aşmayan bu maddeleri bertaraf etme özelliğine sahiptir ancak bu varlıklar sınır değerlerini aştığında, ortamdaki birikme, kirliliği ortaya çıkarır. Kirletici maddelerin doğada yok olma süreçleri oldukça uzun sürebilir. Örneğin radyoaktif maddeler binlerce yıl doğada yok olmadan kalabilmektedir. Çevre kirleticiler, maddenin farklı hallerine de sahip olabilirler. Yani kirletici maddeler, katı, sıvı ya da gaz formlarında da olabilmektedir. Gaz ve sıvı haldeki kirleticiler, belirli bir şekilleri olmayan, durağan haldeki maddeler olmadıkları için buldukları yerden başka ortamlara taşınarak, varmış oldukları nokta ya da bölgeyi de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Çevre kirliliğine, hava, su

ya da toprak gibi farklı ortamlarda rastlamak mümkündür. Günümüze kadar, tüketilen enerjinin büyük bir kısmı, fosil yakıtlardan sağlanmıştır. Enerji ihtiyacının yanında, deterjan, asfalt ve solvent sanayi gibi birçok sektörde de, bu yakıt türü hammadde olarak kullanılmış, bunun sonucu olarak da fosil yakıtlar önemli bir çevre kirletici haline dönüşmüştür. Zirai çalışmalar, çevrenin kirlenmesindeki etkenler arasında, fosil yakıtlardan sonra ikinci sırada yer alır. Toprak ve yüzey suları; gübre veya pestisitlerin fazla ya da gereksiz kullanımı sonucu kirlenir hale gelmiştir (Kargar, 2015).

İnsan faaliyetleri sonucu su kaynak ya da kütlelerinde asidifikasyon, ötrofikasyon alüvyon birikmesi veya ağır metal kirliliği gibi birçok kirlenme çeşidi görülmektedir. Antropojenik etkiler olarak kabul edilen; evsel atıklar, tarım faaliyetleri, fosil yakıtların yakılması, rafineri atıkları, ulaşım, endüstri gibi faktörler kirliliğin artmasının başlıca sebepleridir (Başaran, 2010).

Günümüzde kirliliğe yol açan maddelerin en önemlilerinden olan ağır metaller, karasal ve sucul ortamlarda uzun süre kalabilen, ekosistemlerde toksik etki yapabilecek hale gelen, bu şekilde de besin zincirine katılarak insan sağlığına zarar verebilen özellikte olan maddelerdir. Metal içeren maden filizlerinin eritilmesi yani madencilik faaliyetleri, pestisitler, gübreler fosil yakıtlar, evsel atıklar ve atmosferik depozisyon, ağır metal kirlenmesinin kaynaklarını oluşturur. Ağır metaller partiküller halinde atmosferde yayılma gösterirler. Bu partiküllerin atmosferden su ve toprağa ulaşmaları birkaç yolla gerçekleşir. Islak çökeltme olarak tanımlanan, yağmur ve kar şeklindeki yağış yoluyla, nemli çökeltme olarak tanımlanan sis ve dumanla ve kuru çökeltme olarak tanımlanan, gaz ve toz mekanizmalarıyla ağır metaller kirlenmiş oldukları ortama ulaşırlar (Shrivastav, 2001; Demirayak, 2008)

Dünyada ve ülkemizde artan sanayi faaliyetleri sonucu üretime dahil edilen başta metal ve bileşikler olmak üzere, birçok atık madde ekosistemde birikmiş ve bu atıkların zararlı etkileri kendini göstermeye başlamıştır (Aslanhan, 2012; Topyıldız, 2014). Çevre kirlenmesine neden olan bu kimyasal maddeler, sadece ekosistemde kalmayıp hava, su, toprak ve canlılar vasıtası ile biyosferde ciddi oranda yayılmıştır. Sonuç olarak bu maddeler, doğada sürekli devam eden enerji ve madde döngülerine katılarak besin zinciri ile bütün canlıların olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmuştur. Bununla birlikte bu kimyasal maddelerin ekosistemde birbirleri ile olabilecek etkileşimleri tam olarak bilinmemektedir. Uzun bir süre çevre kirliliğini belirlemede geleneksel metotlar ile kimyasal

analiz metotları kullanılmıştır (Taylan, 2009; Topyıldız, 2014). Ancak bu metotlar, kirletici maddelerin, canlılar üzerindeki etkileri hakkında fazla bilgi vermemektedir. Son dönemlerde toksik maddeleri akümüle edebilme özelliğine sahip “biyoindikatör” veya “biyomonitör” canlılar üzerinde çalışmalar artmıştır (Taylan; 2009, Aslanhan, 2012). Böylece, biyomonitör özelliğine sahip canlıların çeşitli doku ve organlarında toksik madde analizleri yapılarak, farklı ekosistemlerde konsantrasyonları hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Çünkü kirletici maddeler sadece çevrede kalmayıp, ortam şartlarına bağlı olarak organizmalara geçerek besin zincirinde birikebilme özelliğine sahiptir. Mantarlar, likenler, bitkiler, ağaç kabuğu, ağaçlar ve yüksek bitkilerdeki yapraklar, ağır metallerin birikiminin izlenmesinde oldukça önemlidir (Taylan,2009;Topyıldız,2014).



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Aksoy ve Şahin (1998), Kayseri’de yaptıkları çalışma ile *Elaeagnus angustifolia* L. (Elaeagnaceae) bitkisinin biyomonitör özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, *E. angustifolia* L.’nın ağır metal kirlenmesinde kullanışlı bir biyomonitör olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Iannotti vd. (2000), Perugia (İtalya) kentinde, polenlerin yaşam kabiliyetinin; hava kalitesinin belirlenmesinde biyoindikatör olarak kullanılabilirliğini araştırmışlar, bazı bitki türleri (*Parietaria diffusa* L. (yapışkan otu), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (bermuda çimi), *Quercus ilex* L. (pırnal meşesi), *Dactylis glomerata* L. (ayrık otu), *Convolvulus sepium* L. (çit sarmaşığı), *Daucus carota* L. (havuç), *Hedera helix* L. (orman sarmaşığı), *Tilia cordata* Miller. (küçük yapraklı ihlamur)) ile farklı yoğunluktaki trafikte (çok yüksek, orta ve düşük) çalışmalar yaparak, polen yaşam yeteneğinin genel olarak kirlilikle ters orantılı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Aksoy ve Şahin (2000), Kayseri’de yaptıkları çalışma ile *Robinia pseudo-acacia* L. bitkisinin yaprakları ve yetiştikleri topraklarda ağır metal analizleri yaparak, bitkinin biyomonitör olabilirliğini değerlendirmişlerdir. Bu çalışma ile *R. pseudo-acacia* L.’nin araştırılan ağır metal kirliliğinin tespitinde kullanışlı bir biyomonitör olduğu yönünde görüş bildirilmiştir.

Monaci vd. (2000), İtalya’nın Florence kentinde, meşe (*Quercus-ilex*) yapraklarının, atmosfer kirlenmesinin biyomonitörü olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla yapraklarda metal analizleri yapmışlardır. Bu çalışma ile *Q-ilex* yapraklarındaki Ba, Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn miktarı ile solunabilen hava içerisindeki miktarların benzerlik gösterdiklerini tespit etmişlerdir. Yine bu çalışmada Ba ve Zn’nun araç lastiklerinden ve Cu ve Mn’in ise araba parçalarından yayıldığı belirlenmiştir.

El-Hassan (2001), Ürdün-Amman’da insan etkisiyle kirlenmiş üç farklı bölgede yetişen 36 servi ağacının (*Cupressus*) kabuk örneklerini hava kirliliği için biyoindikatör olarak incelemiştir. Çalışma ile trafiğin yoğun olduğu yerlerde Pb elementinin yüksek seviyede birikim gösterdiği, kurak bölgelerde yetişen ağaç kabuklarının Cd, Pb, Mn, Ni, Zn, Cu ve Cr kirliliği için iyi bir indikatör olduğu belirlenmiştir.

Olayan ve Thomas (2002), Kuveyt kurak ekosistemlerinde, 12 farklı bölgede *Phoenix dactylifera* L. bitkisinin yıkanmış ve yıkanmamış yaprakları ile kabuk ve meyvelerinde Pb konsantrasyonunu analiz etmişlerdir. Çalışma ile yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda Pb yoğunluğunun bölgelere göre önemli farklılıklar gösterdiği, kurşun değerinin en yüksek seviyesine yıkanmamış yapraklarda ulaştığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda yıkanmamış bitki yapraklarındaki Pb konsantrasyon düzeyini sırasıyla yıkanmış yapraklar, meyve ve kabuklarının izlediği, bitkinin yetiştiği topraklardaki Pb değerinin ise diğer örneklerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Harju vd. (2002), karaçam (*P. nigra*) kabuklarının metal içerikleri ile çevre kirliliği arasındaki ilişkiyi araştırmışlar; kirli bölge ve kirli olmayan bölgeden temin edilen çam kabuklarının metal oranları arasında anlamlı bir korelasyonun olduğunu belirleyerek bitkinin biyomonitör olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Satarug (2003), tarafından yapılan bir çalışmada Cd için, söğütün (*Salix*) biyoakümülatör olabilirliği araştırılmış, söğüt filizinde önemli düzeyde Cd bulunduğu rapor edilmiştir.

Madejón vd. (2004), İspanya'daki Guadiamar Nehri kenarındaki ormanlar ve maden yatağı yakınlarında, Pb, Cd, Mn, As, Fe, Ni, Cu, ve Zn gibi çeşitli iz elementlerin atmosfer ve topraktaki içeriklerini tespit etmek için, kontamine olmuş 25 *Populus alba* ile kontamine olmamış 10 ağacın yaprak ve gövdelerini analiz etmişler, topraktaki Cd, Zn ve kısmen As elementleri için kavak yapraklarının biyomonitör olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Demirezen vd. (2004), Kayseri ili Sultan Sazlığı bölgesinde *Typha angustifolia* L. ve *Potamogeton pectinatus* L. bitkilerinde ağır metallerin (Cd, Cr, Pb, Ni, Zn, ve Cu) birikimlerini inceleyerek, ağır metal birikimlerinin, *Typha angustifolia* L. bitkisinin dokularında daha yüksek seviyede olduğunu belirlemişlerdir. Araştırmacılar, *Typha angustifolia* L. bitkisinin yapraklarında biriken ağır metallerin, bitkinin köklerine göre düşük konsantrasyonlarda olduğunu, Pb metalinin ise her iki bitki kökünde de önemli konsantrasyonlarda biriktiğini ortaya koymuşlardır.

Tomasevic vd. (2004), Belgrad’da, atmosfer kirliligi ile çeşitli alanlardaki ağaç yapraklarındaki ağır metal birikimi ilişkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışma ile at kestanesi (*Aesculus*) ve ıhlamur (*Tilia*) yapraklarında Cd, Pb, Cu ve benzeri zararlı etkisi olan elementleri tayin ederek bu bitki yapraklarının hem Cd hem de Cu için duyarlı olduğunu belirlemişlerdir.

Yenisoy vd. (2004), Ege Bölgesi’nde 51, 800 km²’lik alandan, 234 adet *Xanthoria parietina* L. türü liken toplamış ve 35 elementin (Al, As, Au, Ba, Br, Cd, Ca, Ce, Cl, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, Hg, K, La, Lu, Mg, Mn, Na, Nd, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Th, Ti, V, Yb, Zn, Pb, Ni, Cu) konsantrasyonlarını belirleyerek pek çok elementin, şehirleşmenin ve sanayileşmenin yoğun olduğu yerlerde yüksek konsantrasyonlarda olduğunu tespit etmişlerdir.

Baldantoni vd. (2005), güney İtalya’daki volkanik Averno gölü çevresinde yetişen ağaçlar üzerinde eser element kirlenmesinin derecesini araştırmışlardır. Çalışılan bitki türleri arasında, *Pyrus communis*’in köklerinde eser element biriktirme kabiliyetinin oldukça yüksek olduğunu, bu sebepten, bitkinin biyomonitör çalışmalarında en kullanışlı bitki olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Fratı vd. (2005), petrol rafinerisi ve Zn metal fabrikası civarında yetişen ağaçlardan topladıkları örnekler ile Cd, Pb, Cu ve diğer element analizlerini yapmışlardır. Analiz sonuçları, kontrol bölgesi ve çalışma bölgesi olarak kıyaslandığında, kirlenmiş bölgeden alınan örneklerin metal konsantrasyonlarının kontrol bölgesine oranla daha yüksek seviyelerde olduğu ve bu ağaçların biyomonitör bitki olarak kullanılabilceğini ifade etmişlerdir.

Çavuşoğlu vd. (2005), İsparta ili şehir merkezi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki 10 km’lik yol boyunca sıralanan *Cupressus sempervirens* L. ve *Cedrus libani* yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliği araştırmış, her iki bitki türünde de kurşun kirliliğinin şehir merkezine yaklaştıkça arttığını belirlemişlerdir.

Çelik vd. (2005), Denizli’de, *Robinia pseudoacacia* L. türünün yapraklarını kullanarak ağır metal kirliliğini araştırmışlar, yapılan çalışma ile endüstriyel bölgelerden toplanan örneklerde demir, çinko, mangan ve kadmiyum, trafiğin yoğun olduğu bölgelerden toplanan yalancı akasyalarda ise kurşun ve bakır birikiminin yoğun olduğunu belirlemiş-

lerdir. Kirliliğin boyutu ile bitki yapraklarında biriken element değerleri arasında önemli bir ilişkinin olması sebebiyle, türün biomonitor olarak kullanılabilmesini bildirmişlerdir.

Güler (2006), Adana'da yaptığı çalışma ile trafik kaynaklı kirliliğin, bitki ve toprak üzerindeki olumsuz etkilerini belirlemek için *Nerium oleander* L. (Zakkum), *Cynodon dactylon* (L.) Pers. (Bermuda çimi), ve *Pinus pinea* L. (Fıstık çamı) türlerinin ağır metal analizlerini yaparak, trafik yoğunluğu ile Cd ve Pb miktarları arasında pozitif yönlü bir ilişkinin bulunduğunu ve bitkideki her iki metalin birikiminin de trafik kaynaklı olduğunu tespit etmiştir.

Olivia ve Mingorance (2006), İspanya'daki endüstriyel bölgelerde yetişen zakkum (*oleander*) ve çam (*pine*) bitkilerinin yaprak, dal ve kabuk (bark) örneklerinin metal analizlerini yaparak zakkum ve çam yapraklarının kirlenmelere karşı duyarlı olduklarını tespit etmişlerdir.

Mingorance ve Oliva (2006), İtalya'nın Sicilya bölgesinin Palermo şehrinde trafiğin yoğun olduğu ve olmadığı şehir merkezi ve dışından toplam 6 bölgeden zakkum (*oleander*) yapraklarının metal analizlerini yapmışlar, bu çalışma ile yapraklardaki metal konsantrasyonunun %30'unun havadan yapraklara geçen metaller olduğunu tespit etmişlerdir.

Keleş (2007), yapmış olduğu çalışma ile Konya şehir merkezi yol ve parklarındaki çam ağaçları (*pine*) ve toprak örneklerini kullanarak ağır metal kirliliğini araştırmıştır. Çalışma ile ağır metallerin değerlerinin yüksek çıktığı bölgelerin, şehir trafiğinin yoğun olduğu, kavşak noktalarının ve trafik lambalarının bulunduğu yerler olduğunu tespit etmiştir.

Duman vd. (2007), *Schoenoplectus lacustris* ve *Paracalliope australis* bitkilerinde ağır metallerin alınımları ve dağılımlarını mevsimsel olarak incelemişler, her iki bitki türünün de, Pb, Cu, Mn, Ni, Zn ve Cd metalleri için kök akümülatörü olduğunu tespit etmişlerdir.

Öztürk (2008), 2004-2007 yılları arasında İstanbul'da farklı lokalitelerden *Celtis australis* L.'e ait kabuk, dal, yaprak ve bitkinin yetiştiği topraklardan örnekler toplayarak, bu bitkinin ağır metal kirliliğinde biomonitor olarak kullanılabilirliğini araştırmış, kirlilik

kaynaklarının kontamine olan bölgeye uzaklık ve kaynak çeşitlerinin önemi ile ağır metallerin hava ya da toprak yolu ile kontaminasyona sebep olma oranlarını ortaya koymuştur.

Suzuki vd. (2009), Japonya Okayama'da *Rhododendron pulchrum* yapraklarındaki ağır metal miktarı ile trafik yoğunluğu ilişkisini araştırmış, bitkinin yetiştiği toprak ile trafik yoğunluğu arasında Zn, Ni ve Pb konsantrasyonlarında anlamlı bir korelasyonun olduğunu, bitkinin biyoindikatör olarak kullanılabilceğini ortaya koymuşlardır.

Akgüç vd. (2010), Muğla'da, *Pyracantha coccinea* Roem. (*firethorn*) bitkisinin ağır metal analizlerini yaparak, bitkinin biyomonitör olabileceği özelliğini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda, *P. coccinea* bitkisinin bakır ve nikel için bir biyomonitör olarak kullanılabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Drzewiecka vd. (2010), yaz ve sonbahar mevsimlerinde, Cd ve Pb elementlerinin birikimlerini *Phragmites australis* ve *Typha angustifolia* L. bitkilerinde incelemişlerdir. Çalışma ile bitkilerin köklerinde ağır metal konsantrasyonları, diğer kısımlara nazaran yüksek bulunmuş, bitkilerin ağır metaller için kök akümülatörü olabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Doğan vd. (2010), Türkiye'nin yaklaşık 1/8'lik kısmına gelen Batı Anadolu'da yaptıkları çalışma ile endüstriyel, kırsal, yol kenarı ve banliyö olmak üzere 30 farklı örnekleme istasyonundan alınan *Pinus brutia* yapraklarında kurşun, kadmiyum, krom, demir, nikel ve bakır elementlerinin analizini yapmışlar, bitkilerdeki en yüksek element birikiminin endüstriyel alanda olduğunu tespit etmişlerdir.

Duru vd. (2011), yaptıkları çalışma ile Karadeniz Sahil yolunda, 23 farklı istasyondan toplanan *Verbascum sinuatum* L. (*Scrophulariaceae*) (sığırkuyruğu) türünün yapraklarında taşıtların sebep olduğu ağır metal kirliliğinin boyutlarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, bitkilerdeki ağır metal birikiminin trafik yoğunluğu ile arttığı ve *V. sinuatum* türünün, bu birikimin tespitinde biyolojik belirleyici olarak kullanılabilceği yönünde görüş bildirilmişlerdir.

Özcan (2011), Kırklareli ilinde yetişen hasır otu (*Typha latifolia*), defne (*Laurus azorica*) ve karaçam (*Pinus nigra*) örneklerindeki ağır metal birikimi ve bitkilerin biyomoni-

tör özelliğini araştırmıştır. Çalışma sonucunda özellikle hasır otu bitkisinin mangan elementi için biyomonitör özellik gösterdiği bildirilmiştir.

Ünal vd. (2011), İzmir - Kemalpaşa sanayi bölgesinde 4 farklı lokaliteden alınan zeytin (*Olea europaea*) yapraklarındaki Cr, Pb, Zn, ve Cu konsantrasyonlarını belirleyerek, zeytin ağacının biyoindikatör özelliğini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonucunda bitki yapraklarındaki ağır metal birikiminin sanayi bölgesine yaklaştıkça arttığı, zeytin yapraklarının biyomonitör çalışmaları için elverişli olduğu tespit edilmiştir.

Çilali (2012), yaptığı çalışma ile Amasya-Tokat karayolunun 15 ile 21'inci km'leri arasında doğal olarak yetişen kuşburnu (*Rosa canina*) bitkilerindeki ağır metal birikimini belirlemek amacı ile karayoluna çeşitli mesafelerde yetişen kuşburnu bitkilerinin yaprak, meyve ve bitki taç izdüşümündeki toprak örneklerinde ağır metal analizleri yapmıştır. Çalışma sonucunda, kuşburnu bitkisinin bulunduğu yerin karayoluna uzaklığının, ağır metal birikim miktarını önemli derecede etkilemediği bildirilmiştir.

Yıldırım vd. (2012), Amasya şehir merkezinde yaygın olarak bulunan *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia*'nın Cu, Fe ve Mn içeriklerini tespit ederek, bu bitkilerin Cu, Fe ve Mn kirliliğinin tespitinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışma ile Cu kirliliğinde *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia* türlerinin biyomonitör olarak kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Kocic vd. (2014), Sırbistan'da yaptıkları çalışma ile Sırbistan Ulusal Kütüphanesi'nin yakınındaki parkta, 2002-2004 yılları arasında, at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ıhlamur (*Tilia spp.*) bitkilerini ağır metal biyoakümülatörleri olarak incelemişlerdir. Araştırmacılar, bu ağaç türlerinin (at kestanesi ve ıhlamur) incelenen ağır metallerin önemli bir biyoakümülatörü olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Norouzi vd. (2015), İran'ın İsfahan şehrinde, düzlem ağacının (*Platanus orientalis* L.) atmosferik kirliliğin bir biyoindikatörü olarak kullanılması olasılığını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda düzlem ağacı yapraklarının, Pb haricinde, incelenen tüm ağır metaller için hava kirliliğinin biyogöstergesi olarak büyük bir potansiyele sahip olduğunu bildirilmişlerdir.

Karakoyun ve Osma (2015), Erzincan İli Şehir merkezinde yaptıkları çalışma ile sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) bitkisinden dal, kabuk ve bitkinin yetiştiği

toprak örneklerinden toplayarak, Cu, Fe, Cr Zn, Pb, Co, Ni gibi ağır metallerin birikimini araştırmışlardır. Bu alışma ile sarıçamın iyi bir biyomonitör özelliğe sahip olabileceği ileri sürülmüştür.

Pajak vd. (2016), Polonyada yaptıkları çalışma ile İskoç amı (*Pinus sylvestris* L.) ve kirlenmiş bir huş ağacı (*Betula pendula* Roth) yapraklarındaki Pb, Zn, Cd, Cu ve Cr'un birikme kapasitelerini analiz ederek bu bitkilerin biyomonitör olabilirliğini değerlendirmişlerdir.



3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Ağır Metaller ve Özellikleri

Düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sebep olabilen, yüksek yoğunluğa sahip elementler, ağır metal olarak adlandırılır. Fiziksel özellik yönünden değerlendirildiğinde; atomik yoğunluğu 4 g/cm^3 ya da 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metal ya da metaloitlere ağır metal denilir. Dünya üzerindeki 92 elementten 53 tanesi ağır metaldir. Demir, bakır, krom, kobalt, kadmiyum, kurşun nikel, çinko ve civa gibi elementler bu gruba girmektedir (Başaran, 2010).

3. 1. 1. Manganez (Mn)

Oda sıcaklığında katı halde bulunan manganezin atom numarası 25, yoğunluğu $7,43 \text{ g/cm}^3$ dür. Kimyasal davranışları demir ile benzeşen manganez periyodik tablonun 7A grubundadır. Litosferdeki ortalama konsantrasyonu $1000 \mu\text{g/g dw}$ (Bradl, 2005), olan manganeze sıklıkla metamorfik olmak üzere sedimenter ve volkanik kayalarda rastlanmaktadır (Bradl, 2005). Temel bileşen olarak çelik üretiminin yanı sıra, bakır ve alüminyum alaşımlarının üretiminde de kullanılır. Katalizör olarak elektrik bobinlerinde, kuru pillerde, cam, seramik ve boya endüstrisinde de kullanılır. Canlı bünyesinde azot fosfor ve organik asit metabolizmasında gerekli enzimlerin aktive olmasını sağlamaktadır. Bitkilerde temel iz elementlerden biridir. Klorofil oluşumunda demir ile beraber aktivite gösterirken, protein sentezi ve solunumda da çeşitli bitki enzimlerinin yapı taşlarından biri olarak görev almaktadır. Bitki gelişimini sınırlayıcı en önemli faktör; asidik topraklarda gözlenen Al ve Mn toksisitesinin beraber ortaya çıkmasıdır. Kofaktör olarak Dekarboksilaz Kinaz, Hidrolaz ve bazı metaloenzimlerin yapısına katılmaktadır (Bradl 2005; Başaran 2010).

3. 1. 2. Krom (Cr)

Dünyada, bulunma bolluğu bakımından 7. sırada olmasına rağmen element formunda nadir olarak bulunan bir elementtir. Periyodik tablonun 6B grubunda olup atom numarası 24, yoğunluğu $7,2 \text{ g/cm}^3$ dür. Çeşitli minerallerin yapısına katılır. Kromit $[\text{Fe}^{2+}\text{Cr}_2\text{O}_4]$ en önemli krom mineralidir (Cervantes vd. , 2001).

Kararlı iki formu üç (Cr III) ve altı değerlikli (Cr VI) haldedir. Cr²⁺ den Cr⁶⁺ ya kadar değişik şekillerde bulunabilir (Vernay vd. , 2007). Cr (III) canlıda lipid ve glukoz metabolizmasında önemli rol oynamasına rağmen yüksek miktarlarda alındığında kanserojen riske sahip olduğundan ölümlere sebep olur. Metal kaplama, boya ve pigment üretiminde, metalürjik endüstri ve tekstil gibi alanlarda kullanılır. Doğaya karışan formu Cr (VI) şeklindedir (Zayed ve Terry, 2003). Yüksek erime ısısına sahip bir element olduğundan ateşe dayanıklılık gerektiren alanlarda, harç yapımında, paslanmaz çelik üretiminde, deri dabaklamada, kimyasal üretimde, boya maddelerinde, tekstil üretiminde kullanılır (Zhang vd. , 2004; Bradl, 2005). Aşırı konsantrasyonlarda alınan Krom bileşikleri kanserojen ve ölümcül etkiye sahip olur. Üç değerlikli kromdan ziyade altı değerlikli kromun toksik etkisi daha fazladır (Shanker vd. , 2005; Babula vd. , 2008).

Bitkilerde krom seviyesinin düşük seviyelerde seyretmesi gelişim açısından olumlu bir durumdur. Aşırı miktarda alımın, kloroz, gelişim bozukluğu, bodur kalma gibi anomalilere sebep olarak bitki ölümlerine yol açar (Vajpayee vd. , 2000). Oksidatif zararını, protein ve lipit gibi biyomoleküller üzerinde gösterir. Toksik etki, Ribo Nükleaz, Nitrat Redüktaz ve antioksidan enzimlerin aktivitelerinin olumsuz yönde etkilenmesine sebep olur (Vartika vd. , 2004; Labra vd. , 2006).

3. 1. 3. Çinko (Zn)

Periyodik tablonun 2B grubu elementlerinden olan ve tüm bileşiklerinde +2 değerlikli olarak bulunan çinkonun atom numarası 30, yoğunluğu 7,13 g/cm⁻³ dür. Dünyada tüketilen metal miktarları karşılaştırıldığında çinkonun, demir, alüminyum ve bakırdan sonra 4. sırada olduğu görülür. Bundan dolayı birçok sektörde kullanım alanı bulmuştur. Makyaj malzemeleri yapımında, muşamba, vernik ve kauçuk üretiminde, cam, otomobil lastiği, parşömen, elektrikçi aletleri, televizyon ekranları yapımı, otomotiv sanayide, merhem ve kozmetik ürünlerde, çelik ve demir ürünlerin yüzeylerinin kaplanmasında kullanılır. Doğaya; lağım pisliği, madencilik ve çinkolu gübreler vasıtası ile çinko bırakılır (Bradl, 2005).Yüksek konsantrasyonlarda, sucul canlılarda toksik etki oluşturan iz elementlerden biridir. Havada birikim ya da yüzey akışları çinkonun sucul sistemlere ulaşmasını sağlar. Sucul sistemlere ulaşan çinkonun manganez ve demir oksitlerle beraber sedimente çökme, birikme özelliği vardır (Campbell ve Tessier, 1996; Başaran, 2010).

3. 1. 4. Kobalt (Co)

Toprakta, sedimentte, kayaç yapısında Co^{2+} formunda bulunan kobaltın atom numarası 27 yoğunluğu 8.9 g/cm^{-3} dır. Periyodik tabloda 8B grubunda bulunur (Siegel, 2001). Direkt olarak ulaşımı mümkün değildir. Çoğunlukla bakır olmak üzere diğer madenlerin çıkarılması işleminde bir yan ürün olarak elde edilir. Oksitlenmeye karşı direnci yüksek ve dayanıklı bir metaldir. Paslanmayan manyetik çeliğin elde edilmesinde kullanılır. Elektrolizle kaplama işleminde, gaz türbin jeneratörlerinde, jet türbinlerinde, parlak ve kalıcı mavi rengin üretiminde, cam ve porselen sanayilerinde kullanılır (Bradl, 2005). Canlılar için gerekli iz elementlerden biri olan Kobalt, Vitamin B_{12} 'nin yapısına katılır. Bitki gelişmesi ve metabolizmasını etkilediği ve denizel bazı alg türlerinin (diatom, krisofitler ve dinoflagellatlar) gelişmesinde başlıca element olduğu tespit edilmiştir. Fazla miktarlarda alınması insan bitki ve hayvanlarda toksik etkilere yol açar (Nagpal, 2004).

3. 1. 5. Bakır (Cu)

Periyodik tablonun 1B grubu elementlerinden olan bakırın atom numarası 27 yoğunluğu 8.96 g/cm^{-3} dır. İyonları Cu^{2+} ve Cu^+ şeklinde bulunabilir. Gümüşten sonraki en iyi iletken olduğundan birçok kullanım alanı vardır. Prinç ve bronz gibi alaşımların yapısına katıldığından endüstriyel yönden büyük önemi vardır. Elektrik endüstrisi, makine yapımında, inşaat, silah yapımında ve ulaşım sektörlerinde, alaşım ya da doğrudan metal olarak kullanılır. Canlılar tarafından iz element olarak kullanılan bakır; düşük miktarlarda hücre ve dokularda mevcuttur. Hücre duvar metabolizması, tohum üretimi, solunum ve fotosentez gibi birçok fizyolojik olayda gerekli olan enzimlerin yapısına katılan bakırın bitki gelişimi için gereken seviyesi $5-20 \mu\text{g/g dw}$ civarındadır. Bakırın en tehlikeli formu olan Cu^{2+} iyonunu, sucul ekosistemler için yüksek toksisiteye sahiptir (Bradl, 2005). p-hidroksifenil pruvat, sitokrom-c oksidaz, dopamin beta hidroksilaz ve tirozinaz gibi enzimlerin yapısına katılarak katalizör rolünü üstlenirken, insanda da kofaktör olarak görev yapar (Yruela 2005).

3. 1. 6. Demir (Fe)

Periyodik tablonun 8B grubu elementlerinden olup, atom numarası 26, yoğunluğu 7,86 g/cm³, atom ağırlığı da 55,845 g/mol dür. Yumuşak, çekilebilir ve dövülebilir bir metal olup gri ya da gümüş beyazı rengindedir. Alüminyumdan sonra yer kabuğunda en bol bulunan ikinci element olmasına rağmen doğada serbest halde rastlanmaz. Doğada rastlanan serbest demir kütleleri meteorlardan kaynaklanır. Dünyanın çekirdeğinin başlıca bileşeninin demir olduğu sanılır. Yer kabuğunun % 5'ini oluşturur. Doğada başlıca oksitli filizleri biçiminde bulunur. Demir, topraktan, demir kayaçlardan, endüstriyel atıklardan, organik atıklardan, asidik madenlerin drenaj sularından, kömür yatakları drenaj sularından, kömür küllerinden, madencilik endüstrisi atıklarından, çeşitli alanlarda kullanılan demir ve çelik malzemenin korozyonundan süzülerek yerüstü ve yer altı sularına karışır. Sulardaki bulunma hali Fe⁺² (ferros) ve Fe⁺³ (ferric) şeklindedir. Demirin yüzey sularında bulunan hali Fe⁺³ (ferrik) şeklindedir. Derişim çoğunlukla 0,5 mg/L'den azdır. Yeraltı sularındaki derişimi ise genellikle daha yüksek olup, bazı termal kaynaklarda 10-100 mg/L arasında değişebilir. Çoğu topraklar yüksek konsantrasyonlarda (> 20.000 mg/kg) Fe içermektedir. Demir toksisitesi genellikle su altında kalan çeltik topraklarında bir problem olarak kendini gösterir. Birkaç haftalık su altında kalma, söz konusu topraklardaki çözünülebilir demir düzeyini 0,1 µg/g dw'den 50-100 µg/g dw'e kadar yükseltebilmektedir. Çeltikte görülen demir toksisitesi "bronzing" olarak bilinmektedir. Bu tür hastalıkta yapraklar ilk olarak ince kahverengi lekelerle kaplanmakta, ardından tüm yaprak eşit bir şekilde kahverengileşmektedir. Bu durum çoğunlukla 300 µg/g dw'den fazla demir içeren çeltik yapraklarında gözlenmektedir. Demir bileşikleri balıkların solungaçları üzerinde çökerek solungaçların tıkanmasına ve canlılığın ölümüne neden olmaktadır (Bebek, 2001).

3. 1. 7. Kurşun (Pb)

+2 ve +4 şeklinde iki formda bulunan kurşunun atom numarası 82, yoğunluğu 11,4 g/cm³ dür. İnorganik bileşiklerinin çoğunda +2 değerlikli olarak bulunur (Bradl, 2005). Atmosfere kurşun karışmasının sebebi fosil yakıtların kullanılmasıdır. Fosil yakıtların kullanılması sucul sistemlerde birikimin artmasını sağlar. Havaya karışan kurşunun çok büyük bir bölümünü; 1925'den beridir kullanılan kurşunlu benzinin oluşturduğu tespit edilmiştir. Benzine katılmasının yanı sıra boyalarda, metal borularda, pil muhafazala-

rında kullanılır. Topraktaki organik madde ile kurşun arasında şiddetli bir etkileşim vardır. Bundan dolayı bitki üzerindeki toksisiteyi belirlemek kolay olmaz. 100-500 µg/g dw arasındaki var olan değeri aşan konsantrasyon miktarlarının toksik olacağı düşünülmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1984). Bitki gelişiminin gecikmesinde kurşun toksisitesinin etkili olduğu saptanmıştır (Liu vd. , 2003). Bitkide enzim aktivitesini inaktive ettiği, su ve besin maddesi alınımını etkilediği, hücre yapısı bozulmalarına sebep olduğu ve fotosentetik süreci olumsuz yönde etkilediği de saptanmıştır (Liu vd. , 2003).

3. 1. 8. Kadmiyum (Cd)

Genellikle bütün karalı bileşiklerinde +2 değerlikli halde bulunan kadmiyumun atom numarası 48, yoğunluğu 8,65 g/cm⁻³ dür (Bradl, 2005). +2 değerlikli bu iyonik form, kükürt, klor ya da oksijen ile birleşerek; kadmiyumsülfat (CdSO₄), kadmiyum klorür (CdCl₂) ya da kadmiyum oksit (CdO₂) gibi bileşikleri oluşturur. Doğada bulunma halide bu şekillerdedir (Castro-González ve Méndez-Armenta, 2008). Yer kabuğunda nadir bulunur. Canlılar için de gerekli temel elementlerden biri değildir. Doğal yollar ya da insan aktiviteleriyle ekosisteme dahil olur. Rafine işlemleri, batarya üretimi, fosfatlı gübreler, plastik endüstrisi ya da kaplama işlemleri gibi faaliyetler sonucu ortaya çıkarak doğaya karışır (Burger, 2008). Sucul ekosisteme karışan kadmiyum, su ya da sucul canlıların tüketilmesi veya canlının epitel dokusu tarafından emilmesi sonucu besin zincirine dahil olarak toksik etkiyi oluşturur (Ruangsomboon ve Wongrat, 2006).

Bitkilerde, solma, gelişim bozuklukları, metabolik olayların sekteye uğraması, klorofil miktarındaki azalma, kırmızı turuncu yaprak renklenmesi, kök gelişimindeki anormallikler, stomadaki açılma, iletkenlikte azalma, fotosentezde rol oynayan enzimlerin aktivitelerine engel olma gibi etkiler toksisitenin gözlenen tipik belirtileridir (Bradl, 2005).

Çeşitli ağır metallerin ekolojik sınıflandırması ve ekosisteme dahil olma kaynakları aşağıdaki tablolar ile verilmiştir.

Tablo 3.1. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflandırması (Yıldız, 2004).

Element	g/cm ³ özgül ağırlık	Bitki ve Hayvan İçin Gereklilik	Kirletici Olup Olmadığı
Ag (gümüş)	10,5	-	K
Cd (kadmium)	8,5	-	K
Cr (krom)	7,2	G	K
Co (kobalt)	8,9	G	K
Cu (bakır)	8,9	G	K
Fe (demir)	7,9	G	K
Hg (civa)	13,6	-	K
Mn (mangan)	7,4	G	-
Pb (kurşun)	11,3	-	K
Mo (molibden)	10,2	G	K
Ni (nikel)	8,9	G	K
Pt(platin)	21,5	-	-
Tl (talyum)	11,9	-	K
Sn(kalay)	7,3	-	K
U (uranyum)	19,1	G	K
V (vanadyum)	6,1	G	K
W (tungstem)	19,3	G	K
Zn (çinko)	7,1	G	K
Zr (zirkon)	6,3	-	-

Tablo 3.2. Ekosisteme dahil olan toksik ağır metallerin kaynakları (Markert,1993).

	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Ag	Cd	Ba	Pb
Endüstri														
Plastikler	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Ev aletleri yapım sanayi	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Tekstil	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Ağaç işletmeciliği	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
Havadaki Partikül ve Dumanlar														
Fosil yakıtlar	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+
Metal işletmeciliği	+	+	-	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-	+
Şehir, fabrika vs.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+
Taşıtlar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Tarım														
Sulama	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
Gübreleme	-	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-
Pestisit uygulaması	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Hayvansal gübreler	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Kireçler	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+
Metal aşınması	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
Metal işletmeciliği ve eritmeden gelen atıklar														
Maden işlemlerinden rüzgarla çevreye yayılanlar	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+
Metallerin eritilmesinden	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+
Demir ve çelik endüstrisinden	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Metal işletmeciliğinden	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-
Atıklar														
Lağım	+	+	-	-	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+
Kazma ve delme	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+
Küller	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+

3. 2. Ağır Metallerin Bitki Bünyesine Alınması

Bitkiler, yaşam döngülerini en verimli şekilde tamamlayabilmek için en az 17 bitki besin maddesi ya da elemente ihtiyaç duymaktadır. Hidrojen, karbon ve oksijen bu elementlerin en önemlilerindedir (White, 2006; Gardiner ve Miller, 2008; Fageria, 2009). Canlılar için mikro elementlerden olan Mo, Cu, Zn, Cr, Ni, Fe ve Co gibi elementler de metabolizmada yapı taşları olarak önemli görevler üstlenirler. Bu elementlerin yüksek konsantrasyonları canlı organizmada toksik etkilere sebep olur. Buldukları canlı sisteminde, yüksek konsantrasyonlardaki bakır (Cu), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), civa (Hg) gibi elementler, canlı metabolizmasında reaktif oksijen türevlerinin oluşumuna, enzim fonksiyonlarının bozulmasına ya da pigmentlerde esas metallerle yer değiştirme gibi özellikler göstererek, canlı sağlığı üzerinde olumsuz birçok etkiye sebep olurlar. Her metalin kendine has toksisitesi olduğu gibi, aynı metalin bir canlıdan diğer canlıya göstermiş olduğu toksik etkide farklı şekilde olabilir. Bitkiler atmosferdeki ağır metali, az miktarda, yapraklarıyla alırlar. Ancak yapılan araştırmalar alınının büyük kısmının kök sistemleri ile yapıldığını göstermiştir (Yalçın, 2014).

Ağır metallerin bitkiye alımın mekanizması üç şekilde gerçekleşir. Bunlar; aktif, pasif ve kolaylaştırılmış alımın şeklidir.

Aktif alımda, bitki enerjiye ihtiyaç duyar. Aynı zamanda taşıyıcı moleküllerinde alımda etkisi olur. Alımın, sıcaklık değişimleri ve metabolik aktivite tarafından etkilenebilir. Taşıyıcı moleküller spesifik olma özelliğine sahiptir.

Pasif alımın, spesifik taşıyıcılar kullanılmadan, sadece konsantrasyon farkı ve basit difüzyon kurallarına göre gerçekleşen alımdır.

Öncelikle iyonlar kök ve yapraklarla difüzyon sayesinde alınır. Alınan iyonlar membran yüzeyinden stoplazmaya küme halinde geçer. Eğer kök ve yaprak sınırlarında membranlar iyon geçişine izin veriyorsa; komşu hücreler arası pasif taşınım devam eder. Pasif alımın bitki için avantajı sıcaklık değişimi ve metabolik engelleyicilerden etkilenmesidir.

Kolaylaştırılmış alımın; doğrudan özel enerji yöntemlerine ihtiyaç duyulmasa da, metabolik aktivitenin gösterilmesini gerektirerek gerçekleşen alımın şeklidir. Hücreler kolaylaştırılmış alımın için H ve metal bağlayan enzimleri hücre dışına salgılar. İyonlar

taşıyıcı ajanlar ile yer değiştirir. Bu sayede madde hücre içerisine alınmış olur. Hücrede salgılanan ajanların inorganik maddelerin kimyasal yapısını değiştirici etkisi olabilir. Topraktaki metabolik olaylarda kolaylaştırılmış alınımı etkileyebilir. Bu maddelerin, su ve besin zinciri yoluyla, belirli bir alım hızı vardır. Bu zehirli maddelerin vücuttan atılma hızları, alınma hızlarından düşük olduğundan canlı bünyesinde biyolojik birikim meydana gelir. Canlıda, çeşitli organlar vasıtası ile bünyeye alınarak dokularda biriktirilen madde miktarı, biyokonsantrasyon olarak tanımlanır (Newman ve Unger, 2002).

3. 3. Biyomonitör Canlılar ve Özellikleri

Bir ekosistemde, ekolojik dengenin bozulmasına sebep olan bir etmen, ortamda yaşamını sürdürmekte olan canlılar için bir uyaran vazifesi görür. Canlı organizmalar doğaları gereği bu etmenlere karşı çeşitli tepkiler verirler. Canlıların geliştirmiş oldukları bu tepkiler çevre kalitesini belirleme ve izleme çalışmalarında biyolojik izleme yöntemleri olarak değerlendirilir. Genel anlamda organizma, kendi sağlığını yansıtırken, özel anlamda ekosistem sağlığını yansıtmaktadır (Saulović vd. , 2014). Canlıların dokularında akümüle ettikleri toksik maddelerin analiz edilmesiyle, çevre kirliliğine sebep olan kontaminantların canlıların yaşadığı çevre üzerindeki etkileri hakkında bilgi edinilebilir (Tataruch ve Kierdorf, 2003; Topyıldız ve Yarsan 2014).

Çevrenin karakteristik yapısı, kirlenmiş bölgenin kirlenici içerikleri ya da kirliliğin boyutu hakkında bilgiler toplanmasında biyolojik ajanların ya da organizmaların kullanılmasına biyoizlem (biyo-gözlemleme) denir. Biyoizlem de esas olan; hayvan ya da bitkilerin, çevre gözlemcisi olarak kullanılmasıdır. Bu şekilde kullanılan biyolojik materyaller de biyomonitör olarak adlandırılır.

Monitör olarak seçilen canlının ekolojik, morfolojik, fizyolojik ve davranışsal özellikleri ile tür zenginliği hakkında bilgi edinilebileceği gibi, canlının yapısında bulunan element yada minerallerin bulunma oran ve sebepleri ile alakalı bilgiler toplanabilir (Szczepaniak ve Biziuk, 2003).

Çevre kirliliğinin izlenmesinde biyoindikatör organizmalar da kullanılır. Bu tür organizmalar nitel (kalitatif) analizle sayısal verilerin sağlanabileceği, bu yolla kirliliğin kimliklendirilmesine imkan tanıyan canlılardır (Conti ve Cecchetti, 2001). Çeşitli bölgelerdeki kirlilik derecelerini gösteren kirlilik haritalarının oluşturulması için farklı ülke-

lerde kullanılan biyomonitörlerden elde edilen veriler kullanılır. Günümüzde çevreye karşı duyulan hassasiyet oldukça azalmıştır. Kirliliğin insan sağlığı üzerindeki etkilerine vurgu yapılarak, dikkatlerin bu yönde toplanmasına çalışılmaktadır. Bu çaba çerçevesinde, içinde bulunulan durumun, sayısal değerlerle ispatında biyomonitör canlılara ihtiyaç duyulur. Aynı zaman da bu canlılar çevre açısından bir erken uyarı sistemi gibi çalışırlar (Szczeplaniak ve Biziuk, 2003; Kahraman, 2012).

İdeal biyoindikatörün taşınması gereken özellikler şunlardır;

- ❖ Sınıflandırması ve identifikasyonu kolay yapılabilmesi, taksonomik yeri belli olmalıdır.
- ❖ Besin zincirinin üst kısımlarında bulunması, aynı zamanda birçok halkada da var olması gerekir.
- ❖ Örnekler kolay toplanabilmesi, canlı, toplama sırasında zarar görmeyen özellikte olmalıdır.
- ❖ Biyoindikatör canlı farklı ekosistemlerdeki, ülkelerdeki veya kıtalar arasındaki çevresel kirliliğin karşılaştırılabilmesini karşılayacak şekilde dünya genelinde yaygın olarak bulunabilmelidir.
- ❖ Çevresel değişikliklere karşı hassas olmalı; fakat küçük, önemsiz, rastlantısal değişikliklere karşı duyarlı olmamalıdır. Yer değişimine ya da laboratuvar çalışmalarına, ortamdaki fizikokimyasal değişimlere dayanıklı olmalıdır.
- ❖ Biyoindikatör organizmalar yaşam süreleri boyunca kirleticileri vücutlarında biriktirebilir yapıda olmalı, biyolojileri iyi bilinmelidir.
- ❖ Uygun biyomonitör canlılar yaşadıkları ortamda bol miktarda bulunmalı, yaşadıkları ortamda sabit konumda olmalıdır.
- ❖ Karşılaştırma açısından yaşam süreleri uzun olmalıdır.
- ❖ Canlı farklı bir kirleticie maruz kaldığında yeni kirleticie, vücut dokularında önceden birikmiş kimyasalın toplam konsantrasyonunu değiştirmemeli.
- ❖ İndikatörler biyolojik, metodolojik ve toplumsal ilgiyi en yüksek düzeyde gösterecek şekilde seçilmelidir.
- ❖ Çalışılan alanda tespit edilen ortalama kirlilik derecesi ile takibi yapılan canlıdaki kirlilik derecesi arasında bir bağıntının oluşturulabilmesi gerekir.

- ❖ Eşit seviyede kontamine olan alanlarda, aynı akümülatörler kullanıldığında elde edilen sonuçların birbirine yakın olması gerekir (Topyıldız ve Yarsan 2014).

Yukarıda sayılan ideal özelliklerin hepsine sahip biyomonitör/biyoindikator canlı bulmak zordur. Ayrıca, biyomonitör/biyoindikator olarak seçilen canlılar bu özellikleri araştırmanın amacına göre değişebilir (Zhou vd. , 2008). Analitik tekniklerle biyolojik materyallerin birlikte kullanımını sayesinde, klasik kimyasal metotların hem duyarlılığı, hem de doğruluk oranı artar (Gadzała-Kopciuch vd. , 2004). Toprak, su ve havanın analizi için kullanılan analiz metotlarıyla karşılaştırıldığında, biyomonitörlerin hem ekonomik olması hem de kaynağa uzak alanlarda bile duyarlı olmaları gibi avantajları bulunur (Aslanhan, 2012).

Likenler ve karayosunları biyomonitör olarak en çok kullanılan bitkileridir. Ağır metallerle karşı çok dirençli olmaları, çeşitli madde konsantrasyonlarının belirlenebilmesinde, likenlerin iyi bir biyomonitör olmasına olanak sağlar. Likenlerin aynı zamanda biyoindikator özellikleride vardır. Bu özelliği gazlara karşı gösterdikleri yüksek hassasiyetten dolayı kazanmışlardır (Giordani vd. , 2002). Mevsimlere göre liken ve karayosunlarının morfolojilerinde herhangi bir değişim olmadığından; kontaminasyonun yıl içerisindeki seyri ayrıntılı olarak incelenebilir (Szczeplaniak ve Biziuk, 2003). Biyolojik izleme çalışmalarının başlamasından bu yana; uranyum yataklarında, termik santral ve nükleer santral çevresindeki kontaminasyon düzeyinin belirlenmesinde, nükleer silah testlerinin neden olduğu kirlilik seviyesini belirlemede ve ağır metal tayini gibi birçok alanda biyoindikator ya da biyomonitör olarak likenlerden yararlanılmıştır (Loppi vd. 2003, Uğur vd. 2003, Uğur vd. 2004, Aslan vd. 2006).

Metal kirliliğinin dağılım ve seviyesinin belirlenmesinde, basit yapılu bitkilerin yaş halkaları ağaç kabukları kullanılabilirdiği gibi yüksek yapılu bitkilerinde yaprakları da kullanılmaktadır. Biyomonitör olarak seçilen yüksek bitkilerde; her dem yeşil kalabilen çok yıllık bitkilerden tercih edilir. Bu şekilde kısa dönem aralıklarında ya da yıllık izleme raporları oluşturulur. Bitkilerin coğrafik dağılımı ya da topoğrafik nedenlerden dolayı, bir biyomonitör her yerde aynı tepkileri göstermez. Bunun için farklı ülkeler farklı biyomonitör bitkiler kullanarak biyoizleme yoluna gitmişlerdir. Amerika'nın çeşitli Bölgeleri ve Polonya'da *Populus nigra*, Norveç'de *Hylocomium splendens*, Almanya'da *Hypnum cupressiforme*, *Scleropodium purum*, *Pleurozium schreberi*, ve *Hylocomium splendens*, Bulgaristan'da *Populus nigra*, ülkemizde de *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*,

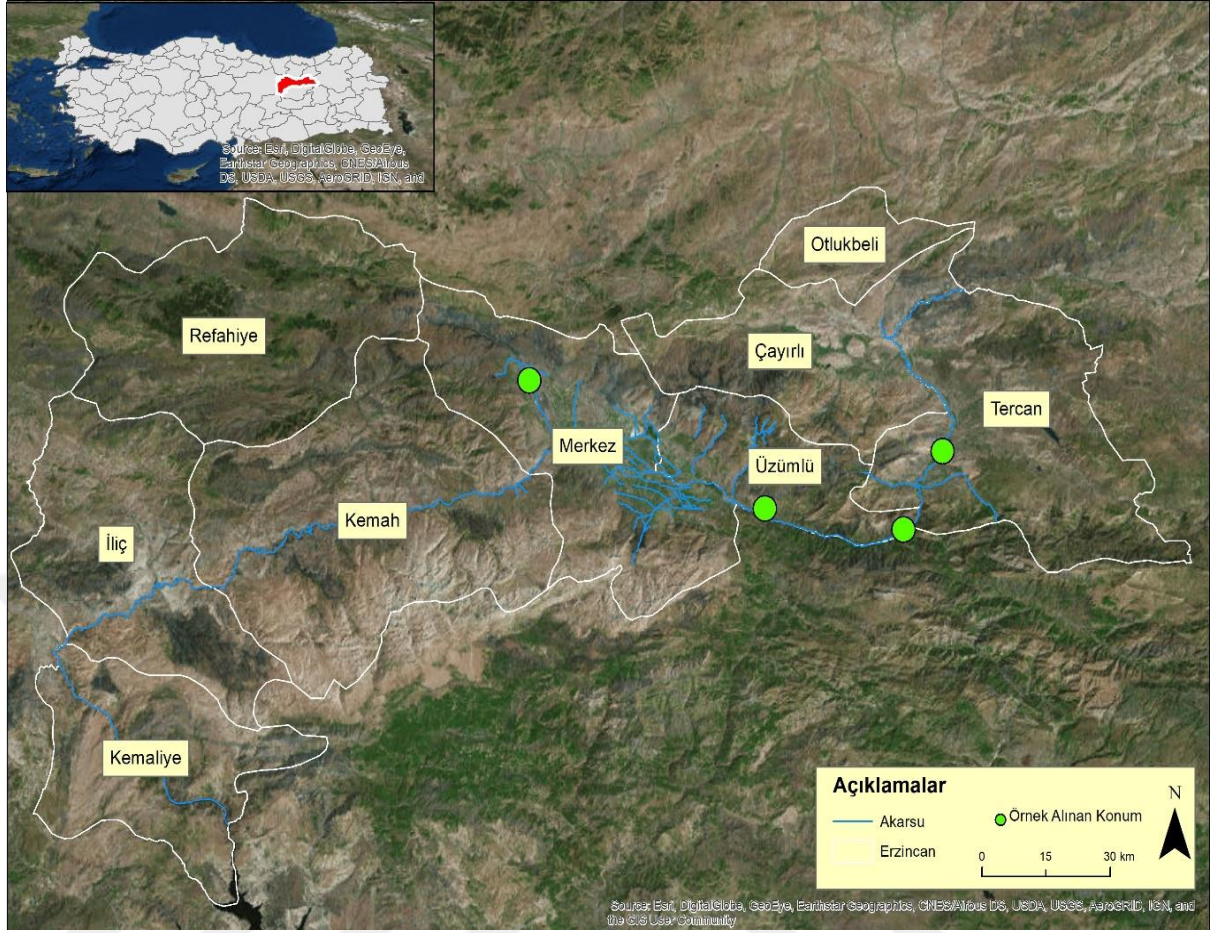
Robinia pseudacacia ve *Elaeagnus angustifolia* L. gibi çok yıllık bitkiler biyomonitör olarak kullanılan türlerdir (Çavuşoğlu, 2002).



4. METERYAL ve YÖNTEM

4. 1. Çalışma Alanı ve Özellikleri

Çalışmanın yapılmış olduğu Erzincan ili Doğu Anadolu'nun Yukarı Fırat Bölümünde yer alır. Coğrafik yerleşim olarak, 39 02'- 40 05' kuzey enlemleri ile 38 16' - 40 45' doğu boylamlarındadır. İl, plato ve dağlarla kaplı olup, dağların uzanışı farklı yönlere doğru belirli bir çizgidedir. İli doğusunda Erzurum, batısında Sivas, güneyinde Tunceli, güneydoğusunda Bingöl, güneybatısında Elâzığ-Malatya, kuzeyde Gümüşhane-Bayburt ve kuzeybatıda Giresun illeri çevreler. Fırat nehrinin kollarından olan Karasu'nun geçtiği ilin yeryüzü şekillerini, güney sınırında Munzur Dağları, kuzey sınırında Keşiş Dağları ile bu dağlar arasında yer alan Karasu vadisi boyunca uzanan iki ova ve boğazlar belirlemektedir. 11.903 km²'lik alanla Türkiye'nin 24. büyük ili olan Erzincan'ın merkezinin denizden yüksekliği 1.185 metredir (Anonim, 2018b). İli baştanbaşa kateden fırat nehri- nin bir kolu olan Karasu Nehri, Fırat'ın yukarı kesimidir. Erzurum'un kuzeydoğusunda Dumlu Dağı'nda 3000 metre yükseklikte doğar. Erzurum Ovası'nı, sonrasında Aşkale Boğazı'nı takip ederek Tercan'da Tuzlu Suyu'nu içine alarak Sansa Boğazı'ndan Erzincan'a girer. Erzincan'da Kemah Boğazı'nda ilerlerken Çaltı Suyu'nu içine alır. Burada güneye doğru bir dirsek oluşturarak kıvrılır, Keban yakınında başlangıç noktasından 460 km sonra Murat kolu ile birleşerek Kemaliye'den Erzincan'ı terk eder (Anonim, 2018c).



Şekil 4.1. Çalışma alanı.

4. 2. Örnek Materyal

Ağır metal içerikleri tespit edilmek üzere; yetişmiş olduğu topraklar ile kök, kabuk ve yaprakları toplanan *Salix fragilis* L. (Gevrek söğüt) bitkisi; Söğütgiller (*Salicaceae*) familyasından, anavatanı Asya, Avrupa, ve Türkiye olan olan bir söğüt türüdür. Avru-panın tümüne ve Kuzey Amerikaya kadar yayılım gösterir. Aynı zamanda İran'ın güney kesimleri ve Sibirya'nın doğusunda da yayılış gösterir. Ülkemizde Karadeniz Doğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde yetişmektedir. Kumlu, balçık ve rutubetli topraklarda yetişmeyi sevdiği için göl ve akarsu kenarlarında daha çok rastlanır. Taş yatakları ve alçak vadiler de iyi yetiştiği alanlardır. Don olayına karşı toleransı oldukça yüksek olan bir ağaçtır. Genel olarak nemli ve ılık iklimleri tercih ediyor olsa da kara içi, soğuk iklimli bölgelerde de yaşar. Tohumlanma zamanı Temmuz, Ağustos aylarıdır. Ağaç, çatlaklı koyu kabuklara sahiptir. Önceleri tüylü sonra tüysüz olan dallar, kahverengimsi

yeşil renkte parlak düz ve kalındır. Ağaç yuvarlak bir tepe şekline sahiptir. Büyümesi hızlı olup boyu 20 metreye, gövde çapıda 1 m ye kadar ulaşabilir. Kökleri serbest dağılım gösterir. Yapraklar 1,5-3 cm genişliğe 7-13 cm uzunluğa ulaşabilir. Yaprığın üst yüzü parlak sarımsı renkte, alt yüzü ise tüysüz mavimsi renktedir. Yaprak uçları mızrak biçiminde sivri, keskin kenarlı, testere dişli yapıdadır. Ağaç zeytin yeşili ya da sarımsı kahve renk de, kolayca kırılabilen gevrek sürgünlere sahiptir. Ortalama ömrü 200 yıl kadardır (Davis ve ark, 1965; Anonim, 2018 d).

Bilimsel sınıflandırması;

Âlem: *Plantae* (Bitkiler)

Bölüm: *Magnoliophyta* (Kapalı tohumlular)

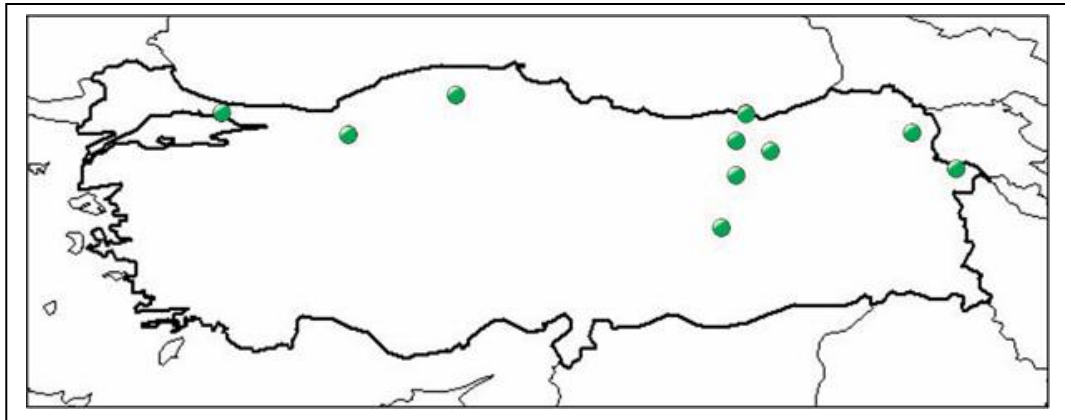
Sınıf: *Magnoliopsida* (İki çenekliler)

Takım: *Malpighiales*

Familya: *Salicaceae* (Söğütgiller)

Cins: *Salix*

Tür: *S. fragilis* şeklindedir.



Şekil 4.2. *S. fragilis* L. ülkemizdeki yayılış alanı (Anonim, 2018e).



Şekil 4.3. *S. fragilis* L. bitki yaprakları (Anonim, 2018f).



Şekil 4.4. *S. fragilis* L. (Anonim, 2018f).

4. 3. Yöntem

Çalışma ile 2017 yılının Temmuz ayı içerisinde, Fırat Nehri'nin bir kolu olan Karasu Nehri'nin geçtiği Tercan, Yedisu ve Üzümlü olmak üzere üç farklı lokaliteden ve Işık-pınar deresi civarından, *S. fragilis* L. (Gevrek söğüt)'e ait kök, kabuk ve yaprak ile yetiştikleri toprak örnekleri alınarak laboratuvar ortamına getirilmiştir. Örnekler, alınmış oldukları lokalite ve numune türüne göre ayrı poşetlere koyularak isimlendirilmiştir. Alınan bu örnekler metal analizi yapılmadan önce bir dizi işlemde geçirilmiştir. Öncelikle, örnekler 24 saat boyunca 80 °C lik etüvde kurutulmuş, kurutulan örnekler mikser ve havan yardımıyla öğütülüp, 1,5 mm lik elek ile elenerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirme işlemi sırasında kontaminasyonu engellemek amacıyla; havan ve mikser parçaları etil alkol ile yıkanmış, elek her kullanımdan sonra temizlenmiştir. Toz haline getirilen örnekler ayrı poşetlere koyularak isimlendirmeleri yapılmıştır. Örnekler toplanırken ağaçların morfolojik özelliklerinin ve yaşlarının benzer olmasına dikkat edilmiştir. Yaprak örnekleri özellikle dalların uç kısımlarında bulunan yeni oluşmuş örneklerden seçilirken yine bu örneklerin de morfolojik özellik yönünden benzer olmalarına dikkat edilmiştir. Toprak örnekleri, çapa yardımıyla, her lokaliteden, döküntü kısımlar temizlendikten sonra yaklaşık 10 cm derinliğe ulaşarak, takriben 500 g civarında alınarak poşetlenmiş ve isimlendirilmiştir.

Laboratuvar ortamına getirilen toprak örnekleri yere serilip iyice kurutulmuş ve hava kurusu haline getirildikten sonra 1.5 mm'lik elek ile elenmiştir. ICP-MS element analizi yapmak için toprak ve bitki örneklerinin ön çalışmalarına başlanmıştır.

Laboratuvar ortamında kurutulup toz haline getirilen bitki ve toprak numunelerinden 0,5 g alınarak mikrodalga tüpleri içine yerleştirilmiştir. Bitki numuneleri üzerine 6 mL HNO₃ %65, 2 mL H₂O₂ %30 eklenirken, toprak numuneleri üzerine 3 mL HNO₃ %65, 9 mL HCl %37 eklenmiştir. Örnekler 10 dakika manyetik karıştırıcıda homojenize edilmiştir. Tüpler mikrodalgaya yerleştirildikten sonra 15 dakika 45 bar basınçla 200 °C'ye kadar asit ortamda çözündürülmüştür. Tüp içerisinde yakılmış olan numuneler balon jöjeye alınarak 50 mL'ye tamamlanmıştır. 50 mL'ye tamamlanmış olan numunelerden teflon filtre kullanılarak 10 mL çekilmiştir. Son olarak, element seviyelerini belirlemek için örnekler falkon tüplere yerleştirilmiş, Erzinan Üniversitesi Temel Bilim-

ler Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde ICP-MS ile metal konsantrasyonları, belirlenmiştir (Osma vd. , 2016; Anonim, 2018g).

Yapılan alışma sonucunda elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilerek ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir. SPSS 19 paket istatistik programı ile %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda bitki ve toprak örneklerinin alınmış olduğu lokaliteler arasındaki farklılığın belirlenmesi için LSD ve Dunnett t (2-sided) testi kullanılmıştır (Osma ve ark, 2016).

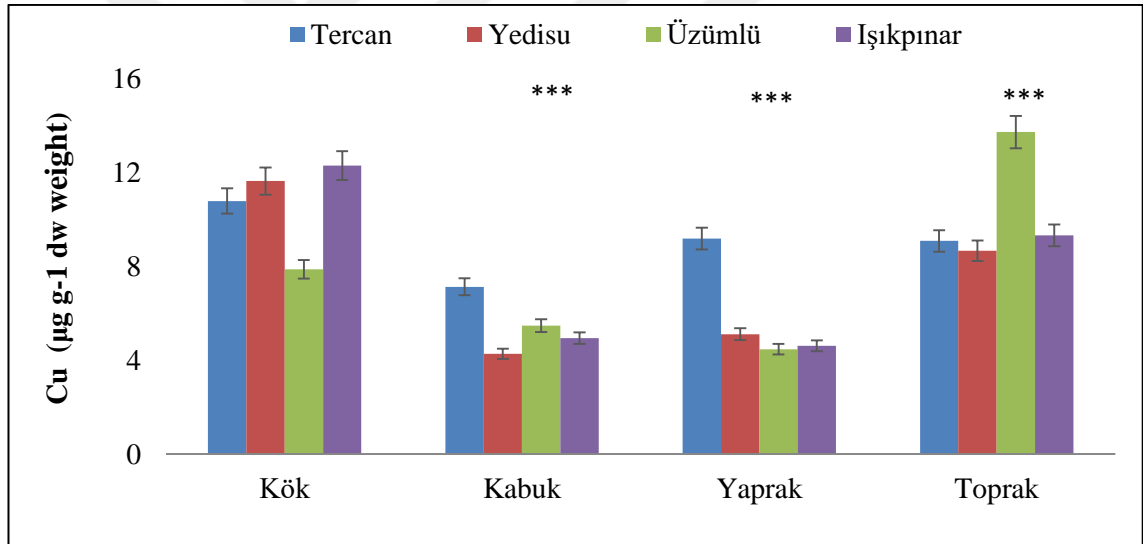


5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Araştırma Bulguları

Erzincan il sınırları içerisinde, Karasu Nehri'nin geçmiş olduğu, Tercan, Yedisu ve Üzümlü isimli yerleşim bölgelerinin oluşturduğu 3 farklı lokaliteden ve Erzincan şehir merkezi Işıkpınar mevkiinden toplanan, *S. Fragilis*'e ait kök, kabuk, yaprak örnekleri ve yetiştikleri topraklardan alınan örnekler analiz edilerek çeşitli elementlerin konsantrasyonları ölçülmüştür. Çalışma ile elde edilen verilere ait tablo ve grafikler aşağıda verilmiştir.

5.1.1. Cu (Bakır) konsantrasyonu



Şekil 5.1. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cu konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

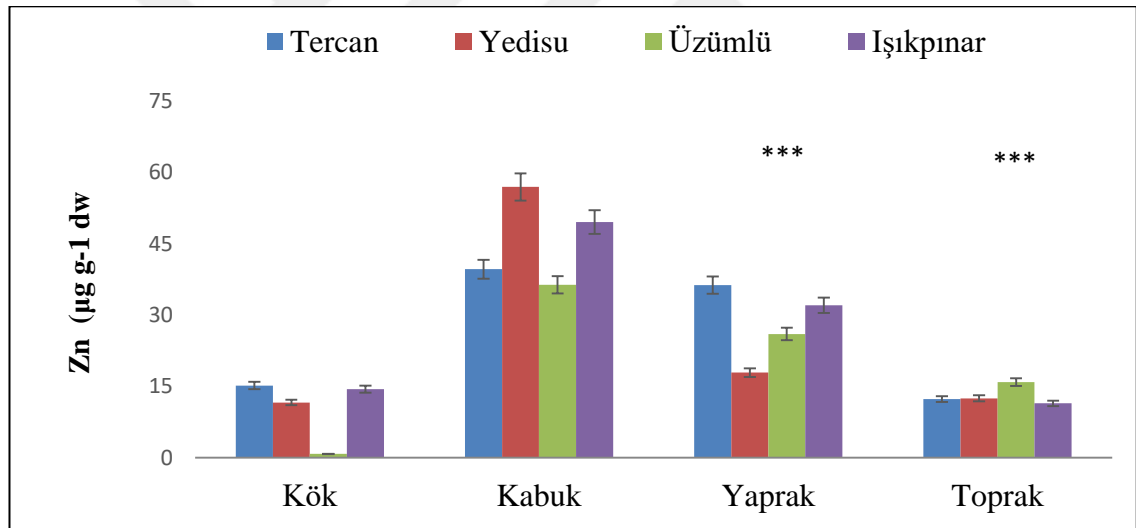
Tablo 5.1. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cu konsantrasyonu.

Localite	Kök	Kabuk	Yaprak	Toprak
Tercan	10,79 ± 0,41	7,14 ± 0,40	9,19 ± 0,29	9,10 ± 0,28
Yedisu	11,65 ± 1,35	4,28 ± 0,21	5,12 ± 0,48	8,68 ± 0,14
Üzümlü	7,88 ± 0,06	5,48 ± 0,28	4,47 ± 0,09	13,74 ± 0,99
Işıkpınar	12,31 ± 0,33	4,95 ± 0,86	4,62 ± 0,38	9,33 ± 0,13

Elde edilen veriler sonucunda, bitki köklerindeki Cu konsantrasyonunun, kabuk ve yaprağa göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kökteki Cu birikiminin, Tercan, Yedisu ve Işıkpınar lokalitelerinde birbirine paralel, Üzümlü lokalitesinde ise diğer üç lokaliteden daha düşük bir seviyede olduğu tespit edilmiştir. Kabuk ve yapraktaki Cu birikimi, Tercan lokalitesinde en yüksek seviyede iken, diğer üç lokalitede birbirine yakın değerdedir. Bitkilerin yetiştiği lokalitelerden toplanan toprak örneklerinden elde edilen veriler, Cu konsantrasyonunun, Üzümlü lokalitesinde en üst düzeye ulaştığını, diğer üç lokalitede değerlerin birbirine yakın olduğunu göstermiştir.

Yapılan istatistiksel değerlendirme ile kabuk, yaprak ve toprakta Cu konsantrasyonunun, lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir.

5.1 2 Zn (Çinko) konsantrasyonu



Şekil 5.2. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprakta ki Zn konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

Tablo 5.2. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprakta ki Zn konsantrasyonu.

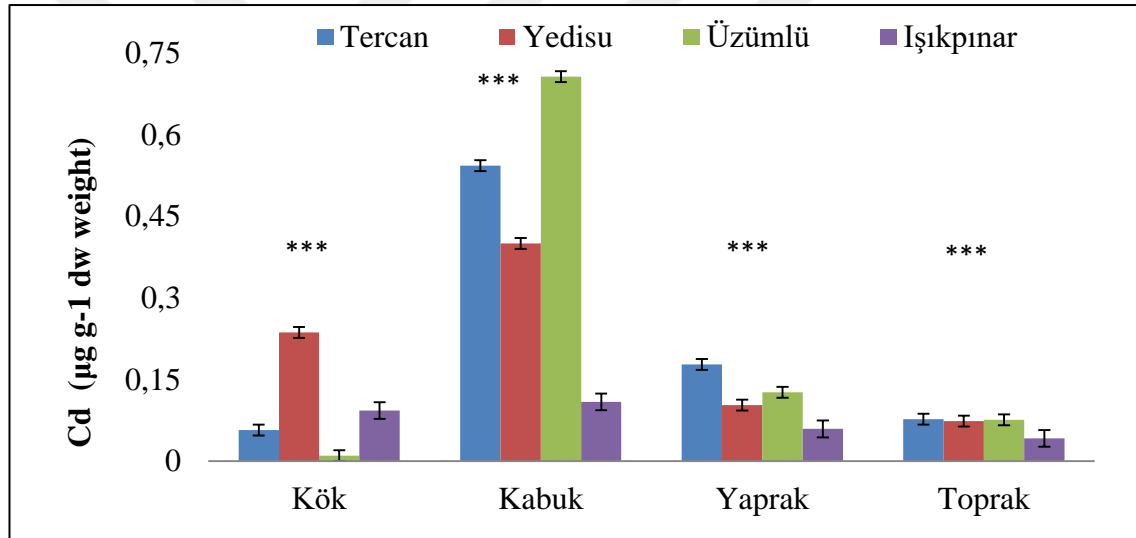
Localite	Kök	Kabuk	Yaprak	Toprak
Tercan	15,18 ± 0,47	39,63 ± 1,79	36,26 ± 1,43	12,33 ± 0,39
Yedisu	11,63 ± 0,23	56,89 ± 3,94	17,89 ± 0,74	12,49 ± 0,13
Üzümlü	0,82 ± 0,01	36,37 ± 0,41	26,02 ± 2,46	15,88 ± 0,40
Işıkpınar	14,43 ± 0,20	49,51 ± 1,69	32,03 ± 2,44	11,43 ± 0,39

Elde edilen verilere göre, bitki kabuklarındaki Zn konsantrasyonunun, kök ve yaprağa göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kabuktan sonra, en fazla Zn biriktiren bitki kısmının yapraklar, en az Zn biriktiren bitki kısmının ise kökler olduğu görülmüştür. Özellikle Üzümlü lokalitesinden alınan kök örneklerindeki Zn değeri çok düşük seviyededir.

Bitkilerin yetiştiği lokalitelerden toplanan toprak örneklerindeki Zn konsantrasyonunun, yaprak ve kabuktaki değerlerden düşük seviyede olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, yaprak ve toprakta Zn konsantrasyonunun lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir.

5.1.3. Cd (Kadmiyum) konsantrasyonu



Şekil 5.3. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprakta ki Cd konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

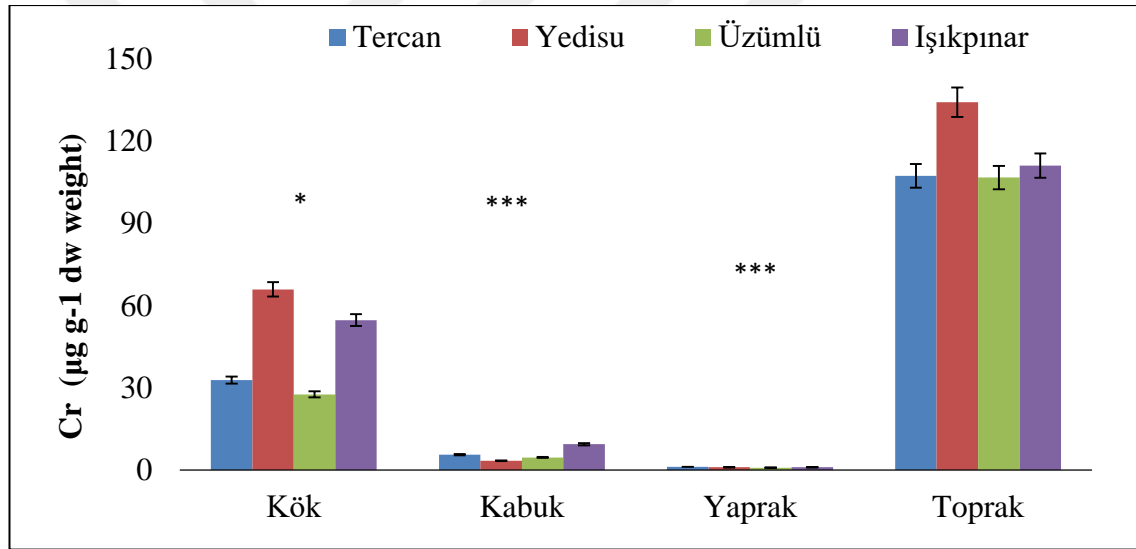
Tablo 5.3. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprakta ki Cd konsantrasyonu.

Localite	Kök	Kabuk	Yaprak	Toprak
Tercan	0,06 ± 0,00	0,54 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,08 ± 0,00
Yedisu	0,24 ± 0,03	0,40 ± 0,02	0,10 ± 0,00	0,07 ± 0,00
Üzümlü	0,00 ± 0,00	0,71 ± 0,10	0,13 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Işıkpınar	0,09 ± 0,00	0,11 ± 0,00	0,06 ± 0,00	0,04 ± 0,00

Elde edilen verilere göre; kök ve yaprağa oranla; bitki kabuklarındaki Cd konsantrasyonunun daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kabuktan sonra, en fazla Cd biriktiren bitki kısmının yapraklar olduğu tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonu en az bitki köklerinde ölçülmüştür. Özellikle Üzümlü lokalitesinden alınan kök örneklerindeki Cd konsantrasyonu çok düşük bir seviyede kaydedilmiştir. Elde edilen veriler, topraktaki Cd konsantrasyonunun, yaprak ve kabuktaki konsantrasyon değerlerinden düşük olduğunu göstermiştir.

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Cd konsantrasyonunun lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir.

5.1.4. Cr (Krom) konsantrasyonu



Şekil 5.4. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cr konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

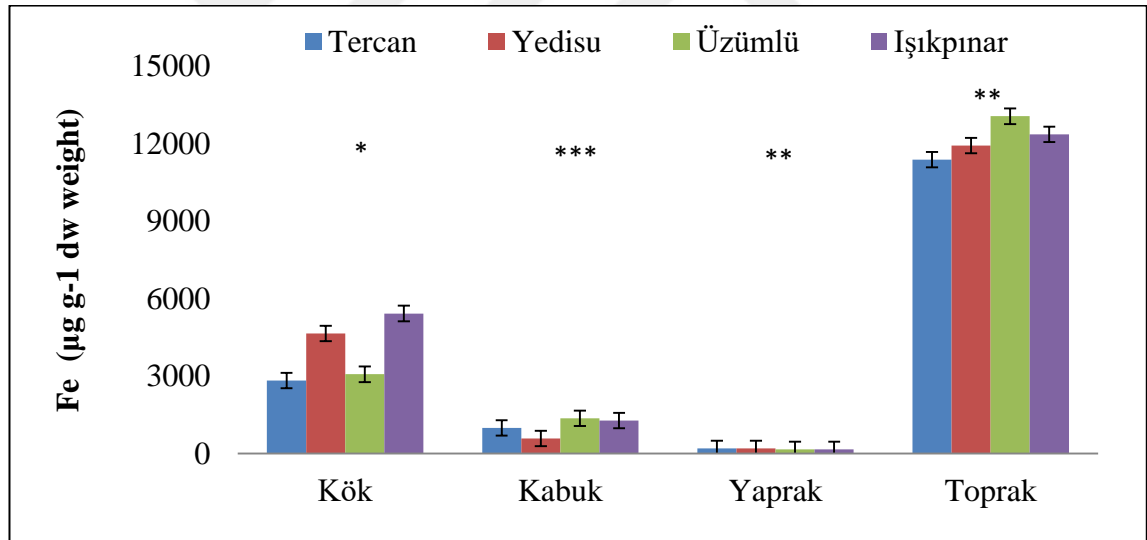
Tablo 5.4. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği topraktaki Cr konsantrasyonu.

Lokalite	Kök	Kabuk	Yaprak	Toprak
Tercan	32,78 ± 1,89	5,55 ± 0,31	1,13 ± 0,05	107,38 ± 9,44
Yedisu	65,94 ± 14,72	3,38 ± 0,24	0,99 ± 0,02	134,25 ± 4,06
Üzümlü	27,59 ± 7,58	4,57 ± 0,04	0,83 ± 0,02	106,78 ± 10,53
Işıkpınar	54,71 ± 3,05	9,38 ± 1,19	0,96 ± 0,05	111,08 ± 15,56

Elde edilen veriler sonucunda, bitki köklerindeki Cr konsantrasyonunun, kabuk ve yaprağa göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Bitki köklerinden sonra en fazla Cr biriktiren bitki kısmının kabuklar olduğu tespit edilmiştir. Tercan, Yedisu ve Üzümlü lokalitelerinde kabuktaki Cr konsantrasyonu birbiri ile paralel düzeyde iken Işıkpınar lokalitesi konsantrasyonunun en yüksek ölçüldüğü lokalite olmuştur. Cr birikiminin en az olduğu bitki kısmının yapraklar olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler Cr konsantrasyonunun en yüksek seviyesine toprakta ulaştığını göstermiştir.

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, yaprak ve kabukta Cr konsantrasyonunun lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. Kök kısımları için Cr konsantrasyonunda lokaliteler arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir.

5.1.5. Fe (Demir) konsantrasyonu



Şekil 5.5. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprakta ki Fe konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

Tablo 5.5. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprakta ki Fe konsantrasyonu.

Lokalite	Kök	Kabuk	Yaprak	Toprak
Tercan	2833,11 ± 224,59	993,71 ± 27,34	203,50 ± 7,54	11378,71 ± 436,18
Yedisu	4651,15 ± 1105,75	585,71 ± 10,27	199,38 ± 9,34	11925,86 ± 159,72
Üzümlü	3073,65 ± 839,23	1364,95 ± 65,94	164,80 ± 0,83	13059,62 ± 391,89
Işıkpınar	5424,15 ± 321,68	1279,24 ± 222,37	163,90 ± 5,27	12359,84 ± 423,66

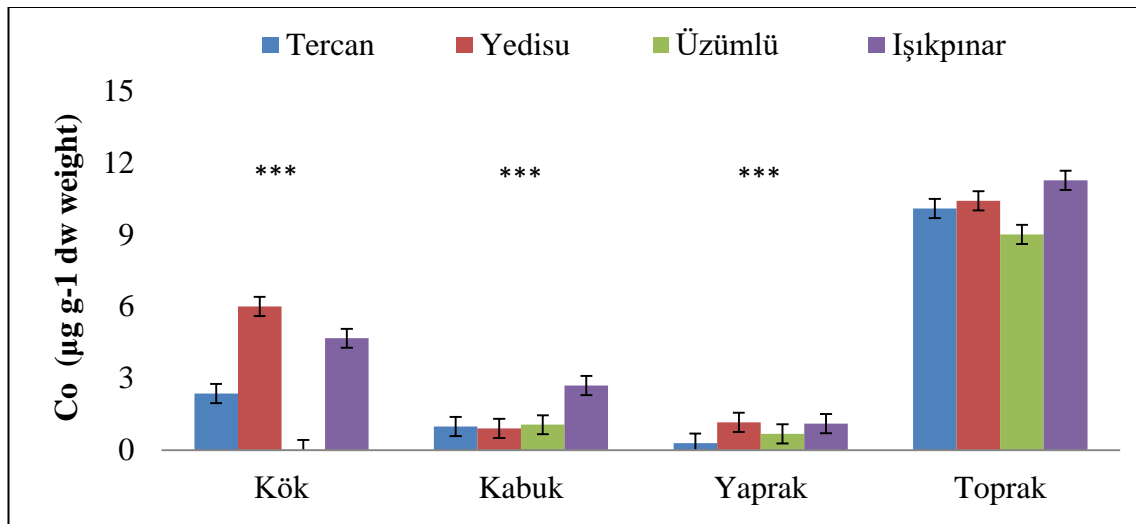
Elde edilen veriler sonucunda, bitki köklerindeki Fe konsantrasyonunun, kabuk ve yaprakta oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki köklerinden sonra Fe elementini en çok biriktiren bitki kısmının kabuklar olduğu belirlenmiştir.

Fe birikim düzeyinin en az olduğu bitki kısmının yapraklar olduğu tespit edilmiştir. Tüm lokaliteler için yaprakta ölçülen Fe konsantrasyon değerlerinin birbiri ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir.

Elde edilen veriler, Fe konsantrasyonunun en yüksek seviyesine, toprakta ulaştığını göstermiştir. Tüm lokaliteler için toprakta ölçülen değerlerin birbirine yakın seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, toprak, yaprak ve kabukta Fe konsantrasyonunun lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir. Kök kısımları için Fe konsantrasyonunda lokaliteler arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir.

5.1.6. Co (Kobalt) konsantrasyonu



Şekil 5.6. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprakta ki Co konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

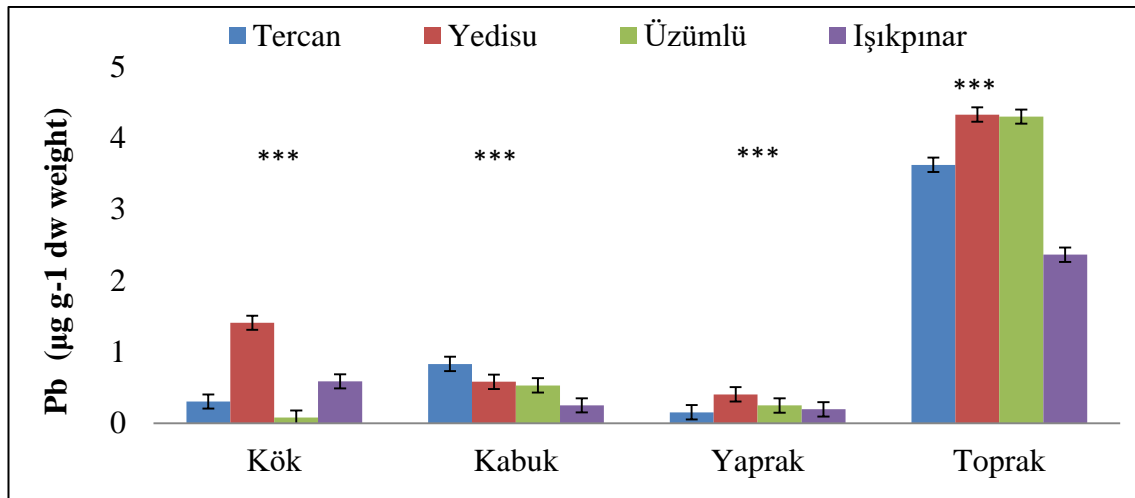
Tablo 5.6. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprak-taki Co konsantrasyonu.

Lokalite	Kök		Kabuk		Yaprak		Toprak	
Tercan	2,36	± 0,08	0,98	± 0,03	0,30	± 0,01	10,09	± 0,94
Yedisu	6,00	± 0,11	0,91	± 0,07	1,16	± 0,05	10,41	± 0,25
Üzümlü	0,02	± 0,05	1,06	± 0,02	0,67	± 0,03	9,01	± 0,10
Işıkpınar	4,67	± 0,16	2,69	± 0,17	1,10	± 0,09	11,27	± 1,10

Elde edilen veriler sonucunda, bitki köklerindeki Co konsantrasyonunun, kabuk ve yaprağa göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki köklerinden sonra Co elementini en çok biriktiren bitki kısmının kabuklar olduğu belirlenmiştir. Kabuktaki Co konsantrasyonunun en yüksek değeri Işıkpınar'da ölçülmüşken, diğer lokalitelerdeki değerlerin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. Co birikim düzeyinin en düşük olduğu bitki kısmının yapraklar olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler Co konsantrasyonunun en yüksek seviyesine toprakta ulaştığını göstermiştir. Tüm lokaliteler için toprakta ölçülen değerlerin birbirine yakın seviyede olduğu görülmüştür.

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, kök, yaprak ve kabukta Co konsantrasyonunun lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir.

5. 1. 7. Pb (Kurşun) konsantrasyonu



Şekil 5.7. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprak-taki Pb konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

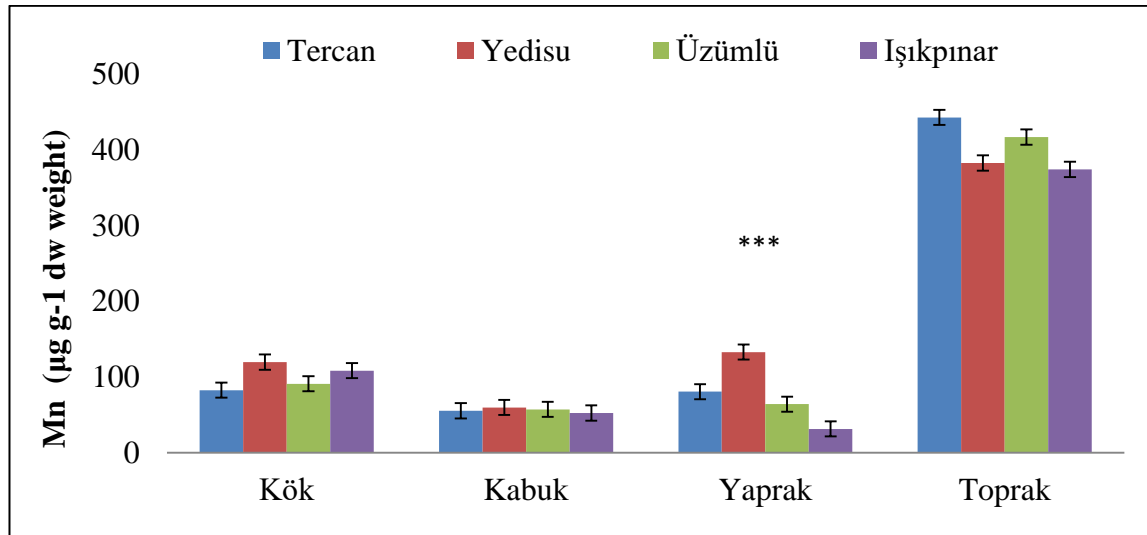
Tablo 5.7. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprak-taki Pb konsantrasyonu.

Lokalite	Kök		Kabuk		Yaprak		Toprak
Tercan	0,30	± 0,015	0,83	± 0,03	0,15	± 0,01	3,62 ± 0,14
Yedisu	1,41	± 0,20	0,58	± 0,04	0,40	± 0,01	4,32 ± 0,22
Üzümlü	0,08	± 0	0,53	± 0,09	0,25	± 0,01	4,3 ± 0,17
Işıkpınar	0,59	± 0,01	0,25	± 0,18	0,19	± 0,10	2,36 ± 0,13

Elde edilen veriler sonucunda, bitki köklerindeki Pb konsantrasyonunun, kabuk ve yap-rağa göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki köklerinden sonra Fe elementini en çok biriktiren bitki kısmının kabuklar olduğu tespit edilmiştir. Pb birikim seviyesinin en az olduğu bitki kısmının yapraklar olduğu belirlenmiştir. Veriler, Pb konsantrasyonunun en yüksek seviyesine toprakta ulaştığını göstermiştir.

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Pb konsantrasyonunun lokali-teler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir.

5.1 8. Mn (Mangan) konsantrasyonu



Şekil 5.8. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprak-taki Mn konsantrasyonu (*p<0. 05; **p<0. 01; ***p<0. 001 significant).

Tablo 5.8. Farklı lokalitelerden alınan *S. fragilis* L. (Gevrek Söğüt) ve yetiştiği toprak-taki Mn konsantrasyonu.

Lokalite	Kök	Kabuk	Yaprak	Toprak
Tercan	82,57 ± 3,99	55,39 ± 2,56	80,61 ± 10,86	442,48 ± 29,64
Yedisu	119,66 ± 21,27	59,76 ± 2,66	132,84 ± 5,99	382,32 ± 7,16
Üzümlü	91,04 ± 22,77	57,21 ± 3,09	64,14 ± 1,33	416,59 ± 15,34
Işıkpınar	108,39 ± 4,623	52,39 ± 2,26	31,46 ± 2,38	373,94 ± 17,63

Elde edilen veriler sonucunda, bitki köklerindeki Mn konsantrasyonunun, kabuk ve yap-rağa göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitki köklerinden sonra Mn elementini en çok biriktiren bitki kısmının yapraklar olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre Mn birikiminin en az olduğu bitki kısmının kabuklar olduğu belirlenmiştir. Kabuk için tüm lokalitelerden elde edilen konsantrasyon değerlerinin birbirine yakın seviyede ol-duğu belirlenmiştir. Veriler, Mn konsantrasyonunun en yüksek seviyesine toprakta ulaş-tığını göstermiştir.

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, yaprakta Mn konsantasyo-nunun lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar gösterdiği gözlenmiştir.

6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Ülkemizde ve dünya çapında yapılan birçok çalışma; çevre kirliliğinin, günümüz ve geleceğin en önemli problemlerinden biri olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla çevre sorunları ve bu sorunların çözümüne yönelik alınabilecek önlemler, bilim insanlarının dikkatini büyük ölçüde artırmıştır. Yapmış olduğumuz çalışma ile *S. fragilis* L.' in biomonitor özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen veriler, konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında önemli sonuçlara ulaşılmıştır.

Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki topraklardaki Fe konsantrasyonunu 1,15-10,3 mg/kg, Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki topraklardaki Fe konsantrasyonunu 0,62-10,86 mg/kg aralığında bildirmiştir. Topraklardaki Fe konsantrasyonunun değeri, Kabata-Pendias (2000)'a göre 50-300 mg/kg arasındadır.

Çilali (2012)'ye göre, Amasya-Tokat karayolu üzerinde yetişen kuşburnu ağaçlarının Fe içeriği 4,1-242,5 mg/kg kadarken, Bayar (2009)'a göre de, Erzurum şehir merkezinde yetişen sarıçamların Fe içeriği 336,2-872,2 mg/kg seviyesindedir.

Canözer vd. (1984) bitkilerdeki Fe sınır değerini 60-140 mg/kg, Karakoyun ve Osma (2015) *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven bitkisini kullanarak Erzincan'da yapmış oldukları çalışma ile Fe miktarını toprakta 24635.5-39281.6 µg/g dw, kabukta 901.44-1838.70 µg/g dw, dalda 451.64-864.50 µg/g dw olarak önerirken, Ercişli (2007) *Rosa canina* bitkisi ile Erzurum'da yapmış olduğu çalışma ile bitkideki Fe içeriğini 27 mg/kg olarak bildirmiştir.

Yıldırım vd. (2012) Amasya'da yaptıkları çalışmada *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia*'nın Fe içeriklerini sırasıyla 26.37 µg/g dw ve 67.22 µg/g dw olarak bildirmişlerdir.

Akgüç vd. (2010) Muğla'da, *Pyracantha coccinea* Roem. (firethorn) bitkisinin ağır metal analizlerini yaparak, bitkideki Fe birikimi 9.532 µg/g dw olarak belirlemişlerdir.

Özcan (2011) Kırklareli ilinde yetişen hasır otu (*Typha latifolia*), defne (*Laurus azorica*) ve karaçam (*Pinus nigra*) örneklerindeki Fe konsantrasyonunu sırasıyla; 3.12 µg/g dw, 1.64 µg/g dw ve 4.29 µg/g dw olarak bildirmiştir.

Kocic vd. (2014), Sırbistan’da yaptıkları çalışma ile at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ıhlamur (*Tilia spp.*) bitkilerinin Fe içeriklerini 700 µg/g dw’a kadar ölçmüşlerdir.

Norouzi vd. (2015) İran’ın İsfahan şehrinde, düzlem ağacı (*Platanus orientalis* L.) ile yaptıkları çalışma ile bitkideki Fe birikim seviyelerini 404.4 ile 1461 µg/g dw arasında belirlemişlerdir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada Fe konsantrasyonu, toprakta 11.379-13.060 µg/g dw, bitki kısımlarında ise 164-4.651 µg/g dw arasında belirlenmiş olup, birikimin bitkinin kök kısmında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinden elde edilen veriler, yapılan diğer çalışmalarla kıyaslandığında; verilerin, Çilali (2012), Bayar (2009) ve Kabata-Pendias (2000)’ın verilerinden yüksek, Karakoyun ve Osma (2015)’nın verilerinden düşük olduğu görülmüştür. Bitki kısımlarından elde edilen veriler, Yıldırım vd. (2012), Ercişli (2007), Canözer vd. (1984), Özcan (2011)’ın verilerinden yüksek, Çilali (2012), Bayar (2009), Kocic vd. (2014), Norouzi vd. (2015)’nın verileri ile uyumlu, Akgüç vd. (2010)’nın verilerinden düşüktür.

Çalışma sonucunda, toprak örneklerindeki Fe miktarının, kabul edilen sınır değerlerine göre yüksek olduğu görülmüştür. Bitkideki en yüksek Fe konsantrasyonu Üzümlü’de belirlenmiş olup, Fe konsantrasyonunun fazla olmasının, bölge topraklarında bulunan asbest ve demir yataklarından kaynaklanabileceğinin kanaatine varılmıştır (Anonim, 2018h).

Uysal ve Katkat (2005) kiraz ağaçlarının, topraktan alabilecekleri Cu miktarını araştırdıkları çalışma ile bitki tarafından alınabilen Cu miktarını 2,01-36,85 mg/kg arasında tespit etmişlerdir. El-Bassam ve Tietjen (1977), Schachtshabel ve Blume (1984), Linzon (1978), Kabata-Pendias (1979) ve Kloke (1979), topraklar için kabul edilebilir Cu konsantrasyonunu 100 mg/kg olarak olarak bildirmişlerdir. Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cu konsantrasyonunu 0,2-1,7 mg/kg; Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Cu konsantrasyonunu 1,07-13,19 mg/kg, Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cu konsantrasyonunu 1,5-27,85 mg/kg, Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki topraktaki Cu konsantrasyonunu 0-144,4 mg/kg aralığında bildirmişken, bitkilerdeki normal Cu konsantrasyon

aralığını Alloway (1990) 2-250 mg/kg, Ross (1994) ise 60-125 mg/kg olarak bildirmiştir.

Karakoyun ve Osma (2015) sarıçamdaki Cu birikimini toprakta 22.37-43.67 µg/g dw, kabukta 3.54-27.42 µg/g dw, dalda 0.36-44.98 µg/g dw, Yıldırım vd. (2012) *Elaeagnus angustifolia* L.'nin, Cu konsantasyonunu 25.40 µg/g dw, *Pinus brutia*'nin Cu konsantasyonunu 25.81 µg/g dw, Aksoy ve Şahin (2000) *Robinia pseudo-acacia* L. bitkisinin yaprakları ve yetiştikleri topraklardaki Cu konsantasyonunu 8 ile 79 µg/g dw arasında, Pajak vd. (2016) İskoç çamı iğnelerindeki Cu konsantasyonunu 5.1 ile 15.5 arasında, huş ağacı yapraklarındaki Cu konsantasyonunu 2.5 ile 7.2 µg/g dw arasında, Duru vd. (2011) *Verbascum sinuatum* L. (*Scrophulariaceae*) (sığırkuyruğu) yapraklarındaki Cu konsantasyonunu 3,86 ile 11,20 µg/g dw arasında, Akgüç vd. (2010) *Pyracantha coccinea* Roem.(firethorn) bitkisinin yapraklarındaki Cu birikimini 5.82 µg/g dw, Özcan (2011) hasır otu (*Typha latifolia*), defne (*Laurus azorica*) ve karaçam (*Pinus nigra*) örneklerindeki Cu konsantrasyonunu 1.64 ile 4.29 µg/g dw arasında, Kocic vd. (2014) at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ıhlamur (*Tilia spp.*) yapraklarındaki Cu birikim seviyesini 17 µg/g dw'e kadar, Norouzi vd. (2015) düzlem ağacının (*Platanus orientalis* L.) yapraklarındaki Cu birikim düzeyini 15.1 ile 27.0 µg/g dw arasında, Ünal vd. (2011) zeytin (*Olea europaea*) yapraklarındaki Cu konsantrasyonunu 459,32 ile 13705 ug/g arasında bildirmişlerdir.

Olivia ve Mingorance (2006) İspanya'da zakkum (*oleander*) ve çam. (*pine*) bitkileri ile yaptıkları çalışmada Cu konsantrasyonunu 7.23 ile 74.0 µg/g dw arasında, Harju vd. (2002) karaçam kabuklarındaki Cu birikim seviyesini 150 µg/g dw olarak belirlemişken, Baldantoni vd. (2005) *P. peetinatus* yapraklarında 5-17 µg/g dw arasında Cu birikimi tespit etmişlerdir.

Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Cu konsantrasyonunu 1,56 ile 5,19 mg/kg, Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Cu konsantrasyonunu 0 ile 5,3 mg/kg, Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki bitkilerde Cu konsantrasyonunu 5,9 ile 130,1 mg/kg, Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Cu konsantrasyonunu 6,05 ile 17,2 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Kabata-Pendias (2000) bitkilerdeki Cu sınır değer aralığını 5-30 mg/kg, kritik sınır etki aralığını ise 20-100 mg/kg olarak kabul etmiştir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada, toprakta 8,68-13,74 µg/g dw, bitki kısımlarında 4,47-12,31 µg/g dw değerleri arasında Cu konsantrasyonu tespit edilmiştir. Cu elementinin, bitkinin kök kısmında daha fazla biriktiği görülmüştür. Bunun yanı sıra toprak ve bitki kısımlarında Cu miktarının normal değerler içerisinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma ile toprak örneklerinden elde edilen veriler, yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında; verilerin, Çilali (2012)'nin verilerinden yüksek, Karakoyun ve Osma (2015)'nin verilerinden düşük, El-Bassam ve Tietjen (1977), Schachtshabel ve Blume (1984), Linzon (1978), Kabata-Pendias (1979), Kloke (1979), Bayar (2009), Osma (2009) ve Keleş (2007)'nin verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bitki kısımlarından elde edilen verilerin; Uysal ve Katkat (2005), Alloway (1990), Karakoyun ve Osma (2015), Aksoy ve Şahin (2000), Pajak vd. (2016), Duru vd. (2011), Akgüç vd. (2010), Kocic vd. (2014), Olivia ve Mingorance (2006), Baldantoni vd. (2005)'nin verileri ile uyumlu, Ross (1994), Yıldırım vd. (2012), Norouzi vd. (2015), Ünal vd. (2011), Harju vd. (2002)'nin verilerinden düşük, Özcan (2011)'in verilerinden yüksek olduğu görülmüştür.

Goncharuk ve Sideronko (1986) bitkiler için gerekli bir besin elementi olan Zn'nun, toprakta bulunması gereken miktarını 110 mg/kg olarak bildirmiştir. Kloke (1982), Kabata-Pendias (1979), El-Bassam ve Tietjen (1977) ile Schachtschabel ve Blume (1984) 300 mg/kg, Kitagishi ve Yamane (1974) 700 mg/kg Zn'nin bitkiler için zehir etkisi gösterdiğini bildirmiştir. Birçok araştırmacı tarafından bir çok değer önerilse de, kabul gören kritik konsantrasyon değeri 300 mg/kg olarak kabul edilmektedir (Saatçı vd. (1988), Hakerlerler vd. (1994), Elmacı (1995)).

Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Zn konsantrasyonunu 7,15 ile 37,04 mg/kg, Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Zn konsantrasyonunu 0,03 ile 1,21 mg/kg, Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki topraktaki Zn konsantrasyonunu 22,2 ile 25,9 mg/kg, Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Zn konsantrasyonunu 0,5 ile 11,27 mg/kg; aralığında tespit etmişlerdir.

Ross (1994) bitkilerdeki kritik sınır Zn konsantrasyon aralığının 70-400 mg/kg olduğunu kabul etmiştir. Normal bitkilerdeki Zn konsantrasyonunun 5-100 mg/kg arasında olduğunu öngören Özbek vd. (1995) aynı zamanda bitkilerdeki Zn toksisitesinin, konsantrasyonun 400 mg/kg'dan fazla olduğu dönemlerde ortaya çıktığını bildirmiştir.

Kaya (2010), Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmasında Zn miktarlarının elma örneklerinde 25,43-180,80 mg/kg, ceviz örneklerinde 668,0-1283,0 mg/kg, üzüm örneklerinde ise 29,54-283,30 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Ercişli (2007) Erzurum’da yaptığı çalışmada *Rosa canina*’da Zn seviyesini 30 mg/kg olarak tespit etmiştir. Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Zn konsantrasyonunu 29,75-51,43 mg/kg; Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Zn konsantrasyonunu 0,56-32,74 mg/kg, Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki bitkilerde Zn konsantrasyonunu 184,3-884,5 mg/kg aralığında, Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Zn konsantrasyonunu 3,39-5,83 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Özbek vd. (1995) bitkilerdeki Zn sınır değer aralığını 5-100 mg/kg olarak kabul etmişlerdir.

Karakoyun ve Osma (2015) sarıçamdaki Zn birikimini toprakta 18.82-52.19 µg/g dw, kabukta 11.63-19.94 µg/g dw, dalda 5.37-28.78 µg/g dw, Aksoy ve Şahin (2000) *Robinia pseudo-acacia* L. bitkisinin yaprakları ve yetiştikleri topraklardaki Zn konsantrasyonunu 21 ile 1189 µg/g dw arasında, Pajak vd. (2016) İskoç çamı iğnelerindeki Zn konsantrasyonunu 152.5 ile 409.5 µg/g dw arasında, huş ağacı yapraklarındaki Zn konsantrasyonunu 487.5 ile 1494.5 µg/g dw arasında, Duru vd. (2011) *Verbascum sinuatum* L. (*Scrophulariaceae*) (sığırkuyruğu) yapraklarındaki Zn konsantrasyonunu 32,48 ile 55,74 µg/g dw arasında, Özcan (2011) hasır otu (*Typha latifolia*), defne (*Laurus azorica*) ve karaçam (*Pinus nigra*) örneklerindeki Cu konsantrasyon değerlerini 11.4 ile 18.3 µg/g dw arasında, Kocic vd. (2014) at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ıhlamur (*Tilia spp.*) yapraklarındaki Zn birikim seviyesini 30 µg/g dw’e kadar, Norouzi vd. (2015) düzlem ağacının (*Platanus orientalis* L.) yapraklarındaki Zn birikim düzeyini 35.0 ile 68.8 µg/g dw arasında, Ünal vd. (2011) zeytin (*Olea europaea*) yapraklarındaki Zn konsantrasyonunu 978,78 ile 3533 µg/g arasında, Aksoy ve Şahin (1998) yaptıkları çalışma ile *Elaeagnus angustifolia* L. (*Elaeagnaceae*) bitkisinin yapraklarındaki Zn birikim seviyesini 22.8 ile 1215.25 µg/g dw arasında, bitkinin yetiştiği topraklardan alınan örneklerde de, 66.12 ile 1215.25 µg/g dw arasında, Keleş (2007) Konya şehir merkezi yol ve parklarındaki çam ağacı yapraklarındaki Zn konsantrasyonunu 184.3 ile 884.5 µg/g dw arasında tespit etmişlerdir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada Zn konsantrasyonu, toprakta 11,44-15,88 µg/g dw, bitki kısımlarında 0,83-56,9 µg/g dw arasında belirlenmiş olup, bitkide Zn konsantrasyonunun en fazla kabuk kısmında olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, toprak ve bitki kısımlarında Zn miktarının normal değerler arasında olduğu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinden elde edilen veriler, yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında; verilerin, Goncharuk ve Sideronko (1986), Aksoy ve Şahin (1998), Karakoyun ve Osma (2015)'nin verilerinden düşük, Çilali (2012)'nin verilerinden yüksek, Osma (2009), Keleş (2007), Bayar (2009)'ın verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Bitki kısımlarından elde edilen veriler, Kloke (1979), Kabata-Pendias (1979), El-Bassam ve Tietjen (1977), Schachtschabel ve Blume (1984), Kitagishi ve Yamane (1974), Saatçı vd. , (1988), Hakerlerler vd. (1994), Elmacı (1995), Ross (1994), Kaya (2010), Keleş (2007), Aksoy ve Şahin (2000), Pajak vd. (2016), Ünal vd. (2011), Aksoy ve Şahin (1998), Keleş (2007)'nin verilerinden düşük iken, Özbek vd. (1995), Ercişli (2007), Bayar (2009), Çilali (2012), Osma (2009), Karakoyun ve Osma (2015), Duru vd. (2011), Özcan (2011), Kocic vd. (2014), Norouzi vd. (2015)'nin verileri ile paralellik göstermiştir.

Herhangi bir kirlenmeye maruz kalmamış topraklar için Pb içerikleri, Alt vd. (1981) tarafından 10-20 mg/kg, Bergmann (1993) tarafından 1-20 mg/kg, Alloway (1990) tarafından 2-300 mg/kg olarak bildirilmiştir.

Ülkemizde tarım topraklarının Pb içeriğini değerlendirmek üzere yapılan çalışmalarda sınır değeri 100 mg/kg olarak kabul edilmiştir (Saatçı vd. (1988), Hakerlerler vd. (1994), Elmacı (1995)).

Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-60 mg/kg, Kızılkaya vd. (1998) Samsun yöresi topraklarının toplam Pb içeriğini 22.82-80.20 mg/kg, Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-761,3 mg/kg, Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışma ile topraklardaki ortalama Pb konsantrasyonunu 59,71-123,97 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Kabata-Pendias (1992) topraktaki normal Pb konsantrasyon aralığının 2-300 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Kaya (2010) Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada Pb miktarlarının elma örneklerinde 0,22–5,48 mg/kg, ceviz örneklerinde 0-5,31 mg/kg, üzüm örneklerinde ise 0,21-6,62 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Ayrıca Türkiye’deki yerel bir pazardan alınan *Rosa canina* meyve örneklerindeki Pb seviyeleri 0.17 mg/kg olarak ölçülmüştür (Özcan vd. , 2008). Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Pb konsantrasyonunu 0-8,9 mg/kg, Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Pb konsantrasyonunu 0-0 mg/kg, Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki bitkilerde Pb konsantrasyonunu 1,69-15,6 mg/kg, Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Pb konsantrasyonunu 37,86-87,0 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Kabata-Pendias (2000) bitkilerdeki normal Pb konsantrasyon aralığını 5-10 mg/kg olarak kabul etmiştir.

Aksoy ve Şahin (2000) *Robinia pseudo-acacia* L. bitkisinin yaprakları ve yetiştikleri topraklardaki Pb konsantrasyonunu 15.98 ile 176. 88 µg/g dw, Duru vd. (2011) *Verbascum sinuatum* L. (*Scrophulariaceae*) (sığırkuyruğu) yapraklarındaki Pb konsantrasyonunu 58,62 ile 83,60 µg/g dw, Ünal vd. (2011) zeytin (*Olea europaea*) yapraklarındaki Pb konsantrasyonunu 0 ile 154,65 ug/g, Aksoy ve Şahin (1998) *Elaeagnus angustifolia* L. (*Elaeagnaceae*) bitkisinin yapraklarındaki Pb birikim seviyesinin 16.81 ile 180.21 µg/g dw, bitkinin yetiştiği topraklardan alınan örneklerde de, 40.2 ile 485.26 µg/g dw arasında, Karakoyun ve Osma (2015) sarıçamdaki Pb birikimini toprakta 6.02 ile 13.37 µg/g dw, kabukta 2.11 ile 5.03 µg/g dw, dalda 0.84 ile 2.73 µg/g dw arasında olduğunu bildirmiştir. Kocic vd. (2014), at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ıhlamur (*Tilia spp.*) yapraklarındaki Pb birikim seviyesinin 16 µg/g dw’e kadar olduğunu, Olivia ve Mingorance (2006) İspanya’da zakkum (*oleander*) ve çam. (*pine*) bitkileri ile yaptıkları çalışmada Pb konsantrasyonunu 0.38 ile 85.5 µg/g dw arasında, Harju vd. (2002) karaçam kabuklarındaki Pb birikim seviyesinin 142 µg/g dw, Baldantoni vd. (2005) *P. pectinatus* yapraklarında 1-4.3 µg/g dw arasında Pb birikimi olduğunu tespit etmişlerdir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada Pb konsantrasyonu, toprakta 2,36-4,32 µg/g dw, bitki kısımlarında 0,08-1,41 µg/g dw arasında ölçülmüş olup, en fazla kök ve kabukta ağır metal birikimi tespit edilmiştir. Kurşun, bitkiler için mutlak gerekli element olmayıp, toprakta toplam 15-40 µg/g dw arasındadır. Topraktaki kurşun konsantrasyonu 150 µg/g dw aştığı durumlarda zararlı olabilmektedir. Çalışma ile Pb konsantrasyonunun,

bitki ve toprakta olması gereken değerlerin altında olduğu görülmüştür. Ancak Pb konsantrasyonu, bitki kısımlarında ve toprakta, karayolu çevresinde yer alan Yedisu lokalitesinde daha fazla ölçülmüştür. Çalışma ile toprak örneklerinden elde edilen veriler, yapılan diğer çalışmalar ile kıyaslandığında; verilerin, Bergmann (1993), Alt vd. (1981), Alloway (1990), Saatçı vd. (1988), Hakerlerler ve ark (1994), Elmacı (1995), Kızılkaya vd. (1998), Çilali (2012), Osma (2009), Aksoy ve Şahin (1998), Karakoyun ve Osma (2015)'nın verilerinden düşük, Kabata-Pendias (1992), Keleş (2007)'in verileri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bitki örneklerinden elde edilen veriler, yapılan diğer çalışmalar ile ulaşılan Pb konsantrasyon değerlerinden düşüktür.

Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cd konsantrasyonunu 0,7-1,61 mg/kg, Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cd konsantrasyonunu 0-19 mg/kg; Kabata-Pendias (1992) topraktaki normal Cd konsantrasyon aralığının 0,01-2 mg/kg, Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Cd konsantrasyonunu 0,10-0,39 mg/kg aralığında bulmuşlardır.

Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada; Cd miktarlarını elma örneklerinde 0,172-86,94 mg/kg, ceviz örneklerinde 0,40-1,02 mg/kg, üzüm örneklerinde ise 0,25-84,42 mg/kg arasında olduğu bildirilmiştir (Kaya, 2010). Bayar (2009) Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Cd konsantrasyonunu 0,3-1,25 mg/kg, Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Cd konsantrasyonunu 0-0 mg/kg, Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Cd konsantrasyonunu 0,31-1,04 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Kabata-Pendias (1992) bitkilerdeki normal Cd konsantrasyon aralığının 0,01-2,4 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Pajak vd. (2016) İskoç çamı iğnelerindeki Cd konsantrasyonunun 0.1 ile 2.4 µg/g dw, huş ağacı yapraklarındaki Cd konsantrasyonunun 1.0 ile 8.5 µg/g dw arasında olduğunu, Duru vd. (2011) *Verbascum sinuatum* L. (*Scrophulariaceae*) (sığırkuyruğu) yapraklarındaki Cd konsantrasyonunun 0,24 ile 0,92 µg/g dw arasında olduğunu, Kocic vd. (2014) at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ıhlamur (*Tilia spp.*) yapraklarındaki Cd birikim seviyesinin 0.75 µg/g dw'e kadar olduğunu, Aksoy ve Şahin (1998) yaptıkları çalışma ile *Elaeagnus angustifolia* L. (*Elaeagnaceae*) bitkisinin yapraklarındaki Cd birikim seviyesinin 0.50 ile 3.45 µg/g dw, bitkinin yetiştiği topraklardaki Cd konsantrasyonunda 0.69 ile 10.21 µg/g dw arasında olduğunu bildirmiştir.

Harju vd. (2002) karaçam kabuklarındaki Cd birikim seviyesinin 30 µg/g dw olduğunu, Baldantoni vd. (2005) *P. peetinatus* yapraklarında 0.25-0.35 µg/g dw arasında Cd birikimi tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada Cd konsantrasyonu toprakta 0,04-0,08 µg/g dw, bitki kısımlarında 0-0,71 µg/g dw değerleri arasında belirlenmiş olup, bitkide Cd konsantrasyonunun en fazla kabuk kısmında olduğu tespit edilmiştir. Toprak ve bitki kısımlarında Cd miktarının normal değerler içerisinde olduğu görülmüştür. Çalışma ile elde edilen verilerin, toprak örneklerinde, Bayar (2009)'ın verilerinden yüksek, diğer araştırmacıların ulaştığı verilerle uyumlu olduğu görülmüştür. Bitki örneklerinden elde edilen verilerin, Kocic vd. (2014)'nin verilerinden yüksek, yapılan diğer çalışmalarla ulaşılan veriler ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Co konsantrasyonunu 1,40-38,6 mg/kg, Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki topraktaki Co konsantrasyonunu 0,3-102,5 mg/kg aralığında belirlemişlerdir.

Erciyes Strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada; Co miktarlarının, elma örneklerinde 0-2,05 mg/kg, ceviz örneklerinde 0-3,49 mg/kg, üzüm örneklerinde ise 0-3,94 mg/kg arasında olduğu bildirmiştir (Kaya, 2010). Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Co konsantrasyonunu 0-0 mg/kg; Keleş (2007) Konya şehir merkezindeki bitkilerde Co konsantrasyonunu 0-7,1 mg/kg aralığında bulmuşlardır.

Karakoyun ve Osma (2015) sarıçamdaki Co birikimini toprakta 22.70-28.18 µg/g dw, kabukta 0.88-1.87 µg/g dw, dalda 0.35-0.61 µg/g dw olduğunu bildirmiştir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada Co konsantrasyonu, toprakta 9,01-11,27 µg/g dw, bitki kısımlarında ise 0,02-6 µg/g dw arasında belirlenirken, Co birikiminin bitkinin kök kısmında daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile toprak örneklerinden elde edilen veriler, Karakoyun ve Osma (2015)'nin verilerinden düşük iken, yapılan diğer çalışmalar ile ulaşılan Co konsantrasyon değerleri ile paralel durumdadır. Bitki örneklerinden elde edilen veriler; Karakoyun ve Osma (2015)'nin verilerinden düşük iken, diğer çalışmalarla ortaya koyulan Co konsantrasyon değerleri ile uyumluluk göstermiştir. Co konsantrasyonu toprakta normal değerler arasında iken bitki kısımlarında yüksektir.

Co miktarının, bitkide en fazla şehirlerarası karayolu kenarında bulunan Yedisu lokalitesinde olduğu görülmüştür.

Özbek vd. (1995) ana materyale bağlı olmak koşulu ile toprakların Cr konsantrasyon değerinin 5-100 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir. Mengel ve Kirkby (1987)'ye göre topraktaki Cr içeriğinin 100 mg/kg den daha fazla olduğu, Alloway (1990)'a göre de Cr sınır değerinin 5–1500 mg/kg olduğu kabul edilmiştir.

Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cr konsantrasyonunu 0-3,0 mg/kg, Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cr konsantrasyonunu 10,14-22,02 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir.

Özbek vd. (1995) bitkide kuru maddede 100 mg/kg Cr bulunmasının birçok yüksek bitki için toksik etkili olduğu bildirmişlerdir. Erciyes Strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada Cr miktarlarının elma örneklerinde 11,87-28,74 mg/kg, ceviz örneklerinde 20,13-34,60 mg/kg, üzüm örneklerinde ise 13,76-27,60 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Kaya, 2010). Çilali (2012) Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Cr konsantrasyonunu 0,1-2,9 mg/kg, Osma (2009) İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Cr konsantrasyonunu 3,96-15,94 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Ross (1994) bitkilerdeki normal Cr konsantrasyon aralığının 5-30 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Karakoyun ve Osma (2015) sarıçamdaki Cr birikiminin toprakta 31.53-234.57 µg/g dw, kabukta 3.69-11.28 µg/g dw, dalda 2.94-4.43 µg/g dw olduğunu, Pajak vd. (2016) İskoç çamı iğnelerindeki Cr konsantrasyonunun 0.1 ile 3.8 µg/g dw arasında, huş ağacı yapraklarındaki Cr konsantrasyonunun 2,9 ile 14.3 µg/g dw arasında olduğunu, Duru vd. (2011) *Verbascum sinuatum* L. (*Scrophulariaceae*) (sığırkuyruğu) yapraklarındaki Cr konsantrasyonunun 12,98 ile 31,28 µg/g dw arasında olduğunu, Özcan (2011) Kırklareli'de yaptığı çalışmada hasır otunda 0.37 µg/g dw, karaçamda 0.55 µg/g dw, defnede 0.21 µg/g dw Cr konsantrasyonu tespit etmiş olduğunu, Kocic vd. (2014) at kestanesi (*Aesculus hippocastanum*) ve ihlamur (*Tilia spp.*) yapraklarındaki Cr birikim seviyesinin 1.8 µg/g dw'e kadar olduğunu, Ünal vd. (2011) zeytin (*Olea europaea*) yapraklarındaki Cr konsantrasyon değerinin 69.87 ile 306.5 µg/g arasında olduğunu bildirmişlerdir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada Cr konsantrasyonu, toprakta 106,8-134,3 µg/g dw, bitkide ise 0,83-65,94 µg/g dw değerleri arasında belirlenmiş olup, birikimin bitki kökünde daha fazla olduğu görülmüştür. Bitkide Cr konsantrasyonu normal değerler arasında iken, toprakta biraz yüksektir. Toprak örneklerinden elde edilen veriler, Özbek vd. (1995), Mengel ve Kirkby (1987), Çilali (2012), Osma (2009)'nın verilerinden yüksek, Alloway (1990) ile Karakoyun ve Osma (2015)'nin verileri ile uyumludur. Bitki örneklerinden elde edilen veriler; Çilali (2012), Özcan (2011), Kocic vd. (2014)'nin verilerinden yüksek, Özbek vd. (1995), Kaya (2010), Osma (2009), Ross (1994), verileri ile uyumlu, Ünal vd. (2011)'nin verilerinden düşük durumdadır. Yedisu lokalitesinde hem toprakta, hemde bitkinin kök kısmında Cr konsantrasyonu diğer lokalitelere göre daha yüksek miktarda belirlenmiştir.

Yıldırım vd. (2012) Amasya şehir merkezinde *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia*'nın yaprakları ile yaptıkları çalışmada Mn konsantrasyonunu 11.70 µg/g dw, Akgüç vd. (2010) Muğla'da, *Pyracantha coccinea* Roem. (*firethorn*) bitkisinin ağır metal analizlerini yaparak, Mn birikimini 14.34 µg/g dw olarak bildirirken, Norouzi vd. (2015) düzlem ağacının (*Platanus orientalis* L.) yapraklarındaki Mn birikim düzeyinin 71.6 ile 176 mg/kg arasında olduğunu, Özcan (2011) Kırklareli'de yaptığı çalışmada hasır otunda 516 µg/g dw, karaçamda 27.4 µg/g dw, defnede 15.3 µg/g dw Mn konsantrasyonu tespit etmiş olduğunu bildirmiştir.

S. fragilis L. ile yapılan bu çalışmada Mn konsantrasyonu toprakta 373,9-442,5 µg/g dw, bitki kısımlarında 31,5-119,7 µg/g dw arasında belirlenmiş olup, birikimin daha çok bitkinin kök kısmında olduğu görülmüştür. Elde edilen veriler, Yıldırım vd. (2012), Akgüç vd. (2010) ve Özcan (2011)'in karaçam ile defne verilerinden yüksek, Norouzi vd. (2015) ve Özcan (2011)'in hasır otu verilerinden düşüktür. Toprak ve bitki kısımlarından elde edilen veriler, normal sınırlar içerisinde yer almaktadır.

7. ÖNERİLER

Elde edilen bitki ve toprağa ait element verileri, istatistiksel olarak değerlendirdiğinde lokaliteler arasında genelde güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu görülmektedir. Element birikiminin Yedisu bölgesinde daha yoğun olduğu, bu durumun, Yedisu bölgesinin, şehirlerarası karayoluna çok yakın olmasından kaynaklanabileceği kanısına varılmıştır.

Bir bitkinin, biyomonitör olarak değerlendirilebilmesi için çalışma alanında sayıca fazla olma, coğrafik olarak geniş dağılım gösterme, örneklenmesinin rahat olması, kimlik probleminin olmaması ve kirlenme kaynakları hakkında fikir verebilmesi gibi bazı temel kriterlere sahip olması gerekmektedir. *S. fragilis* L.' in tüm bu kriterlere sahip olup, iyi bir biyomonitör bitki olabileceği ve akarsu kirliliğinin izlenmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Kimyasalların çok fazla üretildiği günümüz dünyasında, bu tür çalışmalar ile kirlilik problemlerinin olduğu bölgeler tespit edilerek, kirlenmeye karşı ciddi önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonim, <http://www.nationalgeographic.com.tr/makale/kesfet/2050yilinda-dunya-nufusunun-97-milyar-olmasi-bekleniyor/2539> Son erişim tarihi: 05.01.2018a.
- Anonim, <http://www.erzincan-bld.gov.tr/icerik/21/cografya.html> Son erişim tarihi: 12.02.2018b.
- Anonim, <http://www.ozelliklerinedir.com/firat-nehri-ozellikleri/> Son erişim tarihi: 12.02.2018c.
- Anonim, http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=8492 Son erişim tarihi: 24.032018d.
- Anonim, http://www.tubives.com/index.php?sayfa=1&tax_id=8492 Son erişim tarihi: 07.04.2018e.
- Anonim, https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/salix_fragilis.htm Son erişim tarihi: 17.04.2018f.
- Anonim, <http://www.milestonesrl.com/en/> Son erişim tarihi: 02.05.2018g.
- Anonim, <http://uzumlu.meb.gov.tr/www/uzumlu-tarihi/icerik/1> Son erişim tarihi: 10.05.2018h.
- Akguc, N. Özyiğit, İ. Yaşar, Ü. Leblebici, Z. Yarcı, C. (2010) Use of *Pyracantha coccinea* Roem. as a possible biomonitor for the selected heavy metals. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 7(3): 427-434.
- Aksoy, A. Şahin, U. (1999) *Elaeagnus angustifolia* L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution. *Turkish Journal of Botany*, 83–87.
- Aksoy, A. Sahin, U. Duman, F. (2000) *Robinia pseudo-acacia* L. as a possible biomonitor of heavy metal pollution in Kayseri. *Turkish Journal of Botany*, 24: 279-284.
- Alloway, B. (1990) “*Heavy Metals in Soils*”, *Blackie and Sou Limited.*, Glasgow and London.
- Alt, D. Sacher, B. and Radike, K. “Ergebnis Einer Erhebungssuntresuchungund Schwermetallbelastung Von Gemüsebaulich Genutzten Parzellen İn Kleingärten, Landwirtsch, Forsch”, *Soderheft*, 38: 682-692 (1981).
- Aslan, A. Budak, G. Tıraşoğlu, E. Karabulut, A. (2006) Determination of elements in some lichens growing in Giresun and Ordu province (Turkey) using energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, 97: 19-19.
- Aslanhan, E. (2012) Çevresel Kirliliklerin Takibinde Kullanılacak Yeni Biyomonitör Bitkiler. Yüksek Lisans Tezi, *Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

- Babula, P. Adam, V. Opatrilova, R. Zehnalek, J. Havel, L. Kizek, R. (2008) Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: *a review Environ Chemistry Letters* 6: 189–213.
- Baldantoni, D. vd. (2005) Analyses of Three Native Aquatic Plant Species to Assess Spatial Gradients of Lake Trace Element Contamination, *Aquatic Botany*. 83: 48-60.
- Başaran, G. (2010) Kapulukaya baraj gölü (Kırıkkale) ve aşağı havzası su, sediment ve sucul bitki örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Doktora Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Bayar, E. (2009) “Erzurum Şehir Merkezindeki Bazı Kavşaklarda Bitki (Sarıçam, *Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve Toprakların Ağır Metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) Kontaminasyon Durumunun Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı*, Erzurum.
- Bebek, M.T. (2001) Ulubat Gölü ve Gölü Besleyen Su Kaynaklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Bradl, H. B. (2005) *Heavy Metals in the Environment, Elsevier Academic Press First Edition, Volume 6* Netherlands.
- Burger, J. (2008) Assessment and management of risk to wildlife from cadmium *Science of the Total Environment*. 6-19.
- Campbell, P.G.C. Tessier. A. (1996) Ecotoxicology of metals in aquatic environments: Geochemical aspects. In: *Ecotoxicology: A hierarchical treatment*, M.C. Newman and C.H. Jago, eds. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Canözer, Ö. H. Fıncı, M. Çakır, N. Özilbey, G. Püskülcü, N. Kılınç, Ü. ve Dikmelik, A. A. (1984) “Ege Bölgesi Önemli Kiraz Çeşitlerinin Bitki Besin Element Durumları Ve Toprak Bitki İlişkileri”, *Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Zeytincilik Araştırma Enstitüsü*, Bornova, İzmir. 71 – 84.
- Castro-González, M.I. Méndez-Armenta, M. (2008) Heavy metals: *Implications associated to fish consumption Environmental Toxicology and Pharmacology*, 26: 263–271.
- Cervantes, C. Campos-Garcia, J. Devars, S. Gutiérrez-Corona, F. Loza-Tavera, H. Torres-Guzmán, J.C. Moreno-Sánchez, R. (2001) Interactions of chromium with microorganisms and plants. *FEMS Microbiology Reviews*, 25: 335–347.
- Conti, M.E. Cecchetti, G. (2001) Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment-a review. *Environmental Pollution*. 114: 471-492.
- Çavuşoğlu, K. (2002) “İğde (*Elaeagnus angustifolia* L.) Yapraklarında Kurşun (Pb) Yoğunluğunun Araştırılması”, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6-3.

- Çavuşoğlu, K. (2005) *Cupressus serpvirens* L. ve *Cedrus libani* A. Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması, **Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 54-59.
- Çelik, A. Kartal, A. A. Akdoğan, A. ve Kaska, Y. (2005) Determining the Heavy Metal Pollution in Denizli (Turkey) by Using *Robinia pseudoacacia* L. **Environment international**. 31 (1), 105-112.
- Çilali, E. (2012) Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (*Rosa Spp*) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı**, Tokat.
- Davis, P.H.(ed). (1965-1985) **Flora of Turkey and the East Aegean Islands. Vol. 7** Edinburg University Press.
- Demirayak, A. (2008) Samsun İl Merkezindeki Bazı Doğal ve Egzotik Bitkilerde Ağır Metal Birikimi. Yüksek Lisans Tezi, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi**.
- Demirezen Yılmaz, D. Aksoy, A. (2004) Accumulation of heavy metals in *Typha angustifolia* (L.) and *Potamogeton pectinatus* (L.) living in Sultan Marsh (Kayseri, Turkey). **Chemosphere**, 56: 685–696.
- Doğan, Y. Uğulu, İ. Başlar, S. (2010) “ Turkish Red Pine as a Biomonitor: A Comparative Study of the Accumulation of Trace Elements in the Needles and Bark”, **Ekoloji Dergisi (Uluslararası Bilimsel Çevre Dergisi)**, İzmir, 19(75):88-96.
- Drzewiecka, K. Borowiak, K. Mleczek, M. Zawada, I. Golinski, P. (2010) Cadmium and lead accumulation in two littoral plants of five lakes in Poznan, Poland. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica**, 52: (2), 59-68.
- Duman, F. Çiçek, M. Sezen, G. (2007) Seasonal changes of metal accumulation and distribution in common club-rush (*Scoenoplectus lacustris*) and common reed (*Phragmites australis*). **Ecotoxicology**, 16: 457-463.
- Duru, N. Türkmen, Z. Çavuşoğlu, K. Yalçın, E. Yapar, K. (2011) *Verbascum sinuatum* L. (*Scrophulariaceae*) (Sığırkuyruğu) Türü Kullanılarak Karadeniz Sahil Şeridinde Taşıtların Sebep Olduğu Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 15(2): 89-96.
- El-Bassam, N. and Tietjen, C. (2002) “Municipal Sludge As Organic Fertilizer With Special Reference To The Heavy Metals Constituents In Soil”, **Organic Matter Studies, Volume 2** IAEE, Vienna, 253 p.
- El-Hassan, T. Al-Omari, H. Jiries, A. Al-Nasir, F. (2001) Cypress Tree (*Cupressus semervirens* L.) Bark As an Indicator for Heavy Metal Pollution in The Atmosphere of Amman City, Jordan”, **Environment International Volume 28, Issue 6**, 513-519.
- Elmacı, Ö.L. (1995) “Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicum esculentum*) Meyvelerinde Ağır Me-

- tal İçeriklerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bornova, İzmir.
- Erçişli, S. (2007) “Chemical Composition of Fruits in Some *Rose* (*Rosa* spp.) species”., *Food Chemistry*, 104: 1379-1384.
- Fageria N K (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.
- Fıratı, L. vd. (2005) Problems Related to Lichen Transplants to Monitor Trace Element Deposition in Repeated Surveys: A Case Study from Central Italy, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 52, 221-230.
- Gadzała-Kopciuch, R. Berecka, B. Bartoszewicz, J. Buszewski, B. (2004) Some Considerations About Bioindicators in Environmental Monitoring. *Polish Journal of Environmental Studies*, 13(5): 453-462.
- Garbarino, J.R. Hayes, H. Roth, D. Antweider, R. Brinton, T.I. Taylor, H. (1995) Contaminants in the Mississippi River, *U. S. Geological Survey Circular 1133*, Virginia, U.S.A.
- Gardiner, D. T. ve Miller, R. W. (2008). *Soils in Our Environment*. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, Ne Jersey, USA.
- Giordani, P. Brunialti, G. Alleleo, D. (2002) Effects of atmospheric pollution on lichen biodiversity (LB) in a Mediterranean region (Liguria, northwest Italy). *Environmental Pollution*, 118: 53-64.
- Goncharuk, E.J. and Sidorenka, G.J. “Hygienic Regulation For Chemic Substance İn soils. *Medicina*, Moscow, 320 p.
- Güler, S. (2006) “Çukurova Üniversitesi Yerleşke Alanındaki Yollarda Kullanılan Bitki Türlerinin Çevre Niteliğini Artırma Yeteneklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı*, Adana, Türkiye, 9-35.
- Harju L. vd., 2002, Environmental Monitoring of Trace Elements in Bark of Scots Pine by Thick-Target PIXE, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*. B189, 163-167.
- Hutton, M. Symon, C. (1986) The Quantities of Cadmium, Lead, Mercury and Arsenic Entering the U.K. Environment from Human Activities. *Science Total Environ*. 57: 129-150.
- Iannotti, O. Mincigrucci, G. Bricchi, E., Frenguelli, G. (2000) “Pollen Viability As a Bioindicator of Air Quality” *Aerobiologia*, Vol: 16 (3-4), 361-365.
- Kabata-Pendias, A. Pendias, H. (1984) Trace Elements in Soils and Plants, *CRC (Chemical Rubber Company) Press*, Florida, pp.

- Kabata-Pendias, A. Piotrowska, M. (1984) “Zanieczyszczenie Glebi Roslin Uprawnych Pierwiastkami Sladowymi”, *CBR (Case Based Reasoning) opracowanie problemowe*, Warszawa, Poland.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias H., “Trace Elements In Soils and Plants”, *CRC (Chemical Rubber Company) Press*, London (1992), New York, 2000; 215-349s.
- Kahraman, A. (2012) Uludağ’ın Bazı Epifitik Likenlerindeki Radyonüklid Dağılımının İncelenmesi, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Karakoyun, G. Osma, E. (2015) Erzincan’da Hava Kirliliğine Bağlı Olarak Sarı Çamlarda (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven.) Ağır Metal Birikimi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 5 (2): 67-77.
- Kargar, N. (2015) Bal Arılarında Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (pah) Analizleri ile Çevre Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kaya, B. B. (2010) “Erciyes Strato Volkanından Püsküren Ana Materyaller Üzerinde Oluşmuş Topraklarda Yetiştirilen Meyvelerin Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı*, Tokat.
- Keleş, R. Ertan, B. (2002) *Çevre Hukukuna Giriş, 1. Baskı, Ankara: İmge Kitabevi*.
- Keleş, C. T. (2007) Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Kızılkaya, R. Karaca ve Arcak, S. (1998) “Samsun Yöresi Topraklarında Zn/Cd Oranı ve Bu Oran İle İz Element ve Ağır Metaller (Fe, Cu, Mn, Pb, Ni) Arasındaki İlişkiler”, *1. Ulusal Çinko Kongresi Bildiriler Kitabı*, p 501–509.
- Kitagishi, K. and Yamane, I. (1974). “Heavy Metal Pollution In Soils Of Japan”, *Japon Science Society Press*, Tokyo, 302.
- Kloke, A. (1982) “Erläuterungen Zur Klärschlamm Verordnung Landwirtschaft, Forsch. Soderhs”, 39: 302.
- Kocic, K. Spasic, T. Urosevic, MA. Tomasevic, M. (2014) Trees as natural barriers against heavy metal pollution and their role in the protection of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*. 227-233.
- Labra, M. Gianazza, E. Waitt, R. Eberini, I. Sozzi, A. Regondi, S. Grassi, F. Agradi, E. (2006) Zea mays L. protein changes in response to potassium dichromate treatments. *Chemosphere*, 62 (8): 1234–1244.
- Linzon, S.N. (1978) “Phytotoxicology Excessive Levels for Contaminants in Soil and Vegetation”, *Report of Ministry of the Environment*, Ontario, Canada.

- Liu, J. Li, K. Xu, J. Zhang, Z. Ma, T. Lu, X. Yang, J. Zhu, Q. (2003) Lead toxicity, uptake, and translocation in different rice cultivars. *Plant Science*, 165: 793-802.
- Loppi, S. Riccobono, F. Zhang, Z.H. Savic, S. Ivanov, D. Pirintsos, S.A. (2003) Lichen as biomonitors of uranium in the Balkan area. *Environmental Pollution*, 125: 277-280.
- Madejón, P. Marañón, T. Murillo, J. M. Robinson, B. (2004) “ *White poplar (Populus alba) As a Biomonitor of Trace Elements in Contaminated Riparian Forests* March 2004 ” .
- Markert, B. (1993) *Plant as biomonitors: Indicators for heavy metals in the terrestrial environment*, B.Markert (ed), VCH Weinheim, New York/Basel/Cambridge.
- Mengel, K. and Kirkby, E. (1987) “*A principles of plant nutrition, Publishers. International, Potash Institute. Bearn*”, Switzerland: 67-77.
- Mingorance, M.D. ve Rossini, O. S. (2006) Heavy Metals in *N. oleander* Leaves as Urban Pollution Assessment, *Environmental Monitoring and Assessment*, 119, 57-68.
- Monaci, F. vd. (2000) Biomonitoring of Airborne Metals in Urban Environments: New Tracers of Vehicle Emission, in Place of Lead, *Environmental Pollution*, 107, 321-327.
- Nagpal, N.K. (2004) Water quality guidelines for cobalt. *Ministry of Water, Land and Air Protection, Water Protection Section, Water, Air and Climate Change Branch, Victoria*.
- Newman, M.C. Unger, M.A. (2002) *Fundamentals of Ecotoxicology, Second Edition Lewis Publisher Press in United States of America*.
- Nies, D.H. (1999) Microbial heavy-metal resistance. *Appl Microbiol Biotechnology*, 51:730-50.
- Norouzi, S. Khademi, H. Cano, AF. (2015) Acosta JA. Using plane tree leaves for bio-monitoring of dust borne heavy metals: A case study from Isfahan, Central Iran. *Ecological Indicator*, 57: 64–73.
- Nriagu, J.O. Pacyna, J.M. (1988) Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, 333(6169): 134-139.
- Olayan, A. Thomas, B.V. (2002) “Biomonitoring Studies on Effect of Lead in Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) in The Arid Ecosystem of Kuwait” *Journal of Arid Environments*, Vol:51 (1).
- Oliva, S. R. Mingorance, M.D. (2006) Assessment of Airborne Heavy Metal Pollution by Aboveground Plant Parts, *Chemosphere*, 65,177-182.

- Osma, E. (2009) “İstanbul'da Yetişen Bazı Sebzelerde Ağır Metal Birikiminin Tesbiti”, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Osma, E. Mutlu, S. Aksoy, A. İlhan, V. (2016) Effect of Irrigation Water on Accumulation of Heavy Metal and Mineral Element in Some Vegetables *Journal of the Institute of Science and Technology*, 6(2): 49-58.
- Özbek, H. Kaya, Z. Gök, M. ve Kaptan, H. (1995) “Toprak Bilimi”, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi* Adana, 73.
- Özcan, C. (2013) Kırklareli İl Merkezinde Yetişen Bazı Bitki Türlerinin Eser Element Analizleri. *Electronic journal of vocational colleges*. Cilt:3, Sayı:1.
- Öztürk, A. (2008) *Celtis australis* L. (*ulmaceae*)’ in Ağır Metal Kirliliği için, Biyomonitör Olarak Kullanılması. Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi*.
- Pajak, M. Halecki, W. Gasiorek, M. (2017) Accumulative response of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and silver birch (*Betula pendula* Roth) to heavy metals enhanced by Pb-Zn ore mining and processing plants: *Explicitly spatial considerations of ordinary kriging based on a GIS approach*. *Chemosphere*, 168: 851-859.
- Ross, S.M. (1994) “Sources And Forms Of Potentially Toxic Metals In Soil-Plant Systems”, *Toxic Metals in Soil-Plant Systems*, Wiley, England, 3-26 (1994).
- Ruangsomboon, S. Wongrat, L. (2006) Bioaccumulation of cadmium in an experimental aquatic food chain involving phytoplankton (*Chlorella vulgaris*), zooplankton (*Moina macrocopa*), and the predatory catfish *Clarias macrocephalus* × *C. Gariepinus*. *Aquatic Toxicology*. 78(1):15-20.
- Saatçi, F. Hakerlerler, H. Tuncay, H. ve Okur, B. (1988) “İzmir İli Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarından Tarım Arazileri Ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerinde Bir Araştırma”, *Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Proje No: 127*, Bornova, İzmir.
- Satarug, S. (2003) A global perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population. *Toxicology Letters* 137(1-2): 65-83.
- Schachtschabel, P. and Blume, H.P. (1984) “Hartge, K.H. Und Schwertmann, U., Mlehrbuch Der Bodenkunde”, *F. Enke Verlag*, Stuttgart, 441.
- Shrivastav, R. (2001) Atmospheric heavy metal pollution. *Resonance*. 6(4):62-68.
- Siegel, F.R. (2001) *Environmental geochemistry of potentially toxic metals*. New York: Springer-Verlag.
- Suzuki, K. Yabuki, T. Ono, Y. (2009) “Roadside *Rhododendron pulchrum* Leaves As Bioindicators of Heavy Metal Pollution in Traffic Areas of Okayama, Japan”, *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol: 149(1-4).

- Szczepaniak, K. Biziuk, M. (2003) Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. *Environmental Research*, 93: 221-230.
- Taylan, Z. S. Özkoç, H. B. (2007) Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* Cilt:9, Sayı:2, 17-33.
- Tataruch, F. Kierdorf, H. (2003) Mammals As Bioindicator (Chapter 20). Markert, B.A. Breure, A.M. Zechmeister H.G. *Bioindicators and biomonitors*. Volume: 6.
- Tomasevic, M. vd. (2004) Heavy Metals Accumulation in Tree Leaves from Urban Areas, *Environmental Chemistry Letters*, 2, 151-154.
- Topyıldız, M. Yarsan, E. (2014) Çevresel Kirliliğin İzlenmesinde Biyoindikatör Canlılar. *Türk Veteriner Hekimleri Birliği Dergisi*. 1 - 2. 83.
- Todd, A.C. Wetmur, J.G. Moline, J.M. Godbold, J.H. Levin, S.M. Landrigan, P.J. (1996) Unraveling the chronic toxicity of lead: an essential priority for environmental health, *Environ. Health Perspec.* 104: 141- 146.
- Turnlund, J.R. (1999) Copper. In: Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M., Ross, A.C. (Eds.), *Modern Nutrition in Health and Disease*. Lippincott Williams and Wilkins, Baltimore, MD.
- Uğur, A. Özden, B. Saç, M.M. Yener, G. Altınbaş, Ü. Kurucu, Y. Bolca, M. (2004) Lichens and Mosses for Correlation Between Trace Elements and Po in the Areas Near Coal-Fired Power Plant at Yatağan, Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 259 (1): 87-92.
- Uysal, E. Katkat, A. (2005) Bursa ve Çevresinde Yetiştirilen Kiraz Ağaçlarının Demir, Çinko, Mangan ve Bakır İle Beslenme Durumları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Üçer, A. (2009) Çevre kirliliğine neden olan bazı ağır metal türlerinin çeşitli bitkiler kullanılarak giderilmesi. Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*.
- Ünal, D. Sert, Ş. Işık, N. O. Kaya, Ü. (2011) İzmir-Kemalpaşa Sanayi Bölgesinde Ağır Metal Kirliliğinin Biyoindikatör Olarak Zeytin (*Olea europaea*) Bitkisi Kullanılarak Belirlenmesi. *Zeytin Bilimi*. 2: 59 – 64.
- Ürey, E. (2014) Kırşehir Kılıçözü Deresi Su ve Sediment Örnekleriyle *Typha angustifolia* L. Bitkisinde Ağır Metal Düzeylerinin Mevsimsel Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi*.
- Vartika, R. Vajpayee, P. Singh, N.S. Mehrotra, S. (2004) Effect of chromium accumulation on photosynthetic pigments, oxidative stress defense system, nitrate reduction, proline level and eugenol content of *Ocimum tenuiflorum* L. *Plant Science*. 167: 1159–1169.

- Vajpayee, P. Tripathi, R.D. Rai, U.N. Ali, M.B. Singh, S.N. (2000) Chromium (VI) accumulation reduces chlorophyll biosynthesis, nitrate reductase activity and protein content in *Nymphaea alba* L. **Chemosphere**. 41(7):1075-82.
- Vernay, P. Gauthier-Moussard, C. Hitmi, A. (2007) Interaction of bioaccumulation of heavy metal chromium with water relation, mineral nutrition and photosynthesis in developed leaves of *Lolium perenne* L. **Chemosphere**. 68(8):1563-75.
- White, R.E. (2006). **Principles and Practice of Soil Science: The Soil as a Natural Resource**. 4th Edition, Wiley-Blackwell Scientific Publication, London, United Kingdom.
- Yalçın, V. (2014) Bazı Ağır Metallerin (Pb, Cd, Ni) Sucul Bitkiler (*Salvinia natans* (L.) All., *Lemna minor* L.) Üzerinde Yaptığı Stres ve Biyolojik Yanıtlar. Yüksek Lisans Tezi, **Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi**.
- Yaşar, Ü. (2009) *Cercis siliquastrum* L. subsp. *siliquastrum* (Fabaceae)' un Ağır Metal Kirliliğinde Biyomonitor Olarak Kullanımı. Doktora Tezi, **Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**.
- Yenisoy-Karakas, S. Tuncel, S.G, (2004) Geographic patterns of elemental deposition in the Aegean region of Turkey indicated by the lichen, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. **Science of the Total Environment**. 329(1-3):43-60.
- Yıldırım, C. Karavin, N. Cansaran, A. (2012) Amasya İli Şehir Merkezinde Bulunan *Elaeagnus angustifolia* L. ve *Pinus brutia* Ten. Türlerinde Bazı Ağır Metallerin İçeriklerinin Belirlenmesi. **Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi**. Sayı:2 ; 7-11.
- Yıldız, N. (2004) Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. **Yüksek Lisans Ders Notları**. Erzurum.
- Yruela, I. (2005) Copper in plants. **Brazilian Journal Plant Physiology**. 17: 145-156.
- Zayed, A.M. Terry, N. (2003) Chromium in the environment: factors affecting biological remediation. **Plant and Soil**, 249: 139–156.
- Zhang, J. Liu, C.L. (2002) Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China—weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes. **Estuar coast shelf science**. 1051-1070.
- Zhou, Q. Zhang, J. Fu, J. Shi, J. Jiang, G. (2008) Biomonitoring: An Appealing Tool For Assessment of Metal Pollution in The Aquatic Ecosystem. **Analytica Chimica Acta**, 606(2):135-50.



EKLER

Ek-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar

Osma E., Elveren M., Türkoglu E., Yavuzer H., Çıgır Y. (2017). Tıbbi İlaçlar ve Kişisel Bakım Ürünlerinin (PPCPs) *Triticum aestivum* L. Üzerinde Antioksidan Enzim Aktivitelerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21(2), 535-541.

Osma E., Yavuzer H., Elveren M., Türkoglu E., Çıgır Y. (2016). The Effects of Acetaminophen and Caffeine on Catalase Enzyme Activity in *Triticum aestivum* L. International Conference On Biological Sciences (Özet bildiri).

Türkoglu E., Yavuzer H., Elveren M., Çıgır Y., Osma E., (2016). Gemfibrozil ve β -estradiol'un *Triticum aestivum* L. Bitkisindeki Katalaz Enzim Aktivitesine Etkileri. 23. Ulusal Biyoloji Kongresi.

Osma E., Elveren M., Türkoglu E., Yavuzer H., (2016). Bazı Tıbbi İlaçların *Triticum aestivum* L Bitkisindeki Peroksidaz Enzim Aktivitesine Etkileri. 23. Ulusal Biyoloji Kongresi.

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Erzincan'da doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini burada tamamladı. 1995 yılında Atatürk Üniversitesi S.H.M.Y.O Tıbbi Laboratuvar bölümünden mezun olup, bir müddet Türk Kızılayı bünyesindeki bir sağlık evinde laborant olarak görev yaptı. 1997 yılında Sağlık Bakanlığına bağlı bir kurumda, halen sürdürmekte olduğu kamu görevini yapmaya başladı. 2012 yılında Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü'nden mezun oldu. 2015 yılında Erzincan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden mezun olduktan sonra Yüksek Lisans eğitimine başladı. Evli ve üç çocuk babası.

