

ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZİNCAN'DA HAVA KİRLİLİĞİNE BAĞLI OLARAK SARI
ÇAMLARDA (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) AĞIR
METAL BİRİKİMİ

Güven KARAKOYUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2014

Her Hakkı Saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Etem OSMA danışmanlığında, Güven KARAKOYUN tarafından hazırlanan bu çalışma 04.09.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **Biyoloji** Anabilim Dalı **Botanik** Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ali KANDEMİR

İmza:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Etem OSMA

İmza:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ÇUBUK

İmza:

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Ali SÜLÜN
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZİNCAN'DA HAVA KİRLİLİĞİNE BAĞLI OLARAK SARI ÇAMLARDA (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) AĞIR METAL BİRİKİMİ

Güven KARAKOYUN

Erzincan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Etem OSMA

Bu çalışmada Erzincan İli Şehir merkezinde 5 farklı bölge (İstasyon, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, Şehir Merkezi, Park) ve kontrol bölgesi olmak üzere altı farklı lokaliteden sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) bitkisinden kabuk, dal, yaprak örnekleri ve aynı bölgelerden toprak örnekleri toplanarak ağır metal birikimi araştırılmıştır. Toplanan bitki ve toprak örnekleri laboratuvarda ön işlemlerden geçirildikten sonra ağır metal konsantrasyonları analiz edilmiştir. Şehir merkezi ve kontrol lokalitelerinden elde edilen veriler birbiriyle karşılaştırılarak aradaki farklılıklar belirlenmiştir. Ayrıca, elde edilen sonuçların toprak ve bitkiler için ağır metal sınır değerleriyle karşılaştırılması yapılmıştır.

Sonuç olarak, yapılan istatistiksel değerlendirmede şehir merkezi ve kontrol bölgesinden toplanan toprakların ve bitkilerin ağır metal içerikleri arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Genel olarak sonuçlara bakıldığında Ni ve Fe hariç diğer ağır metal konsantrasyonları, belirlenmiş ağır metal sınır değerlerine göre normal düzeylerde tespit edilmiştir. Ni ve Fe içeriği ise kontrol bölgesi de dahil olmak üzere tüm lokalitelerde, bitki ve toprakta yüksek düzeyde belirlenmiştir. Ayrıca yıkanmış ve yıkanmamış yapraklardaki ağır metal konsantrasyonlarına baktığımızda yıkanmamış yapraklardaki ağır metal içeriği yıkanmış yapraklara göre anlamlı yüzdelerlik farklılığa sahip olduğu gözlemlenmiştir. Yıkanmamış yapraklar ile yıkanmış yapraklar arasındaki yüzdelerlik farklılık hava kirliliğinin olduğunu göstermektedir. Toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonu bitki bünyesine göre bütün ağır metallerde yüksek düzeyde belirlenmiştir. Ayrıca bitki kısımlarına baktığımızda kabuktaki ağır metal birikimi diğer kısımlara göre daha yüksek değerlerde görülmüştür. Lokaliteler arasında genel bir değerlendirme yaptığımızda ise istasyon ve aşağı çarşı bölgelerinden toplanan örneklerdeki ağır metal konsantrasyonunun diğer lokalitelere göre daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

2014, 77 sayfa**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, hava kirliliği, bitki, toprak, Erzincan, *Pinus Sylvestris*, Sarıçam

ABSTRACT

Master Thesis

ACCUMULATION OF HEAVY METAL IN SCOTS PINES (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven)
AIR POLLUTION IN RELATION IN ERZINCAN

Güven KARAKOYUN

Erzincan University

Institute of Science

Department of Biology

Supervisor: Assist. Prof. Etem OSMA

With this study, heavy metal accumulation was calculated collecting shell, branch, lead and soil samples of the yellow pine plant (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) in six different localities including five different regions (İstasyon, Aşağı Çarşı, Buğday Meydanı, Şehir Merkezi, Park) and one control region from the centrum of Erzincan province. Collected plant and soil samples were exposed to a pre-treatment in laboratory, and then their heavy metal concentrations were analysed. The data obtained from the centrum and control localities were compared with each other, and the differences between them were determined. Moreover, obtained results were also compared with heavy metal limit values for soils and plants.

Consequently, it was observed in the statistical evaluation that there were significant differences between the heavy metal content of the soils and plants collected from the centrum and control region. When the results were considered in general, all other heavy metal concentrations except from Ni and Fe, and they were determined at normal values according to heavy metal limit values. Ni and Fe contents were determined at high level in plant and soils on all locations including the control region. Furthermore, when heavy metal concentrations in washed and unwashed leaves were analysed, heavy metal content in unwashed leaves was observed to have a significant percentage difference rather than the washed leaves. The percent difference between washed and unwashed leaves proved the presence of air pollution. Heavy metal concentration in soil samples was determined at a high level in all heavy metals according to the plant texture. Moreover, when plant parts were analysed, heavy metal accumulation in shell was noticed to have a higher level rather than the other parts. When analysed in general, it was determined that heavy metal concentration in samples collected from İstasyon and Aşağı Çarşı localities were higher than the other localities.

2014, 77 pages**Keywords:** Heavy metals, air pollution, plant, soil, Erzincan, *Pinus sylvestris*, yellow pine

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının her aşamasında beni destekleyip yönlendiren, emeğini ve bilgisini esirgemeyen danışmanım, Sayın Yrd. Doç. Dr. Etem OSMA'ya sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum. Gerekğinde bilgi ve birikimlerini benden esirgemeyen başta bölüm başkanı Sayın Prof. Dr. Salih DOĞAN olmak üzere bütün Biyoloji Bölümü öğretim üyelerine şükranlarımı sunarım.

Ayrıca bugünlere gelmemde büyük emeği olan babam Osman KARAKOYUN'na, annem Nihayet KARAKOYUN'na, abim Selçuk KARAKOYUN'na, mesai saatleri içerisinde desteklerini eksik etmeyen İlçe Milli Eğitim Müdürümüze, İlçe Milli Eğitim Şube Müdürümüze, öğretmen arkadaşlarıma ve yüksek lisans ders ve tez aşamasında benden manevi desteğini eksik etmeyen eşim Asiye KARAKOYUN'na, çocuklarım Ahsen Sümeyye ve Osman Efe'ye teşekkürlerimi sunarım.

Güven KARAKOYUN

Eylül, 2014

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Numune Alınan Bölgenin Coğrafik Konumu.....	20
3.1.2. Numune Alınan Bölgenin İklimi ve Bitki Örtüsü Özellikleri	20
3.1.3. Numune Alınan Sarıçam Bitkisinin Özellikleri.....	20
3.1.3.a Sarıçamın Doğal Yayılışı.....	20
3.1.3.b Sarıçamın Botanik Özellikleri	22
3.1.3.c Sarıçamın Ekolojik Özellikleri	24
3.2. Yöntem	25
3.2.1. Yapılan Çalışmalar.	25
3.2.2. ICP-OES Cihazı.....	27
3.2.3. İstatistiksel Analizler.	28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	30
4.1. Araştırma Bulguları	30
4.1.1. Nikel	30
4.1.2. Demir	32
4.1.3. Bakır	34
4.1.4. Çinko	35
4.1.5. Kurşun	37
4.1.6. Kadmiyum	39

4.1.7. Kobalt	40
4.1.8. Krom.....	42
4.2. Tartışma.....	43
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	54
5.1. Sonuç	54
5.2. Öneriler.....	56
KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR**Simgeler**

°C	Santigrat Derece
%	Yüzde
'	Dakika
~	Yaklaşık
Ni	Nikel
Fe	Demir
Cu	Bakır
Zn	Çinko
Pb	Kurşun
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Pt	Platin
V	Vanadyum
Be	Berilyum
Tl	Talyum
Se	Selenyum
Sn	Kalay
As	Arsenik
Hg	Cıva
Al	Aliminyum
W	Tungsten
Zr	Zirkon

Kısaltmalar

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrometresi
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
URL	Uniform Resource Locator (Standart Kaynak Bulucu)
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
ANOVA	Analysis of Variance
ppm	Parts per million (Milyonda bir)
mm	Milimetre
km ²	Kilometrekare
m	Metre
mL	Mililitre
mg	Miligram
kg	Kilogram

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Ağır metallerin bitkilerde etkili olduğu fizyolojik mekanizmalar	6
Şekil 3.1. Numunelerin alındığı noktalar	19
Şekil 3.2. Sarıçam bitkisinin genel görünümü	21
Şekil 3.3. Sarıçamın Türkiye’deki doğal yayılış alanı	22
Şekil 3.4. Sarıçam bitkisinin kabuğu.....	23
Şekil 3.5. Sarıçam bitkisinin yaprağı ve tomurcuğu	24
Şekil 3.6. ICP –OES cihazı	27
Şekil 4.1. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonu.....	31
Şekil 4.2. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonu	33
Şekil 4.3. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonu.....	34
Şekil 4.4. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonu	36
Şekil 4.5. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonu	38
Şekil 4.6. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonu.....	39
Şekil 4.7. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Kobalt konsantrasyonu.....	41
Şekil 4.8. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonu	42

TABLOLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1. Başlıca hava kirliliği etkenleri, kaynakları ve etkileri	3
Tablo 1.2. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması	5
Tablo 1.3. Temel endüstrilerden atılan metal türleri	8
Tablo 1.4. Ağır metal kaynakları	8
Tablo 4.1. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonları	30
Tablo 4.2. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonları	32
Tablo 4.3. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonları	34
Tablo 4.4. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonları.....	36
Tablo 4.5. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonları.....	37
Tablo 4.6. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonları	39
Tablo 4.7. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Kobalt konsantrasyonları	40
Tablo 4.8. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L. var. <i>hamata</i> Steven) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonları	42
Tablo 5.1. Metallerin, toprakta normal kabul edilen alt ve üst konsantrasyon aralıkları ile çalışmamızdaki topraktan elde edilen değerler	54
Tablo 5.2. Metallerin, bitkilerde normal kabul edilen alt ve üst konsantrasyon aralıkları ile çalışmamızdaki bitkilerden elde edilen değerler	55
Tablo 5.3. Yıkama prosedürü sonucu yıkanmış yapraklar ile yıkanmamış yapraklar arasındaki yüzdellik fark.....	55

1. GİRİŞ

Çevre, canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini sürdürdükleri, onların gelişmelerini sağlayan ve karşılıklı olarak etkileşim içinde buldukları biyolojik, fiziksel, kimyasal, sosyal, ekonomik ve kültürel faktörlerin bütünüdür (Topçu, 1998). Bir başka ifade ile çevre, bir organizmanın var olduğu ortam ya da şartlardır ve yeryüzünde ilk canlı ile birlikte var olmuştur (Anonim, 2014a) .

Çevre kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin; hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır. Ekosistemlerde doğal dengeyi bozan ve insanlardan kaynaklanan ekolojik zararlardır. Günümüzde sanayileşme ve kentleşmenin hızla artması ve insanların doğal kaynakları bilinçsiz bir şekilde kullanma hırısı beraberinde çevre kirliliğinin gitgide artmasına neden olmaktadır (Bayar, 2009).

Kirliliğin insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkması “Antropojenik [Yun. Anthropos: insan ve genesis: başlangıç] kökenli” olarak adlandırılır. İnsan nüfusunun hızlı bir şekilde artmasıyla birlikte, çarpık şehirleşme, trafikte araç sayısının artması, enerji ihtiyacının karşılanması için kurulan nükleer ve termik santraller, endüstri faaliyetlerinin gelişmesi ve dolayısıyla bu alanlarda kullanılan kimyasalların doğaya daha fazla karışması, büyük oranda kirlenmeye neden olmuştur (Elik ve Akçay, 2000; Osmalı, 2009). Çevreyi kirleten bütün etkenler, bitkilerde strese sebep olur. Stres ise, bitkilerin fizyolojisini etkiler, onların genetik potansiyellerini değiştirir, verimliliklerini kısıtlar ve ölümlerine sebep olarak büyük miktarlarda ürün kayıpları meydana getirir (Zengin ve Munzuroğlu, 2003) .

Ekosistemlerin toprak, su ve hava gibi ortamlarında büyük oranlarda birikmeye başlayan ağır metaller, dünyadaki tüm organizmaların yaşamını tehdit eden önemli bir çevre sorunu haline almıştır. Ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan faktörlerin başında endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar gelmektedir (Stresty ve Madhava Rao, 1999).

Çevre sorunlarını başlıca iki grupta toplamakta yarar vardır:

A. Kirlenme sonucu ortaya çıkan çevre sorunları

1. Sanayi kuruluşlarından dolayı kirlenmeler
2. Tarım ilaçlarından meydana gelen kirlenmeler
3. İnsan yerleşimlerinden kaynaklanan kirlenmeler (Su, hava, toprak kirlenmesi)

B. Kaynakların aşırı, yanlış ve kötü kullanılması ile meydana gelen çevre sorunları

1. Aşırı otlatma
2. Orman yangınları
3. Tarım ilaçları
4. Gübreleme
5. Ekim sonrası anız yakma
6. Erozyon
7. Yanlış arazi kullanma
8. Kanunsuz avcılık (Bayar, 2009).

Temiz hava olarak nitelendirilen atmosferin alt katmanı azot, oksijen, karbondioksit ve az diğer gazlardan oluşur. Temiz hava içerisinde % 78 azot, % 21 oksijen ve %1 oranında da diğer gaz, toz, su buharı gibi maddeler bulunmaktadır. Bu oranlara havanın doğal bileşenleri denilmektedir. İşte bu oranların bozulması, yani doğal hava bileşenlerinin oranlarının değişmesi sonucu havada yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı yaşamına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek yoğunluk ve sürede bulunması hava kirlenmesine neden olmaktadır (Kalkan, 2001).

Hava doğal ve doğal olmayan kirleticilerle kirlenir. Başlıca hava kirliliği etkenleri, kirliliği oluşturan kaynaklar ve sonuçları Tablo 1.1.'de gösterilmiştir. Ayrıca, hava kirliliğine neden olan kaynakları doğal ve yapay kaynaklar olmak üzere ikiye ayırabiliriz. Doğal kaynaklar, orman yangınları, yanardağ-volkan faaliyetleri, canlı organizma faaliyetleri; yapay kaynaklar ise, yakıt kullanımı, sanayi faaliyetleri ve motorlu taşıt trafiği gibi kaynaklardır (Keleş, 2007).

Tablo 1.1. Başlıca hava kirliliği etkenleri, kaynakları ve etkileri (Önal, 2002)

Kirletici	Kaynağı	Etkisi
Kükürt oksitleri (SO_x)	Fosil yakıtlar, termik santraller	Sıcaklık inversiyonu, asit yağmurları, ormanların, toprağın, suların kirlenmesi, solunum sistemi ve kardiyovasküler sisteme etki
Karbon monoksit (CO)	Sigara, otomobil egzozları	Solunum sistemi, kardiyovasküler sistem, beyin, iskelet kası ve fetüse etki
Karbon dioksit(CO₂)	Madencilik, yakıtlar, kuyular	Sera etkisi
Karbon partikülleri (duman)	Kimyasal madde imali	Sıcaklık inversiyonu, akciğer hastalıkları, görme bozukluğu
Azot oksitleri (NO_x)	Deodorant, saç spreyi, böcek öldürücüler	Akciğer hastalıkları
Freon gazları	Deodorant, saç spreyi, böcek öldürücüler	Ozon delinmesi, cilt kanserleri
Kloroflorokarbon (CFC)	Havalandırma sistemleri, spreyler, otomobiller, buzdolapları, köpük imalatı	Ozon delinmesi, cilt kanserleri

Hava kirliliği, insanlar, bitkiler, hayvanlar ve maddelere zarar verebilen veya rahat yaşama biçimini ve yapıyı, aşırı derecede etkileyen kum, toz, uçan kül, kurum, is, duman, gaz, buhar gibi bileşenlerin miktar, karakteristik ve süre olarak çevre atmosferindeki mevcudiyetidir. Başka bir deyişle hava kirliliği, havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek derişim ve sürede bulunmasıdır. Hava kirliliğinin etki şekli ve derecesi; yaş, dayanıklılık gibi kişisel faktörlere dayanır. Hava kirlenmesinde, kirleticilere maruz kalma süresi çok önemlidir. Bazı kirleticilere düşük derişimlerde çok uzun süre maruz kalındığı zaman olumsuz etki oluşabildiği gibi bazı kirleticilerin düşük derişimleri uzun sürede insanlarda ölümcül sonuç doğurabilmektedir (Adalı, 1996; Akyürek, 2012).

Hava kirliliğinin oluşmasında rüzgâr, sıcaklık, sis, nem, basınç, inversiyon gibi meteorolojik değişkenler ve olaylar, topoğrafik/jeomorfolojik özellikler gibi doğal etmenlerin yanı sıra, plansız sanayileşme, kentlere göç ve hızlı nüfus artışı sonucu sağlıklı/yetersiz yapılaşma, ısınmada ağırlıklı olarak fosil yakıtlarının kullanılması ve kent içi ulaştırmada sayıları çok hızlı bir biçimde artan motorlu taşıtların egzoz gazları ve yeşil alanların azlığı ve gittikçe azalması vb. etmenlerde büyük ölçüde önem taşımaktadır (Özlü, 1995).

Evlerde ısınma amacıyla yakılan kömür ve fuel-oil emisyonlarının alçak bacalardan atmosfere atılması, kullanılan yakıtın yüksek oranda kükürt ve kül içermesi, ısınma sistemlerinde yanmanın genellikle tam olmaması gibi etmenler inversiyon gibi meteorolojik etmenlerle bir araya geldiğinde, özellikle kış aylarında şehirlerin önemli bir bölümünde görülen yüksek kirletici yoğunlukları ortaya çıkmaktadır (Keleş, 2007).

Ülkemizin gerek artan trafik yoğunluğuna maruz kalması ve gerekse hızla sanayileşmesi her geçen gün diğer birçok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır (Munzuroğlu ve Gür, 2000). Çevre kirliliğine sebep olan ve ciddi boyutlarda tehlike oluşturan etmenlerin başında, ağır metaller gelmektedir. Toprak, su ve havada değişik oranlarda bulunabilen bu ağır metaller (Pb, Zn, Cu, Cr, Co, Cd, V v.b.) belirli konsantrasyonun üzerinde kirliliğe yol açarlar ve günümüzde çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak kabul edilirler. Ağır metallerin çevrede yaygın bir şekilde birikmesi, tüm canlılar için boyutları giderek artan bir tehlike oluşturmaktadır (Zengin ve Munzuroğlu, 2003).

Özgül ağırlıkları 5 gr/ cm³ den, atom numarası 20 den fazla olan elementler periyodik cetvelin geçiş elementleri olarak tanınan geniş bir gruba ait olan elementler “ağır metal” olarak adlandırılırlar. Literatüre çevre kirliliği ile girmiş olan ağır metal terimi, kirlenme ve toksisite bakımından bir yan anlam olarak kullanılmaktadır. Bu grubun içine 70 kadar element girmekle birlikte ekolojik bakımdan önemli 20 element dikkati çekmektedir (Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al) Bunların bir kısmı, bitki ve hayvanlar için mikro besin (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksik olmamaktadırlar (Yıldız, 2004).

Ağır metaller, ekolojik sistemde doğal çevrimlerden dolayı değil, insan aktiviteleri sonucu kirlilik oluştururlar. Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu;

- 18.800 ton arsenik,
- 7.600 ton kadmiyum,
- 332.000 ton kurşun
- 3.600 ton cıva atmosfere atılmakta iken,

insan aktiviteleri sonucu deşarj edilen miktarlar ise;

- Arsenik (3 kat),
- Kadmiyum (8 kat),
- Kurşun ve cıva (6 kat) daha fazladır (Rether, 2002).

Ekosfere nüfuz eden ağır metallere mangan, çinko, kobalt, bakır, nikel ve molibden bitki gelişimi için mutlak gerekli iken cıva, alüminyum, vanadyum, arsenik, kurşun, kadmiyum ve selenyum toksik etkilidir. Bitkinin gelişimi için mutlak gerekli element olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi bitkilerin generatif ve vejetatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Gür ve ark., 2004).

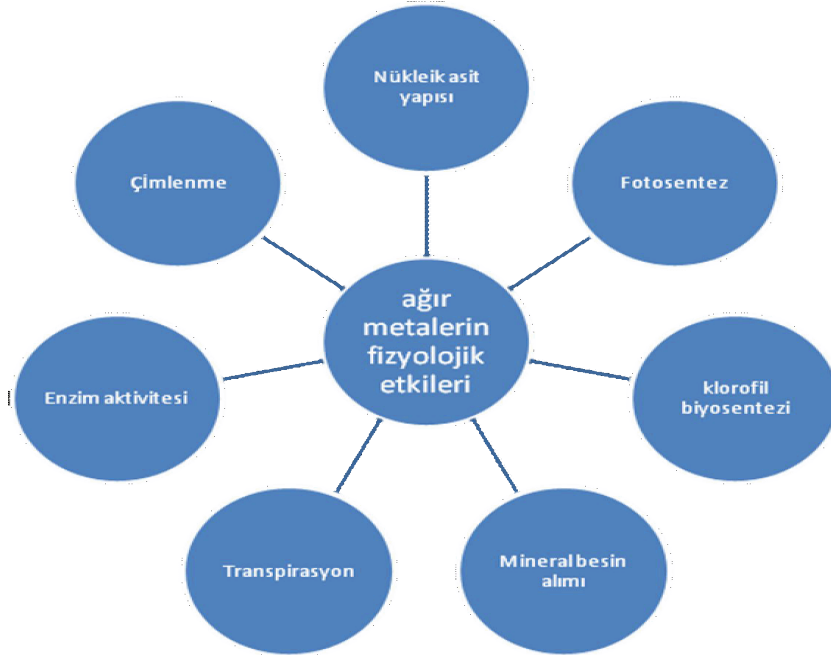
Tablo 1.2. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması (Yıldız, 2004)

Element	g/cm ³ özgül ağırlık	Bitki ve hayvan için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Gümüş	10.5	–	K
Kadmiyum	8.5	–	K
Krom	7.2	G	K
Kobalt	8.9	G	K
Bakır	8.9	G	K
Demir	7.9	G	K
Cıva	13.6	–	K
Mangan	7.4	G	–
Kurşun	11.3	–	K
Molibden	10.2	G	K
Nikel	8.9	G	K
Kalay	7.3	–	K
Uranyum	19.1	G	K
Vanadyum	6.1	G	K
Çinko	7.1	G	K

*G: Gerekli, **K: Kirletici

Ağır metaller toksik etkileri nedeniyle bitkilerde su alımı, fotosentez, transpirasyon, stoma hareketleri, çimlenme, protein sentezi, enzim aktivitesi, membran stabilizesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadır (Kennedy ve Gonsalves, 1987). Olumlu veya olumsuz (toksik) etkiler yalnızca elementin tipi ve konsantrasyonuna bağlı olmayıp değişik türlerin genetik esaslı fizyolojik davranışları ile de ilgilidir (Haktanır ve Arcak, 1998).

Her bakımdan zehirleyici özelliğe sahip olan ağır metaller çeşitli kaynaklardan çevreye yayılmakta ve günümüzde çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olarak gösterilmektedir (Goyer, 1991). Ağır metaller içinde en şiddetli zehir etkisi olanların Cd, Pb ve Hg olduğu ifade edilmektedir (Çepel, 1997).



Şekil 1.1. Ağır metal fazlalığı ve eksikliğinin, bitkilerde olumsuz yönde etkili olduğu fizyolojik mekanizmalar (Zengin ve Munzuroğlu, 2004)

Yüksek yoğunluklardaki bazı ağır metaller, bitkileri ve bitkilerle beslenen insan ve hayvanları olumsuz yönde etkileyebilmekte ve kalıcı toksik etkiler bırakabilmektedirler (Okçu vd., 2009). Krom, nikel ve kurşun topraklarda 10 – 100 mg/kg arasında, kadmiyum ise 1 mg/kg'ın altında bulunuyorsa bu miktarlar normal seviyeler olarak kabul edilmektedir. Kadmiyum ve

kurşun çevresel kirleticiler olarak insanlar ve hayvanlarda ciddi sağlık sorunları yaratmaktadırlar; krom esansiyel bir mikroelementtir ve yüksek konsantrasyonlarda memeliler ve diğer hayvanlar için toksik bir element iken, nikel ise aynı grup canlılar için olası kanserojen bir elementtir. Bununla beraber, nikel yüksek bitkiler için esansiyel besin elementi olarak kabul edilmiştir. (Yıldız, 2001).

Sanayileşme ve kentleşmenin doğada meydana getirdiği en önemli sorunlardan birisi çevre kirliliği olarak kabul edilmektedir (Bayçu, 1997). Son dönemlerde madenlerin, metal ve kimya fabrikalarının çok yaygın olarak kullandıkları metal içeren mantar ilaçları ile ahşap koruyucuları, büyük sanayi komplekslerinin yaydığı gaz ve tozların toprak ve bitkileri kirlittiği belirtilmektedir (Peterson, 1993). Özellikle ağır metal kirliliği bu tip topraklar üzerinde yaşayan bitkiler için büyük bir potansiyel tehlikedir. Bu yüzden de bu tür ağır metal kirliliği görülen topraklar üzerinde farklı ıslah işlemleri uygulayarak verimliliğin artırılmasına yönelik yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Gieger ve ark., 1993).

Toprak, su, hava ve gıdanın kirlenmesine neden olan ağır metal kaynakları; depremler, volkanik patlamalar, seller vs. gibi doğal kaynaklar (jeolojik kökeninden) ve endüstriyel, kentsel, tarımsal ve ulaşım gibi antropojenik (insan) etmenler diye ikiye ayrılabilir (Yıldız, 2004).

Ülkemizin gerek hızla sanayileşmesi ve gerekse her geçen gün artan trafik yoğunluğuna maruz kalması diğer birçok kirleticikle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır. Bu durum özellikle aktif hareket etme yeteneği olmayan bitkilerde başta ürün kaybı olmak üzere birçok olumsuzluğa neden olmaktadır (Munzuroğlu ve Gür, 2000)

Ağır metallerin çevreye yayılmasında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Tablo 1.3'te temel endüstrilerden atılan metal türleri genel olarak gösterilmiştir. Havaya atılan ağır metaller, sonuçta toprağa ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvan ve insanlara ulaşırlar (Kahvecioğlu vd., 2004).

Tablo 1.3. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (Rether, 2002)

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kâğıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-Alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik Sanayi	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Havanın metallere kirlenmesinde ise en önemli faktör, fosil kaynaklı yakıtların kullanılmasıdır. Katı ve sıvı yakıtların içerdiği As, Se, Pb ve Cd gibi metaller baca ve egzoz gazları ile havaya karışmaktadır. Ayrıca metal endüstrisinde metal filizlerinin kavrulması sırasında ortama salınan baca gazları ve tozlar hava kirliliğine neden olan önemli faktörleri oluşturmaktadır (Mor, 2002).

Tablo 1.4. Ağır Metal Kaynakları (Markert, 1993)

1. Biyosferdeki Partikül ve Dumanlar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Taşıtlardan (Cd, Pb, Mo,) ➤ Fosil Yakıtlardan(As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, V, U, Pb, Zn, Tl) ➤ Şehir, Fabrika (Cd, Cu, Pb, Sn, Hg, V)
2. Endüstri	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Plastikler(Co, Cr, Cd, Hg) ➤ Tekstil(Zn, Al, Tl, Sn) ➤ Ağaç İşletmeciliği(Cu, Cr, As) ➤ Rafineri (Pb, Ni, Cr) ➤ Ev aletleri üretimi(Cu, Ni, Cd, Zn, Sb)
3. Metal ve maden sanayi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Demir ve çelik Endüstrisinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd) ➤ Metal İşletmeciliğinden (Zn, Cu, Ni, Cr, Cd, Hg, Pb, As) ➤ Metallerin Eritilmesinden (As, Cd, Hg, Pb, Sb, Se)
4. Tarım	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sulama (Cd, Pb, Zn) ➤ Kimyasal ve HayvansalGübreler (As, Cd, Cu, Mn, Zn, U) ➤ Kireçler(As, Pb) ➤ Metal Aşınması(Fe, Pb, Zn)
5. Atıklar	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lağım(Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, V,Pb, Zn) ➤ Kazma ve Delmeler (As, Cd, Fe, Pb) ➤ Küller(Cu, Pb)

1950’li yıllardan sonra sanayi faaliyetlerinin gelişmesiyle dünya gündeminde bir sorun olarak yerini alan ve günümüze kadar artarak devam eden ‘hava kirliliği’ tüm canlıların yaşam alanını ve sağlığını tehdit eder durumdadır. Özellikle 2000’li yılların başına kadar ülkemizdeki hava kirliliğinin temel nedenlerinin başında trafik kökenli kirlenme gelmiştir (Bayçu vd., 2006). Araçların egzozlarından çevreye yayılan kurşun (Pb), kadmiyum (Cd) ve cıva (Hg) gibi ağır metaller gerek insanlar gerekse bitki ve hayvanlar üzerinde olumsuz etkiler yapabilmektedir (Çavuşoğlu vd., 2005).

Bakır bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, karbonhidrat ve lipit metabolizmasında yer alması nedeniyle önemli bir elementtir (Kacar ve Katkat, 2006). Bakır kirliliği insan aktivitesi sonucu oluşan emisyon ve atmosferik depositler, pestisit kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak değerlendirilmesi, kömür ve maden yataklarından kaynaklanmaktadır. Toprakta 100 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 15–30 mg/kg’dan fazla bakır toksik etkilidir. Bakır toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkar ve bitki bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olur (Sossé ve ark., 2004; Asri ve Sönmez, 2006).

Çinko, protein ve karbonhidrat sentezine katılmasının yanı sıra, enzim aktivasyonu, fotosentez, solunum ve biyolojik membran stabilitesi üzerine etkileri nedeniyle üretilen ürün miktarı ve kalitesini direkt olarak etkilemektedir (Rout ve Das, 2003). Endüstride metal kaplama ve alaşımlarda kullanılan önemli bir elementtir. Ayrıca; mürekkep, kopya kâğıtları, kozmetik, boya, lastik, muşamba, maden sanayi gibi pek çok sanayide kullanılır. Çinko, yoğun endüstri alanlarından bırakılan atık sularla, kanalizasyon sularıyla ve asit yağmurları aracılığıyla toprağa ulaşmaktadır (Vaillant ve ark., 2005). Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler incilir, genç yapraklar kıvrılır ve kloroz görülür, hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır (Rout ve Das, 2003). Yüksek dozlardaki çinkonun klorofil sentezini etkilemesinin nedeni olarak yeterli demir bulunması halinde bile bitkinin bundan yararlanmasını engellemesi ve klorofilin merkezinde bulunan magnezyumun yerine geçmesi gösterilmektedir (Van Assche ve Clijsters, 1990).

Kurşun endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak kullanılması nedeniyle çevrede sık rastlanılan bir elementtir. Otomobil endüstrisi, batarya ve benzin katkısı olarak tetraetil ve tetrametil olarak kullanılmasının yanı sıra kurşun içeren pestisitlerin kullanılmasıyla da topraklara ulaşabilmektedir. Kurşun elementi bitkiler için mutlak gerekli olmayıp, toprakta 15–40 mg/kg dozunda bulunur, topraktaki kurşun konsantrasyonu 150 mg/kg'ı aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı açısından tehlike oluşturmaz. Ancak 300 mg/kg'ı aştığında potansiyel olarak insan sağlığı açısından tehlikelidir (Dürüst ve ark., 2004). Kurşun elementi, hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz etkilemesi, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitki su rejimini etkilemektedir ve bitki köklerinde sürgünlere göre daha fazla birikmektedir. Kökler tarafından tutulması ve kök gelişimini azaltması nedeniyle bitkilerin katyon ve anyon alımını azaltmakta dolayısıyla besin alımını etkilemektedir (Sharma ve Dubey, 2005). Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir (Saygıdeğer, 1995; Karademir ve Toker, 1995).

Kadmiyum insan, hayvan ve bitkiler için toksik etkili bir elementtir. Bitki bünyesinde azot ve karbonhidrat metabolizmalarını değiştirmesi nedeniyle birçok fizyolojik değişikliğe neden olmaktadır. Proteinlerin enzimlerini in aktive etmekte, fotosentezi engellemekte, stomaların kapanmasına, transpirasyon ile su kaybının azalmasına ve klorofil biyosentezinin bozulmasına neden olmaktadır (Sheoran ve ark., 1990). Kadmiyum stresi altında bitkilerin su ve iyon alımının azalmasının en önemli nedeni kök büyüme ve gelişmesini engellemesidir. Ayrıca kadmiyum stresi altındaki bitkilerde stomaların kapanması nedeniyle transpirasyonla su kaybı azaltmakta ve kadmiyum taşınması engellenmektedir (Salt ve ark., 1995).

Nikel, bitkiler için mutlak gerekli bir element olup tarım topraklarındaki konsantrasyonu genelde çok azdır (Kacar ve Katkat, 2006). Bitkide gereğinden fazla bulunan Ni, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine olumsuz etki yapar, bitki köklerinin diğer besin elementlerini almasını engelleyerek besin elementleri noksanlıklarının ortaya çıkmasına neden olur (Zengin ve Munzuroğlu, 2005).

Krom, doğal olarak toprakta bulunmaktadır. Ana materyale göre değişmekle birlikte toprakta 5-100 mg/kg oranlarında bulunur. Bitkide ise kuru madde de 100 mg/kg bulunması birçok yüksek bitki için toksiktir (Özbek ve ark., 1995). Bitki bünyesinde toksik seviyeye ulaşan kromun bitkide etkilediği ilk fizyolojik olay tohum çimlenmesidir. Krom, amilaz aktivitesi ve embriyoya şeker taşınmasını azaltması ve proteaz aktivitesini artırması sonucunda tohum çimlenmesini engeller (Jain ve ark., 2000). Krom kök hücrelerinin bölünme ve uzamasını engelleyerek kök gelişimini engeller. Bu durum topraktan alınan bitki besin maddesi ve suyun azalmasına yol açarak bitki büyüme ve gelişmesini azaltır. Dolayısıyla önemli düzeyde verim ve kalite azalması görülür (Khan ve ark., 2000).

Bitkilerdeki uygun demir içeriği hem bitki sağlığı hem de insan ve hayvanlara besin kaynağı olduğu için önemlidir. Demirin bitkilerce alınabilen 3 farklı formu vardır. Bunlar ferrus sülfat (Fe^{+2}), ferik sülfat (Fe^{+3}) ve demir-şelat (metalin, organik bir bileşiğe iki veya daha fazla bağla halka şeklinde bağlandığı yapı) formları olup demir-şelatlar en iyi kaynaktır, ancak en pahalıdır. Demir bitkilerde enzim aktivitesi ve klorofil sentezi için gereklidir. Bitkilerin yeni büyümekte olan genç kısımları için esas teşkil eder. Noksanlık belirtileri öncelikle genç yapraklarda damarlar arası klorozla başlar. Toksikite belirtileri ise yapraklarda nekrotik (ölü) bölgeler görülür (Yıldız 2008).

Kobalt fazlalığı nadiren rastlanan bir durum olup, toprakta yetiştirilen bitkilerin kuru maddesinde Co yoğunlaşması, normal olarak 0,02-0,5 mg/kg arasında değişmektedir. Bitki köklerinde Co alınımı metabolik olarak gerçekleşmektedir. Nodül sisteme bağlı bitkiler, atmosferik azotu bağlayabilmek için Co'ya ihtiyaç duyarlar. Yüksek konsantrasyonlarda Co, bitkilerde şiddetli zehirleyici etki yapabilir. Kobalt zehirlenmesinin bitkilerdeki etkileri, en sonunda çoğunlukla ayrılarak tümüyle ortadan kalkan kloratik ve nekrotik yaprakların oluşması şeklinde kendini göstermektedir (Topbaş, 1998; Karataş, 2004). Kobalt azot tespit eden bakteriler için gereklidir. Kobalt noksanlığında azot noksanlığı septomları oluşur. Azot noksanlığı ise verimi azaltır, ağaçta vejetatif gelişme süreci kısalmır. Yaprakların sararmasına ve büyümenin sarsılmasına yol açar. Soluk yeşilden sarıya kadar varan sağlıklı ve ince sürgünleri olan azalmış bir tepe büyümesi gösterir (Kaya, 2010).

Bitkiler ihtiyaçları olan ağır metalleri farklı oranlarda bünyelerine alırlar. Bütün bitkiler toprak ve sudan kendi büyüme ve gelişimleri için şart olan ağır metalleri toplama kabiliyetine sahiptirler. Bu metaller Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo ve Ni içermektedirler (Langille ve MacLean, 1976). Bazı bitkiler de biyolojik fonksiyonları bilinmeyen ağır metalleri biriktirme kabiliyetine sahiptirler. Bunlar Cd, Cr, Pb, Co, Ag, Se ve Hg içermektedirler (Baker ve Brooks, 1989).

Bu alışmada, Erzincan Şehir merkezindeki önemli noktadaki sarıçam ağaçlarının yaprak, dal ve kabukları ile yetiştikleri topraklardan örnekler alınarak ağır metal kirliliği (Ni, Fe, Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Cr) araştırılmış ve Şehir merkezi dışından belirlenen kontrol bölgesinden toplanan çamlardan alınan örneklerle karşılaştırılarak Şehir merkezindeki hava kirliliği kaynaklı ağır metal birikiminin tespiti yapılmıştır.

Yaptığımız çalışmanın amaçları;

- Kontrol ve Şehir merkezinden belirlenen lokalitelerden toplanan toprak ile sarıamlara ait (kabuk, dal, yıkanmış yaprak, yıkanmamış yaprak) kısımlarda ağır metal konsantrasyonunu belirlemek.
- Sarıamlardan toplanan yaprak örneklerini yıkama prosedürü ile topraktan ve havadan gelen ağır metal konsantrasyonunu tespit etmek.
- Yıkanmış yapraklar ile yıkanmamış yapraklar arasındaki korelasyonu ve yüzdelik farkı belirlemek.
- Kontrol ve Şehir merkezlerinden belirlenen lokalitelerden toplanan bitki örneklerinde her bir metal için yapılan istatistiksel değerlendirmeler ile lokaliteler arasındaki farklılıkları tespit etmek.
- Elde edilen veriler ışığında, ilimizin hava kirliliği yönünden durumunu belirleyerek kirliliğin önlenmesine yönelik önerilerde bulunmaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Şehirleşmenin hızla artması, sanayi bölgelerinin çoğalması, doğal kaynakların tükenmesi, trafik yoğunluğunun artması ve bununla birlikte çeşitli ağır metallerin etkisiyle doğal dengenin bozulması, hava, su ve toprakların kirlenmesi; araştırmacıların çevre kirliliği konusunda araştırmalara yönelmesine sebep olmuştur.

Bu bölümde, araştırmacıların çevre kirliliği ve özellikle ağır metal kirliliğine yönelik daha önce yapmış oldukları çalışmalar hakkında kısa bilgiler verilecektir.

Şanda (1993), Konya şehir merkezinde ve Konya-Afyon çevre yolu üzerinde yaygın olarak yetişen iki step bitkisinde kurşun (Pb) miktarları araştırılmıştır. Şehir merkezinde *Fraxinus excelsior* L., *Cedrus libani* A. Richard, *Platanus orientalis* L., *Thuia orientalis* L. ve *Aesculus hippocastanum* L. ağaçlarının yaprak, meyve, dal ve kabuklarında Pb birikimi araştırılmıştır. Ayrıca Konya-Afyon çevre yolunda ise *Centaurea virgata* Lam. ve *Alhagi pseudoalhagi* (Bieb.) Devs."de yoldan uzaklığa bağlı olarak Pb birikimi araştırılmıştır. Sonuç olarak, Pb birikimi bakımından, trafik yoğunluğu değerleri bilinen iki istasyonda ve çevre yolunda, yola yakınlık ile orantılı olarak artış gözlemlendiği bildirilmiştir.

Bayçu (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, *Picea abies*'de uygulanan kadmiyum konsantrasyonlarındaki artışlara bağlı olarak iğne yapraklarda gelişimin yavaşladığı, yüksek konsantrasyonlarda ise tamamen durduğu, kök ve gövde uzunlukları ile köklerin taze ve kuru ağırlıklarının indirgenmediği, 50 mg kadmiyum konsantrasyonundan sonra da yan kök oluşumu ve uzamasının azaldığı gözlemlenmiştir.

Karademir ve Toker (1998) tarafından Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim bitkilerinde egzoz gazlarından gelen kurşun birikimi araştırılmıştır. Çalışmada; Ankara'nın bazı kavşaklarında yetiştirilen çim bitkilerinde, egzoz gazlarından gelen kurşun birikimi, 6 ay süresince incelenmiştir. Sonuç olarak, saatte 5.000'in üzerinde aracın geçtiği bu kavşaklarda yetişen bitkilerde bulunan değerlerin devamlı olarak arttığı bildirilmiştir.

Munzuroğlu ve Gr (2000), ağır metallerin, elma bitkisinde polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerinde etkisi ile ilgili yaptıkları çalışmada bazı ağır metallerin bitkide polen çimlenmesini geciktirdikleri ve polen tüpü oluşumunu önemli ölçüde azalttıklarını gözlemlemişlerdir.

Caselles *et al.* (2002), İşpanya'nın başkenti Madrid Şehir merkezindeki parklarda Petunya yapraklarının ve toprağın içerdiği iz elementler (Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Pb,Ni) zerinde araştırma yapmışlardır. Madrid Őehrinde, Fe, Al, Ni ve Pb elementlerinin toprak ve bitki tarafından absorbe edildiği gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, trafiğin yoğun olduğu alanlarda Pb değerinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kim *et al.* (2003), Güney Kore'nin Seul Őehrinde 8 farklı bölgeden aldıkları toprak örnekleri içindeki ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Ölçümler sonucunda; Cu ve Cd'nin Şehir merkezindeki topraklarda, Pb'nin ise benzin istasyonu çevresindeki topraklarda diğer bölgelere nazaran fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Wang vd. (2003), yaptıkları saksı çalışmasında, 4 farklı düzeyde ağır metal içeren topraklarda ürün yetiştirmişler. Toprak ve ürünlerdeki ağır metalleri belirli periyotlarla ölçmüşlerdir. alışmalarının sonucunda ürünün farklı aksamlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının farklı ve sıralamanın kök>gövde>tohum, yaprak olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ağır metal alımlarında sıralamanın Zn, Cr>Cd, Cu>Pb Şeklinde olduğunu gözlemlemişlerdir.

iek vd. (2004), Kütahya Tavşanlı Tunçbilek Termal Santralinin 10 km' lik ekim alanından alınan toprak ve bitki örneklerinde; bitkilerin çevreye yayılan gazlardan etkilendiği, toprakta ise yoğun olarak ağır metallerin biriktiği belirtilmiştir.

Yetimoğlu vd. (2004) yılında İstanbul'da yapmış olduğu çalışmada E-5 karayolu üzerinde Pendik-Levent arasından alınan 56 örnekle trafik kaynaklı kirlilik belirlenmeye çalışılmıştır. Grafit fırın AAS kullanılarak yapılan analizler sonucu yol tozu ve toprak örneklerinde Pb, Mn, Zn, Ni, Cd ve Cu konsantrasyonları evre ve Orman Bakanlığının 2003 yılı verilerine göre yüksek oranda bulunmuştur.

Nasrudi vd. (2004) tarafından Macaristan M3 otoyolunda yapılan çalışmada çayır bitkileri ve yosunlarda çinko, kurşun ve kadmiyum miktarı ölçülmüştür. Çalışmada çayır bitkileri pasif biyoindikatörler olarak kullanılmış, hava kirliliği birikim oranı ise aktif biyoindikatörlerle açığa çıkarılmıştır. Çalışmada *Tortula ruralis* bitkisi kullanılmıştır. Örnekler yoldan 5, 10, 25, 50 ve 100'er metrelik mesafeyle toplanmış, örneklerdeki Zn, Pb ve Cd içerikleri ICP cihazı ile analiz edilmiştir. Çayır bitkileri ve yosunların Zn, Pb ve Cd içeriğinde araç yolundan uzaklaştıkça azalma gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çelik vd. (2005) tarafından, Denizli merkezi yollarında, endüstri alanlarında ve çevre yollarından aldıkları akasya ağaçlarının yapraklarında ve topraktaki ağır metal konsantrasyonları (Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Cd) üzerinde çalışmışlardır. Yapılan ölçümler sonucunda şehir içi trafiğinin yoğun olduğu alanlarda ve sanayi bölgelerinde yüksek seviyelerde Pb ve Cu değerlerini bulmuşlardır.

Önder ve Dursun (2005) tarafından, Konya ve çevresindeki endüstriyel alanlar ve ana yolların kenarlarında yetişen sedir ağaçlarının yapraklarında ve 5 toprakta oluşan ağır metaller (Pb, Cu, Zn, Co, Cr, V, Cd) üzerine araştırmalar yapılmıştır. Genç ağaç yapraklarında daha az ağır metal kirliliği var iken yaşlı ağaçlarda daha fazla ağır metal kirliliğinin olduğunu belirtmişlerdir.

Erdoğrul vd., (2005), Kahramanmaraş'ta yetişen bazı sebzelerde demir, bakır, mangan, kadmiyum ve nikel düzeylerini araştırmışlardır. Çalışmada, patates, havuç ve ıspanakta söz konusu ağır metallerin (Fe, Cu, Mn, Cd ve Ni) düzeyleri belirlenmiştir. Sonuç olarak incelenen sebzelerin içerdiği ağır metallere Fe, Cu, Mn, Cd ve Ni oranının düşük olduğu görülmüştür.

Çavuşoğlu vd. (2005), Isparta ili şehir merkezi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki 10 km'lik yol boyunca sıralanan *Cupressus sempervirens* ve *Cedrus libani* yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliği araştırılmıştır. Sonuçta her iki bitki türünde de kurşun kirliliğinin şehir merkezine yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir. Ayrıca *Cupressus sempervirens* bitkisinin yaprağının anatomik yapısından dolayı *Cedrus libani*'ye göre daha fazla kurşun (Pb) içerdiği de tespit edilmiştir.

Keleş (2007), Konya şehir merkezi ve çevre yolları üzerindeki çam ağaçları ve toprak bünyesindeki ağır metal (Pb, Zn, Cu, Co, Ni) kirliliği üzerine bir araştırma yapmıştır. Araştırma sonucunda ağır metal kirliliğinin özellikle trafik yoğunluğunun fazla olduğu kavşak noktaları ve trafik lambalarının bulunduğu yerlerde daha fazla olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca bitkilerin ağır metalleri bünyelerinde barındırdığı, toprağın ise daha az ağır metal biriktirdiğini belirtmiştir.

Çavuşoğlu ve ark. (2008), Kırıkkale ilinin çeşitli bölgelerinde yol kenarlarından toplanan *Pinus nigra* (j.f. arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica* (loudon) taksonunda kurşun (Pb) kirliliğinin araştırıldığı bir çalışma yapmışlar ve bu çalışmanın sonucunda *P. nigra* subsp. *nigra* var. *caramanica* yapraklarında Pb birikiminin trafik yoğunluğuna göre arttığını bulmuşlardır.

Hüseyinova vd. (2009), Ordu ilindeki *Corylus avellana* (findık) ve bazı yol kenarlarındaki doğal bitkilerin yapraklarındaki sülfür ve ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, karayollarına yakın kirlenmiş ve karayollarından ve yerleşim alanlarından uzak kirlenmemiş alanlarda *Corylus avellana*, *Alopecurus myosuroides*, *Helleborus orientalis*, *Glechoma hederacea*, *Calamintha nepeta* ve *Urtica dioica*'nın yapraklarında yaz ayında sülfür ve bazı ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Kirlenmiş ve kirlenmemiş alanlar arasında ağır metal içerikleri yönünden istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir.

Osma (2009), İstanbul'da yetişen bazı sebzelerde ağır metal birikimi üzerine bir araştırma yapmış ve bu araştırma sonucunda özellikle sanayi bölgeleri ve trafiğin yoğun olduğu yol kenarlarında yetiştirilen sebzelerde ağır metal birikiminin daha fazla olduğunu gözlemlemiştir. Ayrıca yıkanmamış numunelerin yıkanmış numunelere göre daha fazla ağır metal ihtiva ettiğini tespit etmiştir.

Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki bazı kavşaklarda ağır metal salınımının sarıçam ve toprak üzerinde etkileri üzerine yaptığı çalışmada, özellikle ağır metal salınımının fazla olduğu kavşak ve yollarda sarıçam ve toprakta ağır metal birikiminin toksik düzeyde olduğunu tespit etmiştir.

Kınalıoğlu vd., (2009), Giresun ilinde, taşıtların sebep olduğu kurşun (Pb) kirliliğinin *Usnea longissima acharius* kullanarak yaptıkları çalışmada; liken örnekleri farklı trafik yoğunluğuna sahip bölgelere yerleştirmişler ve. 45. günün sonunda, toplanan örneklerdeki Pb kirliliğinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı görmüşlerdir.

Haktanır vd. (2010), Muğla-Yatağan Termik Santrali emisyonlarının santral çevresindeki tarım ve orman topraklarının ağır metal kapsamı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada hâkim rüzgar yönü ile diğer yönlerde olmak üzere santrale 721 m ile 15 km uzaklıkta değişen mesafelerden 27 adet toprak ve 41 adet bitki örneği toplanmıştır. Toprak örneklerinde toplam ve alınabilir Ni, Cd, Fe, Cu, Zn, Mn, S ile bazı toprak özellikleri belirlenmiştir. Toprakların ağır metal ve S kapsamının santrale olan mesafe ile ilişkili olmadığı, daha çok hâkim rüzgâr yönüne bağlı olarak etkilendiği belirlenmiştir. Bitkilerde bulunan ağır metal miktarlarının yüksek olduğu saptanmıştır. Susam ve havuçta Cu, Cd, Zn oldukça yüksek bulunmuştur. Bu miktarların sebzeler için tüketilmesine izin verilen değerlerin üzerinde olduğu saptanmıştır. Biyolojik izleme bitkisi olarak değerlendirilen karayosununun ağır metal ve S kapsamının son derece yüksek olduğu bildirilmiştir.

Doğan vd. (2010) tarafından Türkiye'nin yaklaşık 1/8'lik kısmına gelen Batı Anadolu'da bir bölgede yapılan çalışmada; endüstriyel, kırsal, yol kenarı ve banliyö olmak üzere 30 farklı örnekleme istasyonundan alınan *P. brutia* yapraklarında kurşun, kadmiyum, krom, demir, nikel ve bakır elementlerinin AAS ile analizi sonucu en yüksek birikimin endüstriyel alanda olduğu görülmüştür.

Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolunun 15 ile 21'nci km'leri arasında doğal olarak yetişen kuşburnu bitkilerindeki ağır metal birikimini belirlemek amacı bir çalışma yürütmüş ve çalışma sonucunda kuşburnunun mesafelere paralel olarak ortam kirlenmesinden etkilenmediği sonucuna varmıştır.

Öztemel (2012), Şanlıurfa-Viranşehir karayolu güzergâhındaki topraklarda ağır metal kirliliğinin boyutlarını belirlemek, topraktaki ağır metal miktarının kara yolundan olan mesafeyle değişimini ortaya koyabilmek amacıyla yaptığı çalışmada, kurşun, kadmiyum,

nikel, krom, bakır ve çinko için tüm ağır metallerin konsantrasyonları topraklarda izin verilebilir sınır değerlerine yaklaşamamalarına rağmen, çinko hariç mesafeye bağlı olarak karayolundan uzaklaştıkça ağır metal konsantrasyonlarının azaldığı görmüştür. Bu durum çalışma alanındaki topraklarda gözlenen ağır metal kirliliğinin trafik kökenli olduğunu düşündürmektedir.

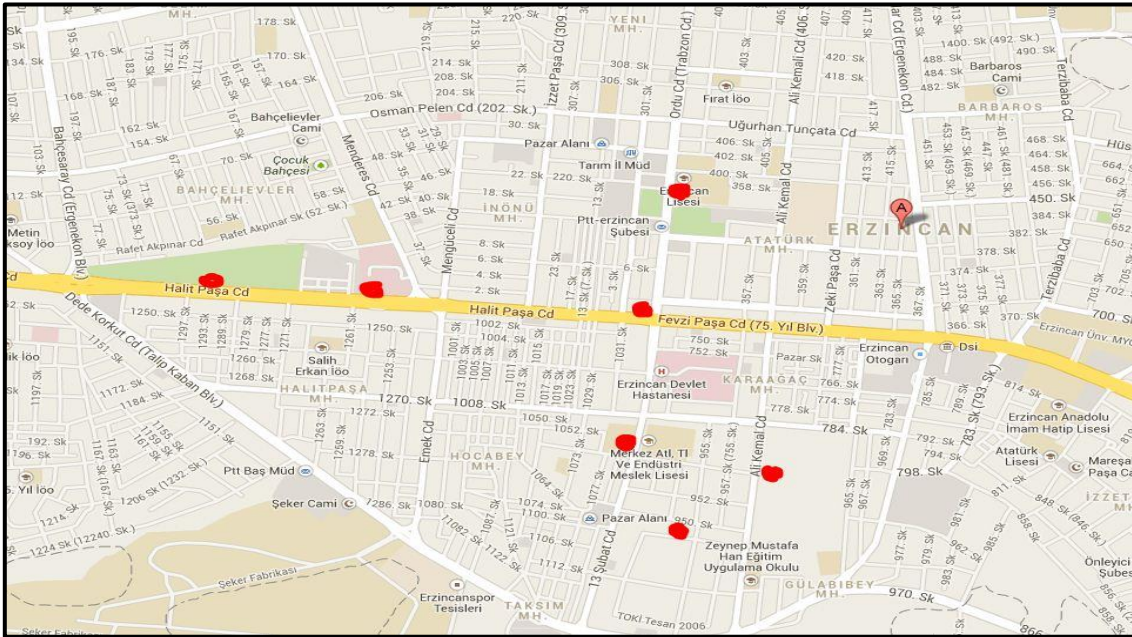
Adiloğlu (2013), yaptığı çalışmada Tekirdağ ili otoban kenarlarındaki tarım alanlarındaki kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel kirliliği araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına göre toprakların kurşun, kobalt, krom, kadmiyum ve nikel içerikleri sıra ile 1,346–6,546 mg/kg; 0,008-0,587 mg/kg; 0,045-0,390 mg/kg; 0,012-0,048 mg/kg ve 1,623-7,410 mg/kg olarak bulunmuştur. Söz konusu bu bulgular kirlilik sınır değerleri ile karşılaştırıldığında araştırma alanlarında kurşun ve kobalt kirliliği belirlenmiştir. Toprakların diğer ağır metal içerikleri için herhangi bir kirlilik tespit edilememiştir.

Çolak (2014), İstanbul'da Kadıköy, Bakırköy ve Güngören olmak üzere üç ayrı bölge aktarlarında satılan ve geleneksel tedavilerde kullanılan çiçek ve kök bitkilerinde, bakır (Cu), bor (B), çinko (Zn), demir (Fe), kadmiyum (Cd), kalsiyum (Ca), kurşun (Pb), magnezyum (Mg), mangan (Mn), nikel (Ni), potasyum (K) ve sodyum (Na) miktarlarını belirlemeye yönelik yaptığı çalışmada bitkilerin ağır metal yoğunlukları bakımından toksik seviyelerde olmadığı görmüştür. İncelenen bölgelerde tedavi amaçlı satılan tıbbi bitkilerin insan sağlığı açısından risk taşımadıkları belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, Erzincan şehir merkezindeki trafiğin ve hava kirliliğinin yoğun olduğu farklı lokalitelerden alınan toprak ve sarıçamın yaprak, dal ve kabukları kullanılmıştır. Çalışmamızda sarıçamı seçmemizin nedeni; hem hava kirliliğinin en yoğun yaşandığı kışın yapraklarını dökmemesi, hem de indikatör bir tür olduğu içindir. Dört yol Kavşağı, Ordu Caddesi, 13 Şubat Caddesi, TOKİ, Ali Kemal Caddesi, Halit Paşa Caddesi ve Atatürk Parkı olmak üzere 7 farklı noktadan (Şekil 3.1.) toplanıp 5 farklı lokalite (İstasyon, Aşağı Çarşı, Şehiriçi, Park, Buğday Meydanı) olarak değerlendirilen örnekler ile şehir merkezi dışından belirlenen kontrol bölgesinden (Mecidiye ormanlık alanı) alınan örneklerin analizleri yapılarak karşılaştırılmıştır. Alınan numuneler Erzincan Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Laboratuvarında gerekli işlemlere (“Yapılan İşlemler” başlığı altında açıklanmıştır) tabi tutularak analiz için hazır hale getirilmişlerdir.



Şekil 3.1. Numunelerin alındığı noktalar (Anonim, 2014b)

3.1.1. Numune alınan bölgenin coğrafik konumu

Erzincan; dünya haritası üzerinde 39 45' 12' kuzey enlemleri ile 40 46'30' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde, bölgenin Yukarı Fırat bölümünde yer alan Erzincan'ı, Doğusunda Erzurum, batısında Sivas, güneyinde Tunceli, güneydoğusunda Bingöl, güneybatısında Elâzığ-Malatya, kuzeyde Gümüşhane-Bayburt ve kuzeybatıda Giresun illeri çevreler. Fırat nehri kollarından 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. Merkezle birlikte 9 ilçe, 16 bucak ve 553 köyü bulunmaktadır. 2013 TÜİK verilerine göre ilin toplam nüfusu 219.996'ur (Anonim, 2014c).

3.1.2. Numunelerin alındığı bölgenin iklim ve bitki örtüsü özellikleri

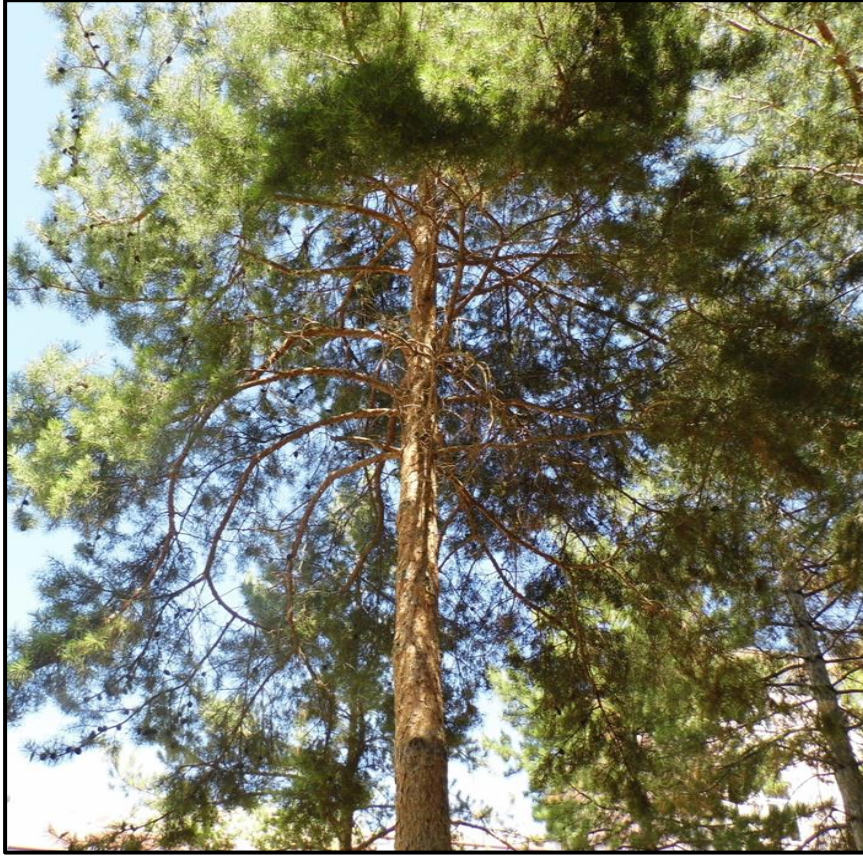
Doğu Anadolu iklimi ile İç Anadolu iklimi arasında bir geçiş sağlayan sert kara iklimi hüküm sürer. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçer. Aralık-mayıs arasında bol kar yağar. Toprak uzun müddet kar altında kalır. Senelik yağış ortalaması 374 milimetredir. Ortalama sıcaklık kışın -3,7 °C yazın 24,3 °C civarındadır. Yüzölçümünün ancak % 9'u tarıma elverişli değildir. % 60'ı çayır ve meralardan ibarettir. Orman ve fundalık arazi % 11'dir. % 20'si ise ekili ve dikili arazidir. Ormanlar daha ziyade Karasu Vadisinin Sansa Boğazına kadar olan kısmında kesiftir. Meşe ağaçları çoğunluktadır. Erzincan ve Tercan çevresinin genel bitki örtüsü steptir. Bu da yazın kurumaktadır. İlkbaharda Erzincan yemyeşildir (Anonim, 2014d).

3.1.3. Numune alınan sarıçam bitkisinin özellikleri

3.1.3.a. Sarıçamın doğal yayılışı

Türkiye'de sarıçam, doğuda 43°05' E (Kağızman), batıda 28°50' E (Orhaneli) boylam dereceleriyle, güneyde 38°34' N (Pınarbaşı), kuzeyde 41°48' N (Ayancık) enlem dereceleri arasında bulunmaktadır. Yurdumuzda Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı ve Orta Anadolu

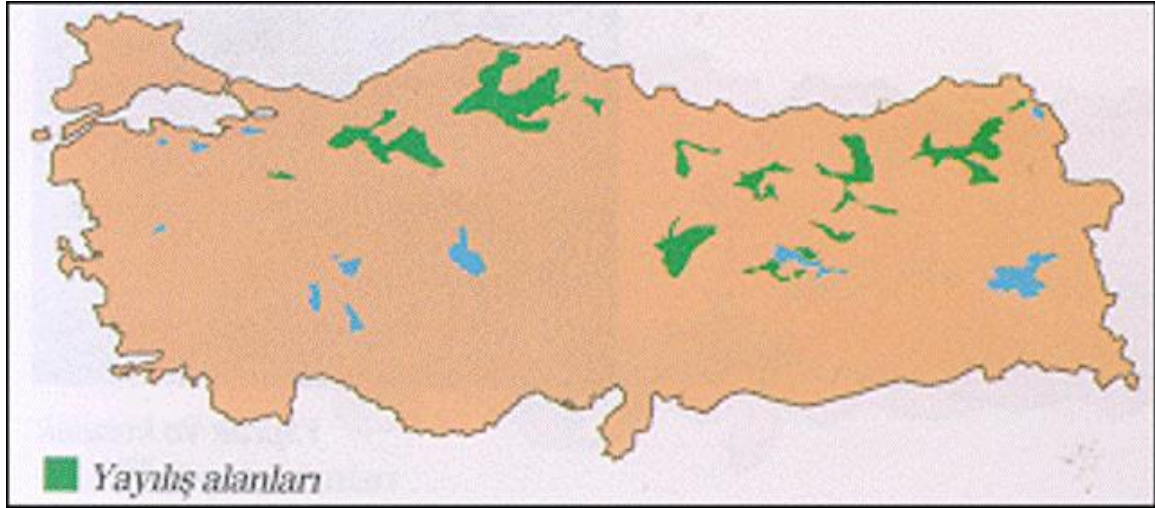
sarıçamın asıl yayılış alanlarıdır. En sık yayılışını Kuzey Anadolu'nun iç kısımlarında yapar ve bu kısımlardan İç Anadolu'ya geçer. Kuzey Anadolu kısımlarındaki ana dağılımı esas itibariyle deniz ikliminin ulaşamadığı sahil dağlarının iç kesimlerinde olmakla beraber sadece Of-Sürmene arasında Çamburnu'nda küçük alanlar halinde denize kadar yayılış gösterir (Alemdağ, 1967; Demirci, 2006; Pehlivan, 2010).



Şekil 3.2. Sarıçamın bitkisinin genel görünümü

Sarıçam, Karadeniz kıyı kesiminin nemli doğusunda 2000 metrenin üzerinde yüksek kesimlerinde ve denizi görmeyen taraflarda yayılış gösterir. Doğu Anadolu'nun kuzeyinde Sarıkamış, Göle ve Ardahan bölgelerinde ortalama 2300 m yüksekliklerde iğne yapraklı ormanların önemli bir bölümünü saf sarıçam ormanları meydana getirir. Gümüşhane civarında Yazdar ve Dirî Dağları'nda 2400 m'de, Erzincan çevresinde Spikör Dağı'nda 2500 m'de yayılış gösterir. En yüksek yayılışını Sarıkamış Ziyaret Tepesi'nde 2700 m'de gösterir. Orta Anadolu'da dağların daha çok kuzey eteklerinde 1000 m'den başlayarak ağaç sınırına

kadar yayılır. Güney eteklerinde ise 1400 ila 1500 m'lerden yükseklerde yer alır. Sarıçam ortalama olarak Türkiye'de 1000 ila 2500 m'ler arasında yayılış göstermektedir (Demirci, 2006). Sarıçam yurdumuzda toplam 1.241.083 ha sahada yayılış göstermekte ve bu geniş yayılış sahası ile sarıçam ülkemiz ormanlarının yaklaşık olarak % 6'lık bölümüne tekabül etmektedir. Böylece sarıçam bu niteliği bakımından ülkemiz ormanlarını meydana getiren ağaç çeşitleri arasında üçüncü sırada yer almaktadır (Anonim, 2009). Saf halde ya da diğer ağaç türleriyle birlikte bu şekilde geniş bir yayılış alanının bulunması ve odununun çok çeşitli kullanım özelliklerine sahip olması Sarıçam ağacının ülkemiz için çok önemli bir yer edinmesine neden olmaktadır (Alemdağ, 1967; Pehlivan, 2010).



Şekil 3.3. Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven)'ın Türkiye'deki doğal yayılış alanı (Anonim 2014e)

3.1.3.b. Sarıçamın botanik özellikleri

Bulunduğu yerlere göre 20 ila 40 metre uzunluğunda narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı bir ağaçtır. Aslında bu son nitelikler ağacın yaşlılığıyla ortaya çıkar. Bazen de verimsiz topraklarda ve kayalıklarda, arktik bölgelerde çalı halinde, bodur halde yetişmektedir (Alemdağ, 1967; Anşin, 2001). Önemli bir karakteristik özellik kabuktur (Şekil 3.4.). Kabuk, genç bireylerde ve yaşlı ağaçların üst kısımlarında tilki sarısı, kirli sarımsı, kırmızı ya da kırmızımsı kahverengi bir renktedir. Gövdenin altlarında ve yaşlı ağaçlarda önceleri sarı olan renk koyulaşmakta ve gri

kahverengi, kalın ve çatlaklı bir hal almaktadır. Genç sürgünler önceleri yeşilimsi sarı, sonraları grimsi sarıdır ve tüsüzdür (Davis, 1965; Anşin, 2001).



Şekil 3.4. Sarıçamın kabuğu

Tomurcuklar, uzun yumurtaya benzer bir biçimde, 6-12 mm uzunluğunda, kırmızı kahverengi ve az çok sivri veya küt uçlu, genellikle reçinesizdir. Ancak kurak ortamlarda tomurcuğun korunması amacıyla reçine ile örtülüdür. İğne yaprakların boyları yetişme ortamlarına göre 3-8 cm'dir. Kısa sürgünlerde ikişer adet, sert, mavimsi yeşil renkte, uçları sivri batıcı ve kenarları ince dişlidir. Ortalarından dikkati çekecek şekilde kıvrıktır (Davis, 1965; Anşin, 2001).

Erkek çiçekler, son yılın uzun filizlerinin diplerinde bulunmakta, genellikle kükürt sarısı rengindedir. Polenlerini mayısta döker. Dişi çiçekler de erkek çiçeklerle aynı zamanda belirir ve filizlerin uçlarına doğru periferik olarak dizilmiş yan tomurcuklardan oluşmaktadır. Teker teker bulunabildiği gibi, bazen de 2-3 tanesi bir arada bulunurlar (Anşin, 2001).



Şekil 3.5. Sarıçamın yaprağı ve tomurcuğu

Çiçek aşamasında pembe, sonra yeşilimsi, yetişkin safhada ise mat koyu sarı olan kozalaklar sapsıldır, aşağıya doğru sarkarlar. Kozalaklar 3-6 cm uzunluğunda, dip kısmı çarpık, rengi ise boz mat ya da koyu sarıdır. Tohum küçük 3-4 mm, kanat kendisinden 3-4 kat daha uzundur (Anşin, 2001; Pehlivan, 2010).

3.1.3.c. Sarıçamın ekolojik özellikleri

Sarıçam, Avrupa ve Asya kıtalarında 14700 km uzunluğunda geniş bir alan boyunca yayılmaktadır. Yayılış sahalarında ekolojik özelliklerinin çeşitliliği, sarıçamın çok farklı özelliklerdeki ortamlarda gelişebildiğini göstermektedir. Bir taraftan polar iklim (kutup iklimi) kuşağına yaklaşırken, diğer taraftan subtropik iklim kuşağı içinde yayılış göstermektedir. Sarıçam, denizden yükseltisi 0-2700 m arasında olan çeşitli rakımlarda karşımıza çıkabilir. Özellikle dağlık bölgelerde yayılmakla birlikte, yüksek ovalarda ve dar vadi tabanlarında da görülür. Sarıçam ormanları genellikle kuzeyi gören etekleri tercih etmektedir ve çok eğimli (%18- 36) ve orta eğimli (%10-17) eteklerde daha fazla yayılış göstermektedir (Anonim, 1994).

Sarıçamın yetiştiği ortamlarda 2-9 aylık bir gelişme süresi olduğu, yıllık ortalama sıcaklığın 4-10 °C arasında bulunduğu; +40 °C ile -60 °C gibi uç sıcaklıklara karşı duyarlı olmadığı ve ilkbahar donlarından etkilenmediği görülmektedir. Yine bu yaşam alanlarında yıllık yağış 400-600 mm ve kurak devre ise Temmuz ve Ağustos aylarında bulunmaktadır. Buradan da anlaşılacağı gibi sarıçam kuraklığa dayanıklı olup fazla yağış istememektedir. Sarıçam ormanlarında şiddetli rüzgârlar nedeniyle devrilme ve kırılma gibi zararlar görülebilmektedir (Anonim, 1994).

Sarıçam özgün bir ışık ağacıdır ve ışık isteği yetişme ortamının verimsizleşmesi oranında artar. Ancak toprak isteği daha azdır. Çünkü sarıçam, bu geniş yayılışında çeşitli toprak ve ana kayaların üzerinde bulunmaktadır. Gevşek, derin ve rutubetli kum topraklar sarıçamın isteklerine çok uyar. Gelişmesi yavaşlamakla birlikte kuru kum ve çakıl topraklarında ve ıslak turbalıklarda bile gelişebilir. Değişken nemli topraklara, özellikle su taşkınlarına karşı hassastırlar (Çepel vd., 1997; Demirci, 2006).

Sarıçamın yetişme sahalarında görülen toprak çeşitleri farklı farklı olup, kireçli ve kireçsiz kahverengi (esmer) orman toprakları, regosoller (volkanik), vertisoller (killi), rankerler (aşınma toprağı), rendzinalar (killi ve kireçli), alüvyal topraklar bunlara örnek olarak söylenebilir. Bununla birlikte Türkiye'deki sarıçam ormanlarının genel yayılışını kapsayacak şekilde yapılan bir çalışmada, %54'lük bir oranla en yaygın tekstürün kumlu killi balçık olduğu, geriye kalan %16'sının kumlu balçık, %14'ünün killi balçık, %13'ünün kil ve %3'ünün ise balçık tekstüründeki topraklar olduğu görülmüştür (Çepel vd., 1997).

3.2. Yöntem

3.2.1. Yapılan Çalışmalar

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve kontrol bölgesinden toplanan örnekler laboratuvar ortamına getirilmiştir. Materyaller alınırken, buldukları istasyonun lokalitesi not edilerek ayrı ayrı poşetlere konmuştur. Alınan örnekler analiz çalışmalarında önce birkaç aşamadan geçirilmiştir. Öncelikle sarıçamdan topladığımız yaprak örnekleri her lokalite için

ayrı olmak üzere ikiye ayrılarak bir kısmı distile su ile yıkanmış, diğer kısmı yıkanmamıştır. Hazırlanan bu yıkanmış ve yıkanmamış yapraklar ile her lokaliteden toplanan kabuk dal örnekleri lokalitelerine göre ayırarak isim verilmiş ve etüvde 80 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnekler havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Her örnekten sonra havan etil alkol ile yıkanarak kontaminasyon engellenmiş olup, toz haline getirilmiş örnekler ayrı poşetlere koyularak isimlendirilip saklanmıştır (Demirezen ve Aksoy 2006; Osma, 2009).

Toprak numuneleri ise, her lokaliteden yüzeyinden itibaren döküntü temizlendikten sonra 10 cm'lik bölgeden, çapa kullanılarak ve kontaminasyonlardan korunarak yaklaşık 500 g olarak alınıp poşetlere konularak isimlendirilmişlerdir. Laboratuvar ortamına getirilen toprak örnekleri yere serilip havalandırılarak iyice kurutulmuş ve hava kurusu haline getirilmiştir. Toprak örneklerini kontaminasyona karşı koruyabilmek için tekrar poşetlere konularak üzerlerine toplandıkları lokalitelerin isimleri yazılmıştır (Demirezen ve Aksoy 2006; Osma, 2009).

Bitki örneklerinden 0,5 mg tartılarak teflon hücrelere konularak, mikrodalga fırında örnekler içine 10 mL % 65'lik HNO₃ ilave edildikten sonra 280 PSI basınçta ve 180 °C'de çözme işlemi yapılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Hücreler içerisindeki örnekler, kenarları distile su ile yıkanarak 50 mL'lik tüplere aktarılıp, deiyonize su ile üzerleri 25 mL'ye tamamlanmıştır. Standart çözeltileri hazırlandıktan sonra ağır metal tayin işlemleri ICP-OES'de yapılmıştır.

Toprak örnekleri de 0.5 mg tartılarak teflon hücrelere konularak, mikrodalga fırında örnekler içine 10 mL % 65'lik HNO₃ ilave edildikten sonra 180 PSI basınçta ve 180 °C'de çözme işlemi yapılmıştır. Hücreler mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Hücreler içerisindeki örnekler, kenarları distile su ile yıkanarak 15 mL'lik tüplere aktarılıp, santrifüj edildikten sonran deiyonize su ile üzerleri 30 mL'ye tamamlanarak ve 50 mL'lik tüplere aktarılmıştır. Standart çözeltileri hazırlandıktan sonra ağır metal tayin işlemleri ICP-OES'de yapılmıştır (Demirezen ve Aksoy 2006; Osma, 2009).

3.2.2. ICP-OES Cihazı

Son yıllarda, analiz için örneklerin atomlaştırılması ve oluşan atomların uyarılması amacıyla kullanılan, elektriksel boşalımına dayanan atomik emisyon spektroskopisi, yerini plazmalara bırakmış olup, bu amaçla kullanılan cihaz, ICP-OES'dir (Osma, 2009).



Şekil.3.6. ICP-OES cihazı (Anonim, 2014f)

Bu cihazın temel çalışma prensibi olan, Spektroskopi, ışının madde ile etkileşimini inceler. Spektrometre ise özellikle elektromanyetik ışın şiddetinin çeşitli detektörlerle ölçülmesini ifade eder (Eroğlu ve Aksoy, 2003). ICP tekniğindeki plazma argon gazı ile oluşturulur (Skoog ve ark., 2007). ICP tekniğinde plazma gazı olarak argon (Ar) kullanıldığından, indüktif eşleşmiş plazmada Argon, iyonlaşmış Argon ve elektron bulunduğunu söyleyebiliriz. İndüktif eşleşmiş plazma kaynağı iç içe geçmiş üç kuvars tüpten (torch) yapılmıştır. Argon, en dış ve ara borudan helezonik bir şekilde geçerek borunun ucuna, genellikle bakırdan yapılmış su soğutmalı indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşır. Argon gazı akımında ilk elektronların meydana getirilmesi, bir elektron kaynağı ile sağlanır ve argon atomları ile

çarpışır. Böylece argon iyonları daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlar. Bu etkileşim sonucunda iyonlar ve elektronlar aynı yöne doğru hareket etmeye başlar. Plazmanın içine giren örnek çözelti, atomlaşır ve uyarılır (Osma, 2009).

ICP yönteminin avantajları; yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi, plazma sıcaklığının değişmemesi ve bundan dolayı öz emilim ve dönüşüm etkileriyle karşılaşılması, örnek çözeltinin plazma içerisinde oldukça uzun süre kalabilmesi ve atomlaştırılması, uyarma işlemlerinin tepkime meydana gelmeyen kimyasal çevrede gerçekleştirilmesidir.

ICP-OES, 70 civarında kimyasal elementin eser, küçük ve büyük konsantrasyon düzeylerinde ve aynı anda analizine olanak tanıyan hızlı bir tekniktir. Bu nedenle çevresel analizler için uygundur ve tercih sebebidir. Geniş bir karşılaştırma aralığına sahiptir. Her element kendine özgü enerji düzeylerine, dolayısıyla bu enerji düzeylerinde emisyon yapabilecekleri dalga boylarına sahiptirler. Dalga boyu ve emisyon şiddeti ölçülerek bir örnekte bulunan elementler ve miktarları saptanabilmektedir (Osma, 2009).

Ekstraksiyonu gerçekleştirilen numuneler, ICP-OES'in hassas ölçebileceği konsantrasyonlara seyreltikten sonra otomatik örnekleyici yardımıyla cihaza enjekte edilir. Numuneler pompa yardımıyla öncelikle nebulizere girer ve daha sonra sprej odasında sisleştirilir. Daha sonra sırasıyla spektrometre ara yüzey, plazma ve kütle spektrometreye (oda sıcaklığı ve yüksek vakum) geçer. İyonlar kütle/yük oranına göre ayrılır. Analiz süresi 30 s gibi oldukça kısa bir süredir (Osma, 2009).

3.2.3. İstatistiksel Analizler

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Ortalamaların istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0,05$ değeri anlamlı olarak değerlendirilmiştir. %95'lik güven aralığında ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalarda, farklılığın belirlenmesi için Tukey HSD ve Dunnett t (2-sided) testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin amaçları ve değerlendirme kriterleri kısaca açıklanmıştır:

a- Karşılaştırma için farklı kirlenme ortamlarındaki standart hata değerleri hesaplanmıştır. Genel olarak, standart hatanın küçük olması; kitle (popülasyon) parametresine ait yapılacak tahminlerin isabetli, büyük olması ise; ortalamadan sapmaların, riskin çok olduğunun ve oynaklığın göstergesidir. Standart hata, ortalamanın dağılımındaki varyasyonu (değişimini) gösterir (Özbek ve Keskin, 2007; Osma, 2009).

b- Örneklerdeki kirlilik farkının anlamlılığını ve farklı iki lokalite arasında anlam farklılığını belirlemek için t - test analizi yapılmıştır. Ortalamalar arasındaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olup olmadığına karar verilir. İki ya da daha fazla örneklemin ortalamalarının farklı olup olmadığını belirlemek için Anova (F -testi) yapılmıştır (Bekiroğlu, 1998; Özdamar, 1999; Osma, 2009).

c- Bitkideki ağır metal kontaminasyonunun toprak yolu ve hava yolu ile bulaşma oranlarını belirlemek için yıkama sonucu yapraktan uzaklaşan metal yüzdeleri hesaplanmıştır.

İstatistiksel hesaplamalarda ve grafik çizimlerinde SPSS 19.0 paket programı ve Microsoft Office (Excel-2010) programları kullanılmıştır.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

Bu bölümde, yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilerin, SPSS istatistik paket programı ve Microsoft Office Exel programı kullanılarak ANOVA testi ve istatistiksel karşılaştırmaları yapılmış ve elde edilen sonuçlar her bir ağır metal için ayrı olarak tartışılmıştır.

4.1.1.Nikel

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve 1 kontrol bölgesinden toplanan sarıçam (*Pinus Sylvestris L. var. hamata*) kabuk, dal, yaprak (yıkamış ve yıkamamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan toplanan örnekler analiz edilerek Ni konsantrasyonu ölçülmüştür.

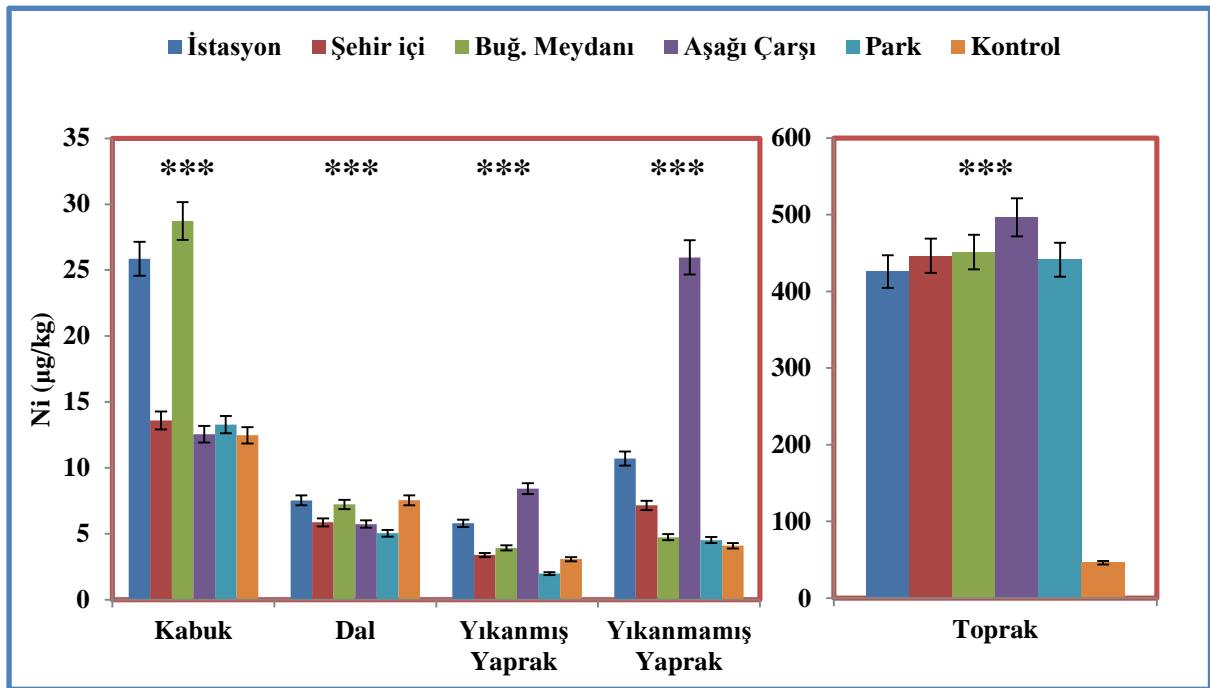
Tablo 4.1. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris L. var. hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonları (mg/kg)

Lokaliteler	Kabuk	Dal	Yıkamış Y.	Yıkamamış Y.	Toprak
İstasyon	25,85	7,53	5,79	10,70	425,66
Şehir içi	13,61	5,86	3,38	7,15	446,30
Buğ. Meydanı	28,73	7,22	3,94	4,74	451,29
Aşağı Çarşı	12,55	5,73	8,42	25,96	496,61
Park	13,28	5,03	1,97	4,52	441,35
Kontrol	12,47	7,54	3,07	4,09	46,20

Ölçümler sonucunda bitki kabuğunda Ni konsantrasyonunun dal ve yaprağa göre daha fazla olduğu görülmüştür. Tablo 4.1. deki değerlere baktığımızda kabuktaki Ni konsantrasyonu, istasyon ve buğday meydanı bölgelerinde kontrol bölgesine göre oldukça yüksek değerlere sahip olup diğer bölgelerdeki Ni birikimi birbirine yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Bitkinin dallarından alınan örneklerdeki Ni birikimi bütün lokatilerde, birbirine paralel olduğu gözlenmiştir.

Bitkilerin yapraklarından alınan örneklerdeki Ni birikimi yıkanmış ve yıkanmamış yapraklarda farklılıklar göstermektedir. Yıkanmamış yapraklardaki Ni konsantrasyonu, yıkanmış yapraklardaki Ni konsantrasyonundan fazladır. Özellikle Aşağı Çarşı'dan alınan yaprak örneklerinde Ni birikiminin oldukça fazla olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.1. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Nikel konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ significant)

Bitkilerin yetiştiği topraklardan alınan örneklerin analizi sonucunda ise şehir merkezindeki lokalitelerden alınan örneklerde kontrol bölgesinden alınan örneklere göre oldukça yüksek Ni birikimi olduğu gözlemlenmiştir. Lokalitelere baktığımızda İstasyon ve Buğday Meydanı'ndan toplanan bitki kabukları ile Aşağı Çarşı'dan toplanan bitki yapraklarındaki Ni konsantrasyonu diğer lokalitelere oranla oldukça yüksek çıktığı, bunun dışında birbirine paralel olduğu gözlenmiştir. Toplanan toprak örneklerinden elde edilen analizlere göre ise şehir merkezinden toplanan örneklerdeki Ni konsantrasyonu, kontrol bölgesine göre güçlü yönde anlamlı farklılıklar içermektedir. Topraktaki Ni konsantrasyonu bitkilere oranla daha

yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Toprakta ve bitki kısımlarında yapılan istatistiksel değerlendirmede, hem toprakta hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ile diğer lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür.

Genel olarak baktığımızda kontrol bölgesine göre şehir merkezinde Ni kirlenmesinin daha fazla olduğu ve bu kirlenmenin hem toprak hem de hava kaynaklı olduğunu söyleyebiliriz.

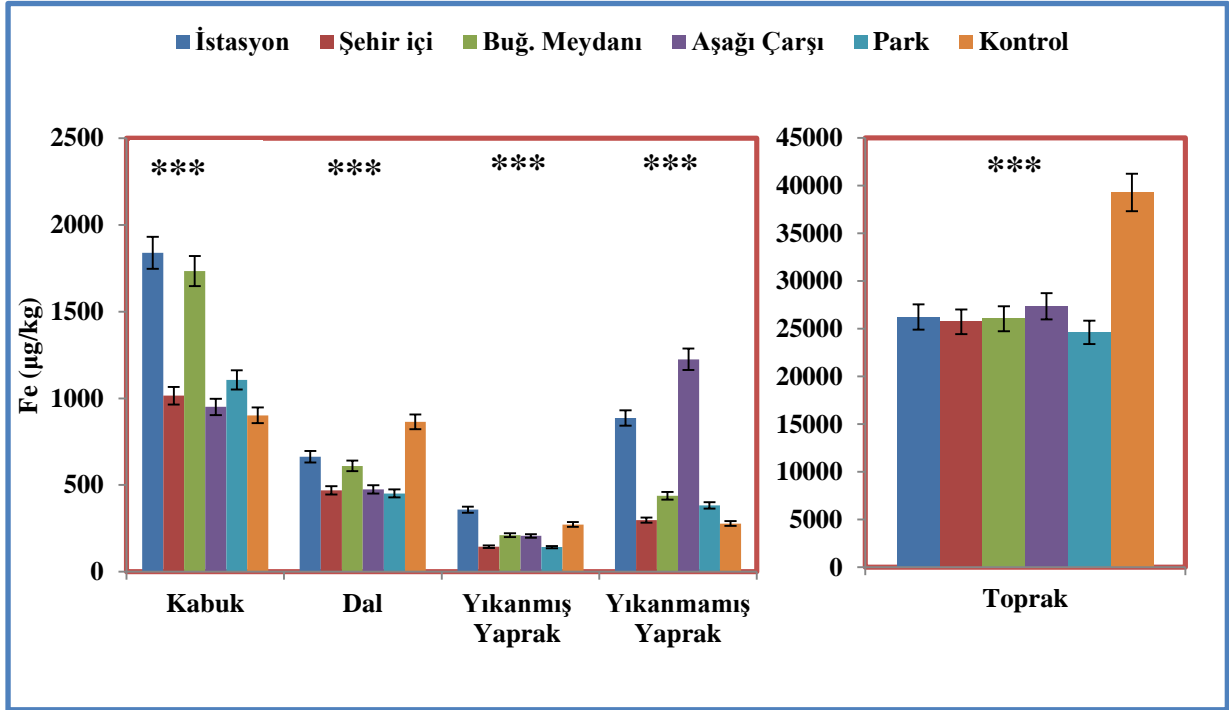
4.1.2. Demir

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve kontrol bölgesinden toplanan sarıçam (*Pinus Sylvestris L. var. hamata*) kabuk, dal, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan toplanan örnekler analiz edilerek Fe konsantrasyonu ölçülmüştür.

Tablo 4.2. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris L. var. hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonları (mg/kg)

Lokaliteler	Kabuk	Dal	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
İstasyon	1838,70	663,16	357,99	885,79	26241,24
Şehir içi	1015,55	469,21	144,41	298,48	25745,98
Buğ. Meydanı	1734,33	610,04	211,11	438,24	26054,64
Aşağı Çarşı	950,36	475,43	207,07	1224,82	27368,87
Park	1105,72	451,64	141,92	382,78	24635,48
Kontrol	901,44	864,50	272,48	278,10	39281,62

Ölçümler sonucunda Fe için lokaliteler arasında anlamlı farklılıklar vardır. Ortaya çıkan sonuçlarda özellikle kabuk, toprak ve yıkanmamış yapraklarda demir konsantrasyonu oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle istasyon ve buğday meydanı bölgesindeki kabuklarda ve istasyon ile aşağı çarşı bölgesindeki yıkanmamış yapraklarda demir konsantrasyonu oldukça yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.2. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Demir konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ significant)

Ama asıl dikkat çekici nokta özellikle dal ve toprakta kontrol bölgesinden alınan örneklerdeki demir birikiminin şehir merkezinden alınan örneklere göre daha fazla olmasıdır. Topraktaki Fe konsantrasyonunun fazla olması toprağın içeriğinden kaynaklanabilir. Bitki kısımlarında yapılan istatistiksel değerlendirmede, kontrol bölgesi ile diğer lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür.

Yıkanmış yapraklarla yıkanmamış yapraklar arasındaki demir konsantrasyonu arasında anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Yıkanmış yapraklardaki demir konsantrasyonu bütün lokalitelerde birbirine yakın değerlerde çıkmıştır.

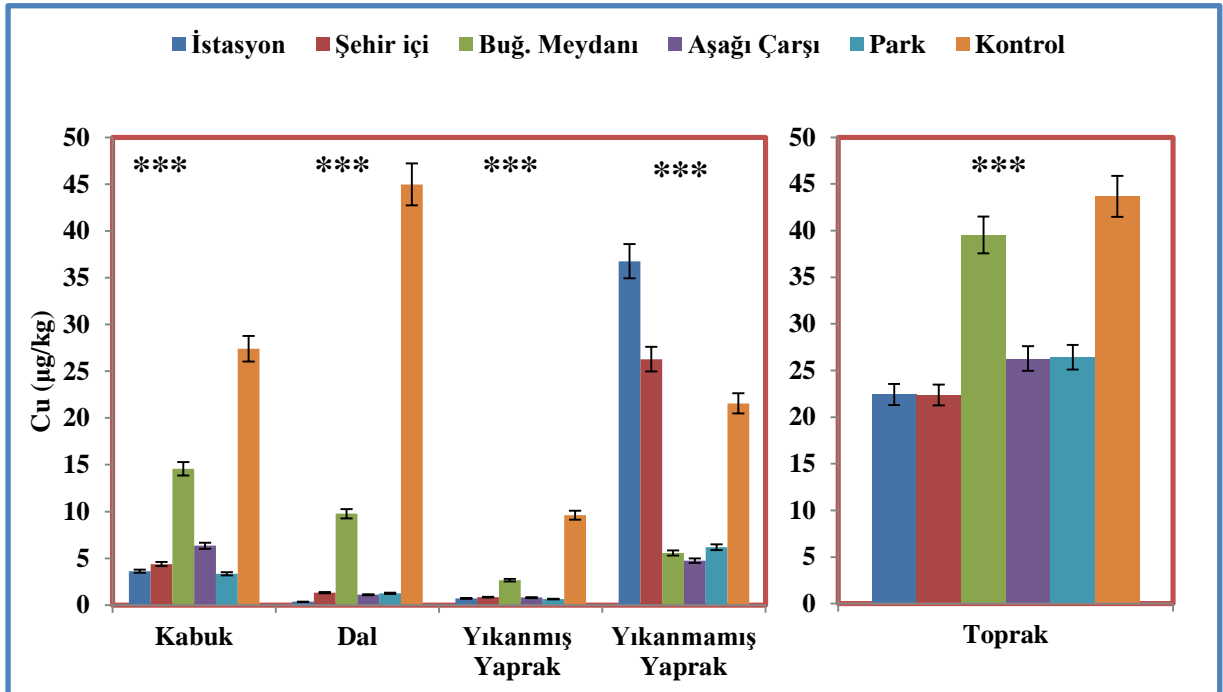
Şehir merkezindeki lokalitelerden alınan toprak örneklerindeki demir konsantrasyonu değerleri birbirine yakın değerlerde çıkmasına rağmen kontrol bölgesine göre anlamlı farklılıklar içermektedir. Ayrıca topraktaki demir konsantrasyonu bitkideki demir konsantrasyonuna göre oldukça yüksek değerlerde çıkmıştır.

4.1.3. Bakır

Şehir merkezinden toplanan bitki ve toprak örnekleri ile kontrol bölgesinden toplanan örneklerin Cu konsantrasyonu analizleri yapılmıştır.

Tablo 4.3. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonları (mg/kg)

Lokaliteler	Kabuk	Dal	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
İstasyon	3,62	0,36	0,69	36,77	22,42
Şehir içi	4,37	1,34	0,83	26,29	22,37
Buğ. Meydanı	14,58	9,77	2,66	5,57	39,54
Aşağı Çarşı	6,34	1,11	0,79	4,76	26,28
Park	3,34	1,26	0,65	6,18	26,43
Kontrol	27,42	44,98	9,62	21,56	43,67



Şekil 4.3. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Bakır konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 significant)

Analizler sonucunda şehir merkezinden toplanan bitki örneklerindeki bakır miktarı konsantrasyonu, kontrol bölgesinden toplanan bitki örneklerindeki bakır konsantrasyonuna göre anlamlı farklılıklar içermektedir. Kontrol bölgesindeki değerlerin, istasyon ve şehir içindeki bitkilerden toplanan yıkanmamış yapraklar hariç şehir merkezine göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Yıkanmamış yapraktaki bakır konsantrasyonu yıkanmış yapraklardaki bakır konsantrasyonuna gören oldukça anlamlı farklılıklar içermektedir. Kabuk, yıkanmamış yaprak ve topraktaki bakır birikimini oldukça dikkat çekici seviyelerde seyretmektedir.

Kontrol bölgesindeki toprak bünyesinde bakır konsantrasyonu şehir merkezine oranla daha yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Şehir merkezindeki lokalitelerden toplanan toprak örneklerindeki bakır konsantrasyonları buğday meydanı hariç birbirine yakın değerlerde gözlemlenmiştir. Buğday meydanında toplanan toprak örneklerindeki bakır oranı kontrol bölgesine yakın bir değerde çıkmıştır.

Toprakta ve bitki kısımlarında yapılan istatistiksel değerlendirmede, hem toprakta hemde bitki kısımlarında kontrol bölgesi ile diğer lokaliteler arasında güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür.

4.1.4. Çinko

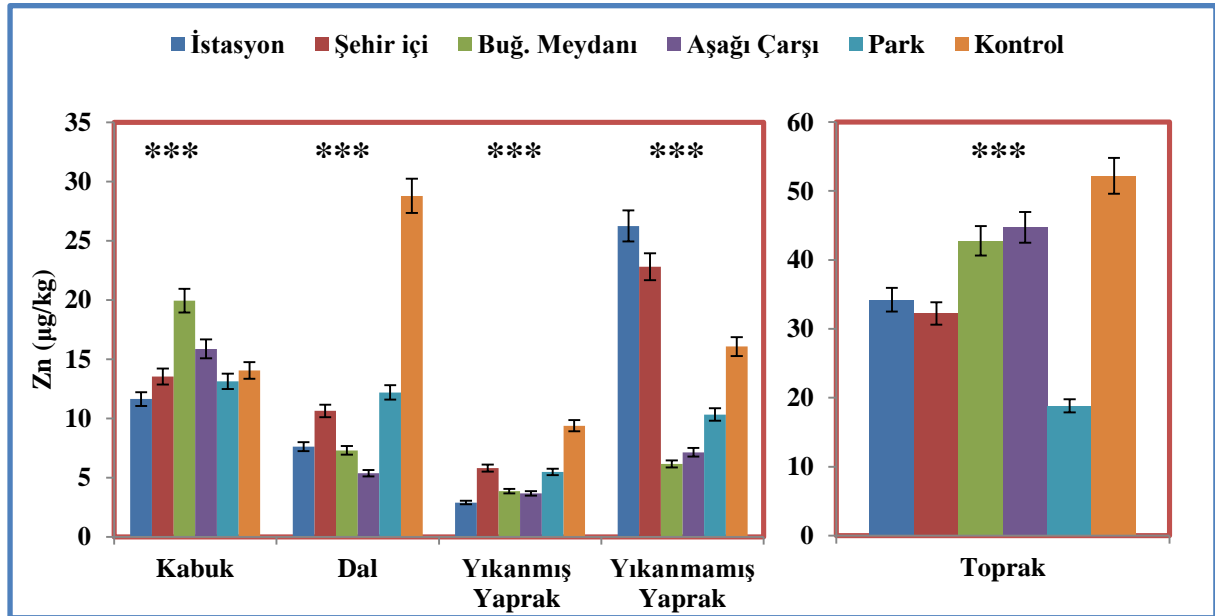
Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve kontrol bölgesinden toplanan sarıçam kabuk, dal, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan toplanan örnekler analiz edilerek Zn konsantrasyonu ölçülmüştür.

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında dal ve yapraklardaki çinko konsantrasyonu, şehir içi ve istasyon bölgesindeki yıkanmamış yapraklar hariç kontrol bölgesinde daha yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle kontrol bölgesinden toplanan bitki örneklerinin dal kısmında çinko konsantrasyonu oldukça yüksek değerler çıkmıştır.

Tablo 4.4. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonları (mg/kg)

Lokaliteler	Kabuk	Dal	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
İstasyon	11,63	7,61	2,89	26,24	34,21
Şehir içi	13,53	10,63	5,80	22,81	32,23
Buğ. Meydanı	19,94	7,29	3,86	6,15	42,77
Aşağı Çarşı	15,86	5,37	3,66	7,14	44,73
Park	13,13	12,19	5,47	10,33	18,82
Kontrol	14,04	28,78	9,38	16,06	52,19

Kabukta ise biraz daha farklı bir durum izlenmiştir. Yine kontrol bölgesinden toplanan bitkinin kabuğundaki çinko konsantrasyonu yüksek olmakla birlikte aşağı yukarı bütün lokalitelerden alınan örneklerde yakın değerler çıkmıştır.



Şekil 4.4. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Çinko konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 significant)

Yıkanmış ve yıkanmamış yapraklardaki çinko konsantrasyonları arasında ise anlamlı farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Yıkanmamış yapraklardaki çinko konsantrasyonu ki

özellikle istasyon ve şehir içinde yıkanmış yapraklardaki çinko konsantrasyonuna oranla yüksek değerlerde gözlenmiştir.

Toplanan toprak örneklerinde de aynı durum ortaya çıkmıştır. Bitkilerin yetiştiği topraklardaki çinko konsantrasyonu, özellikle kontrol bölgesinde olmak üzere bitki bünyesindeki çinko konsantrasyonuna göre daha yüksek değerlerde çıkmıştır. Özellikle toprak, kabuk ve daldaki çinko konsantrasyonlarının yüksek değerlerde çıkması bitkideki çinkonun kaynağının daha çok toprak kaynaklı olduğu fikrini bize vermektedir.

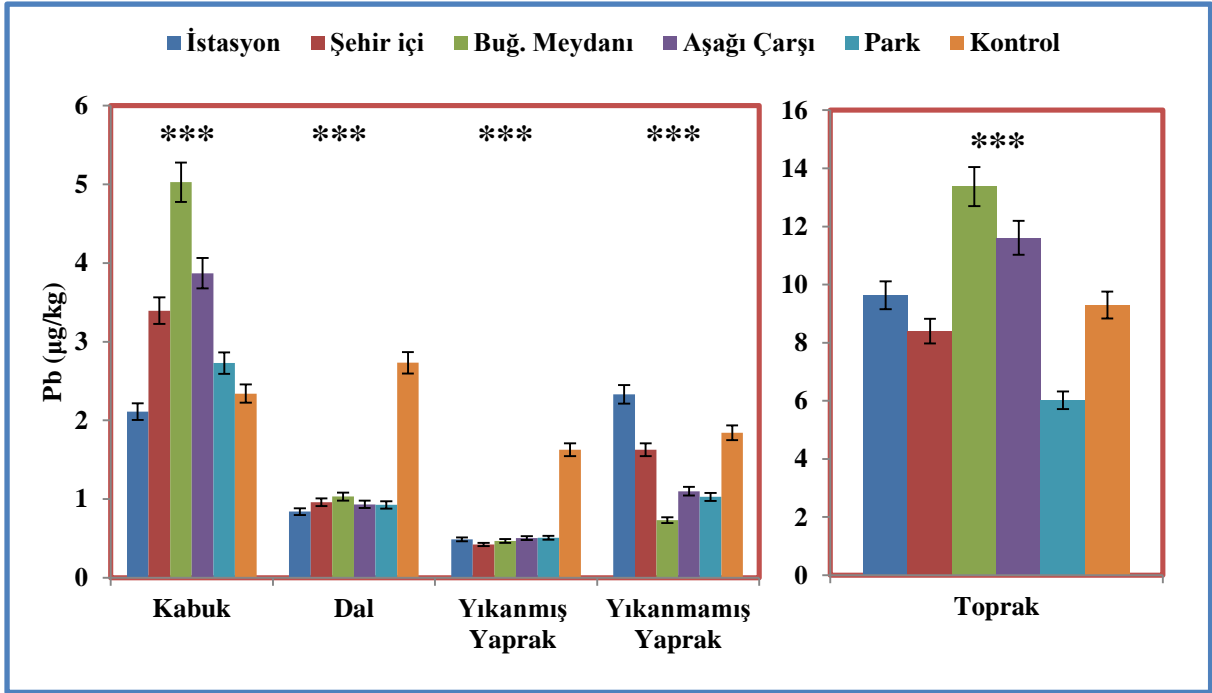
Toprakta ve bitki kısımlarında yapılan istatistiksel değerlendirmede, hem toprakta hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ile diğer lokaliteler arasında (kabuklarda ve bazı lokalitelerde az olmak üzere) güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür.

4.1.5. Kurşun

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve kontrol bölgesindeki sarıçamlardan (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) toplanan kabuk, dal, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan alınan örnekler, analiz edilerek Pb konsantrasyonu ölçülmüştür.

Tablo 4.5. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonları (mg/kg)

Lokaliteler	Kabuk	Dal	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
İstasyon	2,11	0,84	0,49	2,33	9,63
Şehir içi	3,39	0,96	0,42	1,63	8,40
Buğ. Meydanı	5,03	1,03	0,47	0,73	13,37
Aşağı Çarşı	3,87	0,93	0,50	1,10	11,61
Park	2,73	0,93	0,51	1,03	6,02
Kontrol	2,34	2,73	1,63	1,84	9,30



Şekil 4.5. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Kurşun konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ significant)

Dal ve yıkanmış yapraklarda ise şehir merkezinden toplanan örneklerde Pb değerleri birbirine yakın gözlemlenmiş olmakla birlikte kontrol bölgesinden toplanan bitkilerle karşılaştırıldığında anlamlı farklılıklar olduğu görülmüştür. Özellikle dal ve yıkanmış yapraklardaki Pb konsantrasyonunun kontrol bölgesinde daha yüksek çıkması dikkat çekicidir.

Bitkilerin yetiştiği lokalitelerden toplanan toprak örneklerinde ise Buğday Meydanı, Aşağı çarşı ve park bölgelerinden toplanan örneklerde Pb konsantrasyonunun kontrol bölgesine göre anlamlı farklılıklar içerdiği, istasyon ve şehir içinde ise yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

Toprakta ve bitki kısımlarında yapılan istatistiksel değerlendirmede, hem toprakta hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ile diğer lokaliteler arasında Pb konsantrasyonu açısından güçlü yönde anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür.

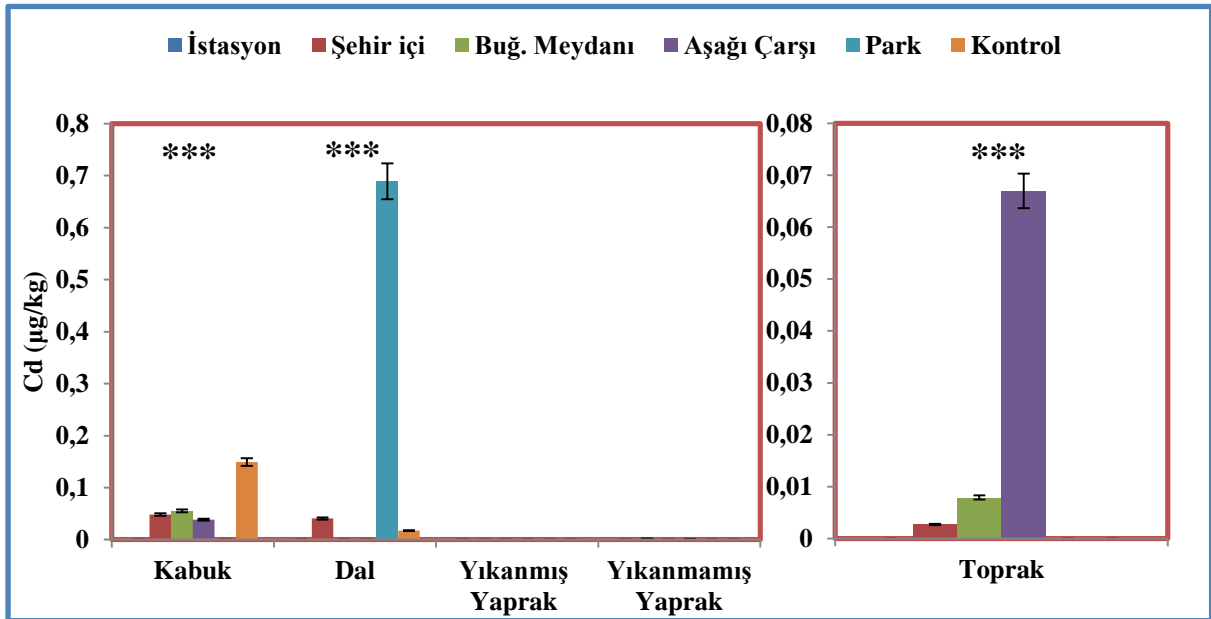
4.1.6. Kadmiyum

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve kontrol bölgesindeki sarıçamlardan toplanan kabuk, dal, yaprak (yıkanmış ve yıkanmamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan toplanan örnekler analiz edilerek Cd konsantrasyonu ölçülmüştür.

Tablo 4.6. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonları (mg/kg)

Lokaliteler	Kabuk	Dal	Yıkanmış Y.	Yıkanmamış Y.	Toprak
İstasyon	0	0	0	0	0
Şehir içi	0,05	0,04	0,00	0,01	0,01
Buğ. Meydanı	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01
Aşağı Çarşı	0,04	0,00	0,00	0,01	0,07
Park	0,00	0,69	0,00	0,00	0,00
Kontrol	0,15	0,02	0,00	0,00	0,00

Analizlerin sonucunda Cd konsantrasyonunun bitkilerin daha çok kabuk ve dallarında yoğunlaştığı, yapraklarında ise Cd konsantrasyonuna sadece şehir içi ve aşağı çarşı lokalitelerinden alınan yıkanmamış yapraklarda çok düşük değerlerde gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Kadmiyum konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 significant)

Özellikle bitkilerin kabuklarında Cd konsantrasyonu kontrol bölesine göre anlamlı farklılıklar göstermektedir. İstasyon ve park lokalitelerinden alınan bitki kabuklarında ise Cd konsantrasyonuna rastlanmamıştır.

Bitkilerden toplanan dal örneklerinde ise özellikle park bölgesinden alınan bitkilerdeki Cd konsantrasyonunun diğer lokalitelere oranla oldukça yüksek çıkması dikkat çekici bir durumdur.

Bitkilerin yetiştiği topraklarda ise aşağı çarşı bölgesinden toplanan örneklerde Cd konsantrasyonu, kontrol bölgesine ve diğer lokalitelere göre oldukça yüksek değerlerde çıkmıştır. Şehir içi, buğday meydanı ve aşağı çarşı bölgelerinden toplanan topraklardaki Cd konsantrasyonu kontrol bölgesine göre de anlamlı farklılıklar içermektedir.

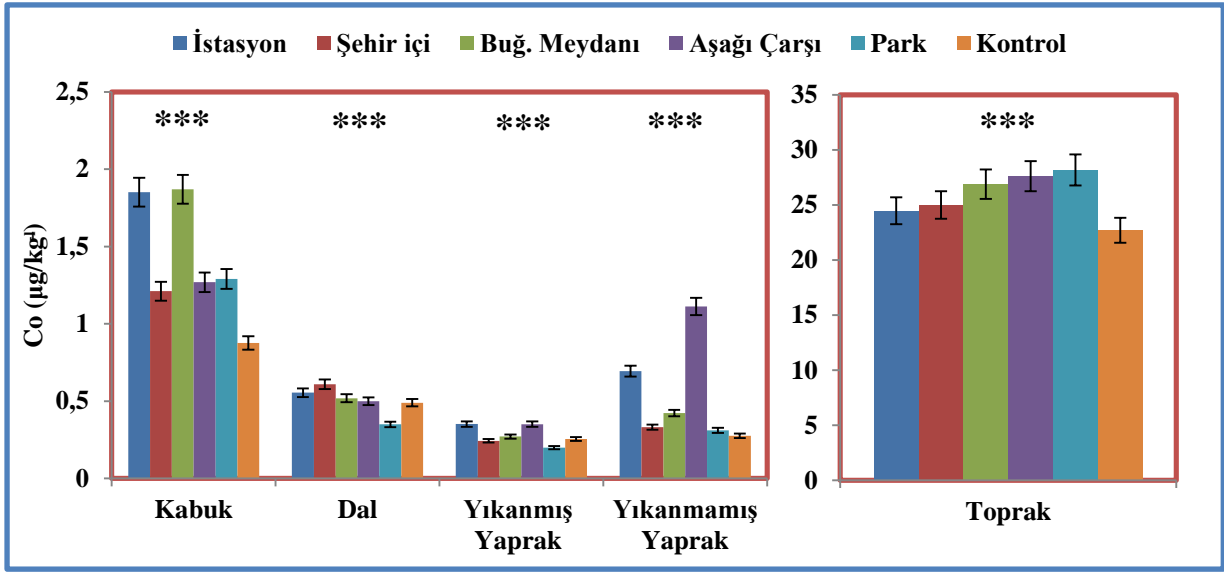
4.1.7. Kobalt

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve kontrol bölgesinden toplanan sarıçam kabuk, dal, yaprak (yıkamış ve yıkamamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan toplanan örnekler analiz edilerek Co konsantrasyonu ölçülmüştür.

Tablo 4.7. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Kobalt konsantrasyonları (mg/kg)

Lokaliteler	Kabuk	Dal	Yıkamış Y.	Yıkamamış Y.	Toprak
İstasyon	1,85	0,55	0,35	0,69	24,48
Şehir içi	1,21	0,61	0,24	0,33	25,01
Buğ. Meydanı	1,87	0,52	0,27	0,42	26,89
Aşağı Çarşı	1,27	0,50	0,35	1,11	27,62
Park	1,29	0,35	0,20	0,31	28,18
Kontrol	0,88	0,49	0,26	0,28	22,70

Yapılan analizlerin sonucunda bitkilerden toplanan örneklerden özellikle kabuklarda bitkinin diğer kısımlarındaki Co konsantrasyonuna göre daha yüksek konsantrasyonlarda Co olduğu gözlemlenmiştir. İstasyon ve buğday meydanından toplanan kabuk örnekleri başta olmak üzere kontrol bölgesiyle karşılaştırıldığında anlamlı farklılıklar vardır.



Şekil 4.7. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Kobalt konsantrasyonu (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$ significant)

Bitkilerden toplanan dal örneklerinde ise belirgin farklılıklara rastlanmamıştır. Genel olarak dallardaki Co konsantrasyonu kontrol bölgesiyle anlamlı farklılıklar içermemektedir.

Diğer taraftan özellikle aşağı çarşı ve istasyon bölgelerinden toplanan yıkanmamış yapraklardaki Co konsantrasyonu, kontrol bölgesine nazaran anlamlı farklılıklar içermektedir. Yıkanmış yapraklardaki Co konsantrasyonunun bitkinin diğer kısımlarına ve bilhassa da yıkanmamış yapraklara oranla anlamlı farklılıklar içermesi de ayrı bir dikkat çekici nokta olmuştur.

Bitkilerin yetiştiği topraklardan toplanan örneklerin analiz sonuçlarında ise şehir merkezindeki lokaliteler ile kontrol bölgesi arasında Co konsantrasyonu açısından anlamlı farklılıklar görülmektedir. Ayrıca topraktaki Co birikimi, bitkilerin bünyesindeki Co birikimine oranla oldukça yüksek olduğu da gözlemlenmiştir.

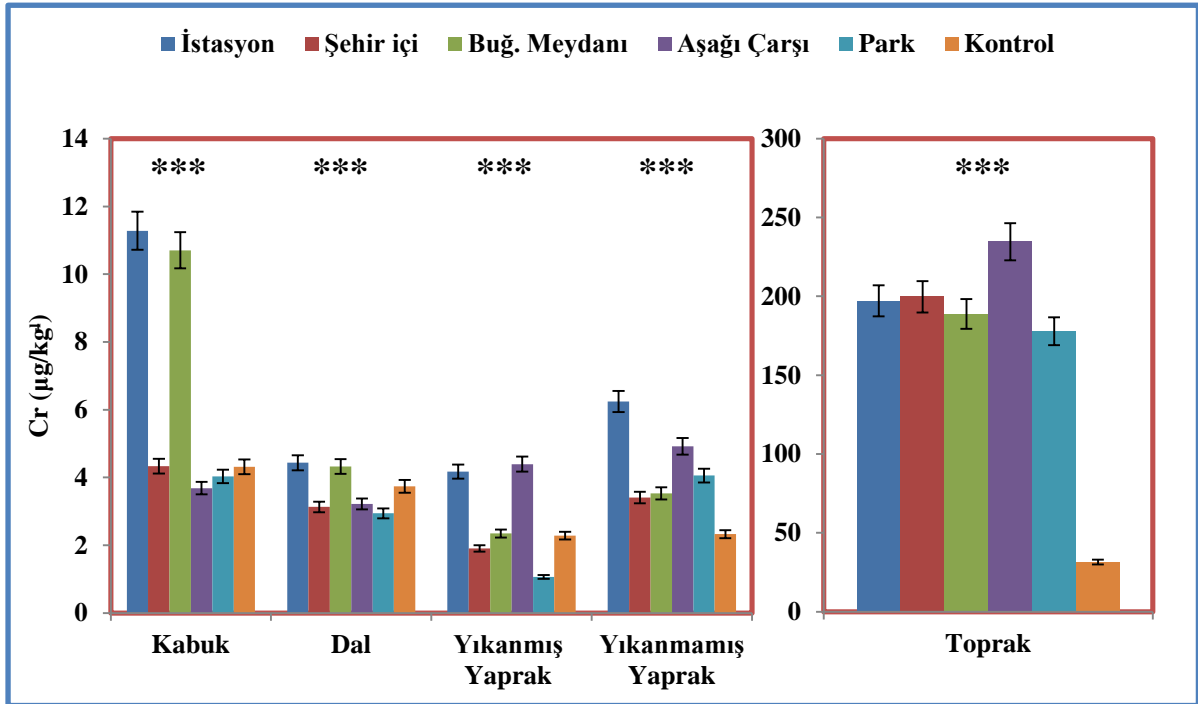
Toprakta ve bitki kısımlarında yapılan istatistiksel değerlendirmede, hem toprakta hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ile diğer lokaliteler arasında Co konsantrasyonu yönünden anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür.

4.1.8. Krom

Erzincan şehir merkezindeki 5 farklı lokaliteden ve kontrol bölgesinden toplanan sarıçam kabuk, dal, yaprak (yıkamış ve yıkamamış) örnekleri ve yetiştikleri topraklardan toplanan örnekler analiz edilerek Cr konsantrasyonu ölçülmüştür.

Tablo 4.8. Farklı lokalitelerden toplanan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonları (mg/kg)

	Kabuk	Dal	Yıkamış Y.	Yıkamamış Y.	Toprak
İstasyon	11,28	4,43	4,18	6,24	197,10
Şehir içi	4,34	3,13	1,91	3,41	199,66
Buğ. Meydanı	10,71	4,33	2,35	3,53	188,77
Aşağı Çarşı	3,69	3,22	4,40	4,92	234,57
Park	4,03	2,94	1,06	4,06	177,89
Kontrol	4,32	3,74	2,28	2,33	31,53



Şekil 4.8. Farklı lokalitelerden alınan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) ve yetiştiği topraktaki Krom konsantrasyonu (*p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 significant)

Yapılan analizlerin sonucunda bitkilerden toplanan örneklerden özellikle istasyon ve buğday meydanından toplanan kabuklarda bitkinin diğer kısımlarındaki Cr konsantrasyonuna göre daha yüksek konsantrasyonlarda Cr olduğu gözlemlenmiştir. İstasyon ve buğday meydanından toplanan kabuk örnekleri başta olmak üzere kontrol bölgesiyle karşılaştırıldığında anlamlı farklılıklar vardır.

Bitkilerden toplanan dal örneklerinde ise belirgin farklılıklara rastlanmamıştır. Genel olarak dallardaki Cr konsantrasyonu kontrol bölgesiyle düşük seviyede anlamlı farklılıklar içermektedir.

Şehir merkezinden toplanan toprak örnekleri birbirine oranla anlamlı farklılıklar içermese de kontrol bölgesine göre anlamlı değerler içermektedir. Şehir merkezinden toplanan toprak örneklerindeki Cr konsantrasyonu kontrol bölgesine oranla oldukça yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca topraktaki Cr birikimi, bitkilerin bünyesindeki Cr birikimine oranla oldukça yüksek olması bir başka dikkat çekici noktadır.

Toprakta ve bitki kısımlarında yapılan istatistiksel değerlendirmede, hem toprakta hem de bitki kısımlarında kontrol bölgesi ile diğer lokaliteler arasında Cr konsantrasyonu yönünden anlamlı farklılıkların olduğu görülmüştür.

4.2. Tartışma

Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler ile daha önce yapılan buna benzer çalışmaların sonuçları karşılaştırılarak Erzincan şehir merkezindeki bitki ve topraklardaki ağır metal birikiminin bitki için yüksek düzeyde olup olmadığı araştırılmıştır.

Dünya topraklarının ortalama toplam Ni içeriğinin 2,2 mg/kg olduğu bildirmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1992). Bergmann (1993), normal şartlarda topraklarda 5- 500 mg/kg arasında Ni bulunduğunu bildirmiştir. Topraklarda toplam Nikelin bitki yetiştiriciliği için zehir etkisi yaptığı sınır değerlerini El-Bassam ve Tietjen (1977), Kabata-Pendias (1979) ve Linzon (1978) 100 mg/kg, Goncharuk ve Sideronko (1986) 35 mg/kg, Schachtschabel ve

Blume (1984) ve Kloke (1982) 50 mg/kg, Bergmann (1993) 40-50 mg/kg olarak bildirmişlerdir (Çilali,2012). Ülkemizde tarım topraklarının ağır metal kirliliğini belirlemek üzere yapılan çalışmalarda ise Ni kirliliğinin izin verilebilir sınır değeri olarak 50 mg/kg değeri kabul edilmiştir (Saatçi ve ark. 1988, Hakerlerler ve ark., 1994). Ülkemizin değişik bölgelerinde toprakların ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalarda Saatçi ve ark. (1988) İzmir yöresi topraklarında, Hakerlerler (1992), Hakerlerler ve ark. (1994) Balçova ve Gümüldür' deki mandalina bahçesi topraklarında Ni kirliliğinin bulunduğunu rapor etmişlerdir (Çilali, 2012). Yine Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolu çevresinde yaptığı çalışmalarda topraktaki Ni değerlerini 0,25–0,49 mg/kg olarak tespit etmiştir. Osma (2009) İstanbul'da yaptığı çalışmalarda topraktaki Ni değerlerini 4.03-18.60 mg/kg olarak elde etmiştir.

Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Ni konsantrasyonunu 41,1-266,6 mg/kg aralığında; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki bitkilerde Ni konsantrasyonunu 0-1,13 mg/kg; Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki sarıçamlarda Ni konsantrasyonunu 1,2-3,8 mg/kg; Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Ni konsantrasyonunu 3,35-14,78 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Ross (1994), bitkilerdeki Ni konsantrasyonunun kritik sınır aralığının 10-100 mg/kg; Kabata ve Pendias (2000), bitkilerdeki normal kabul edilen Ni konsantrasyon aralığını 0,1-5 mg/kg olarak kabul etmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada topraktaki Ni değerleri, Kabata ve Pendias (2000)' a göre kontrol bölgesi hariç toprak bünyesinde bulunması gereken Ni konsantrasyonundan oldukça yüksek olduğu görülmüştür. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Ni konsantrasyonu, normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığından daha büyük değerlerde çıkmış olup özellikle İstasyon, Buğday Meydanı ve Aşağı Çarşı'da oldukça yüksek değerler çıkmıştır. Bu değerler bu bölgede yaşayan bitkiler için kritik etki yaratabilecek düzeydedir. Ayrıca bitkinin bölümleri ve topraktaki Ni konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “toprak > kabuk > yıkanmamış yaprak > dal > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise bitkideki en yüksek Ni konsantrasyonunun İstasyon bölgesinde, en düşük Ni konsantrasyonunun ise Park bölgesinde, bitkideki bütün değerler

içerisinde ise en yüksek Ni konsantrasyonu Buğday Meydanı bölgesinden toplanan bitkilerin kabuklarında (ortalama 28,7 mg/kg) çıkmıştır.

Lindsay ve Norvell (1978) tarafından yapılan çalışmalara göre topraklardaki alınabilir Fe içerikleri bakımından sınır değerini 4,5 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Katkat ve ark. (1994), tarafından Bursa Ovası'nda şeftali bahçelerinde yaptıkları çalışmalarında da çok sayıda bahçe toprağında alınabilir Fe'yi yeterli düzeyde bulmuşlardır (Çilali, 2012). Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraklardaki Fe konsantrasyonunu 0,62-10,86 mg/kg; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraklardaki Fe konsantrasyonunu 1,15-10,3 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Kabata-Pendias (2000), toprakta normal kabul edilen Fe konsantrasyon aralığını 50-300 mg/kg olarak kabul etmişlerdir.

Bitkilerdeki uygun demir içeriği hem bitki sağlığı hem de insan ve hayvanlara besin kaynağı olduğu için önemlidir. Demir'in kolaylıkla çözülebildiği yerde bitkiler çok büyük miktarda Fe alabilir (Kabata-Pendias ve Pendias, 2000). Canözer ve ark. (1984)'nin yaptığı araştırma sonucunda bitkideki demir sınır değerlerini 60–140 mg/kg olarak önermişlerdir. Ercişli (2007)'nin, Erzurum'da yaptığı bir çalışmada, *Rosa canina*'da Fe içeriği ortalama 27 mg/kg olduğu tespit edilmiştir (Çilali,2012). Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Fe konsantrasyonunu 336,2-872,2 mg/kg; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Fe konsantrasyonunu 4,1-242,5 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Canözer ve ark. (1984)'nin yaptığı araştırma sonucunda bitkideki demir sınır değerlerini 60–140 mg/kg olarak önermişlerdir.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Fe değerleri, Kabata-Pendias (2000)' in sınır değerlerine göre yüksek değerlerde olduğu görülmektedir. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Fe konsantrasyonu, bütün lokalitelerde Canözer ve ark.(1984)'nin belirtmiş oldukları normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığından çok daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Ayrıca bitkinin bölümleri ve topraktaki Fe konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “toprak > kabuk > yıkanmamış yaprak > dal > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise bitkideki en yüksek Fe konsantrasyonunun İstasyon bölgesinde, en düşük Fe konsantrasyonunun ise Şehir içi

bölgesinde, bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Fe konsantrasyonu İstasyon bölgesinden toplanan bitkilerin kabuklarında (ortalama 1838,7 mg/kg) çıkmıştır.

Uysal ve Katkat (2005) kiraz ağaçlarının beslenme durumlarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada alınabilir Cu miktarını 2,01–36,85 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir. Alloway (1990), yaptığı bir çalışmada toprakların normal toplam Cu içeriklerinin 2–250 mg/kg arasında değişebileceğini bildirilmiştir. Topraklardaki toplam Cu için izin verilebilir sınır değeri El-Bassam ve Tietjen (1977), Kabata-Pendias (1979), Kloke (1979), Linzon (1978) ve Schachtshabel ve Blume (1984) tarafından 100 mg/kg olarak bildirilirken; Kovalskiy (1974) ise 60 mg/kg içeriğini izin verilebilir üst sınır olarak belirtmiştir (Çilali,2012). Alınabilir Cu yeterlilik sınır değerinin ise Lindsay ve Norvell (1978) tarafından 0,2 mg/kg olarak bildirilmiştir (Çilali,2012). Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Cu konsantrasyonunu 0-144,4 mg/kg aralığında; 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 aralığında bulmuşlardır. Ross (1994), bitkilerdeki normal Cu konsantrasyon aralığının 60-125 mg/kg; Alloway (1990)'a ise 2-250 mg/kg olduğunu kabul etmişlerdir.

Kabata-Pendias ve Pendias (2000)' ın yaptıkları bir çalışmada bazı bitki türlerini araştırmışlardır. Araştırmada bazı bitkilerin Cu konsantrasyonlarına büyük bir toleransı var olduğu ve dokularında çok yüksek miktarlarda bu metali biriktirebildiklerini belirlemişlerdir (Çilali,2012). Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki Sarıçam bitkisindeki Cu konsantrasyonunu 6,05-17,2 mg/kg; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki kuşburnu bitkilerindeki Cu konsantrasyonunu 0-5,3 mg/kg; Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki bitkilerde Cu konsantrasyonunu 5,9-130,1 mg/kg aralığında; Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada bitkilerdeki ortalama Cu konsantrasyonunu 1,56-5,19 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Kabata-Pendias (2000), bitkilerdeki Cu sınır değer aralığını 5-30 mg/kg, kritik sınır etki aralığı ise 20-100 mg/kg olarak kabul etmiştir.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Cu değerleri, Ross, (1994)' un sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmış olup toprakta olması gereken düzeyde olduğu görülmüştür. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Cu konsantrasyonu, bütün lokalitelerde Kabata-Pendias (2000)'ın belirtmiş oldukları normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığında değerler çıkmış olup olumsuz bir etki yaratabilecek düzeyde olmadığı görülmüştür. Bitkinin bölümleri ve topraktaki Cu konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “toprak > yıkanmamış yaprak > kabuk > dal > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise hem bitkideki hem de topraktaki en yüksek Cu konsantrasyonunun kontrol bölgesinde olması da dikkat çekici bir durumdur. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Cu konsantrasyonu, kontrol bölgesinden toplanan bitkilerin dallarında (ortalama 44,9 mg/kg) ve istasyon bölgesinden toplanan bitkilerin yıkanmamış yapraklarında (ortalama 36,7 mg/kg) olup buralardaki Cu konsantrasyonunun bitkiler için olması gereken değerden daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

Goncharuk ve Sideronko (1986), bitkiler için gerekli bir besin elementi olan Zn'nin bitki yetiştiriciliği için toprakta bulunması önerilen toplam konsantrasyonun 110 mg/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Bitkilere zehir etkisi gösterdiği topraktaki toplam konsantrasyonunun ise El-Bassam ve Tietjen (1977), Kabata Pendias (1979), Kloke (1979), Schachtschabel ve Blume (1984) 300 mg/kg Zn, Kitagishi ve Yamane (1974) ise 700 mg/kg Zn olarak bildirmişlerdir (Çilali,2012). Farklı araştırmacılar tarafından toplam Zn içeriği için değişik sınır değerleri önerilse de 300 mg/kg Zn değeri genel kabul gören kritik konsantrasyon olarak çok sayıda araştırmacı tarafından dikkate alınmaktadır (Saatçı ve ark., 1988, Hakerlerler ve ark. 1994, Elmacı, 1995). Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Zn konsantrasyonunu 22,225,9 mg/kg aralığında; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Zn konsantrasyonunu 0,03-1,21 mg/kg; Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Zn konsantrasyonunu 0,5-11,27 mg/kg; Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Zn konsantrasyonunu 7,15-37,04 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Ross (1994), bitkilerdeki kritik sınır Zn konsantrasyon aralığının 70-400 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Özbek ve ark. (1995)'nin bitkilerdeki Zn konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, normal bitkilerdeki Zn konsantrasyonunun 5–100 mg/kg arasında olduğunu ve görülen toksisiteler genellikle 400 mg/kg'dan sonra başladığını bildirmişlerdir (Çilali,2012). Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada; 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 (Kaya, 2010). Ercişli (2007) 'nin Erzurum'da yaptığı bir çalışmada, *Rosa canina*'da Zn seviyesi 30 mg/kg olarak tespit etmiştir (Çilali,2012). 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 ve ark. (1995), bitkilerdeki Zn sınır değer aralığını 5-100 mg/kg olarak kabul etmişlerdir.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Zn değerleri, Ross, (1994)' un sınır değerlerine göre daha düşük değerlerde çıkmıştır. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Zn konsantrasyonu, Özbek ve ark. (1995)'nin belirtmiş oldukları normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığında değerler çıkmış olup bitki için olumsuz bir etki oluşturacak düzeyde olmadığı görülmüştür. Bitkinin bölümleri ve topraktaki Zn konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “toprak > yıkanmamış yaprak > kabuk > dal > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise hem bitkideki hem de topraktaki en yüksek Zn konsantrasyonunun kontrol bölgesinde olması ise dikkat çekici bir durumdur. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Zn konsantrasyonu, kontrol bölgesinden toplanan bitkilerin dallarında (ortalama 28,7 mg/kg) ve istasyon bölgesinden toplanan bitkilerin yıkanmamış yapraklarında (ortalama 26,2 mg/kg) olup buralardaki Zn konsantrasyonu da bitkiler için normal kabul edilebilir düzeylerde olduğu görülmüştür. Zn konsantrasyonunun toprakta düşük çıkması, Türkiye topraklarındaki Çinko eksikliğini kanıtlar niteliktedir.

Kurşun elementi bitkiler için mutlak gerekli olmayıp, toprakta toplam 15– 40 mg/kg arasında bulunur, topraktaki toplam kurşun konsantrasyonu 150 mg/kg 'ı aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı açısından tehlike oluşturmaz. Ancak 300 mg/kg'ı aştığında potansiyel olarak insan sağlığı açısından tehlikelidir (Dürüst ve ark., 2004). Normal koşullarda kirlenmemiş toprakların toplam Pb içeriklerinin 10-20 mg/kg (Alt ve ark. 1981) 1–20 mg/kg (Bergmann, 1993) ve 2-300 mg/kg (Alloway, 1990) olduğu bildirilmektedir. Ülkemizde tarım topraklarının Pb içeriğini değerlendirmek üzere yapılan çalışmalarda sınır değeri olarak 100 mg/kg değeri alınmıştır (Saatçı ve ark. 1988, Hakerlerler ve ark 1994, Elmacı 1995). Kızılkaya ve ark. (1998) Samsun yöresi topraklarının toplam Pb içeriğinin 22.82–80.20 mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Çilali,2012). Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-60 mg/kg aralığında; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-761,3 mg/kg; Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Pb konsantrasyonunu 0-2,26 mg/kg; Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada 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.

Özbek ve ark. (1995), bitkide ağır metal içeriklerinin normal aralıktaki değerleri Pb için 0,1-6.0 mg/kg olarak tespit etmişlerdir (Çilali, 2012). Pb yakın zamanlarda çevrenin başlıca kimyasal kirlenici olarak ve bitkilere element toksini olarak çok dikkat çekmektedir (Kovacheva ve ark., 2000). 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 arasında değiştiğini bildirmiştir (Kaya, 2010). Ayrıca Türkiye'deki yerel bir pazardan alınan *Rosa canina* meyve örneklerindeki Pb seviyeleri 0.17 mg/kg olarak belirlenmiştir (Özcan ve ark., 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 aralığında; 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 aralığının 5-10 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Pb değerleri, Kabata-Pendias (1992)' in sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmıştır. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Pb konsantrasyonu, bütün lokalitelerde Kabata-Pendias (2000)' in belirtmiş olduğu normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığında değerler olduğu görülmüştür. Bitkinin bölümleri ve topraktaki Pb konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “toprak > kabuk > yıkanmamış yaprak > dal > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise bitkideki en yüksek Pb konsantrasyonu kontrol bölgesinde; topraktaki en yüksek Pb konsantrasyonu ise Buğday Meydanında görülmüştür. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Pb konsantrasyonu, Buğday Meydanı bölgesinden toplanan bitkilerin kabuklarında (ortalama 5 mg/kg) ve kontrol bölgesinden toplanan bitkilerin dallarında (ortalama 2,7 mg/kg) olup buralardaki Pb konsantrasyonu da bitkiler için olumsuz etki yaratabilecek düzeylerde değildir.

Arcak ve ark. (1996), trafikten kaynaklanan ağır metallerin etkisini araştırdıkları çalışmalarında; Cd'un topraklardaki toplam miktarının 0,8–2,4 mg/kg ve 0,4–1,2 mg/kg olduğunu belirlemişlerdir. Ağır metallerin toprakta zehir etkisi oluşturan düzeyleri ve bitkideki zehir esiklerinin saptanması için yapılan çalışmada, killi ve killi tın topraklarda toplam 7,2 ve 6,9 mg/kg Cd olduğu belirtilmiştir (Gedikoğlu ve ark., 1997). Özbek ve ark. (1995), toprakta toplam 3 mg/kg'dan fazla kadmiyum toksik etkili olduğunu bildirmiştir (Çilali,2012). Bayar (2009), Erzurum şehir merkezindeki topraktaki Cd konsantrasyonunu 0,10-0,39 mg/kg aralığında; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cd konsantrasyonunu 0-19 mg/kg; Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cd konsantrasyonunu 0,7-1,61 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Kabata-Pendias (1992), topraktaki normal Cd konsantrasyon aralığının 0,01-2 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Özbek ve ark. (1995) bitki kuru maddesinde 1 mg/kg'dan fazla kadmiyum toksik etkili olduğunu bildirmişlerdir. Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmalarında; 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). Doğu Anadolu bölgesinde, *Rosa canina*

meyveleri mineral ve ağır metal içeriklerin izlenimi üzerine Levent ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada; *Rosa canina* meyvelerinin Cd konsantrasyonlarını 0,0063 mg/kg ile 0,025 mg/kg arasında bulunmuştur. Trafikten kaynaklanan ağır metallerin belirlenmesi üzerine Divrikli ve ark. (2006)'nın yaptıkları çalışmada Cd 77,2–136,3 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çilali,2012). 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.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Cd değerleri, Kabata-Pendias (1992)' in sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmıştır. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Cd konsantrasyonu, Kabata-Pendias (1992)' in belirtmiş olduğu normal kabul ettiğimiz konsantrasyon aralığında değerler çıkmıştır. Bitkinin bölümleri ve topraktaki Cd konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “dal > kabuk > toprak > yıkanmamış yaprak > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise bitkideki en yüksek Cd konsantrasyonu trafiğin yoğun olduğu Park bölgesinde; topraktaki en yüksek Cd konsantrasyonu ise Aşağı Çarşı bölgesinde görülmüştür. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Cd konsantrasyonu, Park bölgesinden toplanan bitkilerin dallarında (ortalama 0,68 mg/kg) olup buralardaki Cd konsantrasyonu da bitkiler için normal kabul edilebilir düzeydedir.

Scheffer ve Schachtshabel (1989), ana materyalin bileşimine bağlı olarak toprakların toplam Co içeriklerinin 1–40 mg/kg, çoğunlukla 5–15 mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Öte yandan Alloway (1990) topraklarda normal Co sınırının 0,5–65 mg/kg arasında olduğunu bildirmiştir. Topraklarda kirlilik yönünden ölçüt değer olarak, El-Bassam ve Tietjen (1977), Kabata ve Pendias (1979), Kloke (1982) 50 mg/kg, Kovalskiy (1974) 30 mg/kg ve Linzon (1978) 25 mg/kg toplam Co değerlerini bildirmişlerdir (Çilali,2012). Uludağ Üniversitesi tarım topraklarının ağır metal içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, araştırma topraklarındaki alınabilir Co miktarı 0,002-0,22 mg/kg olduğu bildirilmiştir

(Deveciler 2005). Keleş (2007), Konya şehir merkezindeki topraktaki Co konsantrasyonunu 0,3-102,5 mg/kg aralığında; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Co konsantrasyonunu 1,40-38,6 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Alloway (1990), topraktaki normal Co konsantrasyon aralığının 0,5-65 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Allen (1989) bitkisel organizmalarda Co değerlerinin 0,1 ile 0,6 mg/kg arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada; Co miktarlarını elma örneklerinde 0–2,05 mg/kg, ceviz örneklerinde 0–3,49 mg/kg, üzüm örneklerinde ise 0–3,94 mg/kg arasında değiştiğini 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. Allen (1989), bitkilerdeki normal Co konsantrasyon aralığının 0,1-0,6 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Co değerleri, Alloway (1990)'ın sınır değerlerine göre normal değerlerde çıkmıştır. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Co konsantrasyonu, bazı lokalitelerde azda olsa Allen (1989)'in belirttiği normal değerlerden yüksek çıksa da genel olarak bütün lokalitelerde bitkide olması gereken değerlerde olduğu görülmüştür. Bitkinin bölümleri ve topraktaki Co konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “toprak > kabuk > yıkanmamış yaprak > dal > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise bitkideki en yüksek Co konsantrasyonu trafiğin yoğun olduğu Park bölgesinde; topraktaki en yüksek Co konsantrasyonu ise Aşağı Çarşı bölgesinde görülmüştür. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Co konsantrasyonu, Park bölgesinden toplanan bitkilerin dallarında (ortalama 0,68 mg/kg) olup buralardaki Co konsantrasyonu da normal kabul edilen değerdir. Ancak kontrol bölgesi hariç diğer lokalitelerden toplanan sarıçam bitkisinin kabuklarındaki Co konsantrasyon değerleri bitki için normal değerlerden yüksek çıktığı görülmüştür (Tablo 4.7.).

Alloway (1990)'a göre toprakların toplam Cr sınır değerinin 5–1500 mg/kg olduğu, Mengel ve Kirkby (1987)'e göre de toprakların genelinin Cr içerikleri 100 mg/kg den daha fazla olduğu, ancak toprakların ortalama toplam Cr içerikleri 100-300 mg/kg arasında değiştiği

bildirilmiştir (Kick ve ark., 1980). Özbek ve ark. (1995)'nin yaptıkları bir çalışmaya göre krom ana materyale göre değişmekle birlikte toprakta 5-100 mg/kg oranlarında olduğunu tespit etmişlerdir (Çilali,2012). Osma (2009), İstanbul şehir merkezinde yaptığı çalışmada topraklardaki ortalama Cr konsantrasyonunu 10,14-22,02 mg/kg; Çilali (2012), Amasya-Tokat karayolundaki topraktaki Cr konsantrasyonunu 0-3,0 mg/kg aralığında bulmuşlardır. Özbek ve ark. (1995), topraktaki normal Cr konsantrasyon aralığının 5-100 mg/kg olduğunu kabul etmiştir.

Özbek ve ark. (1995), bitkide kuru maddede 100 mg/kg Krom bulunmasının birçok yüksek bitki için toksik etkili olduğu bildirilmiştir. Erciyes strato volkanının eteklerinde yetişen meyvelerdeki ağır metallerin belirlenmesi konulu çalışmada; Cr miktarlarının elma örneklerinde 11,87–28,74 mg/kg, ceviz örneklerinde 20,13–34,60 mg/kg, üzüm örneklerinde ise 13,76–27,60 mg/kg arasında değiştiğini bildirmiştir (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.

Yaptığımız çalışmada toplanan toprak örneklerindeki Cr değerleri, Özbek ve ark., (1995)' in sınır değerlerine göre daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. Çalışmamızda hedef bitkilerden topladığımız örneklerdeki Cr konsantrasyonu, Ross (1994) 'un belirttiği sınır değerlere göre normal olup bütün lokalitelerde olumsuz bir etki yaratabilecek düzeyde olmadığı görülmüştür. Bitkinin bölümleri ve topraktaki Cr konsantrasyonunu karşılaştırdığımızda sıralama; “toprak > kabuk > yıkanmamış yaprak > dal > yıkanmış yaprak” şeklinde olduğu görülmektedir. Lokalite olarak ise bitkideki en yüksek Cr konsantrasyonu İstasyon bölgesinde; topraktaki en yüksek Cr konsantrasyonu ise Aşağı Çarşı bölgesinde görülmüştür. Bitkideki bütün değerler içerisinde ise en yüksek Cr konsantrasyonunun ise İstasyon bölgesinden toplanan bitkilerin kabuklarında (ortalama 11,3 mg/kg) olduğu gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Erzincan şehir merkezinde yetişen sarıçamlarda ve yetiştikleri topraklardaki ağır metal birikimini tespit etmeye yönelik yaptığımız bu çalışmada; özellikle şehrin aşağı kısımlarında yer alan İstasyon ve Aşağı Çarşı bölgelerinde kış aylarında yaşanan yoğun hava kirliliği sebebiyle bitki ve toprakta yoğun ağır metal birikiminin olduğu, hatta bazı elementlerde bitkide olması gereken değerlerden oldukça yüksek seviyelere ulaştığı görülmüştür. Erzincan'da kirli havanın özellikle şehrin aşağı kısımlarında birikmesinin en büyük sebebi inversiyon etkisidir. Şehrin bu kesiminde kışın sakin ve bulutsuz gecelerde, havanın yere yakın kısımlarındaki hava hızlı bir şekilde soğur, üst tabakalarda kalan sıcak hava ise alttaki kirli hava tabakasını baskılayarak yukarı doğru hareket etmesi gereken kirli havanın alt tabakalarda yoğunlaşmasına sebep olmaktadır.

Tablo 5.1. Metallerin, Toprakta Normal Kabul Edilen Alt ve Üst Konsantrasyon Aralıkları (Alloway, 1990; Jones at all., 1991; Kabata-Pendias, 1992-2000; Ross, 1994; Özbek ve ark., 1995) ile Çalışmamızdaki Toprakta Elde Edilen Değerler (mg/kg)

Metaller	Toprakta Normal Kabul Edilen Alt ve Üst Konsantrasyon Aralığı (mg/kg) (Alloway, 1990; Jones at all., 1991; Kabata-Pendias, 1992-2000; Ross, 1994; Özbek ve ark., 1995)	Çalışmamızda Topraktaki Konsantrasyon Aralığı (mg/kg)
Ni	2 - 100	46,20 - 496,61
Fe	50 - 300	24635,5 - 39281,6
Cu	0,2 - 125	22,37 - 43,67
Zn	70 - 400	18,82 - 52,19
Pb	2 - 300	6,02 - 13,37
Cd	0,01 - 2	0 - 0,07
Co	0,5 - 65	22,70 - 28,18
Cr	5 - 100	31,53 - 234,57

Özellikle Ni ve Fe, bitki bünyesinde olması gereken değerlerden çok daha yüksek değerlere ulaştığı gözlemlenmiştir. Araç trafiğinin yoğun olduğu yerlerde ise özellikle Pb, Cd gibi ağır metallerin yüksek değerlerde çıktığı gözlemlenmiştir. Diğer elementlerinde yer yer bitkinin

bazı bölümlerinde normal değerlerden daha yüksek değerlere yaklaştığı görülmüş, Cu ve Zn hariç diğer elementlerde, kontrol bölgesine göre daha düşük değerlerde çıkmıştır. Kontrol bölgesinde ise Cu ve Zn'nin şehir merkezine göre daha yüksek çıkması dikkat çekici bir durum olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 5.2. Metallerin, Bitkilerde Normal Kabul Edilen Alt ve Üst Konsantrasyon Aralıkları (Canözer ve ark., 1984; Allen, 1989; Kabata-Pendias, 1992-2000; Ross, 1994; Özbek ve ark., 1995) ile Çalışmamızdaki Bitkilerden Elde Edilen Değerler (mg/kg)

Metaller	Bitkilerde Normal Kabul Edilen Alt ve Üst Konsantrasyon Aralıkları (mg/kg) (Canözer ve ark., 1984; Allen, 1989; Kabata-Pendias, 1992-2000; Ross, 1994; Özbek ve ark., 1995)	Çalışmamızda Bitkilerden Elde Edilen Konsantrasyon Aralıkları (mg/kg)
Ni	0,1 – 5	3,07 – 28,72
Fe	60 – 140	144,41 – 1838,70
Cu	5 – 30	0,36 – 44,98
Zn	5 – 100	2,89 – 28,78
Pb	5 – 10	0,42 – 5,03
Cd	0,01 – 2,4	0 – 0,69
Co	0,1 – 0,6	0,20 – 1,87
Cr	5 – 30	1,06 – 11,28

Yıkanmış ve yıkanmamış yapraklardaki ağır metal birikimlerine baktığımızda (Tablo 5.3.) anlamlı farklılıkların görüldüğü, yıkanmamış yaprakların yüzeyinde yıkanmış yapraklara göre yüksek değerlerde ağır metal birikiminin olduğu ve bunun hava kirliliğinin en büyük göstergesi olduğunun sonucuna varılmıştır.

Tablo 5.3. Yıkama prosedürü sonucu yıkanmış yapraklar ile yıkanmamış yapraklar arasındaki yüzdelik fark(%)

Lokaliteler	Fe	Cu	Zn	Ni	Pb	Co	Cr
İstasyon	59,59	98,13	88,98	45,92	79,12	49,28	33,06
Şehir içi	51,62	96,83	74,59	22,97	74,05	26,57	44,11
Buğ. Meydanı	51,83	52,17	37,29	28,52	36,11	35,96	40,31
Aşağı Çarşı	83,09	83,36	48,70	41,58	54,22	68,46	60,19
Park	62,92	89,53	47,04	47,46	50,45	36,13	73,77
Kontrol	2,02	55,38	41,61	24,87	11,27	33,73	22,36

Toprak analizlerinden elde ettiğimiz sonuçlara baktığımızda ise yine kontrol bölgesi hariç diğer bütün lokalitelerde Ni ve Fe 'nin olması gerekende daha yüksek değerlere ulaştığı; diğer elementlerde ise normal değerlerde çıktığı görülmüştür. Fe, Cu ve Zn değerlerine baktığımızda diğer lokalitelere göre kontrol bölgesinde daha yüksek çıkmıştır. Genel olarak topraktaki ağır metal içeriğine baktığımızda Ni ve Fe hariç normal seviyelerde oldukları gözlenmiş ancak önlem alınmadığı takdirde ise diğer elementlerinde toksik seviyelere ulaşmasının kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır.

Elde ettiğimiz sonuçlara göre topraktaki ağır metal birikimi, bitkideki ağır metal birikimine göre çok daha fazladır.

Çalışmamızdan elde edilen verilere göre, ağır metal birikiminin bitkide özellikle kabuklarda yoğunlaştığı görülmüştür. Özellikle yıkanmış ve yıkanmamış yapraklardaki ağır metal birikimlerine baktığımızda anlamlı farklılıkların görüldüğü, yıkanmamış yaprakların yüzeyinde yıkanmış yapraklara göre yüksek değerlerde ağır metal birikiminin olduğu ve bunun hava kirliliğinin en büyük göstergesi olduğunun sonucuna varılmıştır.

Genel bir değerlendirme yaptığımızda, çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre şehir merkezinde, kontrol bölgesine göre bitkilerde ve toprakta ağır metal birikimin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Bu farkın ise şehir merkezindeki araç trafik yoğunluğunun fazla olması ve bu araçlardan atmosfere yüksek miktarda ağır metal salınımının olması, evlerde katı yakıtların kullanılması, çevreye atılan plastik ve diğer kirletici kimyasal maddelerin fazlalığı gibi birçok nedenden kaynaklandığı söylenebilir. Yapmış olduğumuz çalışma sonucunda elde ettiğimiz verilere bakıldığında sarıçamın iyi bir biomonitör özelliğe sahip olabileceği düşünülmektedir.

5.2. Öneriler

Elde ettiğimiz bulgular ve analizlere göre şehir merkezlerindeki ağır metal birikimi şehir dışındaki bölgelere göre genel olarak daha fazladır. Ülkemizde şehirleşmenin ve nüfusun artması, buna bağlı olarak trafikteki araç sayısının çoğalması, çevreyi kirleten plastik, pestisit

gibi kimyasal maddelerin daha fazla çevreye atılması ile birlikte ağır metal kirliliği insan ve çevre sağlığını tehdit eder hale gelmiştir. Bu metallerin zararlı etkilerini azaltmak ve bu metallere karşı korunmak için bazı önlemlerin alınması hem canlıların yaşamlarını daha sağlıklı bir şekilde sürdürmelerine hem de daha yaşanılır bir çevre oluşmasına katkı sağlayacaktır.

Yaptığımız çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlara göre aşağıda yaptığımız önerilerin hayata geçirilmesi yukarıda bahsettiğimiz yaşanılır bir çevre olgusuna bir nebze katkıda bulunacaktır.

1- Endüstri merkezleri ve fabrikalar şehir merkezlerinden uzak alanlara kurulmalı, Endüstri kuruluşlarının bacalarına filtre takılmalı ve bunların haricinde endüstri kuruluşlarının etrafında yeşillendirme yapılmalıdır.

2- Motorlu taşıtlar, kirlenmeye neden olan en önemli ağır metal kaynaklarıdır. Egzoz emisyonlarının istenen değerlere çekilmeli, LPG gibi alternatif yakıt ve elektrik enerjisinin taşıtlarda kullanımı özendirilmeli, toplu taşımacılık yaygınlaştırılmalıdır.

3- Ağır metalleri içeren boya ve kimyasal maddelerin kullanımı sınırlandırılmalı ve üretimleri kontrol altına alınmalıdır. Kurşun içerikli boyalı giysiler, eskimiş boyalı malzemeler, saç boyaları (kurşun asetat içerirler) ve çocukların kullandığı oyuncakların üretimi kontrol altına alınmalıdır.

4- Kentlerde ısınmaya yönelik olarak fosil yakıtların yerine doğal gaz kullanımı artırılarak yaygınlaştırılmalı, doğalgaz kombi ve kazanlarının bakımı periyodik olarak yapılmalıdır.

5- Verimli tarım topraklarında yerleşim ve sanayi alanları kurulmamalıdır. Yapay gübre ve tarım ilaçlarının kullanılmasında yanlış uygulamalar önlenmelidir. Tarımsal faaliyetlerde kullanılan ve hava, su ve toprak üzerinde önemli etkileri olan gübre ve pestisitler uzman kişiler kontrolünde kullanılmalı, bilinçsiz kullanımın önüne geçilmelidir.

6- Çevreye ağır metal yayılımı yapacak çöplerin toplama merkezlerinde toplanıp uygun geri dönüşüm yöntemleriyle tekrar geri kazanılıp çevreye zarar vermesi engellenmelidir. Geri dönüşüm ve arıtma tesisleri kurulmalıdır.

7- Hâlihazırdaki orman ve yeşillik alanların koruma altına alınması ve yeni yeşil alan oluşturma çalışmalarına önem verilmelidir.

8- İnsanlarda çevre bilincini artırıcı çalışma ve etkinliklere daha fazla yer verilerek insanlar daha fazla bilinçlendirilmelidir.

10-Kentlerde ısı yalıtımına önem verilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Adalı, K., M., “Trabzon’daki Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, (1996).
2. Adiloğlu, S., “Tekirdağ İlinde Otoban Kenarlarında Bulunan Tarım Arazilerinde Bazı Ağır Metallerin Kirliliğinin Araştırılması”, Doktora Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı*, Tekirdağ, (2013).
3. Akyürek, Ö., “Trabzon Kent Merkezi İçin Hava Kirliliği İle Meteorolojik Koşullar Arasındaki İlişkinin 2006-2011 Arası Verilerine Dayalı Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı*, Trabzon, (2012).
4. Alemdağ, Ş., “Türkiye’deki Sarıçam Ormanlarının Kuruluşu, Verim Gücü ve Bu Ormanların İşletilmesinde Takip Edilecek Esaslar”, *Ormanlık Araştırma Enstitüsü*, Ankara, 20:160 (1967).
5. Allen, S.E., “Chemical Analyses of Ecological Material, second ed”, *Blackwell Scientific Publications*, London (1989).
6. Alloway, B., “Heavy Metals in Soils”, *Blackie and Sou Ltd.*, Glasgow and London, (1990).
7. Alt, D., Sacher, B. and Radike, K., “Ergebnis Einer Erebungssuntresuchungund Schwermetallbelastung Von Gemüsebaulich Genutzten Parzellen İn Kleingärten, Landwirtsch, Forsch”, *Soderheft*, 38: 682-692 (1981).
8. Anonim, “Sarıçam”, *Ormanlık Araştırma Enstitüsü*, El Kitapları Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Sinem Ofset, Ankara (1994).
9. Anonim, “2008 Yılı Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri Raporu”, *Orman Genel Müdürlüğü*, Ankara (2009).
10. Anonim, http://www.hssgm.gov.tr/menu/hizmetlerimiz/gemi-saglik/cevre_saglik.aspx, (2014a).
11. Anonim, <https://maps.google.com/maps?q=erzincan&ll=39.750094&spn=0.026561,0.038581&hnear=Erzincan%2FERzincan+Province&gl=tr&t=m&z=15>, (2014b).
12. Anonim, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Erzincan>, (2014c).
13. Anonim, <http://www.cografya.gen.tr/tr/erzincan/iklim.html>, (2014d).
14. Anonim, <http://www2.ogm.gov.tr/agacturleri/agac1.htm>, (2014e).
15. Anonim <http://merkezlab.nku.edu.tr/ICP-OES/0/s/5472/8426> (2014f)
16. Anşin, R., “Tohumlu Bitkiler: Gymnospermae (Açık Tohumlular)”, *K.T.Ü. Orman Fakültesi*, Genel Yayın No: 22, Fakülte Yayın No: 15, Trabzon, 1:296 (2001).
17. Arcak, S., Haktanır, K. ve Karaca, A., “Karayolları Yakınındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Üreaz Enzim Aktivitesine Etkisi”, *Agriculture and Forestry*, 20: 101-107 (1996).
18. Baker, A.J.M. and Brooks R.R., “Terrestrial Higher Plants Which Hyperaccumulate Metallic Elements- A Review Of Their Distribution, Ecology And Phytochemistry”, *Biorecovery*. 1:81-126 (1989).
19. Bayar, E., “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, (2009).
20. Bayçu, G., "Picea abies'te Kadmiyum Toksikitesi ve Köklerde Kadmiyum Birikimi" *XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi Kongre Kitapçığı*, İstanbul, 3:433-442 (1997).
 21. Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., Günebakan S., “ Ecophysiological And Seasonal Variations İn Cd, Pb, Zn and Ni Concentrations İn The Leaves Of Urban Deciduous Trees İn İstanbul”, *Environmental Pollution*, 143: 545-554 (2006).
 22. Bekiroğlu, N., “Açıklamalı Biyoistatistik Terimleri Sözlüğü” *Nobel Tıp Kitabevleri*, İstanbul, (1998).
 23. Bergmann, “Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen”, Dritte Erweiterte Auflage, *Gustav Fisher Verlag Jena*, Stuttgart (1993).
 24. Canözer, Ö., H. Fırıncı, M. Çakır, N. Özilbey, G. Püskülcü, N. Kılınç, Ü. ve Dikmelik, A. A., “Ege Bölgesi Önemli Kiraz Çeşitlerinin Bitki Besin Element Durumları Ve Toprak Bitki İlişkileri”, *Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Zeytincilik Araştırma Enstitüsü*, Bornova, İzmir, 74s (1984).
 25. Caselles, J., Colliga, C. and Zornoza, P., “ Evaluation Of Trace Element Pollution From Vehicle Emissions in Petunia Plants”, *Water, Air, And Soil Pollution*, 136:1-9 (2002).
 26. Çavuşoğlu, K., “Cupressus Sempervirens L. ve Cedrus Libanı A. Rich. Yapraklarında taşıtların sebep olduğu Kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması.” *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi* (2005).
 27. Çavuşoğlu, K., Çakır, Ş. ve Kırındı, T., “Kırıkkale İlinin Çeşitli Bölgelerinde Yol Kenarlarından Toplanan *Pinus nigra* (J.F. Arnold) Subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder Türündeki Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması”, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Kütahya, 11:1302-3055 (2008).
 28. Çelik, A., Kartal, A.A., Akdoğan, A., and Kaska, Y., “Determining The Heavy Metal Pollution İn Denizli (Turkey) By Using Robinio Pseudo-Acacia L.”, *Environment International*, 31: 105-112 (2005).
 29. Çepel, N., “Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar”, *TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları*, İstanbul, 14 (1997)
 30. Çepel, N., Dündar, M. ve Günel, A., “Türkiye'nin Önemli Yetiştirme Bölgelerinde Saf Sarıçam Ormanlarının Gelişimi İle Bazı Edafik ve Fizyografik Etmenler Arasındaki İlişkiler”, *Tübitak*, Ankara 354 (1997).
 31. Çicek, A., And Koparal, A. S., “Accumulation Of Sulfur And Heavy Metals In Soil And Tree Leaves Sompled From The Surround Of Tuncbilek Thermal Power Plant”, *Chemosphere*, 57:1031-1036 (2004).
 32. Çilali, E., “Amasya-Tokat Karayolu Çevresinde Doğal Olarak Yetişen Kuşburnunda (*Rosa Spp*) Mesafeye Bağlı Olarak Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı*, Tokat, (2012).
 33. Çolak, C., “Ülkemizde Geleneksel Tedavilerde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Tıbbi Bitkilerin Kök Ve Çiçeklerinde Ağır Metal Ve Mineral Besin Element Tayini”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı*, İstanbul, (2014).
 34. Davis, P.H., “Flora of Turkey and East Aegean Islands”, Edinburgh 1 (1965).

35. Demirci, A., "Silvikültürün Temel İlkeleri", *K.T.Ü. Orman Fakültesi*, Trabzon, 83:198 (2006).
36. Divrikli G., Mendil, D., Tüzen, M., Soylak M. ve Elçi L., "Trace Metal Pollution From Traffic İn Denizli-Turkey During Dry Season", *Biomedical and Environmental Sciences*, 19: 254-261 (2006).
37. Doğan, Y., Uğulu, İ., Başlar, S., " 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 (2010).
38. Dürüst, N., Dürüst, Y., Tuğrul, D., Zengin, M., "Heavy Metal Contents of *Pinus radiata* Trees of İzmit", *Asian Journal of Chemistry*, 2(16):1129-1134 (2004).
39. El-Bassam, N. and Tietjen, C. "Municipal Sludge As Organic Fertilizer With Special Reference To The Heavy Metals Constituents İn Soil", *Organic Matter Studies, Vol 2 IAEE*, Vienna, 253 (1977).
40. Elik, A., Akçay, M., "Sivas Kentinde Ağır Metal Kirliliğinin Yerel ve Zamansal Değişimi", *Tr. J. Eng. And Env. Sci.* 24: 15–24, (2000).
41. Elmacı, Ö.L., "Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicum esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi", Doktora Tezi, *E.Ü. Fen Bil. Ens.*, Bornova (1995).
42. Erçişli, S., "Chemical Composition of Fruits in Some *Rose* (*Rosa* spp.) species", *Food Chemistry*, 104: 1379-1384 (2007).
43. Erdoğan, Ö., Tosyalı, C. ve Erbilir, F., "Kahramanmaraş' Ta Yetişen Bazı Sebzelerde Demir, Bakır, Mangan, Kadmiyum Ve Nikel Düzeyleri", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(2) (2005).
44. Eroğlu, A., Aksoy, N., "Jeotermal Suların Kimyasal Analizi", *in Toksoy, M.(ed.), Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri Temelleri ve Tasarımı MMO Yay. No: E/2003/328-4*, İzmir, 149-183 (2003).
45. Gedikoğlu, İ., Kalınbacak, K., Yurdakul, D. ve Yalçıklı, A., "Bazı Ağır Metallerin Toprakdan Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması Ve Buğday Yetiştirilerek Kalibrasyonu", *Toprak Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Köy Hizmetleri Gen. Müd. APK Daire Başkanlığı*, Yayın No:106 (1997).
46. Geiger, G., Federer P. and Sticher H., "Reclamation of Heavy Metal Contaminated Soils: Field Studies and Germination Experiments", *Journal of Enviromental Quality*, 22:(1) 201-207 (1993).
47. Goncharuk, E.J. and Sidorenka, G.J., "Hygienic Regulation For Chemic Substance İn Soils", *Medicina*, Moscow, 320p (1986).
48. Goyer, R. A., "Toxic effects of metals. In: Caserett and Doull's Toxicology", The Basic Science of Poisons (Eds. Amdur M. O., Doull, J., Klaassen, C. D.) *Pergamon Press*, New York, 1032 (1991).
49. Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö., Çobanoğlu, D., "Ağır Metal İyonlarının (Cu⁺², Pb⁺², Hg⁺², Cd⁺²) Clivia sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri", *F.Ü. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2):177-182 (2004).
50. Haktanır, K ve Arcak, S., "Çevre Kirliliği", *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü*, Ankara, Ders Kitabı: 457 (1998).
51. Haktanır, K., Sözüdoğru Ok, S., Karaca, A., Arcak, S., Çimen, F., Topçuoğlu, B., Türkmen, C. ve Yıldız, H., "Muğla-Yatağan Termik Santrali Emisyonlarının Etkisinde Kalan Tarım Ve Orman Topraklarının Kirlilik Veri Tabanının Oluşturulması Ve

- Emisyonların Vejetasyona Etkilerinin Araştırılması”, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, Ankara, 2(1): 1309-1107 (2010).
52. Hakerlerler, H., Anaç, D., Okur, B. ve Saatçi, N., “Gümüldür Ve Balçova’daki Satsuma Mandalin Bahçelerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması”, *E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 92-ZRF-47*, Bornova-İzmir (1994).
53. Hüseyinova, R., Kutbay, H. G., Bilgin, A., Kılıç, D., Horuz, A. ve Kırmancıoğlu, C., “Ordu İlindeki Corylus Avellana (Fındık) Ve Bazı Yol Kenarlarındaki Doğal Bitkilerin Yapraklarındaki Sülfür Ve Ağır Metal İçerikleri”, *Ekoloji Dergisi (Uluslararası Bilimsel Çevre Dergisi)*, İzmir 18(70): 10-16 (2009).
54. Jain, R., Srivastava, S and Madan, V.K., “Influence Of Chromium On Growth And Cell Division Of Sugarcane”, *Indian J. Plant Physiol*, 5:228-31 (2000).
55. Kabata-Pendias, A., Piotrowska, M., “Zanieczyszczenie Glebi Roslin Uprawnych Pierwiastkami Sladowymi”, *CBRpracowanie problemowe*, Warszawa, Poland (1984).
56. Kabata-Pendias, A. and Pendias H., “Trace Elements In Soils and Plants”, *CRC. Press*, London (1992), New York (2000).
57. Kacar, B. ve Katkat, V., “Bitki Besleme”, *Nobel Yayın*, Ankara, 849 (2006).
58. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin Çevresel Etkileri –I”, *İTÜ Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü*, (2004).
59. Kalkan O., “Hava Kirliliği”, *Bursa Sağlık Müdürlüğü Yayınları*, Bursa Sayı:6 (2001).
60. Karademir, M. ve Toker M.C., “Ankara’nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çim Ve Bitkilerde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi”, *II.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, Ankara, 699-711 (1995).
61. Karademir, M. ve Toker, M. C., “Ankara'nın Bazı Kavşaklarında Yetişen Çimbitkilerinde Egzoz Gazlarından Gelen Kurşun Birikimi”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 26 (7): 9-12 (1998).
62. Karataş, M., “Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metal İncelenmesi Bitki ve Topraktaki Birikiminin Taspiti”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2004).
63. Katkat, A.V., Özgümüş, A. ve Basar, H., “Bursa Yöresindeki Şeftali Ağaçlarının Demir, Çinko, Bakır Ve Mangan İle Beslenme Durumları”, *Tr of Agricultural and Forestry*, 18: 447-457 (1994).
64. Kaya, B.B., “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 (2010).
65. Keleş, C. T., “Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Müh. Anabilim Dalı*, Konya, (2007).
66. Kennedy, C.D. and Gonsalves, F.A.N., “The Action Of Divalent Zinc, Cadmium, Mercury, Copper And Lead On The Trans-Root Potential And Efflux Of Excised Roots”, *J.Exp. Bot.*, 38, 800-817 (1987).
67. Khan, A.G., Kuek, C., Chaudhry, T.M., Khoo, C.S. and Hayes, W.J., “Role Of Plants, Mycorrhizae And Phytochelators In Heavy Metal Contaminated Land Remediation”, *Chemosphere* 41:197-207 (2000).

68. Kınalıoğlu, K., Çavuşoğlu, K., Yapar, K., Türkmen, Z., Yalcın, E., Şengül, B., Şengül, Ü. ve Duyar, Ö., “Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Usnea Longissima Acharius Kullanılarak Araştırılması”, *SDÜ Fen Dergisi (E-DERGI)*, Isparta, 4(2):129-135 (2009).
69. Kırbağ Zengin, F., “Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) Pigment İçeriği Üzerine Bazı Ağır Metallerin Etkileri”, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, K.Maraş, 10(2):6-12, (2007).
70. Kızılkaya, R., Karaca ve Arcaç, S., “Samsun Yöresi Topraklarında Zn/Cd Oranı Ve Bu Oran İle İz Element Ve Ağır Metaller (Fe, Cu, Mn, Pb, Ni) Arasındaki İlişkiler”, *I. Ulusal Çinko Kongresi Bildiriler Kitabı*, p 501–509 (1998).
71. Kick, H., Bürger, H. and Sommer K., “Gesamtgehalte An Pb, Zn ,Sn, As, Cd, Hg, Ni, Cr Und Co İn Landwirtschaftlich Und Gaertnerisch Genutzen Böden Nordhein Westfallens”, *Land. Forschung*, 33 (1): 12-21 (1980).
72. Kim, D.S., An, K.G., and Kim K.H., “Heavy Metal Pollution in the Soils of Various Land Use Types Based on Physicochemical Characteristics”, *Journal Of Environmental Science And Health, Part A—Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, Vol. A38*, 5:839–853 (2003).
73. Kitagishi, K. and Yamane, I., “Heavy Metal Pollution İn Soils Of Japan”, *Japon Science Society Press*, Tokyo, 302 (1974).
74. Kloke, A., 1982. “Erläuterungen Zur Klärschlamm Verordnung Landwirtschaft, Forsch., Soderhs”, 39: 302-308 (1982).
75. Kovacheva, P., Djingova, R. and Kuleff, I., 2000. “On The Representative Sampling Of Plants For Multielement Analysis”, *Phytologia Balcanica*, 6:91- 102 (2000).
76. Kovalskiy, V.V., “Geochemical Environment Health and Diseases in Trace”, *University of Missouri*, Colombia, 8:137p (1974).
77. Langille, W.M. and MacLean, K.S., “Some Essential Nutrient Elements İn Forest Plants As Related To Species, Plant Part, Season And Location”, *Plant Soil*, 45: 17-26 (1976).
78. Lindsay, W.L. and Norvell, W.A., “Development Of A DTPA Soil Test For Zinc, İran, Manganese And Copper”, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 42: 421-428 (1978).
79. Linzon, S.N., “Phytotoxicology Excessive Levels for Contaminants in Soil and Vegetation”, *Report of Ministry of the Environment*, Ontario, Canada (1978).
80. Mengel, K., and Kirkby, E., “A principles of plant nutrition, publ. int. potash inst. Bearn”, Switzerland (1987).
81. Mor, F., “Bursa’da Yoğun Araç Trafığı, Sanayi, Kentleşme ve Tarımsal Faaliyetlerin Etkileri Bakımından Sebzelere ve Yem Bitkilerinde Kadmiyum ve Kurşunla Kontaminasyon”, Doktora Tezi, *Uludağ Üniv., Sağ. Bil. Ens., Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı*, Bursa, (2002).
82. Munzuroğlu, Ö., Gür, N., “Ağır Metallerin Elma (*Malus sylvestris* Miller cv. Golden)’da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri”, *TÜBİTAK Türk J Biol* 24: 677-684 (2000).
83. Naszradi, T., Badacsonyi, A., Nemeth, N., Tuba, Z., Batic F., “Zinc, Lead And Cadmium Content İn Meadow Plants And Mosses Along The M3 Motorway”, *Journal of Atmospheric Chemistry*, Hungary, 49:593603 (2004).
84. Okçu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M. ve Pehlivan M., “Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü Alinteri Dergisi*, Erzurum, 17(B): 14-26 (2009).

85. Osmalı, E., "İstanbul'da Yetişen Bazı Sebzelerde Ağır Metal Birikiminin Tesbiti", Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı*, İstanbul, (2009).
86. Öktüren Asrı, F. ve Sönmez, S., "Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fak. Toprak Böl.*, Antalya, Derim 23 (2), 36-45 (2006).
87. Önal, E., "Çevre Sağlığı-Türkiye'den Örnekler", *İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı*, İstanbul, (2002).
88. Önder, S. ve Dursun, Ş., "Air Borne Heavy Metal Pollution Of Cedrus Libani (A.Rich.) İn The City Centre Of Konya", *Atmospheric Environment Elsevier*, 40: 1122-1133 (2005).
89. Özdamar, K., "SPSS ile Bioistatistik", *Kaan Kitabevi*, 3. Baskı, Eskişehir, (1999).
90. Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. ve Kaptan, H., "Toprak Bilimi", *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak.*, Adana, 73 (1995).
91. Özlü, T., "Samsun ve Yakın Çevresi'nin Coğrafi Yönden Hava Kirliliği", Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Samsun, (1995).
92. Öztemel, Z., "Şanlıurfa - Viranşehir Karayolu Kenarındaki Topraklarda Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği", Yüksek Lisans Tezi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı*, Van, (2012).
93. Pehlivan, S., "Sarıçam (*Pinus sylvestris* L. var. *hamata* Steven) Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı*, Trabzon, (2010).
94. Peterson, P.J., "Plant Adaptation to Environmental Stress: Metal Pollution Tolerance", *Chapman & Hall*, p:171-188 (1993).
95. Rether, A., "Entwicklung Und Charakterisierung Wasserlöslicher Benzoylthioharnstoff-funktionalisierter Polymere Zur Selektiven Abtrennung Von Schwermetallionen Aus Abwässern Und Prozesslösungen", Doktora Tezi, *Münih Teknik Üniversitesi*, (2002).
96. Ross, S.M., 1994. "Sources And Forms Of Potentially Toxic Metals İn Soil-Plant Systems", *Toxic Metals in Soil-Plant Systems*, Wiley, England, 3-26 (1994).
97. Rout, G.R. and Das, P., "Effect Of Metal Toxicity On Plant Growth And Metabolism: I.Zinc", *Agronomie*, 23:3-11 (2003).
98. Saatçi, F., Hakerlerler, H., Tuncay, H. ve Okur, B., "İzmir İli Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarından Tarım Arazileri Ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerinde Bir Araştırma", *E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 127*, Bornova, İzmir (1988).
99. Salt, D., Price, R., Pickering, I and Raskin, I., "Mechanisms Of Cadmium Mobility And Accumulation İn Indian Mustard", *Plant Physiol*, 109: 1427-1433 (1995).
100. Saygıdeğer, S., "*Lycopersicon esculentum* L. Bitkisinin Çimlenmesi Ve Gelişmi Üzerine Kurşunun Etkileri", *2. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi*, Ankara, 588-597 (1995).
101. Schachtschabel, P. and Blume, H.P., "Hartge, K.H. Und Schwertmann, U., Mlehrbuch Der Bodenkunde", *F. Enke Verlag*, Stuttgart, 441 (1984).
102. Scheffer, F. and Schachtschabel, P., *Lehrbuch der Bodenkunde*. Stuttgart, 422 (1989).
103. Sharma, P ve Dubey, R.S., "Lead Toxicity İn Plants", *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(1):35-52 (2005).

104. Sheoran, I.S., Singal, H.R and Singh, R., "Effect Of Cadmium And Nickel On Photosynthesis And Enzymes Of The Photosynthetic Carbon Reduction Cycle In Pigeon Pea (*Cajanus cajan L.*)", **Photosynthesis Research**, 23, 345-351 (1990)
105. Sossé, B.A., Genet, P., Dunand-Vinit, F., Toussaint, L.M., Epron, D., Badot, P.M., "Effect Of Copper On Growth In Cucumber Plants (*Cucumis Sativus*) And Its Relationships With Carbonhydrate Accumulation And Changes In Ion Contents", **Plant Science** 166:1213-1218 (2004).
106. Sresty, T.V.S., Madhava Rao, K.V., "Ultrastructural Alterations in Response to Zinc and Nickel Stress in the Root Cell of Pigeonpea", **Environ and Exp. Bot.**, 41: 3-13 (1999).
107. Şanda, M.A., "Konya İli Merkezi ve Çevre Yollarındaki Bitkilerde Ağır Metal Birikimi", Yüksek Lisans Tezi, **Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü/Biyoloji Ana Bilim Dalı**, Konya, (1993).
108. Topbaş, M.T., Brohi, A.R., Karaman, M.R., "Çevre Kirliliği", **T.C. Çevre Bakanlığı**, Ankara, (1998).
109. Vaillant, N., Monnet, F., Hitmi, A., Sallanon, H and Coudret, A., "Comparative Study Of Responses In Four Datura Species To A Zinc Stress", **Chemosphere**, 59: 1005-1013 (2005).
110. Van Assche, F., Clijsters, H., "Effect of Metals on Enzyme Activity in Plants", **Plant Cell Environ**, 13:195-206 (1990).
111. Wang, H., Shan, X.Q., Wen, B., Zhang, S., Wang, Z. J., "Responses Of Antioxidative Enzymes To Accumulation Of Copper In A Copper Hyperaccumulator Of *Commoelina Communis*", **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, 47:185-192 (2003).
112. Yetimoğlu, E., Ercan, Ö., Tosyalı, K., "Heavy Metal Contamination in Street Dusts of Istanbul (Pendik to Levent) E-5 Highway", **Marmara Üniversitesi Fen Edebiyat Fak. Kimya Anabilim Dalı**, (2004).
113. Yıldız, N., "Toprak Kirlenici Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler", **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, Erzurum, 32 (2): 207-213 (2001).
114. Yıldız, N., 2004. "Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller" Yüksek Lisans Ders Notları. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi**, Erzurum, ZT-531 (2004).
115. Yıldız, N., "Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluk Belirtileri", **ISBN**, Erzurum, 975-442-110-2: 75-89-150-159-185-191 (2008).
116. Zengin, F. K. ve Munzuroğlu Ö., "Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L.*) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmiyum (Cd⁺⁺) ve Civa (Hg⁺⁺)'nın Etkileri", **C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi**, Sivas, 24(1) (2003).
117. Zengin, F. K., Munzuroğlu, Ö., "Effects Of Lead (Pb⁺⁺) And Copper (Cu⁺⁺) On The Growth Of Root, Shoot And Leaf Of Bean (*Phaseolus Vulgaris L.*) Seedlings", **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, Ankara, 17: 1-10 (2004).
118. Zengin, K.F ve Munzuroğlu, Ö., "Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L.* Strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni⁺², Co⁺², Cr⁺³, Zn⁺²) Etkileri", **F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, Elazığ, 17(1): 164-172 (2005).

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Erzincan ili Kemah ilçesinde doğdum. İlkokulu Kerer İlkokulu'nda, ortaokul ve lise öğrenimimi ise Kemah İmam Hatip Lisesi'nde tamamladım. 1994 yılında Atatürk Üniversitesi K.K. Eğitim Fakültesi Biyoloji Bölümü'nü kazandım ve 1998 yılında mezun oldum. Mezun olduktan sonra İstanbul'da çeşitli okullarda ücretli öğretmenlik yaptıktan sonra 2002 yılında Muş'a sınıf öğretmeni olarak atandım. 2003 yılında Erzincan Kemah Yatılı İlköğretim Bölge Okulu'na sınıf öğretmeni olarak atandım. 2005 yılında aynı okulda müdür yardımcısı, 2012 yılında ise Kemah Necatibey İlköğretim Okuluna müdür olarak atandım. Halen Necatibey Ortaokulunda aynı görevi yürütmekteyim. 2012 yılında başladığım yüksek lisans eğitimime ise halen devam etmekteyim. Evli ve 2 çocuk babasıyım.