T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TRAFİK KAYNAKLI AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİNDE SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) İBRELERİNİN BİYOMONİTOR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Hasret ÇÖMETEN

Danışman	**Doç. Dr. Burak ARICAK**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Hakan ŞEVİK**
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Hasret ÇÖMETEN tarafından hazırlanan "**Trafik Kaynaklı Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) İbrelerinin Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Burak ARICAK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL Bartın Üniversitesi	.....

29/05/2019

Enstitü Müdürü Prof. Dr. Hasbi YAPRAK .....

TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirir ve taahhüt ederim.

Hasret ÇÖMETEN



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TRAFİK KAYNAKLI AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN İZLENMESİNDE SARIÇAM (*Pinus sylvestris* L.) İBRELERİNİN BİYOMONİTOR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Hasret ÇÖMETEN
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Burak ARICAK

Artan nüfus ve sanayileşme, hava kirliliğini de beraberinde getirmiş, hava kirliliği bazı şehirlerde insan sağlığını tehdit edecek düzeyde artmış ve günümüzün gündem konularından birisi haline gelmiştir. Zira ağır metaller doğada bozulmadan uzun süre kalabilmekte ve çevredeki konsantrasyonu da sürekli artmaktadır. Ayrıca ağır metaller biyobirikme eğiliminde olmalarından dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi, riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük öneme sahiptir. Ağır metal kirliliğinin atmosferdeki konsantrasyonunun değişimini gösteren en önemli belirteçler biyomonitörlerdir. Bu çalışmada da trafik kaynaklı ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde Sarıçam (*Pinus sylvestris*) in biyomonitor olarak kullanılabilme potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Türkiye'nin en yoğun otoyollarından olan Ankara-İstanbul otobanı güzergahında bulunan sarıçamların refüj, yol kenarı, yolun 3 m, 10 m, 30 m, 50 m ve 100 m mesafesindeki bireylerinden numuneler alınmış, alınan numunelerin dal ve ibrelerinin bir kısmı ayrıca yıkama işlemine tabi tutularak bu numuneler üzerinde Ni, Cr, Zn, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarının değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bu ağır metallerin konsantrasyonlarının yola olan mesafe, organ ve yıkanma durumuna bağlı değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda bütün elementlerin organ bazında önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca Cd ve Cr konsantrasyonunun yola olan mesafe ile ters orantılı olarak değiştiği dolayısıyla sarıçamın özellikle Cd ve Cr konsantrasyonunun değişiminin izlenmesi amacıyla kullanılabilecek iyi bir biyomonitor olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler; Ağır metal, biyomonitor, trafik, sarıçam, *Pinus sylvestris*

2019,51 sayfa
Bilim Kodu:1205

ABSTRACT

MSc. Thesis

THE USABILITY OF YELLOW PINE (*Pinus sylvestris* L.) PERSONS AS BIOMONITOR FOR MONITORING HEAVY METAL POLLUTION FROM TRAFFIC SOURCES

Hasret ÇÖMETEN
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forestry Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Burak ARICAK

Environmental pollution has become one of the most important problems of the modern world. Heavy metals have a special importance among the factors causing air pollution. Some heavy metals have serious toxic effects on organisms even at low levels. In addition, heavy metals do not deteriorate easily in nature and they tend to bioaccumulate in human organism. Because of its importance in terms of human and environmental health, monitoring of heavy metal pollution and identifying risky regions is of great importance. It was aimed to determine the usability potential of Scotch Pine (*Pinus sylvestris*) in monitoring the traffic welded heavy metal concentration. For this purpose, samples of Scotch Pine individuals were collected from one of the busiest highways of Turkey, at the route of Ankara-Istanbul, from refuges, at roadsides and at distances of 3 m, 10 m, 30 m, 50 m and 100 m from the roadside. Some of the branches and needles of the samples were also subjected to washing process and the changes of Ni, Cr, Zn, Cu, Pb and Cd concentrations were determined on these samples. Within the scope of the study, the change of all concentrations depending on the distance to the road, washing conditions and organelle were evaluated separately. As a result of the study, it was determined that all elements changed significantly by organs. In addition, it was determined that Cd and Cr concentration was inversely proportional to the distance to the road and therefore Scotch Pine is a good biomonitor especially at monitoring the change of Cr and Cd concentration.

Keywords: Heavy metal, biomonitor, traffic,scotch pine, pinus sylvestris

2019, 51 pages
Science Code: 1205

TEŞEKKÜR

Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisansa başladığım günden beri desteğini benden esirgemeyen, tezimin planlanmasında, Kastamonu Üniversitesi laboratuvarında çalışmalarımın yürütülmesinde her türlü teknik bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan değerli danışmanım Doç. Dr. Burak ARICAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın gerek literatür, gerek laboratuvar safhasında bana her türlü desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kastamonu Üniversitesi Merkezi Laboratuvarında Varyans analizlerinin ve Duncan Testinin yapılmasına imkân sağlayanlara teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimimin başından sonuna kadar her zaman anlayış gösteren başta ailem olmak üzere, arazide verilerimi almama yardım eden ve daha sonrasında her koşulda yardım eden değerli abim Selçuk ÇÖMETEN'e, tezimin başından sonuna benim tüm derdimi çeken bana evini açan sevgili arkadaşım Begüm ASLAN'a, laboratuar safhasında verilerim konusunda her türlü bilgi akışında desteğini esirgemeyen Uğur CANTÜRK'e ve Murat GEZER, Pakize TORUN, Gülşen CEBESOY arkadaşlarıma yardımlarından dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Hasret ÇÖMETEN
Kastamonu, Mayıs, 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ii
TAAHHÜTNAME iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ viii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ ix
GRAFİKLER DİZİNİ x
TABLOLAR DİZİNİ xi
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 4
3. MATERYAL VE YÖNTEM 9
3.1. Materyal 9
3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi 11
3.3. İstatistiki Analizleri 13
4. BULGULAR 14
4.1. Ni Konsantrasyonun Değişimi 14
4.2. Cr Konsantrasyonun Değişimi 17
4.3. Zn Konsantrasyonun Değişimi 19
4.4. Cu Konsantrasyonun Değişimi 22
4.5. Pb Konsantrasyonun Değişimi 25
4.6. Cd Konsantrasyonun Değişimi 28
5. SONUÇ VE TARTIŞMA 31
6. ÖNERİLER 41
KAYNAKLAR 43
ÖZGEÇMİŞ 51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
µ	Mikro
µg/g	Mikrogram
As	Arsenik
Cd	Kadmiyum
CO_2	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
g	Gram
Hg	Cıva
HNO_3	Nitrik Asit

Kısaltmalar

ICP	Internation Cooperation Programme
Ml	Mililitre
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
ppb	Milyarda Bir
ppm	Milyonda Bi
SPSS	Statistical Package for the Social Sciencel
V	Vanadyum
Zn	Çinko

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 3.1. İbre Numunelerinin alındığı noktaların yola göre konumları 10
Fotoğraf 3.2. İbre Numunelerinin alındığı bölgenin genel görünümü 10
Fotoğraf 3.3. Numunelerin Hazırlanması..... 11
Fotoğraf 3.4. ICP-OES Cihazında Analiz İçin Hazırlanan Numuneler 12
Fotoğraf 3.5. Analiz Yapıldığı ICP-OES Cihazının Genel Görünümü..... 13

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1. Ni Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 15
Grafik 4.2. Ni Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 16
Grafik 4.3. Cr Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 18
Grafik 4.4. Cr Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 19
Grafik 4.5. Zn Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 21
Grafik 4.6. Zn Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 22
Grafik 4.7. Cu Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 24
Grafik 4.8. Cu Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 25
Grafik 4.9. Pb Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 26
Grafik 4.10. Pb Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 28
Grafik 4.11. Cd Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 29
Grafik 4.12. Cd Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 30

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1. Numunelerin Alındığı Mesafeler 9
Tablo 4.1. Ni Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi..... 14
Tablo 4.2. Ni Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi..... 16
Tablo 4.3. Cr Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi..... 17
Tablo 4.4. Cr Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi..... 18
Tablo 4.5. Zn Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 20
Tablo 4.6. Zn Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 21
Tablo 4.7. Cu Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 23
Tablo 4.8. Cu Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi..... 24
Tablo 4.9. Pb Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi 26
Tablo 4.10. Pb Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi 27
Tablo 4.11. Cd Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi..... 28
Tablo 4.12. Cd Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi..... 30

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunda son yıllardaki artışa ek olarak kent merkezlerinde yaşayan nüfusun giderek artması pek çok problemi beraberinde getirmiştir. Bu süreç doğanın tahrip olmasına hava, su ve toprağın kirlenmesine, ekolojik dengenin bozulmasına sebep olmaktadır (Mutlu vd., 2016). Bu süreç pek çok sorunu da beraberinde getirmekle birlikte bu sorunların en önemlilerinin başında çevre ve özellikle hava kirliliği gelmektedir (Sevik vd., 2018). Hava kirliliği o denli büyük bir sorun haline gelmiştir ki Dünyada her yıl yaklaşık 6,5 milyon insanın hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı yaşamını yitirdiği belirtilmektedir.

Havası pek çok ülkeye göre oldukça temiz kabul edilen Türkiye'de dahi 2016 yılında 29 bin kişinin hava kirliliği dolayısıyla hayatını kaybettiği rapor edilmektedir (Cetin vd., 2017). Dünya genelinde hava kirliliği günden güne artmakta ve daha ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Dünya'da hava kirletici emisyonlarında 2030 yılına kadar beş katlık bir artış olacağı tahmin edilmektedir (Cesur., 2019).Hava kirliliği, atmosferdeki bir veya daha fazla kirleticinin insan, bitki ve hayvan yaşamına; ticari veya kişisel eşyalara ve çevre kalitesine zarar veren miktar ve sürelerde bulunması olarak tarif edilebilir (Cetin vd., 2018). Hava kirliliğinin artan nüfus ile ilişkili olduğu yapılan pek çok çalışmada ortaya konulmuştur. Özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kent merkezlerinde, hava kirliliği en önemli sorunlardan birisidir (Mossi., 2018; Pınar., 2019). Yapılan çalışmalar, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu kent merkezlerinde partikül madde (Isinkaralar vd., 2017; Cetin ve Sevik, 2015), CO_2 (Sevik vd., 2016) ve ağır metal (Saleh., 2018) gibi kirlilik etmenlerinin, nüfusun yoğunluğunun daha az olduğu bölgelere göre çok daha yüksek düzeylerde olduğunu ortaya koymaktadır.

Hava kirliliğinin pek çok bileşeni bulunmakla birlikte bunlar içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Ağır metaller doğada bozulmaz ve kolay kolay yok olmazlar. Ayrıca canlı bünyelerinde biyobirikme eğilimindedirler (Turkyilmaz vd., 2018a,b). Bundan dolayı ağır metal kirliliği, üzerinde önemle durulması ve takip edilmesi gereken bir konudur. Ağır metal kirliliğinin önemini daha da artıran bir husus, bazı

ağır metallerin düşük konsantrasyonlarda bile son derece tehlikeli olabilmeleridir. Ağır metallerden Mn, Zn, Cr, Cu, Fe, Ni gibi mikrobesinler bitkiler dâhil yaşayan organizmalar için gerekli olmalarına rağmen bu ağır metaller de yüksek seviyelerde zararlı etkiler oluşturabilmektedirler. Hg, Cd, As ve Pb gibi metaller ise düşük seviyelerde bile organizmalarda ciddi toksik etkiye sahiptir (Shahid vd., 2017; Isinkaralar vd., 2017). As, Cr, Pb, Ni, Zn, Cd ve V gibi ağır metaller ayrıca kanserojendirler. (Erdem., 2018).

Ağır metaller doğal ve insan kaynaklı olarak atmosfere yayılabilmektedir. Ancak, asıl tehlikeli olan insan kaynaklı ağır metallerdir. Bunun başlıca sebebi, insan kaynaklı ağır metal salınımının doğal salınıma göre çok daha yüksek seviyede olmasıdır (Shahid vd., 2017).

İnsan kaynaklı ağır metal salınımında en önemli kaynakların başında endüstriyel faaliyetler gelmektedir. Ağır metaller endüstri için gereklidir ve bu minerallerin çıkarılması ve farklı endüstriyel işlemlerde kullanılması, özellikle çevresel kirlilik açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Kimyasal maddeler, çevreye bulaştığı noktada sabit kalmamakta, aktif ve pasif hareketler ile hava, su, toprak ve canlı sistem içerisinde taşınmakta ve dağılmaktadırlar (Cesur., 2019).

Ağır metal kirliliğinin artmasında en önemli kaynaklardan birisi de trafik yani taşıtlardır. Yapılan pek çok çalışmada trafik yoğunluğu ile ağır metal kirliliği arasında önemli düzeyde ilişki olduğu belirlenmiştir (Saleh., 2018; Sevik vd., 2018).

Özellikle bitki yapraklarındaki bazı ağır metal konsantrasyonları ile trafik kaynağına olan mesafe arasında bariz bir korelasyon olduğu belirtilmektedir (Gratani vd., 2008; Turkyilmaz vd., 2018c,d). İnsan ve çevre sağlığı açısından öneminden dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve riskli bölgelerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Atmosferdeki ağır metal kirliliğinin değişimi doğrudan ve dolaylı yöntemlerle belirlenebilmektedir. Ancak, atmosferdeki ağır metal kirliliğinin doğrudan ölçülmesi; pahalı olması, atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki direkt etkisinin belirlenememesi ve ölçüm zamanından önceki dönemlere ait veri sağlayamaması gibi dezavantajlarına sahiptir (Cesur., 2019). Ayrıca bu yöntemler

genellikle pahalı ölçüm aletleri gerektirmekte ve biyoindikatörlere göre daha fazla kontaminasyon riski taşımaktadır. Hava kirliliğinin tespit edilmesinde kullanılan en etkili yöntemlerden birisi biyoindikatörlerdir. Bu yöntem ucuz ve kolay olmasının yanı sıra ağır metal konsantrasyonunun dönemsel değişimi konusunda daha sağlıklı veriler verebilmektedir. Bundan dolayı biyoindikatörlerin, ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır (Sevik vd., 2018; Cetin vd., 2018; Turkyilmaz vd., 2018e).

Ancak farklı ağır metaller bitkilerin organlerinde farklı seviyelerde birikebilmektedir. Bundan dolayı her bir ağır metalin bitkilerin hangi organında ne düzeyde biriktiğinin belirlenerek o bitkilerin ve organlerinin biyomonitor olarak kullanılması, çalışmaların daha sağlıklı sonuçlar vermesi açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada, Sarıçam (*Pinus sylvestris*)'da bazı ağır metallerin bitki organı ve trafiğin yoğun olduğu anayola olan mesafeye bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Hava kirliliği günümüzün en önemli sorunlarının başında yer almaktadır. Her yıl binlerce hatta milyonlarca insanın hayatını kaybetmesine sebep olan hava kirliliği etmenleri içerisinde ağır metaller ayrı bir önem taşımaktadır. Bunun sebebi; ağır metaller doğada kolay kolay bozulmazlar ve kolay kolay yok olmazlar. Ayrıca canlı bünyelerinde biyobirikme eğilimindedirler. Bunlara ek olarak As, Cd, Pb, Cr ve Hg gibi ağır metaller son derece toksik, As, Cr, Pb, Ni, Zn, Cd ve V gibi ağır metaller kanserojen ve neredeyse bütün ağır metaller (bir kısmı canlılar için besin elementi olarak işlev görmelerine rağmen) yüksek konsantrasyonlarda zararlı etkilere sahiptirler. Bunlardan dolayı ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimin izlenmesi, riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Turkyilmaz vd., 2017a,b; Shahid vd., 2017; Mossi., 2018; Sevik vd., 2019).

Ağır metal kirliliğinin izlenmesi direkt (doğrudan) ve indirekt (dolaylı) olmak üzere iki yolla yapılabilmektedir. Ancak, atmosferik kirliliğin direkt olarak belirlenmesinde iki önemli problem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi pahalı olması diğeri ise atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki direkt etkisinin belirlenememesidir. Ayrıca direkt olarak yapılan ölçümler ile atmosferdeki geçmiş yıllardaki ağır metal konsantrasyonunun seviyesi hakkında bilgi edinebilmek mümkün olamamaktadır (Cesur., 2019). Bitkiler, ağır metalleri çeşitli organlarında biriktirerek bu metallerin havadaki konsantrasyonu hakkında önemli bilgiler verebilmektedirler. Dolayısıyla hava kirliliğinin dolaylı yoldan belirlenmesinde bitkiler, havadaki ağır metal kirliliğini en iyi gösteren biyoindikatörler veya biyomonitorlerdir (Turkyilmaz vd., 2018a; Cesur, 2019). Bu noktada biyoindikatör ve biyomonitor tanımlarının açıklanmasında yarar bulunmaktadır. Biyoindikatör, bir türdeki ekolojik etkinin sadece varlığını veya yokluğunu tanımlar.

Yani söz konusu etkinin var veya yok olduğunu gösteren belirtgeçlerdir. Biyomonitorler ise organizmanın fiziksel, kimyasal, biyolojik veya davranışsal değişkenlikleri ile ekolojik değişkenliğin derecesini gösterirler. Başka bir tanımla biyomonitorler vücutlarında metalleri veya kirleticileri biriktiren en duyarlı ve doğru

organizmalar olarak tanımlanabilir (Bat vd., 1999; Taylan ve Özkoç., 2007; Çobanoğlu., 2019). Bir türün biyomonitor olarak kullanılabilmesi için belli özellikleri taşıması gerekmektedir. Biyomonitor olarak seçilen organizmalar ağır metalleri bünyelerinde biriktirme özelliğinde olmalı fakat ağır metallerin etkisi ile ölmemelidir. Bu türler örneklenecekleri bölgede sabit olarak yaşamalıdırlar. Örneklenecek alanda yeterince bulunmalı ve istenildiğinde örneklenebilmelidirler. Kolayca yakalanabilmeli veya elde edilebilmelidirler. Metal analizleri yapılabilecek kadar organ veya doku temin edilebilmelidir. Bu organizmaların organlarındaki ağır metal konsantrasyonu ile bulunduğu çevredeki ağır metal konsantrasyonu arasında bir korelasyon bulunmalıdır (Bat vd., 1999; Çobanoğlu., 2019).

Bu kriterlere göre değerlendirildiğinde pek çok bitki, ağır metallerin izlenmesinde potansiyel olarak iyi birer biyomonitordür. Bundan dolayı bitkilerin havadaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyoindikatör veya biyomonitor olarak kullanılabilmelerine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bitkilerin ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilme olanaklarına ilişkin yapılan çalışmalar incelendiğinde ilk dikkat çeken çalışmalar yosun ve likenlerin kullanıldığı çalışmalardır. Likenlerin birçok elementi kendi fizyolojik ihtiyacından çok daha fazla miktarlarda biriktirme eğilimindedirler. Örneğin; Likenlerin damarlı bitkilerden 100 kat daha fazla kükürt dioksit absorbe ettiği belirtilmektedir (Çobanoğlu., 2015; Mossi., 2018). Bundan dolayı likenler üzerinde ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır (Ölgen ve Gür., 2011; Cansaran-duman ve Aras., 2012; Yemets vd., 2015; Ite vd., 2016; Osyczka vd., 2016; Paoli vd., 2018).

Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak yoğun şekilde kullanılan bir diğer canlı grubu yosunlardır. Yosunlar genellikle yağmurdan gelen suyu biriktirmekte ve bu da onları atmosferik birikime biyolojik maruziyetin değerlendirilmesi için kullanışlı hale getirmektedir (Çobanoğlu., 2019). Bundan dolayı yosunların biyomonitor olarak kullanımına ilişkin de çok sayıda çalışma yapılmıştır (Harmens vd., 2004; Gramatica vd., 2006; Ayres vd., 2006; Harmens vd., 2010; Ite vd., 2016; Macedo-Miranda vd., 2018; Scott vd., 2018). Liken ve yosunların ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılmaları

konusundaki en önemli çekince, bu bitkilerin ne kadar süre ile kirlilik etmenine maruz kaldıklarının kolaylıkla belirlenememesidir. Bu sebepten dolayı tespit edilen herhangi bir ağır metal konsantrasyonunun ne kadar sürede bitki bünyesinde biriktiği tam olarak bilinememekte ve bu durum elde edilen verilerin güvenilirliğinin sorgulanmasına neden olmaktadır (Çobanoğlu., 2019).

Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde yaygın olarak kullanılan bir diğer bitki grubu, herdemyeşil olmayan yüksek yapılı bitkilerdir. Herdemyeşil olmayan yüksek yapılı bitkilerde süre sorunu büyük oranda ortadan kalkmaktadır. Zira bu bitkilerde yaprak oluşumları vejetasyon mevsimi başında gerçekleşmekte ve yapraklar vejetasyon mevsimi sonuna kadar ağır metallere maruz kalmaktadırlar. Dolayısıyla yaprak bünyesinde biriken ağır metallerin ne kadar süre içerisinde biriktiği bilinebilmektedir. Bundan dolayı herdemyeşil olmayan bitkiler ağır metal kirliliğinin izlenmesinde kullanılabilmektedirler (Çobanoğlu., 2019). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, *Chamaecyparis lawsoniana (*Kardel vd., 2018), *Quercus pubescens* (Cocozza vd., 2016), *Quercus ilex* (Gratani vd., 2008), *Malus* spp. (Tošić vd., 2016), *Betula pendula* (Petrova vd., 2014), *Salix rehderiana*, *Populus purdomii*, *Betula albosinensis* (Bing vd., 2016), *Ailanthus altissima*, *Biota orientalis*, *Platanus orientalis*, *Pyracantha coccinea* (Sevik vd., 2019), *Aesculus hippocastanum* (Anicic vd., 2011), gibi pek çok tür bu amaçla kullanılmıştır.

Bitkilerin çeşitli organlarındaki ağır metal konsantrasyonları belirlenebilmekle birlikte, çoğu zaman bu konsantrasyonların ne ifade ettiği konusu sorun oluşturmaktadır. Bundan dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi kadar, ağır metal konsantrasyonlarının süreç içerisindeki değişiminin belirlenmesi de önem taşımaktadır. Herdemyeşil olmayan bitkiler biyomonitör olarak kullanıldığında, örneklerin toplandığı yılın vejetasyon dönemi içerisinde organlarda biriktirdikleri ağır metal miktarı belirlenebilmektedir. Oysa bu konsantrasyonun yıla bağlı olarak değişiminin belirlenmesi de son derece önemlidir (Çobanoğlu, 2019).

Bitkilerin geçmiş yıllarda bünyelerinde biriktirdikleri ağır metal miktarının belirlenmesi, dolayısıyla ağır metal konsantrasyonlarının süreç içerisindeki değişiminin takibi konusunda yapılan çalışmalar büyük oranda ağaçların

gövdelerinde, odun kısmındaki yıllık halkaların kullanılması ile yapılmaktadır. Bu güne kadar ağaçların yıllık halkalarının kullanılarak geçmişe dönük ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesi konusunda *Cinnamomum camphora* (Xu vd., 2017), *Acer platanoides* (Turkyilmaz vd., 2018e), *Malus floribunda* (Yigit, 2019), *Cedrus* (Akarsu., 2019), *Cupressus arizonica* (Cesur., 2019) gibi türler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu yöntemde ağaçların ana gövdelerinden örnek alındığından ve bazen ağaçların kesilmesi gerektiğinden, sürdürülebilir bir izleme için uygun bir yöntem değildir.Ağır metal kirliliğinin süreç içerisindeki değişiminin izlenmesinde kullanılan bir diğer yöntem, ibreleri uzun yıllar bitki üzerinde kalabilen ve dallanma karakteri yani oluşan nodlar vasıtasıyla dal yaşı belirlenebilen türlerin kullanıldığı çalışmalardır. Bu çalışmalarda dallar nodlar gözlemlenerek yaşlarına ayrılmakta ve böylece farklı yaşlardaki organlarda ağır metal konsantrasyonları belirlenerek ağır metal konsantrasyonlarının yakın geçmişteki değişimine ilişkin fikir edinilebilmektedir.Bu yöntem kullanılarak *Picea pungens* (Turkyilmaz vd., 2018b; Çobanoğlu., 2019), *Pinus sylvestris, Pinus nigra,* ve *Abies Abies bornmuelleriana* (Çobanoğlu., 2019) gibi türlerde yan dallar kullanılarak ölçümler yapılmıştır.

Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde bitkilerin biyomonitor olarak kullanılmaları, öncelikle bitki bünyesindeki ağır metal konsantrasyonunun ne ifade ettiğinin yorumlanabilmesi ile mümkündür. Bu konuda yapılan çalışmalarda ise genellikle kirlilik kaynağına olan mesafe veya kirlilik kaynağının yoğunluğu göz önüne alınarak örnekleme çalışmaları yapılmaktadır. Bu konuda yapılan en yoğun çalışmalar özellikle kent merkezlerinde kirliliğin yoğun olduğu alanlarda yetişen bitkiler ile, kirliliğin daha az yoğun olduğu alanlarda yetişen bitkilerin bünyelerindeki ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması konusunda yoğunlaşmaktadır. Artan dünya nüfusuna ek olarak köyden kente göç, kent merkezlerindeki nüfus yoğunluğunun artmasına, kent merkezlerindeki insan faaliyetleri de kent merkezlerindeki hava kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır (Özel., 2019).

Kent içerisinde araba tekerleri, araçlar ve araç aşınmaları, egzoz gazları gibi etkenler ağır metallerin havaya yayılmasına ve dolayısıyla kent merkezlerinde ağır metal

kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır (Pınar., 2019). Bundan dolayı kent merkezlerinde trafiğin yoğun olduğu alanlar ile trafiğin daha az yoğun olduğu alanlarda yetişen bitkilerin bünyelerindeki ağır metal konsantrasyonlarının kıyaslandığı çok sayıda çalışma yapılmıştır (Saleh., 2018; Mossi., 2018; Sevik vd., 2018; Elfantazi., 2018a,b). Ancak ağır metaller atmosfere yayıldıktan sonra rüzgâr ile uzak mesafelere taşınabilmektedirler. Nitekim yapılan çalışmalar Pb başta olmak üzere pek çok ağır metalin, kaynağından oldukça uzaklara taşınabildiğini göstermektedir (Uzu vd., 2009; Schreck vd., 2012; Shahid vd., 2017; Mossi., 2018). Ancak kaynağından uzaklaştıkça ağır metal konsantrasyonu düşmektedir. Dolayısıyla kaynağından uzaklaştıkça ağır metal konsantrasyonu ve canlılara etkisi azalmaktadır.

Ancak özellikle trafik kaynaklı ağır metallerin yoğunluğunun ve dolayısıyla etkisinin hangi mesafelerde ne kadar azaldığı konusunda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada da, Sarıçam (*Pinus sylvestris*)'da bazı ağır metallerin trafiğin yoğun olduğu anayola olan mesafeye bağlı olarak bitkilerin hangi organlarında hangi oranda değiştiğinin belirlenmesi ve literatüre bu alanda katkı yapılması amaçlanmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma Ankara-İstanbul otoyolunun Düzce ili Kaynaşlı İlçesi ile Bolu arasındaki otoban kenarındaki Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağaçlarından toplanan örnekler üzerinde yürütülmüştür. Çalışma kapsamında seçilen otoyol Türkiye'nin en yoğun otoyollarından birisidir. Numuneler toplanırken, ağaçların yola bakan tarafındaki dallarından örnek alınmasına dikkat edilmiştir. Düzce iline bağlı olan Kaynaşlı ilçesi ile Bolu ili arasındaki otoyoldan alınan; refüj, yol kenarı, yolun 3 m, 10 m, 30 m, 50 m ve 100 m mesafesinden ve aynı doğrultudan yedi adet Sarıçam ağacının yola bakan dallarının son yıl sürgünlerinden alınan dal numuneleri çalışma materyalini oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında numunelerin alındığı alan Düzce İli sınırları içerisinde, Ankara-İstanbul otobanının kenarında yer almaktadır. Çalışma alanın eğimi ortalama %15-20 arasında olup, bakısı kuzeydoğudur. Çalışma kapsamında anayola farklı mesafede uzaklıklardan numuneler alınmıştır. Numunelerin alındığı mesafeler Tablo 3.1.'de verilmiştir.

Tablo 3.1. *Numunelerin alındığı mesafeler*

Mesafe (m)	Ana yola olan uzaklığı
0	Yol orta refüjü (Gidiş-geliş şeritleri ortası)
1	Yol şevi (Yol kenarında yola en yakın mesafede)
3	Yol kenarına 3 m. mesafede
10	Yol kenarına 10 m. mesafede
30	Yol kenarına 30 m. mesafede
50	Yol kenarına 50 m. mesafede
100	Yol kenarına 100 m. mesafede

Çalışma kapsamında yol orta refüjü ile aynı doğrultuda yol şevi, yol kenarına 3 m, 10 m, 30 m, 50 m ve 100 m mesafelerde bulunan ağaçların yola bakan tarafındaki alt (yerden yaklaşık 2 m yüksekte bulunan) dallarının son yılın sürgünleri kesilerek

alınmıştır. İbre numunelerinin alındığı noktaların yola göre konumları kroki üzerinde Fotoğraf 3.1.'de, alanın yoldan görünüşü Fotoğraf 3.2.'de verilmiştir.



Fotoğraf 3.1. İbre numunelerinin alındığı noktaların yola göre konumları



Fotoğraf 3.2. İbre numunelerinin alındığı bölgenin genel görünümü

Toplanan örnekler etiketlenerek ağzı açık, hava alabilen naylon poşetlere konulmuş ve laboratuvara getirilene kadar bu şekilde gölge koşullarda muhafaza edilmiş, böylece hem kısmen kurumaları sağlanmaya çalışılmış hem de küflenmeleri ve deforme olmaları engellenmiştir.

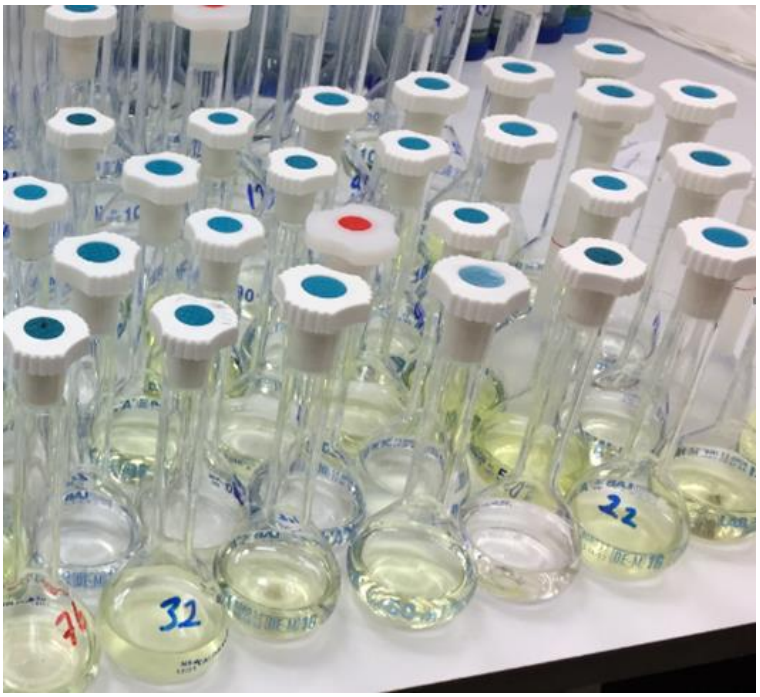
3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Laboratuvara getirilen numuneler öncelikle gruplara ayrılmış ve örneklerin bir kısmında yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra örnekler organlarına ayrılmış, odunların kabukları soyularak yıkanmış ibre, yıkanmamış ibre, yıkanmış kabuk, yıkanmamış kabuk ve odun numuneleri elde edilmiştir (Fotoğraf 3.3.).



Fotoğraf 3.3. Numunelerin Hazırlanması

Numuneler etiketlenerek 15 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilmiştir. Hava kurusu hale gelen numuneler, cam kaplara alınarak etüvde 50 ^{o}C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulan örnekler laboratuarda çelik blender vasıtasıyla toz haline getirilmiştir. Toz hale gelen numunelerden 2'şer g tartılarak 10 ml derişik HNO_3 içinde oda sıcaklığında, çekerocak içerisinde 1 gün bekletilmiş, daha sonra 1 saat 180 °C'de kaynatılmıştır (Fotoğraf 3.4.).



Fotoğraf 3.4. ICP-OES Cihazında Analiz İçin Hazırlanan Numuneler

Hazırlanan çözeltiler üzerine 20 ml distile su eklenmiş ve çözelti 45 µm'lik fitre kâğıdından süzülmüştür. Hazırlanan çözeltiler karışmaması için numaralandırılarak analizler için hazır hale getirilmiştir. Süzüntüden elde edilen çözeltilerde; ağır metal analizleri GBC Integra XL –SDS-270 ICP-OES cihazı ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Analizlerin yapıldığı ICP-OES Cihazının genel görünümü Fotoğraf 3.5.'de verilmiştir



Fotoğraf 3.5. Analizlerin Yapıldığı ICP-OES Cihazının Genel Görünümü

3.3. İstatistiki Analizler

Elde edilen veriler düzenlenerek SPSS paket programı yardımıyla veriler değerlendirilmiş, verilere varyans analizi uygulanmış, istatistiki olarak en az % 95 güven düzeyinde farklılıklar bulunan değerlere Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiştir. Elde edilen veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Ni Konsantrasyonunun Değişimi

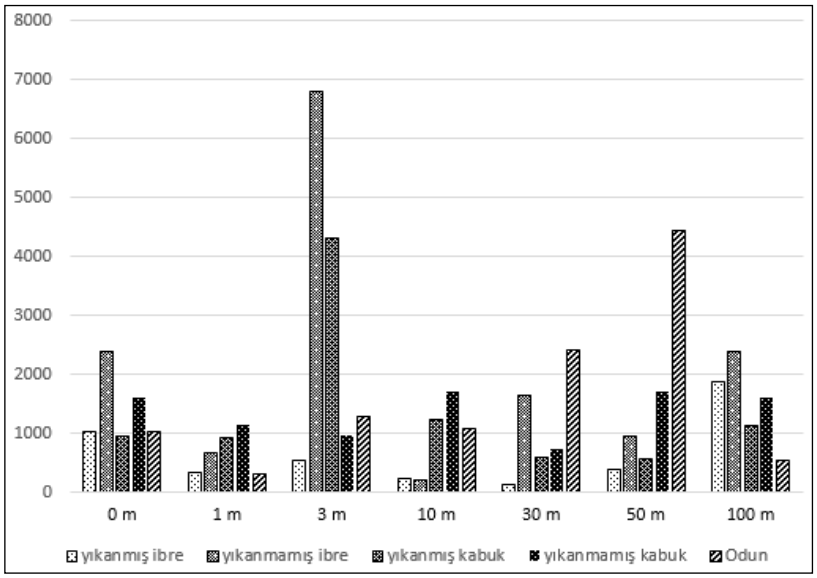
Ni konsantrasyonunun organ bazında değişimi ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. *Ni Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun	F Değeri
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış		
0	1015,2 b	2394,3 d	939,3 a	1597,0 c	1039,8 b	1737,837***
1	345,7 a	674,3 b	924,7 c	1143,7 d	306,1 a	54,897***
3	550,7 a	6793,6 e	4316,6 d	973,6 b	1294,5 c	7462,612***
10	220,7 a	197,6 a	1236,8 c	1695,0 d	1073,2 b	240,999***
30	137,7 a	1647,8 c	599,5 b	745,2 b	2425,1 d	354,015***
50	386,6 a	959,9 b	568,2 a	1706,0 c	4446,2 d	559,206***
100	1871,4 d	2394,3 d	1128,0 b	1612,9 c	540,5 a	88,828***

Ni konsantrasyonunun organ bazında değişimi incelendiğinde bütün mesafelerde organ bazında değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ni konsantrasyonunun organa bağlı değişimlerini gösterir Duncan testi ve ortalama değerler incelendiğinde ise öncelikle yıkanmış ve yıkanmamış örnekler arasındaki fark dikkat çekmektedir. Hem ibrelerde hem de kabuklarda neredeyse bütün örneklerde yıkanmış örneklerdeki konsantrasyonlar yıkanmamış örneklerdeki konsantrasyonlardan daha düşüktür.

Bunun dışında dikkat çeken bir diğer husus en yakın ve en uzak mesafeler dışındaki bütün mesafelerde yıkanmış ibre değerlerinin Duncan testi sonucunda ilk homojen grupta yer almasıdır. Odunda elde edilen değerler ise bazı mesafelerde ilk, bazı mesafelerde son, bazı mesafelerde ise orta sıralardaki homojen gruplarda yer almıştır. Ni konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösteren grafik 4.1.'de verilmiştir.



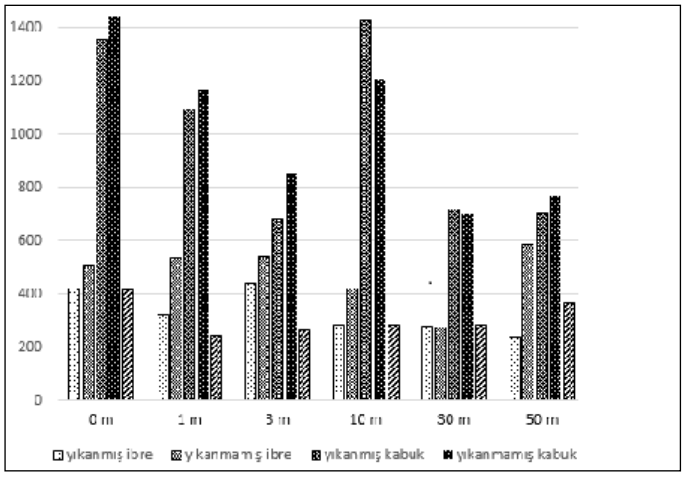
Grafik 4.1. Ni Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi

Ni konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimi organ bazında ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. *Ni Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış	
0	1015,2 d	2394,3 e	939,3 b	1597,0 d	1039,8 c
1	345,7 abc	674,3 b	924,7 b	1143,7 c	306,1 a
3	550,7 c	6793,6 g	4316,6 d	973,6 b	1294,5 d
10	220,7 ab	197,6 a	1236,8 c	1695,0 e	1073,2 c
30	137,7 a	1647,8 d	599,5 a	745,2 a	2425,1 e
50	386,6 bc	959,9 c	568,2 a	1706,0 e	4446,2 f
100	1871,4 e	2394,3 f	1128,0 c	1612,9 d	540,5 b
	78,558***	2968,363***	1102,578***	219,551***	614,329***

Varyans analizi sonucunda Ni konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişiminin bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı belirlenmiştir. Ni konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak değişimi incelendiğinde, mesafe ile orantılı olarak anlamlı bir değişim gözlenmemektedir. Örneğin yıkanmamış ibre örneklerinde en yüksek değerler yola en yakın ve en uzak mesafede elde edilmiştir. Benzer bir durum odun örneklerinde de göze çarpmaktadır. En düşük değerler yola yakın ve en uzak mesafelerde elde edilmiştir. Dolayısıyla Ni konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak değiştiğini söylemek oldukça zordur. Ni konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimini gösteren grafik 4.2.'de verilmiştir.



Grafik 4.2. Ni Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi

4.2. Cr Konsantrasyonunun Değişimi

Cr konsantrasyonunun organ bazında değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.3.'de verilmiştir.

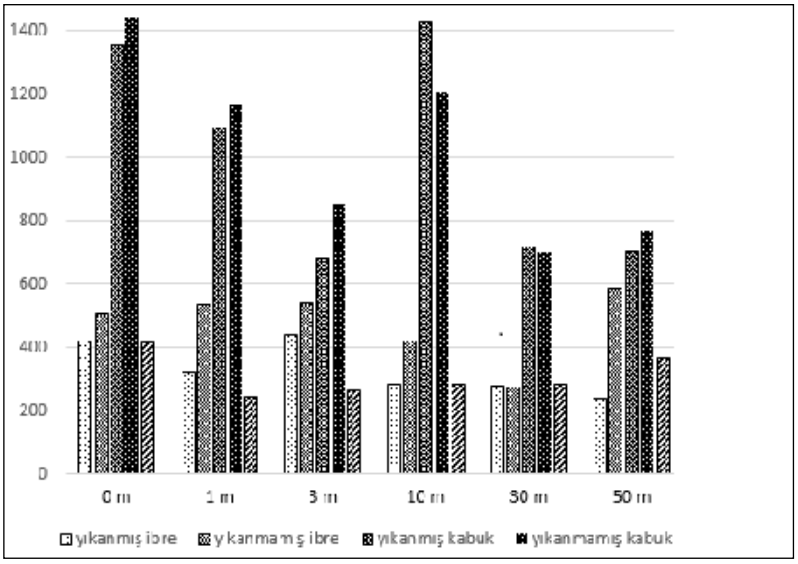
Tablo 4.3. *Cr Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun	F Değeri
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış		
0	419,3 a	508,9 b	1355,8 d	1443,7 c	414,2 a	449,106***
1	323,3 a	536,8 b	1093,5 c	1165,0 c	244,0 a	103,365***
3	438,2 b	541,0 c	677,1 d	849,7 e	265,2 a	69,784***
10	282,0 a	418,2 b	1428,7 d	1210,0 c	285,7 a	757,441***
30	278,3 a	275,8 a	717,6 b	701,9 b	284,3 a	46,041***
50	241,4 a	585,6 b	705,0 bc	769,1 c	365,7 a	28,742***
100	274,9 a	395,7 a	585,5 b	932,5 c	274,7 a	49,678***

Cr konsantrasyonunun organa bağlı değişimleri incelendiğinde ilk dikkat çeken nokta bütün odun örneklerinin Duncan testi sonucunda ilk homojen grupta yer almasıdır. Dolayısıyla en düşük değerler odun örneklerinde elde edilmiştir. Hatta öyle ki aynı daldan alınan örneklerde odun ile diğer organlar arasındaki fark beş katı geçebilmektedir. Bunun dışında kabukta elde edilen değerlerin ibrelerde elde edilen değerlerden bariz bir şekilde yüksek olması da dikkat çeken bir diğer husustur. Dolayısyla Cr konsantrasyonunun en düşük değerlerinin odunda, sonra ibrede, en yüksek değerlerinin ise kabukta elde edildiği söylenebilir.

Cr konsantrasyonunun organ bazında değişiminde dikkat çeken bir diğer nokta ibre örneklerinin tamamında, kabuk örneklerinin ise büyük kısmında yıkanmış numunelerde elde edilen değerlerin Duncan testi sonuçlarına göre yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerden daha düşük veya aynı homojen gruplarda yer almasıdır. Sonuç olarak genellikle yıkanmış örneklerdeki Cr konsantrasyonlarının yıkanmamış örneklerdeki Cr konsantrasyonlarından daha düşük seviyelerde olduğu

söylenebilir. Cr konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösteren grafik 4.3.'de verilmiştir.



Grafik 4.3. Cr Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi

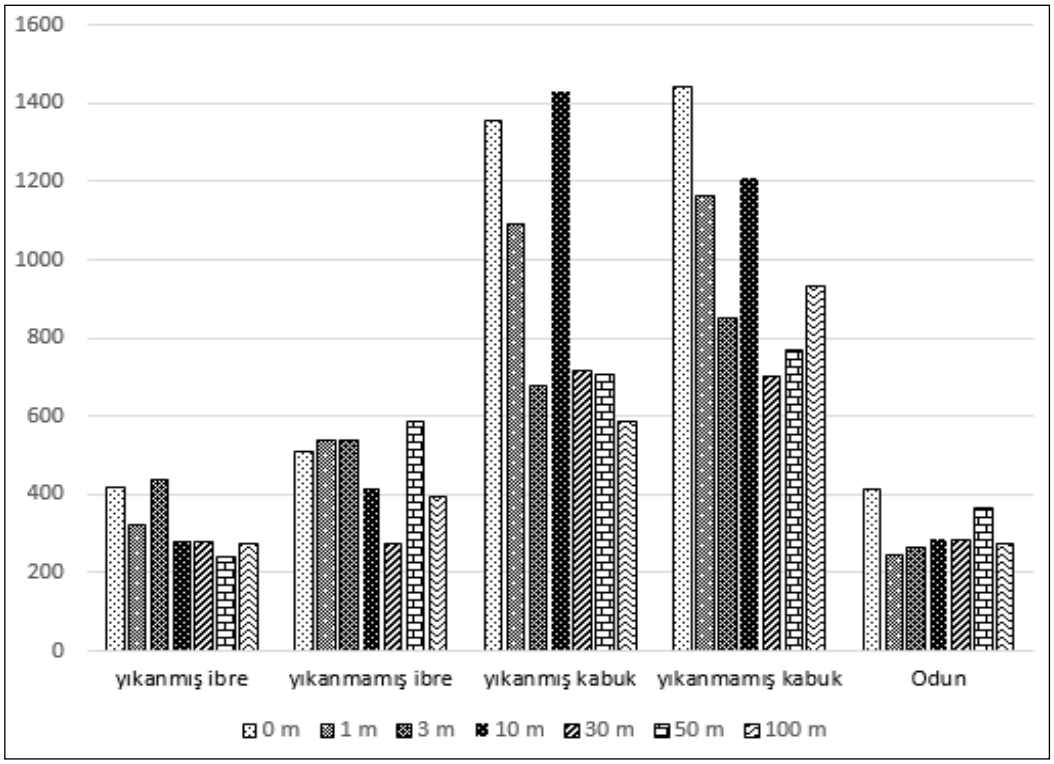
Cr konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimi organ bazında ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. *Cr Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış	
0	419,3 c	508,9 c	1355,8 c	1443,7 e	414,2 b
1	323,3 b	536,8 c	1093,5 b	1165,0 d	244,0 a
3	438,2 c	541,0 c	677,1 a	849,7 bc	265,2 a
10	282,0 ab	418,2 b	1428,7 c	1210,0 d	285,7 a
30	278,3 ab	275,8 a	717,6 a	701,9 a	284,3 a
50	241,4 a	585,6 c	705,0 a	769,1 ab	365,7 b
100	274,9 ab	395,7 b	585,5 a	932,5 c	274,7 a
	15,763***	13,235***	58,617***	34,260***	14,426***

Cr konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişiminin bütün organlar bakımından istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Cr konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak değişimi incelendiğinde, örneklerin çoğunda mesafe arttıkça Cr konsantrasyonunun azaldığı görülmektedir. En uzak

mesafeler olan 50 ve 100 m. mesafelerdeki değerler incelendiğinde büyük çoğunluğunun Duncan testi sonucunda ilk homojen gruplarda olduğu görülmektedir. Dolayısıyla genel olarak mesafe arttıkça yani kirlilik kaynağından uzaklaşıldıkça Cr konsantrasyonunun azaldığı söylenebilir. Cr konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimini gösteren grafik 4.4.'de verilmiştir.



Grafik 4.4. Cr Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi

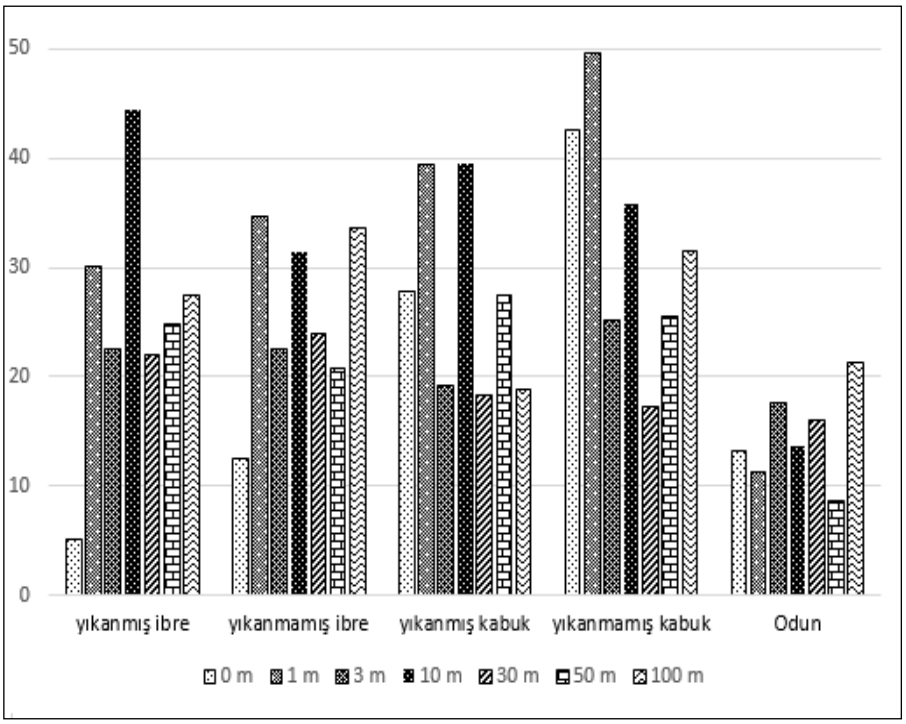
4.3. Zn Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Zn elementinin konsantrasyonunun organ bazında değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.5.'de verilmiştir.

Tablo 4.5. *Zn Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun	F Değeri
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış		
0	5,2 a	12,5 b	27,9 d	42,6 e	13,3 c	83799,042***
1	30,1 b	34,6 c	39,4d	49,7 e	11,3 a	10150,938***
3	22,5 c	22,5 c	19,2 b	25,1 d	17,6 a	758,679***
10	44,5 e	31,5 b	39,5 d	35,9 c	13,6 a	11907,906***
30	22,1 d	23,9 e	18,4 c	17,2 b	16,1 a	1829,296***
50	24,8 c	20,7 b	27,5 e	25,6 d	8,7 a	6571,769***
100	27,4 bc	33,7 c	18,9 a	31,6 c	21,3 ab	6,997**

Zn konsantrasyonunun da organa bağlı değişimlerinin, mesafelerin tamamında istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu, bu değişimin 100 m mesafede % 99, diğer mesafelerdeki değişiminin ise %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise öncelikle odun örneklerinin neredeyse tamamının Duncan testi sonucunda ilk homojen grupta olması dikkat çekmektedir. Bunun dışında yıkanmamış örneklerin çoğunda ölçülen Zn konsantrasyonu yıkanmış örneklerde ölçülenden daha yüksektir. Sonuç olarak genel manada Zn konsantrasyonunun en düşük değerlerinin odun örneklerinde elde edildiği, yıkanmamış numunelerde elde edilen konsantrasyonların da yıkanmış örneklerdeki konsantrasyonlardan daha yüksek seviyelerde olduğu söylenebilir. Zn konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösteren grafik 4.5.'de verilmiştir.



Grafik 4.5. Zn Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi

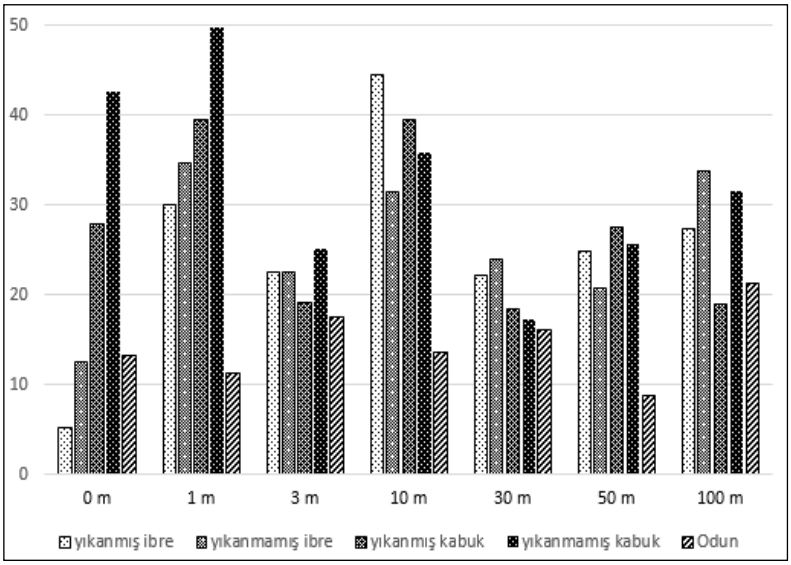
Zn konsantrasyonunun organ bazında mesafeye bağlı değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.6. *Zn Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış	
0	5,2 a	12,5 a	27,9 b	42,6 f	13,3 c
1	30,1 f	34,6 g	39,4 c	49,7 g	11,3 b
3	22,5 c	22,5 c	19,2 a	25,1 b	17,6 f
10	44,5 g	31,5 e	39,5 c	35,9 e	13,6 d
30	22,1 b	23,9 d	18,4 a	17,2 a	16,1 e
50	24,8 d	20,7 b	27,5 b	25,6 c	8,7 a
100	27,4 e	33,7 f	18,9 a	31,6 d	21,3 g
	12146,249***	8886,543***	20,422***	15090,224***	3441,771***

Tablo'da görüldüğü üzere varyans analizi sonucunda Zn konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişiminin bütün organlarda istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Zn konsantrasyonunun mesafeye bağlı

olarak değişimi incelendiğinde, mesafe ile orantılı olarak anlamlı bir değişim gözlenmemektedir. İbrelerde yıkanmış örneklerde en düşük ve en yüksek değerler yola en yakın mesafede elde edilirken yıkanmamış örneklerde de en düşük değer yola en yakın mesafede elde edilmiştir. Benzer bir durum odun örneklerinde de göze çarpmaktadır. En yüksek ve en düşük değerler yola en uzak mesafelerde elde edilmiştir. Zn konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimini gösteren grafik 4.6.'da verilmiştir.



Grafik 4.6. Zn Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi

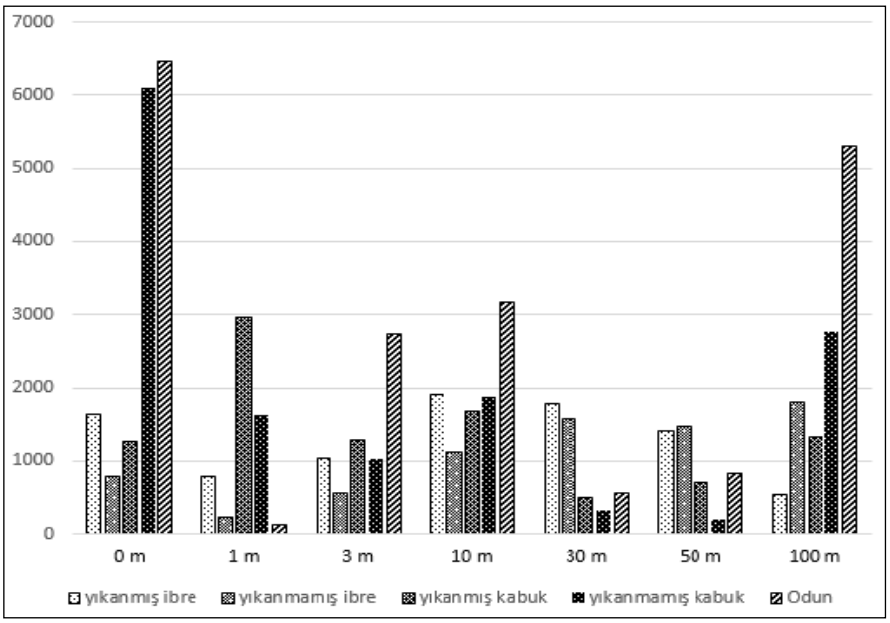
4.4. Cu Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu bir diğer element olan Cu elementinin konsantrasyonunun organ bazında değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. *Cu Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun	F Değeri
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış		
0	1642,8 c	783,7 a	1274,6 b	6094,9 d	6461,1 e	3615,463***
1	786,5 b	220,4 a	2956,5 d	1620,2 c	128,7 a	897,041***
3	1034,6 b	559,3 a	1295,5 c	1020,1 b	2728,2 d	294,611***
10	1909,5 c	1124,9 a	1686,0 b	1880,3 c	3170,6 d	193,553***
30	1787,9 d	1572,0 c	503,1 ab	332,0 a	561,2 b	127,001***
50	1418,0 d	1482,4 d	712,5 b	194,3 a	834,8 c	203,899***
100	550,2 a	1805,6 c	1321,8 b	2759,7 d	5296,4 e	1390,201***

Cu konsantrasyonunun organa bağlı değişimlerini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün mesafelerde organ bazındaki değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan gruplar incelendiğinde ise öncelikle odun örneklerindeki konsantrasyonların oldukça yüksek olması dikkat çekicidir. Örneklerin birçoğunda odun örneklerinde elde edilen konsantrasyonların diğer organlarda elde edilen değerlerden yüksek olduğu görülmektedir. Bunun dışında dikkat çeken bir diğer husus yıkanmamış ibrelerin birçoğunda elde edilen değerlerin, yıkanmış ibrelerde elde edilen değerlerden daha düşük konsantrasyonlarda olmasıdır. Cu konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösteren grafik 4.7. ’de verilmiştir.



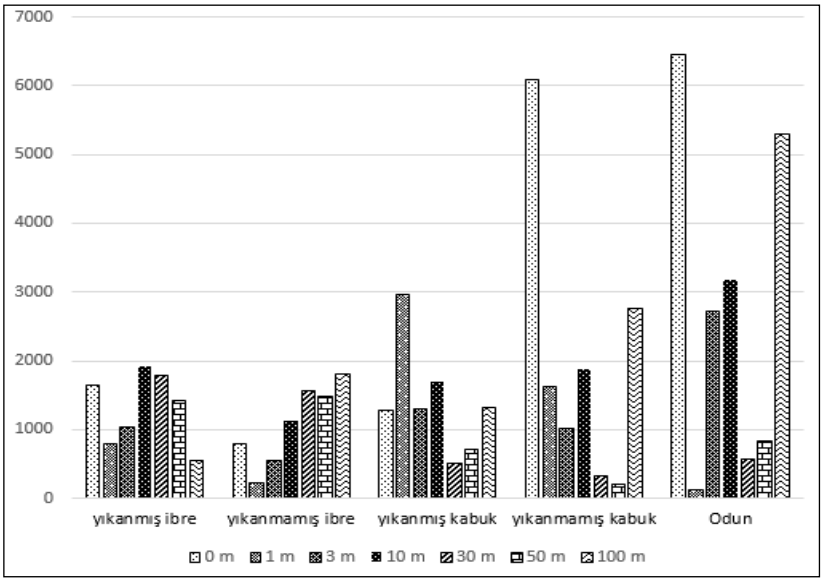
Grafik 4.7. Cu Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi

Cu konsantrasyonunun organ bazında mesafeye bağlı değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.8. *Cu Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış	
0	1642,8 e	783,7 c	1274,6 c	6094,9 f	6461,1 g
1	786,5 b	220,4 a	2956,5 e	1620,2 c	128,7 a
3	1034,6 c	559,3 b	1295,5 c	1020,1 b	2728,2 d
10	1909,5 g	1124,9 d	1686,0 d	1880,3 d	3170,6 e
30	1787,9 f	1572,0 e	503,1 a	332,0 a	561,2 b
50	1418,0 d	1482,4 e	712,5 b	194,3 a	834,8 c
100	550,2 a	1805,6 f	1321,8 c	2759,7 e	5296,4 f
	237,794***	174,617***	209,164***	1024,679***	3880,312***

Varyans analizi sonuçlarının gösterir tablo değerleri incelendiğinde Cu konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişiminin bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Cu konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak değişimi incelendiğinde, mesafe ile orantılı olarak anlamlı bir değişim gözlenmemektedir. Örneğin kabuklarda yıkanmamış örneklerde en düşük ve en yüksek bazı değerler yola en uzak mesafede elde edilmiştir. Benzer bir durum odun örneklerinde de göze çarpmaktadır. En yüksek ve en düşük değerler yola en yakın mesafelerde elde edilmiştir. Cu konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimini gösteren grafik 4.8.'da verilmiştir.



Grafik 4.8. Cu Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi

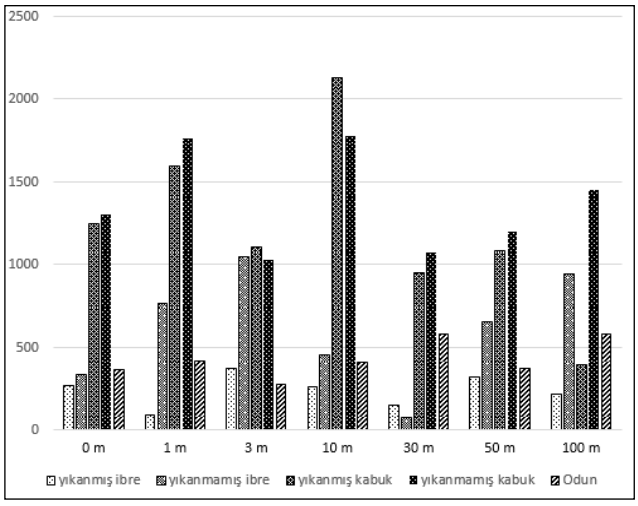
4.5. Pb Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu en önemli elementlerden olan Pb elementinin konsantrasyonunun organ bazında değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. *Pb Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun	F Değeri
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış		
0	267,9 a	337,1 a	1246,2 b	1304,1 b	361,6 a	41,008***
1	93,6 a	765,6 c	1592,2 d	1766,1 d	421,7 b	122,962***
3	371,4 a	1042,4 b	1110,1 b	1023,0 b	273,1 a	22,517***
10	258,2 a	458,5 a	2131,8 d	1778,7 c	404,7 a	82,814***
30	150,1 a	74,3 a	947,6 c	1070,8 c	581,6 b	39,022***
50	321,2 a	656,2 b	1089,1 c	1196,7 c	371,2 a	33,357***
100	219,4 a	942,3 c	395,2 a	1455,2 d	581,2 b	70,513***

Pb konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde Pb konsantrasyonunun da bütün mesafelerde organ bazındaki değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise Pb konsantrasyonunun odunda elde edilen değerlerin oldukça düşük olduğu, odunda elde edilen bütün değerlerin Duncan testi sonucunda ilk iki homojen grupta yer aldığı görülmektedir. Bunun dışında ibre örneklerinde elde edilen değerlerin kabukta elde edilen değerlerden, yıkanmış örneklerde elde edilen değerlerin ise yıkanmamış örneklerden elde edilen değerlerden daha düşük olduğu gözlenmektedir. Pb konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösteren grafik 4.9.'da verilmiştir.



Grafik 4.9. Pb Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi

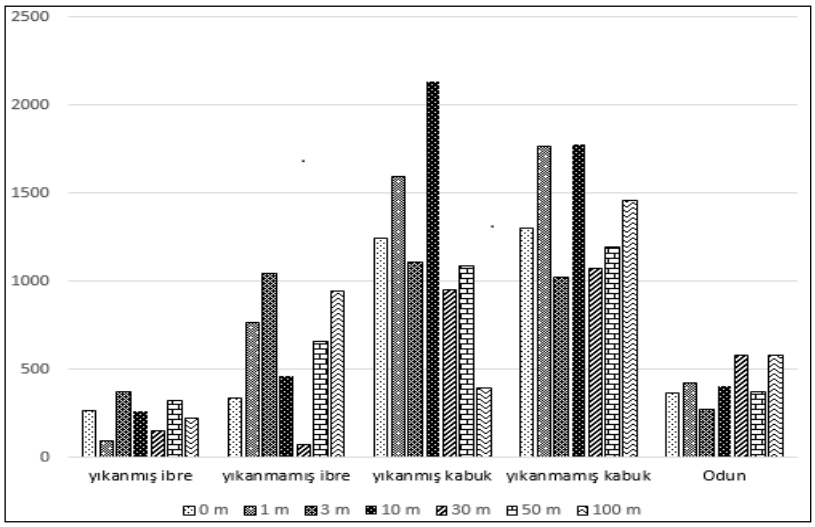
Pb konsantrasyonunun organ bazında mesafeye bağlı değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. *Pb Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış	
0	267,9 bc	337,1 b	1246,2 b	1304,1 bc	361,6
1	93,6 a	765,6 cd	1592,2 c	1766,1 d	421,7
3	371,4 c	1042,4 e	1110,1 b	1023,0 a	273,1
10	258,2 bc	458,5 b	2131,8 d	1778,7 d	404,7
30	150,1 ab	74,3 a	947,6 b	1070,8 ab	581,6
50	321,2 c	656,2 c	1089,1 b	1196,7 ab	371,2
100	219,4 abc	942,3 de	395,2 a	1455,2 c	581,2
	3,936*	31,334***	27,357***	15,223***	2,096ns

Pb konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde mesafeye bağlı olarak odundaki Pb konsantrasyonunun istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaşmaması dikkat çekmektedir. Bunun dışında Pb konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak değişimi ibre ve kabuk örneklerinde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaşmaktadır. Bu farklılaşma yıkanmış ibre örneklerinde %95, diğer örneklerde %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde ise Pb konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak değişiminin anlamsız olduğu söylenebilir. Tablo değerleri incelendiğinde bazı organlarda en düşük, bazı organlarda ise en yüksek değerlerin orta sıralarda yer aldığı dolayısıyla mesafe ile Pb konsantrasyonu değişimi arasında anlamlı bir ilişki kurulamadığı söylenebilir. Pb konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimini gösteren grafik 4.10'da verilmiştir.



Grafik 4.10. Pb Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi

4.6. Cd Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu önemli elementlerden bir diğeri olan Cd elementinin konsantrasyonunun organ bazında değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.11.'de verilmiştir.

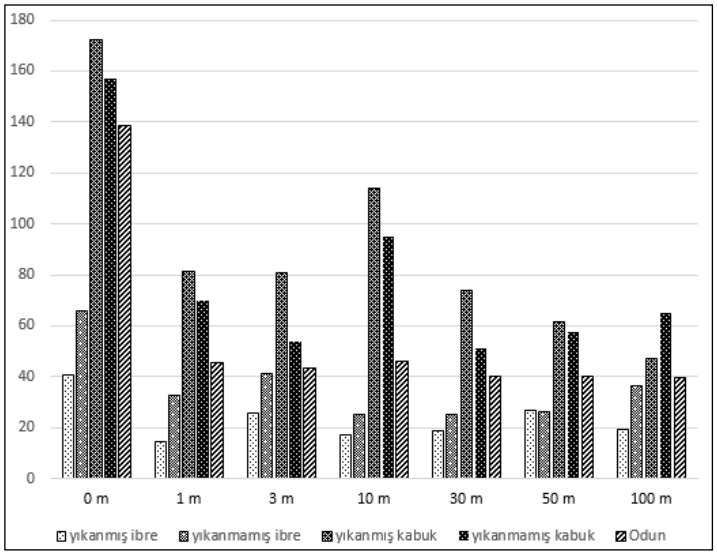
Tablo 4.11. *Cd Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun	F Değeri
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış		
0	40,8 a	65,9 a	172,4 c	157,0 bc	138,8 b	36,731***
1	14,7 a	32,8 b	81,5 c	69,9 c	45,4 b	35,040***
3	25,9 a	41,1 b	80,6 d	53,9 c	43,2 b	95,119***
10	17,3 a	25,0 a	114,0 c	95,0 c	46,0 b	45,881***
30	19,0 a	25,2 a	73,6 d	50,9 c	39,9 b	31,902***
50	26,6 a	26,0 a	61,4 c	57,5 c	40,4 b	103,357***
100	19,3 a	36,4 b	46,9 c	65,2 d	39,5 bc	27,582***

Cd konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde, CD konsantrasyonunun da bütün mesafelerde organ bazındaki değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise Cd

konsantrasyonunun genel olarak en düşük değerlerinin ibrelerde, en yüksek değerlerinin ise kabuklarda elde edildiği, odun örneklerinde elde edilen değerlerin ise ibrelerden yüksek, kabuklardan düşük seviyede olduğu görülmektedir. Bunun dışında genel olarak ibrelerde yıkanmamış örneklerde elde edilen Cd konsantrasyonları yıkanmış örneklerden, kabukta ise yıkanmış örneklerde elde edilen Cd konsantrasyonları yıkanmamış örneklerde elde edilen Cd konsantrasyonlarından daha yüksektir.

Cd konsantrasyonunun organ bazında değişimini gösteren grafik 4.11'de verilmiştir.



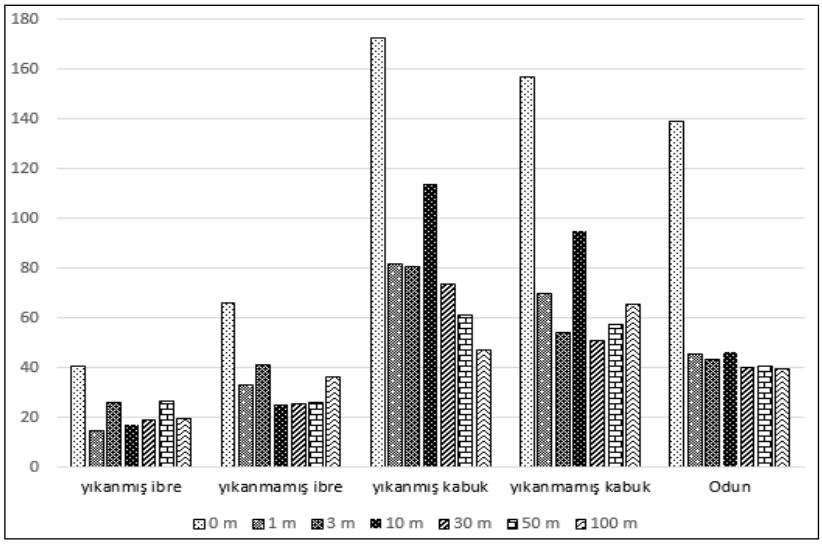
Grafik 4.11. Cd Konsantrasyonunun Organ Bazında Değişimi

Cd konsantrasyonunun organ bazında mesafeye bağlı değişimi her bir mesafe için ayrı ayrı belirlenmiş ve ortalama değerler, varyans analizi sonucu elde edilen F değeri ve önem düzeyi ile Duncan testi sonucu oluşan homojen gruplar Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.12. *Cd Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi*

Mesafe (m)	İbre		Kabuk		Odun	F Değeri
	Yıkanmış	Yıkanmamış	Yıkanmış	Yıkanmamış		
0	40,8 c	65,9 c	172,4 e	157,0 c	138,8 b	36,731***
1	14,7 a	32,8 ab	81,5 c	69,9 a	45,4 a	35,040***
3	25,9 b	41,1 b	80,6 c	53,9 a	43,2 a	95,119***
10	17,3 a	25,0 a	114,0 d	95,0 b	46,0 a	45,881***
30	19,0 a	25,2 a	73,6 bc	50,9 a	39,9 a	31,902***
50	26,6 b	26,0 a	61,4 ab	57,5 a	40,4 a	103,357***
100	19,3 a	36,4 ab	46,9 a	65,2 a	39,5 a	27,582***
	30,335***	14,796***	49,714***	24,435***	58,942***	

Varyans analizi sonucunda Cd konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişiminin bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Cd konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimi incelendiğinde, genel olarak mesafe arttıkça Cd konsantrasyonunun düştüğü görülmektedir. Cd konsantrasyonunun mesafeye bağlı değişimini gösteren grafik 4.12.'de verilmiştir.



Grafik 4.12. Cd Konsantrasyonunun Mesafeye Bağlı Değişimi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında incelenen elementlerden birisi olan Ni memeliler ve diğer hayvanlar için kanserojen bir elementtir (Okçu vd., 2009; Shahid vd., 2017). Ni, kömür, petrol, çelik, alaşım üretimi, galvaniz ve elektronik endüstrisinde kullanılmaktadır (Asri ve Sönmez., 2006). Çalışma sonucunda Ni konsantrasyonunun hem ibrelerde hem de kabuklarda yıkanmamış örneklerdeki konsantrasyonların yıkanmış örneklerdeki konsantrasyonlardan daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir. Bu durum bu güne kadar yapılmış çeşitli çalışmalarda da ortaya konulmuştur. Zira ağır metaller yayılım sonrası atmosferdeki çeşitli partiküllere tutunabilir (Eqani vd., 2016). Dolayısıyla yıkanmamış örneklerdeki ağır metal konsantrasyonları, bu örnekler üzerindeki partikül madde miktarının fazla olmasına bağlı olarak daha yüksek seviyelerde çıkmaktadır (Mossi., 2018).

Bu çalışmada Ni konsantrasyonunun 4446 ppb seviyesine kadar çıktığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmıştır. Turkyilmaz vd., (2018b) Ni konsantrasyonunun trafiğin olmadığı alanlarda 4,381 ppm düzeyinde iken trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 5,840 ppm ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda 10,745 ppm seviyelerine kadar çıktığını belirtmişlerdir. Mossi (2018) *Buxus sempervirens*'de 1639,1 ppb, Turkyilmaz vd., (2018b) *Tilia tomentosa'*da 4,571 ppm, *Eleagnus angustifolia*'da 4,746 ppm, *Ailanthus altissima*'da 5,224 ppm ve *Prunus cerasifera*'da 13,413 ppm düzeyine kadar çıktığını belirtmektedirler.

Ancak ibreli türlerde Ni konsantrasyonunun daha düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Mossi (2018) Ni konsantrasyonunun *Juniperus sabina*'da 801,7 ppb, Turkyilmaz vd., (2018a) *Pinus sylvestris*'da 225,3 ppb, *Pinus nigra*'da 312,4 ppb, *Picea pungens*'de 566 ppb ve *Abies bornmülleriana*'da 1119,2 ppb düzeyinde olduğunu, en yüksek olarak da *Abies bornmülleriana*'da 3 yaşındaki ibrelerde 1801ppb düzeyine kadar çıktığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlara göre çalışmamızda elde edilen değerin, ibreli türlere göre oldukça yüksek olduğu söylenebilir.

Çalışmaya konu ağır metallerden Cr potansiyel toksisiteleri ve yaşayan organizmalara maruz kalma bakımından en toksik ağır metaller arasındadır (Shahid

vd., 2015; Shahid vd., 2017). İnsanlarda hava yoluyla vücuda alınması ile burun akmaları, burun kanamaları, kaşınma ve üst solunum yollarında delinmelerin yanı sıra kroma karşı alerji gösteren insanlarda da astım krizleri görülebilir (Asri ve Sönmez, 2006). Bitkilerde de kuru madde de 100 mg/kg seviyesinde birçok yüksek bitki için toksiktir (Asri ve Sönmez, 2006). Cr gibi esansiyel olmayan metaller yaprak transferi yoluyla bitki yapraklarına girebilmektedir (Levi vd., 1973).

Çalışma sonucunda Cr konsantrasyonunun mesafeye bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Dolayısıyla trafik yoğunluğunun arttığı bölgelerde Cr konsantrasyonu da artmaktadır. Yapılan pek çok çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Turkyilmaz vd., (2018b) Cr konsantrasyonunun trafiğin olmadığı alanlarda 16,595 ppm düzeyinde iken trafiğin yoğun olduğu alanlarda 23,716 ppm düzeyine yükseldiğini belirtmektedirler. Li vd., (2007)'de yol kenarlarındaki *Sophora japonica* yapraklarındaki Cr konsantrasyonunun 2,62 mg kg^{-1} iken yol kenarındaki bireylerde 3,45 mg kg^{-1}'a yükseldiğini belirlemişlerdir. Sawidis vd., (2011) *Platanus orientalis* yapraklarındaki Cr konsantrasyonunun kontrol grubunda Salzburg'da 0,227 µg/g, Belgrad'da 0,404 µg/g ve Thessaloniki'de 0,558 µg/g iken kirli olan bölgelerde Salzburg'da 0,388 µg/g, Belgrad'da 0,472 µg/g ve Thessaloniki'de 0,621 µg/g düzeyine çıktığını belirlemişlerdir. *Pinus nigra* yapraklarındaki Cr konsantrasyonunun ise kontrol grubunda Salzburg'da 0,386 µg/g, Belgrad'da 0,333 µg/g ve Thessaloniki'de 0,621 µg/g iken kirli olan bölgelerde Salzburg'da 0,423 µg/g,

Belgrad'da 0,576 µg/g ve Thessaloniki'de 0,661 µg/g düzeyine çıktığını belirlemişlerdir (Sawidis vd., 2011). Cr konsantrasyonunun organa bağlı olarak da önemli düzeyde değiştiği, odun örneklerinde Cr konsantrasyonunun oldukça düşük olduğu, hatta öyle ki aynı daldan alınan örneklerde odun ile diğer organlar arasındaki farkın beş katı geçebildiği belirlenmiştir. Bunun dışında kabukta elde edilen değerler de ibrelerde elde edilen değerlerden bariz bir şekilde yüksektir.

Cr'un tür ve organ bazında en çok değişim gösteren elementlerden birisi olduğu belirtilmektedir (Mossi, 2018). Turkyilmaz vd., (2018) Cr konsantrasyonunun odun ile kabuk arasında 9 kata yakın fark olduğunu belirtmektedirler. Mossi (2018)'de

yapraklarda hesaplanan Cr konsantrasyonunun dallarda hesaplanan konsantrasyonun yaklaşık 1,44 katı olduğunu belirtmektedir. Cr konsantrasyonunun yıkanmamış kabuk örneklerinde 1443 ppb seviyesine kadar çıktığı belirlenmiştir. Mossi (2018)'de *Eonymus japonica*'da 846,2 ppb düzeyinde olan Cr konsantrasyonunun *Juniperus sabina*'da 2330,9 ppb düzeyine çıktığını belirlemiştir.

Çalışmaya konu ağır metallerden bir diğeri olan Zn, hem insanlar, hem hayvanlar hem de bitkiler için mutlaka gerekli bir elementtir (Pak, 2011). Zn, bitkilerde protein ve karbonhidrat sentezine katılır. Ayrıca, enzim aktivasyonu, fotosentez ve solunum faaliyetleri yanı sıra biyolojik membran stabilitesi üzerine etkilidir. Bundan dolayı ürün miktar ve kalitesini doğrudan etkilemektedir (Okçu vd., 2009).

Zn insan ve hayvan organizmasında pek çok hayati fonksiyona katılmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda toksiktir (Mossi, 2018; Akarsu., 2019). Zn, endüstride metal kaplama ve alaşımlarda, kozmetik, boya, mürekkep, kopya kâğıtları, muşamba, lastik, maden sanayi gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Yoğun endüstri alanlarından bırakılan atık sularla, asit yağmurları aracılığıyla ve kanalizasyon sularıyla toprağa ulaşmaktadır.

Görülen Zn toksisiteleri genellikle 400 ppm'den sonra başlamaktadır. Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi yavaşlar, kökler incelir, genç yapraklar kıvrılır, kloroz görülür, hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organları parçalanır ve klorofil sentezi azalır (Asri ve Sönmez., 2006).

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre Zn konsantrasyonunun odun örneklerinde diğer organlardakinden daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlara farklı çalışmalarda da ulaşılmıştır. Turkyilmaz vd., (2018) *Acer platanoides*'de odunlarda ölçülen Zn konsantrasyonunun ortalama 3,59 ppb düzeyinde iken bu rakamın kabuk örneklerinde 14,79 ppb düzeyine çıktığını bildirmektedir. Benzer sonuçlar farklı çalışmalarda da elde edilmiştir (Sevik vd., 2018; Turkyilmaz vd., 2018c).

Çalışma sonucunda ayrıca, genellikle yıkanmamış örneklerde ölçülen Zn konsantrasyonunun yıkanmış örneklerde ölçülenden daha yüksek olduğu

belirlenmiştir. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda Zn konsantrasyonunun bitki organı (Sevik vd., 2018; Turkyilmaz vd., 2018) trafik yoğunluğu (Liu vd., 2015; Huber vd., 2016; Yang vd., 2017) lokasyon (Alsbou ve Al-Khashman, 2018; Qing vd., 2015; Ahmed ve Ahmaruzzaman, 2016) ve bitki türüne (Turkyilmaz vd., 2018a,b) bağlı değişimine ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmada Zn konsantrasyonunun en yüksek 49,7 ppm seviyesine kadar çıktığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda bu çalışmada elde edilen değerlere yakın değerler elde edilmiştir. Mossi (2018) Zn konsantrasyonunun trafiğin yoğun olduğu alanlarda 25,13 ppm seviyesine kadar çıktığını belirtmektedir. Benzer şekilde Demirayak vd., (2011) Samsun'da ortalama Zn konsatrasyonunun *L.vulgare* yapraklarında 70 ppm düzeyinde olduğunu, Tanushree vd., (2011) Hindistan'da Zn konsantrasyonunun, *Morus alba'*da 83 mg kg^{-1}, *Polyalthia longifolia'*da 59 mg kg^{-1},

*Ficus bengalensis'*de 49 mg kg^{-1}, *Alstonia scholaris'*de 42 mg kg^{-1} düzeyinde olduğunu belirtmektedirler. Oysa Aksoy ve Şahin (1999) *E. angustifolia*'nın yıkanmayan yapraklarında Zn konsantrasyonunun ortalama olarak endüstri bölgelerinde 231,26 μgg^{-1}, yol kenarlarında 83,52 μgg^{-1}, şehir merkezinde 69,14 μgg^{-1}, şehir kenarlarında 38,16 μgg^{-1} ve kırsal alanda ise 22,08 μgg^{-1} düzeyinde olduğunu belirlemişlerdir. Serbula vd., (2012) ise *Robinia pseudoacacia* dallarında 192,7 $mgkg^{-1}$ a kadar çıktığını belirtmektedirler. Çelik vd., (2005) Denizli'de *Robinia pseudoacacia* L.'da Zn konsantrasyonunun endüstri bölgelerinde 456,88 $\mu g\ g^{-1}$ şehir içi yol kenarlarında 506,43 $\mu g\ g^{-1}$ şehir merkezi dışından toplanan örneklerde dahi 81,23 $\mu g\ g^{-1}$ seviyesinde olduğunu bildirmektedirler.

Çalışma kapsamında değerlendirilen ağır metallerden birisi olan Cu bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında yer almasından dolayı oldukça önemli bir elementtir (Asri ve Sönmez., 2006). Yapılan çalışmalarda, bakırın fotosentez, solunum, karbonhidrat parçalanması, azot kullanımı ve depolanması, hücre duvarı metabolizması gibi fizyolojik olaylarda önemli rol oynadığı, ksilem geçirimliliğini düzenlediği, DNA ve RNA nın üretimini kontrol ettiği ve hastalıklara karşı, direnç mekanizmasında önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Bakır eksikliği durumunda bitki üremesinin durduğu belirtilmektedir (Okcu vd., 2009).

Bunların yanında, bitki türlerinin farklı miktarlarda ihtiyaç göstermelerine karşın, bakır, oldukça zehirli bir metaldir. Bakır zehirlenmesinin bazı etkilerini doku hasarı, köklerde bozulma ve bitki renginde koyulaşma olarak sayılabilir. Diğer etkiler ise, membran geçirimliliğinde bozulma sonucunda kök hücrelerinde iyon kaybı, DNA' nın hasar görmesi sonucu fotosentez işleminin bozulmasıdır (Okcu vd., 2009). Bakır insan ve hayvan metabolizması için mutlak gerekli olan bir iz element olmasına rağmen akut bakır zehirlenmesinde karın ağrısı, bulantı, kusma ve ishal görülebilmektedir (Asri ve Sönmez., 2006).

Alınan düşük düzeydeki bakır iyonları, karaciğer sirozuna, wilson hastalığına, sistematik romatizma hastalıklarına, böbrek rahatsızlıklarına; yüksek düzeydeki bakır iyonları ise kan kanserine sebep olabilmektedir (Hayta., 2006). Bundan dolayı bitkilerdeki bakır konsantrasyonunun belirlenmesi ve trafik yoğunluğu ile ilişkilendirilmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Turkyilmaz vd., 2018a,b).

Turkyilmaz vd., (2018b) çalışmalarında Cu konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak değiştiğini, trafiğin olmadığı alanlarda 69,615 ppb olan Cu konsantrasyonunun trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 71,096 ppb ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda 110,441 ppb düzeyine yükseldiğini belirtmektedirler. Suzuki vd., (2009) Japonya Okayama'da *Rhododendron pulchrum* yapraklarında Cu konsantrasyonunun 22,22 mg kg^{-1} a kadar çıktığını, Demirayak vd., (2011) Samsun ilinde *M. grandiflora*'da yapraklarda ortalama Cu konsantrasyonunun 35 ppm düzeyinde olduğunu belirtmektedirler. Li vd., (2007) *Sophora japonica* L., yapraklarındaki Cu konsantrasyonunun yol kenarlarındaki bireylerde paklardaki bireylerden daha yüksek olduğunu belirtmektedirler.

Sawidis vd., (2011) *Pinus nigra* yapraklarındaki Cu konsantrasyonunun kontrol grubunda Salzburg'da 3,182 µg/g, Belgrad'da 3,263 µg/g ve Thessaloniki'de 2,432 µg/g iken kirli olan bölgelerde Salzburg'da 4,875 µg/g, Belgrad'da 25,391 µg/g ve Thessaloniki'de 16,486 µg/g düzeyine çıktığını belirlemişlerdir.

Erdem (2018) farklı türler üzerinde yaptığı çalışmada Cu konsantrasyonunun 0,16 ppm ile 24,66 ppm arasında değiştiğini ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değerler arasında yüksek düzeyde fark olduğunu örneğin *Ailanthus altissima* yapraklarında trafiğin yoğun olduğu alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun trafiğin olmadığı alanlarda belirlenen Cu konsantrasyonunun yaklaşık 80 katı olduğunu belirtmektedir.

Pınar (2018)'da beş tür üzerinde yaptığı çalışmada Cu konsantrasyonunun 3 ppm ile 286,5 ppm arasında değiştiğini ve en yüksek değerin trafiğin yoğun olduğu alanlardaki ıhlamur tohumlarında elde edildiğini belirtmektedir.

Çalışmamızda odun örneklerindeki Cu konsantrasyonlarının diğer organlardakinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuç genel olarak literatür ile uyumludur. Yapılan çalışmalarda Cu konsantrasyonunun farklı türlerde, tür ve organ bazında değiştiği belirlenmiştir (Mossi, 2018; Turkyilmaz vd., 2018). Erdem dört farklı türde yaptığı çalışmada Cu konsantrasyonunun organ bazında önemli ölçüde değiştiğini, bazı türlerde en yüksek değerlerin yaprakta, bazı türlerde ise dal ve tohumlarda tespit edildiğini belirtmektedir. Benzer sonuçlara Özel (2019) ve Pınar (2019) tarafından da ulaşılmıştır.

Çalışmaya konu ağır metallerden bir diğeri Pb'dur. Pb konsantrasyonu, ağır metaller içerisinde ayrı bir önem taşımaktadır. Endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerde yaygın olarak kullanılan ve bundan dolayı oldukça sık rastlanılan bir element olan Pb metal veya bileşik olarak atmosfere yayılan ve her durumda toksik özellik taşıyan bir ağır metaldir. Pb insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en çok zarar veren ağır metallerdendir (Shahid vd., 2017; Mossi, 2018). Bundan dolayı Pb'un trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır (Lei vd., 2015; Assirey vd., 2015; Galal vd., 2015).

Çalışma kapsamında odunda elde edilen değerlerin oldukça düşük olduğu, bunun dışında ibre örneklerinde elde edilen değerlerin kabukta elde edilen değerlerden, yıkanmış örneklerde elde edilen değerlerin ise yıkanmamış örneklerden elde edilen değerlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Mossi (2018) farklı türlerde yaptığı çalışmada benzer sonuçlara ulaşmış, trafiğin yoğun olduğu alanlarda en düşük Pb konsantrasyonlarının yıkanmış, en yüksek Pb konsantrasyonlarının ise yıkanmamış örneklerde elde edildiğini belirlemiştir.

Pb çok uzun yıllardan beri insanlar için önemli bir metal olmasının yanında çevresel kirlilik yaratan metaller arasında da ilk sıralarda yer almaktadır. Özellikle kent merkezlerine yakın alanlarda, endüstriyel bölgelerde yetiştirilen bitkisel ve hayvansal gıdalarda normal seviyelerin üzerinde kurşun bulunabilmektedir (Kahvecioğlu vd., 2007; França vd., 2017; Shahid vd., 2017). Bunlara ek olarak kurşun içeren benzin de önemli bir kaynaktır. Bundan dolayı Pb ile trafik yoğunluğu arasındaki ilişkiyi belgeleyen çok sayıda çalışma mevcuttur (Qing vd., 2015; Begum vd., 2017; Shahid vd., 2017).

Erdem (2018) farklı türlerdeki Pb konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini, ortalama olarak trafiğin olmadığı alanlarda 346 ppb düzeyinde olan Pb konsantrasyonunun trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 635 ppb ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda ise 1782 ppb düzeyine çıktığını belirtmektedir. Pınar (2019)'da trafik yoğunluğu ile birlikte Pb konsantrasyonunun da arttığını ve bu artışın bazı organlarda oldukça yüksek seviyelerde olduğunu, örneğin Aesculus hippocastanum tohumlarında trafiğin olmadığı alanlarda 39,6 ppb düzeyinde olan Pb konsantrasyoınunun trafiğin yoğun olduğu alanlarda 781,3 ppb düzeyine çıktığını belirtmektedir.

Pb'nun organ ve tür bazında değişimine ilişkin de çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda Pb'un organ bazında önemli ölçüde değiştiği belirtilmektedir. Örneğin Akarsu (2019) *Cedrus arizonica*'da odundaki Pb konsantrasyonunun ortalama 1619 ppb seviyesinde iken bu değerin dış kabukta 5902 ppb seviyesine çıktığını belirtmektedir.

Özel (2019)'de Pb konsantrasyonunun tür, trafik yoğunluğu ve organa bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini örneğin trafiğin olmadığı alanlardaki dut kabuklarında 390,67 ppb olan Pb konsantrasyonunun yapraklarda 2630 ppb seviyesine çıktığını

belirtmektedir. Aynı rakamlar trafiğin olduğu alanlarda ise kabukta 5352 ppb, yaprakta ise 11582 ppb düzeyine yükselmektedir (Özel., 2019).

Pb bu özelliklerinden dolayı ağır metal ile ilgili çalışmalara en sık konu olan elementlerdendir. P'un biyomonitoru olarak kullanımı konusunda bir çok tür üzerinde çalışma yapılmıştır. Aksoy ve Şahin (1999) *Elaeagnus angustifolia,* Tam vd., (1987) *Bauhina varigeata,* Çelik vd., (2005) *Robinia pseudoacacia,* Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu (2005) *Cupressus sempervirens* ve *Cedrus libani,* Demirayak vd., (2011) *M. grandiflora* ve *A. cyanophylla,* Tanushree vd., (2011) *Alstonia scholaris, Ficus bengalensis, Morus alba,* ve *Polyalthia longifolia,* Sawidis vd., (2011) *Platanus orientalis* ve *Pinus nigra,* Li vd., (2007) *Sophora japonica* türlerinde Pb konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişimini belirlemeyi amaçlayan çalışmalar yapmışlardır.

Üzerinde en çok çalışma yapılan ağır metallerden birisi de Cd'dur. Cd, kullanım alanlarının çeşitliliği yanında çevre kirliliğindeki rolü ile de gündeme gelen, son derece toksik bir metaldir. Cd'un insanlarda karsinojen etki yaptığı 1976 yılında belirlenmiş ve 1993 yılında, IARC (International Agency for Cancer Research) tarafından Tip 1 karsinojen olarak sınıflandırılmıştır (Boğa., 2007). Cd hem insan ve hayvanlar, hem de bitkiler için toksik etkili olan bir elementtir (Asri ve Sönmez, 2006; Boğa, 2007). İnsanlar için çok düşük dozlarda bile toksik olmasının yanında biyolojik yarı ömrünün uzun olması Cd'un önemini artırmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2007). Bundan dolayı Cd'un trafik ve endüstriyel alanlarda konsantrasyonu konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Turkyilmaz vd., 2018a,b).

Kadmiyum, endüstriyel faaliyetlerin yanı sıra, tarımda kullanılan fosforlu gübreler, yerleşim alanlarındaki lağım atıkları ve atmosferik depositler yoluyla yayılmaktadır. Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde, yol kenarlarındaki topraklarda yılda 0.2-1.0 mg/m^2 Cd ilavesi olduğu belirtilmektedir (Asri ve Sönmez., 2006). Çalışmamızda da genel olarak yola olan mesafe arttıkça Cd konsantrasyonunun düştüğü belirlenmiştir. Bunun yanında genel olarak en düşük değerler ibrelerde, en yüksek değerler ise kabuklarda elde edilmiştir.

Çalışma sonuçları Cd miktarının hem trafik yoğunluğu, hem de organ bazında değiştiğini ortaya koymuştur. Yapılan çok sayıda çalışmada da Cd konsantrasyonunun bitki türü, trafik yoğunluğu ve bitki organı bazında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Mossi, vd., 2018; Cetin vd., 2018; Turkyilmaz vd., 2018). Özel (2019) Cd konsantrasyonunun tür, organ ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değiştiğini, Akarsu (2019) *Cedrus arizonica*'da yola bakan kısımda odundaki Cd konsantrasyonunun ortalama 157 ppb seviyesinde iken bu değerin dış kabukta 2601 ppb seviyesine çıktığını belirtmektedir.

Kentsel yaşam kalitesinin önem kazandığı günümüzde çevre kirliliğinin azaltılması konuları dikkat çekmektedir. Kent ekosistemlerinin önemli bir parçası olan yeşil alanlar hava kaynaklı kirlilikleri azaltması ve böylece yaşam kalitesini arttırması nedeniyle önemli uygulama araçlarıdır. Kent içi ve yakın çevresinde çeşitli kirleticiler (sanayi, evsel, trafik vb) bulunmaktadır. Açık yeşil alan niteliğine sahip kent yolları hava kirliliğinin yüksek olduğu alanlardır. Havadaki kirli gazlar kentsel alanlarda çevredeki kırsal alanlara göre 5-25 kat, toz yoğunlaşması ve partiküller de 10 kat daha fazla bulunmaktadır (Ozturk ve Bozdogan., 2015; Sevik vd., 2018). Türkiye'de gelişmekte olan kentlerde kent içi ve yakın çevresinde kent trafiğine katılan araç sayısı her geçen gün artarken trafik kaynaklı kirlilikler de artmaya başlamıştır (Erdoğan ve Yazgan., 2007).

Bu durum, çevre kalitesini olumsuz etkilemekte ve kent içi bitkilendirmeyi çok önemli hale getirmektedir. Kent içerisindeki hava kirliliğinin belirlenmesine yönelik çalışmalarda hava kirliliğinin trafik yoğunluğu, iklim değişimi, rüzgar yönü ve yağış gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir (Sevik vd., 2018). Dolayısıyla havadaki ağır metal konsantrasyonu da pek çok parametreye bağlı olarak değişebilmektedir. Bu değişimin izlenmesi ve bitkilerin ağır metal konsantrasyonunu azaltmak amacıyla etkin biçimde kullanılabilmeleri için bu konudaki çalışmalar büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada herdemyeşil bir tür olan sarıçamın trafik kaynaklı ağır metal birikiminin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilme olanakları belirlenmeye çalışılmıştır. Ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde bitkiler biyomonitör olarak

sıklıkla kullanılmaktadır. Trafik kaynaklı hava kirliliğinin biomonitorü olarak kullanılan türler arasında *Aesculus hippocastanum* (Tomasevic ve Anicic, 2010; Anicic vd., 2011), Taraxacum officinale (Giacomino vd., 201), *Betula pendula* (Petrova vd., 2014), *Ailanthus altissima*, *Biota orientalis*, *Platanus orientalis*, and *Pyracantha coccinea* (Sevik vd., 2019), *Elaeagnus angustifolia Fraxinus excelsior* (Aksoy ve Demirezen., 2006), *Pinus nigra* (Turkyilmaz vd., 2018b), *Pinus pinea* (Rossini Oliva ve Mingorance., 2006), Platanus orientalis (Norouzi vd., 2015; Ozel vd., 2015), *Robinia pseudoacacia* (Celik vd., 2005), *Quercus ilex* (Gratani vd., 2008; De Nicola vd., 2017), Pinus eldarica (Miri vd., 2017) sayılabilir.Bu çalışmada da sarıçamın, havadaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi amacıyla biyomonitor olarak kullanılabilme olanakları araştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda sarıçamın farklı alanlarda trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabileceği belirtilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018b). Bir türün ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilmesi için öncelikle o türün ağır metalleri bünyesinde toplayabilmesi gerekmektedir (Bat vd., 199).

Havadaki ağır metalleri bünyesinde toplayabilen bitkiler aynı zamanda ağır metalleri havadan uzaklaştırabilmektedir. Dolayısıyla havayı ağır metal bakımından temizleyebilmektedirler. Bundan dolayı ağır metalleri bünyesinde fazla miktarda toplayabilen bitkiler aynı zamanda havanın ağır metal bakımından temizlenmesine de katkıda bulunabilmektedirler. Bu durum başka çalışmalarda da dile getirilmiştir (Saleh., 2018; Mossi., 2018; Erdem., 2018). Bu çalışmada da sarıçamın bazı ağır metalleri önemli ölçüde bünyesinde toplayabildiği belirlenmiştir. Dolayısıyla sarıçam yetiştirildiği ortamda bu ağır metallerin havadan uzaklaşmasına yardımcı olacak ve hava kirliliğinin temizlenmesine katkıda bulunacaktır.

6. ÖNERİLER

Günümüzün en önemli problemlerinden birisi hava kirliliğidir. Hava kirliliği kent merkezlerindeki nüfus yoğunluğu yanında bu konudaki bilinç düzeyinin de artmasıyla ayrı bir önem kazanmış ve bu konunun önemi ve sorunun çözümüne yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Çözüm önerileri arasında yeşil alanların artırılması en etkin yöntemlerden birisidir. Yapılan pek çok çalışmada yeşil alanların ve bu alanlarda kullanılan bitkilerin farklı şekillerde hava kirliliğinin her türlüsünü azalttığı ortaya konulmuştur.

Bitkiler, hava kirliliğini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Fakat farklı kirlilik etmenleri üzerinde farklı türlerin etkileri de değişik düzeylerde olmaktadır. Bu güne kadar yapılan çalışmalarda çok sayıda bitki türü çalışmalara konu edilmiş olmasına rağmen bu çalışmalar henüz yeterli düzeyde değildir. Daha pek çok bitki türünün, ağır metalleri biriktirme potansiyelleri hakkında bilgi bulunmamaktadır. Oysa yapılan çalışmalarda bitki türlerinin ağır metal biriktirme potansiyelleri arasında çok büyük farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı, çalışmalara konu edilmeyen türlerin de benzer çalışmalarda kullanılması ve ağır metal kirliliğinin izlenmesi ve azaltılması konusunda daha etkili olabilecek bitkilerin belirlenmesi gerekmektedir. Bundan dolayı benzer çalışmaların çeşitlendirilerek devam ettirilmesi önerilebilir.

Kent merkezlerinde kullanılan bitkilerin seçiminde genellikle görsel kaliteleri ön planda tutulmakta, fonksiyonel kullanımları ikinci plana itilmektedir. Oysa bitkilerin fonksiyonel olarak kullanılabilmeleri için, hangi bitkinin istenilen fonksiyonu yerine getirmede daha etkili olduğu öncelikli olarak belirlenmeli ve tür seçimi buna göre yapılmalıdır.

Sarıçam özellikle herdemyeşil olmasının yanı sıra soğuk iklimlere son derece dayanıklı olması dolayısıyla kent içerisindeki bitkilendirme çalışmalarında kullanılabilecek bir ağaç türüdür. Bunların yanı sıra bakım isteğinin az olması, toprak ve su ihtiyacı bakımından kanaatkâr olması ve herdemyeşil ibreli bir tür olması

Sarıçamı değerli bir peyzaj bitkisi kılmaktadır. Bunlara ek olarak bu çalışmada özellikle Cr ve Cd kirliliğinin izlenmesinde iyi bir biyomonitor olduğu belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında sadece sarıçamın ibre, dal ve odunları üzerinde ölçümler yapılmıştır. Oysa yapılan çalışmalar, bazı türlerin kök, meyve vb. organlarındaki ağır metal konsantrasyonlarının daha fazla olabildiğini göstermektedir. Bundan dolayı bir bitkinin ibre, dal ve odunlarında belirli ağır metal kosantrasyonlarının düşük olması, o bitkinin ağır metal birikimi yapmadığı anlamına gelmeyebilir. Bu bitki başka bir organında yoğun miktarda ağır metal birikimi gerçekleştiriyor olabilir. Bundan dolayı bu alanda yapılacak çalışmalara bitkilerin diğer organlarının da dahil edilmesi önemli sonuçların alınmasını sağlayabilir.

KAYNAKLAR

Ahmed, M. J. K., & Ahmaruzzaman, M. (2016). A review on potential usage of industrial waste materials for binding heavy metal ions from aqueous solutions. *Journal of Water Process Engineering*, *10*, 39-47.

Akarsu, H., (2019). Atmosferdeki Ağır Metal Birikiminin Yıllık Halkalar Yardımı İle Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü*. Kastamonu.

Aksoy, A. & Demirezen, D. (2006). *Fraxinus excelsior* as a biomonitor of heavy metal pollution. *Polish Journal of Envi-ronmental Studies*, 15, 27-33.

Aksoy, A. & Sahin, U. (1999). *Elaeagnus angustifolia* L. as a biomonitor of heavy metal pollution. *Turkish Journal of Botany*, 23, 83-87.

Alsbou, E. M. E., & Al-Khashman, O. A. (2018). Heavy metal concentrations in roadside soil and street dust from Petra region, Jordan. *Environmental monitoring and assessment*, *190*(1), 48.

Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S., and Tasic, M. (2011) Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia* ssp.). *Ecological Indicators*, 11, 824-830.

Asri, F.Ö. ve Sönmez, S. (2006). Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi*, *23*(2): 36-45.

Assirey, E., Al-Qodah, Z., Al-Ahmadi, M., (2015). Impact of traffic density on roadside pollution by some heavy metal ions in Madinah city, Kingdom of Saudi Arabia. *27**(10),** 3770-3776.*Ayres, E., Van der Wal, R., Sommerkorn, M., & Bardgett, R. D. (2006). Direct uptake of soil nitrogen by mosses. *Biology Letters*, *2*(2), 286-288.

Bat, L., Gündoğdu, A., Öztürk, M. (1999). Heavy Metals, SDU Eğirdir su ürünleri fak. Derg. 1998-1999; 166-175.

Begum, H. A., Hamayun, M., Zaman, K., Shinwari, Z. K., & Hussain, A. N. W. A. R. (2017). Heavy metal analysis in frequently consumable medicinal plants of Khyber Paktunkhwa, Pakistan. *Pak. J. Bot*, *49*(3), 1155-1160.

Bing, H., Wu, Y., Zhou, J., & Sun, H. (2016). Biomonitoring trace metal contamination by seven sympatric alpine species in Eastern Tibetan Plateau. *Chemosphere*, *165*, 388-398.

Boğa, A. (2007). Ağır Metallerin Özellikleri ve Etki Yolları. *Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Adana*, (16), 218-230.

Cansaran-duman, D., & Aras, S. (2012). Heavy metal accumulation of five biomonitor lichen species in the vicinity of iron-steel plant in Karabük, Turkey and their comparative analysis. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology*, *69*(4), 179-192.

Celik, A., Kartal, A.A., & Kaska, Y. (2005) Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using *Ro-binia pseudo-acacia* L. *Environment International*, 31, 105-112.

Cesur, A. (2019). Havadaki Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişiminin İzlenmesinde *Cupressus arizonica* Yıllık Halkalarının Kullanabilirliği. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 63 s.

Cetin M, Sevik H, Isinkaralar K. (2017). Changes in the Particulate Matter and CO_2 Concentrations Based on the Time and Weather Conditions: The Case of Kastamonu. Oxidation Communications, 40 (1-II), 477-485.

Cetin, M., & Sevik, H. (2016). Change of air quality in Kastamonu city in terms of particulate matter and CO2 amount. *Oxidation Communications*, *39*(4), 3394-3401.

Cetin, M., Kalayci Onac, A., Sevik, H., Sen, B., (2018) Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa Air Quality, Atmosphere & Health (Air Qual Atmos Health) (2018). DOI: https://doi.org/10.1007/s11869-018-00657-6.

Cocozza, C., Ravera, S., Cherubini, P., Lombardi, F., Marchetti, M., & Tognetti, R. (2016). Integrated biomonitoring of airborne pollutants over space and time using tree rings, bark, leaves and epiphytic lichens. *Urban forestry & urban greening*, *17*, 177-191.

Çavuşoğlu, K., & Çavuşoğlu, K. (2005). Cupressus Sempervirens L. ve Cedrus libani A. Rich. Yapraklarında Taşıtların Sebep Olduğu Kurşun (Pb) Kirliliğinin Araştırılması. BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi.7(2): 37-56.

Çobanoğlu, O. (2019). Mavi Ladin (*Picea pungens* Engelm) İbrelerinin Yakın Geçmişteki Ağır Metal Birikiminde Biyomonitor Olarak Kullanılabilme Olanakları. Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 62 s.

De Nicola, F., Baldantoni, D., Maisto, G., & Alfani, A. (2017). Heavy metal and polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations in Quercus ilex L. leaves fit an a priori subdivision in site typologies based on human

management. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(13), 11911-11918.

Demirayak, A., Kutbay, H.G., Kilic, D., Bilgin, A. & Huseyinova, R. (2011). Heavy Metal Accumulation in Some Natural and Exotic Plants in Samsun City. *Ekoloji, 20*(79): 1-11.

Eqani, S.A.M.A.S. Kanwal, A. Bhowmik,A.K. Sohail,M. Ullah, R. Ali, S.M. Alamdar, A., Ali, N. Fasola, M. Shen, H. (2016) Spatial distribution of dust–bound traceelements in Pakistan and their implications for human exposure, Environ.Pollut. 213: 213–222.

Elfantazi, M.F.M., Aricak, B. & Baba, F.A.M. (2018a). Changes in Concentration of Some Heavy Metals in Leaves And Branches of Acer Pseudoplatanus Due to Traffic Density. *International Journal of Trend in Research and Development*,*5*(2): 704-707.

Elfantazi, M.F.M., Aricak, B., Ozer Genc, C. (2018b). Concentrations In *Morus Alba L*. Leaves and Branches Due To Traffic Density. *International Journal of Current Research. 10*(05): 68904-68907.

Erdem, T. (2018). Ağır Metal Konsantrasyonlarının Bazı Bitkilerde Tür, Organel Ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. Yüksek Lisans Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Kastamonu, Türkiye.

Erdoğan, E. and Yazgan, M.E. (2007) Landscape Architecture Studies in Decreasing the Problem of Traffic Noise in Cities: Ankara Example. Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 4 (2), p. 202.

França, F. C., Albuuerque, A. M., Almeida, A. C., Silveira, P. B., Crescêncio Filho, A., Hazin, C. A., & Honorato, E. V. (2017). Heavy metals deposited in the culture of lettuce (Lactuca sativa L.) by the influence of vehicular traffic in Pernambuco, Brazil. *Food chemistry*, *215*, 171-176.

Galal, T. M., & Shehata, H. S. (2015). Bioaccumulation and translocation of heavy metals by Plantago major L. grown in contaminated soils under the effect of traffic pollution. Ecological Indicators, 48, 244-251.

Giacomino, A., Malandrino, M., Colombo, M. L., Miaglia, S., Maimone, P., Blancato, S., Conca, E. & Abollino, O. (2016). Metal content in dandelion (Taraxacum officinale) leaves: influence of vehicular traffic and safety upon consumption as food. *Journal of Chemistry, 2016*. 1-9.

Gramatica, P., Battaini, F., Giani, E., Papa, E., Jones, R. J., Preatoni, D., & Cenci, R. M. (2006). Analysis of mosses and soils for quantifying heavy metal concentrations in Sicily: A multivariate and spatial analytical approach. *Environmental Science and Pollution Research*, *13*(1), 28-36.

Gratani, L., Crescente, M.F., & Varone, L. (2008) Long-term monitoring of metal pollution by urban trees. *Atmos-pheric Environment*, 42, 8273-8277.

Harmens, H., Buse, A., Büker, P., Norris, D., Mills,G., Williams, B., Reynolds,B., Ashenden, T.W., Rühling Å. & Steinnes E. (2004). Heavy metal concentrations in european mosses: 2000/2001 survey. *J. Atmos. Chem.* 49 *425–436.*

Harmens, H., Norris, D., Steinnes, E., Kubin, E., Piispane, J., Alber R., Aleksiayenak, Y., Blum, O., Cos, K.M, & Dam, M., (2010). Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Pollut. 158*, 3144–3156.

Hayta, A. B. (2006). Çevre kirliliğinin önlenmesinde ailenin yeri ve önemi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, *7*(2), 359-376.

Huber, M., Welker, A., & Helmreich, B. (2016). Critical review of heavy metal pollution of traffic area runoff: Occurrence, influencing factors, and partitioning. *Science of the Total Environment*, *541*, 895-919.

Isinkaralar, O., Isinkaralar, K., Ekizler, A., Ilkdogan, C., 2017. Changes in the Amounts of CO2 and Particulate Matter in Kastamonu Province Depending on Weather Conditions and Locations, Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences, 7(3); 643-650

Ite, A. E., Ubong, U. U., Etesin, U. M., Nsi, E. W., Ukpong, E. J., Ekanem, A. N., Ufot, U.F. & Udo, A.I. (2016). Heavy metals in epiphytic lichens and Mosses of Oil-Producing Commities of Eket and Ibeno, Akwa Ibom State-Nigeria. *American Journal of Environmental Protection*, *4*(2), 38-47.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A. & Timur S., (2007). Metallerin Çevresel Etkileri –I. (erişim adresi: www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, erişim tarihi: 19.04.2019).

Kardel, F., Wuyts, K., De Wael, K., & Samson, R. (2018). Biomonitoring of atmospheric particulate pollution via chemical composition and magnetic properties of roadside tree leaves. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*(26), 25994-26004.

Lei, J., Hasi, E., & Sun, Y. (2015). Assessing the influence of different road traffic on heavy metal accumulation in rural roadside surface soils of the eastern ordos plateau grassland in China. *Water Resources and Environment; CRC Press: Boca Raton, FL, USA*, 247-252.

Levi, E., Dalschaert, X. & Wilmer J., (1973). Retention and absorption of foliar applied Cr. *Plant Soil*, 38, 683–686.

Li, F. R., Kang, L. F., Gao, X. Q., Hua, W., Yang, F. W., & Hei, W. L. (2007). Traffic-related heavy metal accumulation in soils and plants in Northwest China. Soil & Sediment Contamination, 165), 473-484.

Liu, A., Liu, L., Li, D., & Guan, Y. (2015). Characterizing heavy metal build-up on urban road surfaces: Implication for stormwater reuse. *Science of the Total Environment*, *515*, 20-29.

Macedo-Miranda, G., Avila-Pérez, P., Gil-Vargas, P., Zarazúa, G., Sánchez-Meza, J. C., Zepeda-Gómez, C., & Tejeda, S. (2016). Accumulation of heavy metals in mosses: a biomonitoring study. *SpringerPlus*, *5*(1), 715.

Miri, M., Ehrampoush, M. H., Ghaffari, H. R., Ebrahimi Aval, H., Rezai, M., Najafpour, F., Fathabadi, ZA., Aval, MY., & Ebrahimi, A. (2017). Atmospheric Heavy Metals Biomonitoring Using a Local Pinus eldarica Tree. *Health Scope*. 6(1), 1-9.

Mossi, M.M.M. 2018. Determination Of Heavy Metal Accumulation In Some Shrub Formed Landscape Plants, Kastamonu University Institute Of Science Department Of Forest Engineering, PhD Thesis.

Mutlu E, Demir T, Yanık T, Anca Sutan N (2016) Determination of environmentally relevant water quality parameters in Serefiye Dam-Turkey. Fresenius Environ Bull *25*(12):5812–5818.

Norouzi, S., Khademi, H., Cano, A. F., & Acosta, J. A. (2015). Using plane tree leaves for biomonitoring of dust borne heavy metals: a case study from Isfahan, Central Iran. *Ecological indicators*, *57*, 64-73.

Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A.M. & Pehluvan, M. (2009). Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri. *Alınteri Dergisi,* 17,14-26.

Osyczka, P., Rola, K., & Jankowska, K. (2016). Vertical concentration gradients of heavy metals in Cladonia lichens across different parts of thalli. *Ecological indicators*, *61*, 766-776.

Ozel, HB, Ozel, HU., & Varol, T. (2015). Using Leaves of Oriental Plane (Platanus orientalis L.) to Determine the Effects of Heavy Metal Pollution Caused by Vehicles. *Polish Journal of Environmental Studies*, *24*(6). 2569-2575

Ozturk, S. & Bozdogan, E. 2015. The Contribution of Urban Road Trees on Improving The Air Quality in an Urban Area. *Fresenius Environmental Bulletin*, *24*(5): 1-9.

Ölgen, M. K., & Gür, F. (2011). Yatağan termik santrali çevresinden toplanan likenlerde (Xanthoria parietina) saptanan ağır metal kirliliğinin coğrafi dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi*, (57), 43-54.

Özel, S.. (2019).Bazı Meyve Ağacı Organellerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. *Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

Pak, O. (2011). An Investigation of Some Heavy Metal Pollution Along the TEM Motorway Soils in Kırklareli, Namık Kemal University Graduate School of Natural and Applied Sciences Main Science Division of Soil Science and Plant Nutrition,MSc. Thesis.

Paoli, L., Vannini, A., Monaci, F., & Loppi, S. (2018). Competition between heavy metal ions for binding sites in lichens: Implications for biomonitoring studies. *Chemosphere*, *199*, 655-660.

Petrova, S., Yurukova, L., & Velcheva, I. (2014). Possibilities of using deciduous tree species in trace element biomonitoring in an urban area Plovdiv, Bulgaria). *Atmospheric Pollution Research*, *5*2), 196-202.

Pınar, B., (2019).Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi. *Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü*. Kastamonu.

Qing, X., Yutong, Z., & Shenggao, L. (2015). Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and environmental safety*, *120*, 377-385.

Rossini Oliva, S. & Mingorance, M.D. (2006). Assessment of airborne heavy metal pollution by aboveground plant parts. *Chemosphere*, 65, p. 177-182.

Saleh, E.A.A. 208. Determination of heavy metal accumulation in some landscape plants, kastamonu university institute of science department of forest engineering, ph.d. Thesis

Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P. &Tsigaridas, K. (2011). Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental Pollution, 159, 3560-3570.*

Schreck, E., Foucault, Y., Sarret, G., Sobanska, S., Cécillon, L., Castrec R. M. & Uzu Dumat C. (2012). Metal and metalloid foliar uptake by various plant species exposed to atmospheric industrial fallout: mechanisms involved for lead. *Sci. Toplam Environ*. 427–428, 253–262.

Scott, D. L., Bradley, R. L., Bellenger, J. P., Houle, D., Gundale, M. J., Rousk, K., & DeLuca, T. H. (2018). Anthropogenic deposition of heavy metals and phosphorus may reduce biological N2 fixation in boreal forest mosses. *Science of the Total Environment*, *630*, 203-210.

Serbula, M. S., Miljkovic, D.D., Kovacevic, M.R., Ilic, A.A.(2012). Assessment of airborne heavy metal pollution using plant parts and topsoil, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 76 , 209–214.

Sevik H, Cetin M, Belkayali N. 2015. Effects of Forests on Amounts of CO2 : Case Study of Kastamonu and Ilgaz Mountain National Parks. Polish Journal of Environmental Studies 24(1): 253-256

Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2018). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organısm, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-7.

Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organısm, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *12*(2), 189-195.

Shahid, M., Dumat, C., Khalida, S., Schreck, E., Xiong, T. & Nabeel N. K. (2017). Foliar heavy metal uptake, toxicity and detoxification in plants: A comparison of foliar and root metal uptake. *Journal of Hazardous Materials, 325, 36-58.*

Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., Aslam, M., Dumat C. (2015). Heavy metal stress and crop productivity, in: K.R. Hakeem (Ed.), Crop Production and Global Environmental Issues SE − 1, Springer International Publishing, 1–25.

Suzuki, K., Yabuki, T. & Ono, Y. (2009). Roadside Rhododendron pulchrum leaves as bioindicators of heavy metal pollution in traffic areas of Okayama. *Japan, Environ Monit Assess*,149,133–141

Tam, N.F.Y., Liu, W.K.,. Wang,. M.H. & Wong, Y.S. (1987). Heavy metal pollution in roadside, urban parks and gardens in Hong Kong. *Sci. Toplam Environ.* 59, 325-328.Tanushree, B., Chakraborty, S,. Bhumik, F. & Piyal, B. (2011). Heavy Metal concentrations in Street and Leaf Deposited Dust in Anand City, India, *Research Journal of Chemical Sciences*, *1*(5), 61-66.

Taylan, Z. S., & Özkoç, H. B. (2016). Potansiyel ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde akuatik organizmaların biokullanılabilirliliği. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(2), 17-33.

Tomasevic, M., Anicic, M. (2010) Trace element content in urban tree leaves and SEM-EDAX characterization of deposit-ed particles. *Physics, Chemistry and Technology*, 8; 1-13.

Tošić, S., Alagić, S., Dimitrijević, M., Pavlović, A., & Nujkić, M. (2016). Plant parts of the apple tree (Malus spp.) as possible indicators of heavy metal pollution. *Ambio*, *45*(4), 501-512.

Turkyilmaz A, Sevik H, Cetin M (2018b) The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. Landsc Ecol Eng 14(1):115–120. https://doi.org/10.1007/s11355-017-0335-9

Turkyilmaz A, Sevik H, CetinM, Ahmaida Saleh EA (2018d) Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. Pol J Environ Stud 27(5):2277–2284. https://doi. org/10.15244/pjoes/78620

Turkyilmaz A, Sevik H, Isinkaralar K, Cetin M (2018e) Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. Environ Monit Assess 190:578. https://doi.org/ 10.1007/s10661-018-6956-0

Turkyilmaz A., Sevik H., Isinkaralar K, Cetin M (2018c) Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, Environmental Science and Pollution Research, DOI: 10.1007/s11356-018-3962-2

Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2018a). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 1-14.

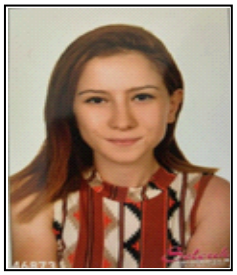
Uzu, G., Sobanska, S., Aliouane, Y., Pradere, P., & Dumat, C. (2009). Study of lead phytoavailability for atmospheric industrial micronic and sub-micronic particles in relation with lead speciation. Environmental Pollution, 157(4), 1178-1185.

Xu, J., Jing, B., Zhang, K., Cui, Y., Malkinson, D., Kopel, D., Song, K. & Da, L. (2017). Heavy metal contamination of soil and tree-ring in urban forest around highway in Shanghai, China. Human and Ecological Risk Assessment: *An International Journal*, 23(7), 1745-1762.

Yang, P., Ge, J., & Yang, M. (2017). Identification of Heavy Metal Pollution Derived From Traffic in Roadside Soil Using Magnetic Susceptibility. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, *98*(6), 837-844.

Yemets, O., Gauslaa, Y., & Solhaug, K. A. (2015). Monitoring with lichens–Conductivity methods assess salt and heavy metal damage more efficiently than chlorophyll fluorescence. *Ecological indicators*, *55*, 59-64

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Hasret ÇÖMETEN

Doğum Yeri ve Yılı : Kdz. Ereğli-1993

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : hasret.cometen@hotmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Ted Karadeniz Ereğli Koleji Vakfı Özel Lisesi (Kdz. Ereğli/ZONGULDAK) (2007-2011)

Lisans : Kastamonu Üniversitesi / Orman Mühendisliği (2011-2016)

Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi (2016-2019)

Mesleki Deneyim

İş Yeri : 2018-2019 Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı Kdz. Ereğli Orman İşletme Müdürlüğünde Hizmet Alımı olarak çalışmıştır.

Yayınları

Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. Applied Ecology and Environmental Research: 17(3): 6723-6734.

Aricak B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., Cometen, H. (2019) The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic originated heavy metal concentrations in Turkey, Polish Journal of Environmental Studies (In Press)