T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZI AĞIR METAL KİRLİLİKLERİNİN İZLENMESİNDE MAVİ LADİN (*Picea pungens* Engelm)'in BİYOMONİTOR OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Hasan Basri KEÇECİ

Danışman	**Doç. Dr. Mehmet ÇETİN**
Jüri Üyesi	**Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL**
Jüri Üyesi	**Doç. Dr. Hakan ŞEVİK**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI
ANA BİLİM DALI

KASTAMONU – 2019

TEZ ONAYI

Hasan Basri KEÇECİ tarafından hazırlanan**"Bazı Ağır Metal Kirliliklerinin İzlenmesinde Mavi Ladin (*Picea pungens* Engelm)'in Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği"** adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Mehmet ÇETİN Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL Bartın Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Burak ARICAK Kastamonu Üniversitesi	.....

25/07/2019

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.

Hasan Basri KEÇECİ



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Bazı Ağır Metal Kirliliklerinin İzlenmesinde Mavi Ladin (*Picea Pungens* Engelm)'in Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği

Hasan Basri KEÇECİ
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mehmet ÇETİN

Günümüzde hava kirliliğisanayinin etkisi ve teknolojideki hızlı gelişmelerden dolayı bazı şehirlerde insan sağlığını tehlikeli bir seviyede tehdit edecek düzeyde artmış, dünya ölçeğinde ise her yıl milyonlarca insanın hayatını sonlandıran bir sorun halıne gelmiştir. Hava kirliliğinin nedenlerinden biri olan ağır metaller büyük öneme sahiptir. Öezellikle ağır metaller doğada bozulmadan uzun süre kalabilmekte ve çevredeki konsantrasyonu da sürekli artmaktadır. Ayrıca insan, hayvan ve bitki yapısında biyobirikme eğilimindedir. Bundan dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi, riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük öneme sahiptir.

Bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ise, hem bitkilerin ağır metalleri havadan uzaklaştırma ve dolayısıyla hava kalitesini artırma aracı olarak kullanılabilme olanaklarının belirlenmesi, hem de hava kalitesinin izlenmesi açısından önem taşımaktadır. Bundan dolayı bu güne kadar bitkilerde ağır metal birikimleri üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak yapılan çalışmalar daha ziyade geniş yapraklı bitkilerin tek yıllık yapraklarının biyomonitör olarak kullanımı konusunda yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmada ise ibreleri ağaç üzerinde uzun süre kalabilen ayrıca, ibre ve dal yaşları hesaplanabilen Picea pungens organlarının, yakın geçmişte ağır metal konsantrasyonundaki değişimin belirlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilme olanakları araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında altı adet elementin ibre, kabuk ve dal olmak üzere üç farklı organda, yıkanma ve organ yaşına bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Çalışma kapsamında Zn, Ni, Cr, Co, Cd ve Pb elementlerinin değişimi değerlendirilmiştir
Çalışma kapsamında söz konusu elementlerin organ, organ yaşı ve yıkanmaya bağlı değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Zn, Ni, Cr ve Cd konsantrasyonlarının organ bazında istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştiğini ortaya koymuştur. Ancak her bir elementin farklı organlarda daha yüksek konsantrasyonlara ulaştığı görülmektedir. En yüksek konsantrasyonlar Zn'da da, Ni'de ibre ve dal, Cr ve Cd'de ise ibrede elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Picea pungens, organ, biyomonitor

2019, 62 sayfa
Bilim Kodu: 1214

ABSTRACT

MSc. Thesis

Usability of Blue Spruce (*Picea pungens* Engelm) as Biomonitor for Monitoring Some Heavy Metal

Hasan Basri KEÇECİ
Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources

Supervisor: Assoc Prof Dr. Mehmet ÇETİN

Today, increasing air pollution in parallel with the impact of industry and rapid developments in technology has increased in some cities to threaten human health at a dangerous level it has become a global problem that ends the lives of millions of people on a world scale. Components of air pollution include heavy metals; they do not deteriorate easily in nature and have a biodegradable property in their live bodies. In addition, some people are particularly toxic at low concentrations, some are toxic, most are carcinogens, and almost all of them are harmful even at high concentrations, even those required as micronutrients. Therefore, monitoring of heavy metal pollution is of particular importance.

Especially in the monitoring of heavy metal concentrations in the air, plants are used extensively. In this study, Picea pungens, whose needles can remain on the tree for many years and can be calculated clearly by the needle nodes, were investigated as biomonitor in the monitoring of heavy metal pollution. In the scope of work, the changing of elements of Zn, Ni, Cr, Co, Cd and Pb in three different organs with needles, bark and branch depending on the organ age and washing was investigated.

The results of the study show that the heavy metal concentrations of the study vary significantly depending on the organ and organ age. However, it was determined that each element reached higher concentrations in different organs. In the results of working, the highest concentrations were obtained in branch in Zn, in needles and branch in Ni, and in addition to be in needles in Cr and Cd..

Key Words: Heavy metal, Picea pungens, organelle, biomonitor

2019, 62 pages
Science Code: 1214

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca danışmanlığımı yapan, bilgi birikimiyle çalışmama ışık tutan çok değerli hocam Doç. Dr. Mehmet ÇETİN'e şükranlarımı sunarım. Tez jürime katılan saygıdeğer hocalarım Doç. Dr. Hakan ŞEVİK ve Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL'e teşekkür ederim. Çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen kıymetli aileme teşekkür ederim. Yaptığım tez çalışmasının, bilim dünyasına yararlı olmasını temenni ederim.

Hasan Basri KEÇECİ
Kastamonu, Mayıs, 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ii
TAAHHÜTNAME iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
TEŞEKKÜR vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR DİZİNİ viii
ŞEKİLLER DİZİNİ ix
GRAFİKLER DİZİNİ x
HARİTALAR DİZİNİ xi
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xiii
1. GİRİŞ 1
2. LİTERATÜR ÖZETİ 4
2.1. Hava Kirliliği Ve Ağır Metaller 4
2.2. Çalışma Amacına Konu Olan Elementler 6
2.2.1. Çinko(Zn) 6
2.2.2. Nikel (Ni) 7
2.2.3. Kobalt (Co) 8
2.2.4. Krom (Cr) 9
2.2.5. Kadmiyum (Cd) 9
2.2.6. Kurşun (Pb) 10
2.3. Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitorler 11
2.3. *Picea pungens* Hakkında Genel Bilgiler 13
3. MATERYAL VE YÖNTEM 17
4. BULGULAR 20
4.1. Elementlerin Organ Bazında Değişimi 20
4.2. Elementlerin Organ Yaşı Bazında Değişimi 21
4.3. Elementlerin Yıkanmaya Bağlı Değişimi 23
4.4. Elementlerin Organ ve Organ Yaşı Bazında Değişimi 24
4.4.1. Zn Elementinin Değişimi 24
4.4.2. Ni Elementinin Değişimi 28
4.4.3. Co Elementinin Değişimi 32
4.4.4. Cr Elementinin Değişimi 35
4.4.5. Cd Elementinin Değişimi 39
4.4.6. Pb Elementinin Değişimi 41
4.5. Elementler Arasındaki İlişkiler 45
5. SONUÇ VE TARTIŞMA 47
6.ÖNERİLER 51
KAYNAKLAR 52
ÖZGEÇMİŞ 62

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1. Elementlerin Organ Bazında Değişimine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları 20
Tablo 4.2. Elementlerin Organ Bazında Değişimi 21
Tablo 4.3. Elementlerin Organ Yaşı Bazında Değişimine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları 22
Tablo 4.4. Elementlerin Organ Yaşı Bazında Değişimi 23
Tablo 4.5. Elementlerin Yıkanmaya Bağlı Değişimine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları 23
Tablo 4.6. Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi 24
Tablo 4.7. Zn (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 26
Tablo 4.8. Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi 29
Tablo 4.9. Ni (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 30
Tablo 4.10. Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi 32
Tablo 4.11. Co (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 33
Tablo 4.12. Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi 35
Tablo 4.13. Cr (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 37
Tablo 4.14. Cd (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi 39
Tablo 4.15. Cd (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 40
Tablo 4.16. Pb (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi 42
Tablo 4.17. Pb (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 43
Tablo 4.18. Korelasyon Analizi Sonuçları 46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. İbre, kabuk ve dal örneklerinin alındığı kısımlar 19

GRAFİKLER DİZİNİ

Sayfa

Grafik 4.1. Zn elementinin organ bazında değişimi 26
Grafik 4.2. Zn elementinin organ yaşı bazında değişimi 28
Grafik 4.3. Ni elementinin organ bazında değişimi 30
Grafik 4.4. Ni (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 31
Grafik 4.5. Co elementinin organ bazında değişimi 33
Grafik 4.6. Co (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 35
Grafik 4.7. Cr elementinin organ bazında değişimi 37
Grafik 4.8. Cr (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 38
Grafik 4.9. Cd elementinin organ bazında değişimi 40
Grafik 4.10. Cd (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 41
Grafik 4.11. Pb elementinin organ bazında değişimi 43
Grafik 4.12. Pb (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi 45

HARİTALAR DİZİNİ

Sayfa

Harita 3.1. Örneklerin toplandığı yer 17
Harita 3.2. Örneklerin toplandığı yerin noktasal gösterimi 18

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

Sayfa

Fotoğraf 2.1. *Picea pungens*'in genel görünümü 13
Fotoğraf 2.2. *Picea pungens*'in peyzaj çalışmalarında kullanımı 14
Fotoğraf 2.3. *Picea pungens* ibreleri 15
Fotoğraf 2.4. *Picea pungens* kozalakları 16

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

As	Arsenik
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cu	Bakır
Cr	Krom
Fe	Demir
Hg	Civa
K	Potasyum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
V	Vanadyum
Zn	Çinko
CO_2	Korbondioksit
O_2	Oksijen
°C	Santigrat Derece
F	F değeri
m	metre
cm	santimetre
mm	milimetre
mL	mililitre
g	gram
kg	kilogram
µm	milimikron
ppb	milyarda bir
ppm	milyonda bir
µgg	-1 mikrogram / gram

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artışıyla beraber, endüstriyel faaliyetlerinde aynı oranda arttığı görülmektedir. Özellikle fosil yakıt kullanımına paralel olarak artan hava kirliliği, çevre için tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Turkyilmaz vd., 2018a). Hava kirliliğinden her yıl binlerce kişi etkilenmekte, dünya çapında milyonlarca insan hava kirliliğine bağlı sebeplerden dolayı hayatını kaybetmektedir. Kentler merkezlerinde hava kirliliği yoğunlaştığından, özellikle çeşitli sağlık problemi olan kişiler için büyük risk oluşturmaktadır (Isinkaralar vd., 2017).

Hava kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller ayrı bir önem taşır. Çünkü doğada kolay kolay bozulmazlar ve canlı bünyelerinde biyobirikme özelliğine sahiptirler. Ayrıca özellikle insanlar için bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik, bir çoğu lkanserojen ve neredeyse tamamı hatta mikrobesin olarak gerekli olanlar bile yüksek konsantrasyonlarda zararlıdır (Çobanoğlu, 2019; Cesur, 2019). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ayrı bir önem taşır.

Hava kirliliğine en çok maruz kalan peyzaj bitkileri bu kirliliğin en iyi göstergesidir. Özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde fosil yakıtlarından kaynaklanan ağır metal kirliliğini gövdesinde, yapraklarında ve ibrelerinde biriktirerek zamanla havadaki ağır metal konsantrasyonundaki artışın seyrini göstermektedir (Turkyilmaz vd., 2018a). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin doğrudan tespit edilmesi yerine kirliliğin göstergesi olarak biyomonitorler sıklıkla kullanılmaktadır (Cetin vd., 2018).

Biyomonitorler organizmanın fiziksel, kimyasal, biyolojik veya davranışsal değişkenlikleri ile ekolojik değişkenliğin derecesini gösterirler (Taylan ve Özkoç, 2007). Başka bir tanımla biyomonitorler vücutlarında metalleri veya kirleticileri biriktiren en duyarlı ve doğru organizmalar olarak tanımlanabilir (Bat vd., 1999).

Bu özellikler dikkate alınarak değerlendirildiğinde özellikle liken ve yosunların iyi birer biyomonitor oldukları söylenebilir. Ancak liken ve yosunların biyomonitor olarak kullanılmalarındaki en büyük sorunlardan birisi bu bitkilerin ne kadar süre ile kirlilik etmenine maruz kaldıklarının kolaylıkla belirlenememesidir. Bundan dolayı

tespit edilen herhangi bir metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiği net olarak bilinememekte ve bu durum elde edilen verilerin güvenilirliğinin sorgulanmasına sebep olmaktadır (Çobanoğlu, 2019).

Herdemyeşil olmayan yüksek yapılı bitkilerde süre sorunu büyük oranda ortadan kalkmaktadır. Çünkü bu bitkilerde yapraklanma vejetasyon mevsimi başında yani ilkbahar aylarında gerçekleşmekte ve yapraklar dökülene kadar hava kirliliğine yani ağır metallere maruz kalmaktadır. Dolayısıyla yaprak bünyesinde biriken ağır metallerin ne kadarlık bir süreçte biriktiği bilinebilmektedir. Bundan dolayı herdemyeşil olmayan bitkiler de sıklıkla ağır metal kirliliğinin izlenmesinde kullanılmaktadır (Tomasevic ve Anicic, 2010; Tomasevic ve Anicic, 2010; Sevik vd., 2018).

Ancak, herdemyeşil olmayan bitkilerin biyomonitör olarak kullanılmasıyla, genellikle örneklerin toplandığı yılın vejetasyon dönemi içerisinde yapraklarında biriktirdikleri ağır metal miktarı belirlenebilmektedir. Oysa ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi kadar, bu konsantrasyonun yıla bağlı olarak değişiminin belirlenmesi de son derece önemlidir. Bitkilerin geçmiş yıllarda bünyelerinde biriktirdikleri ağır metal miktarının belirlenmesi konusunda yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar daha ziyade ağaçların gövdeleri üzerinde yıllık halkalardan örnekler alınarak yapılan çalışmalardır (Panyushkina vd., 2016; Yigit, 2019; Turkyilmaz vd., 2018b; Xu vd., 2017). Bu örnekleme tipi, genellikle ağaçların kesilerek gövdelerindeki yıllık halkalar üzerinde biriken ağır metallerin analizlerinin yapılmasını içermektedir. Ancak bu ymöntemde genellikle ağaçların kesilmesi gerektiğinden veya materyal temininde ağaca ciddi zarar verilebildiğinden sürdürülebilirliği şüpheli bir yöntemdir.

Herdemyeşil türlerde ibreler uzun yıllar bitki üzerinde kalabilmektedir. Ancak bu bitkilerde yapılacak çalışmalarda yaprak yaşı bilinmediğinden ağır metal konsantrasyonunun ne ifade ettiğinin yorumlanmasında sorun yaşanmaktadır. Oysa ibreli birçok türde, ibreler ağaç üzerinde birkaç yıl kalmaktadır. Ayrıca oluşan nodlar vasıtasıyla hangi ibrelerin kaç yaşında olduğu bilinebilmektedir. Dolayısıyla Ladin, göknar ve çamlar gibi türlerde yapılan çalışmalarla hem ağaca zarar verilmemekte

hem de yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi hakkında önemli bilgiler edinilebilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a; Çobanoğlu, 2019).

Bu çalışmada *Picea pungens* (mavi ladin) türü üzerinde yürütülmüştür. Bu tür herdem yeşil olması ve ibrelerin uzun süre bitki üzerinde kalabilmesinden dolayı yakın geçmişte ağır metal birikiminin değişimini incelenmesi konusunda kullanılabilecek iyi bir biyomonitor olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca ibrelerin yıl boyu dökülmeden kalarak bütün bir yıl boyunca trafikten kaynaklanan hava kirliliğine sebep olan ağır metalleri üzerinde biriktirmesi ve yıl boyunca havadaki ağır metal kirliliği için iyi bir göstergesi olması ayrı bir avantaj olarak görülmektedir.

Bundan dolayı mavi ladinin yakın geçmişe yönelik olarak ağır metal birikiminin belirlenmesi konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada Ankara'da yetişen bir mavi ladin ağacının, farklı yaşlardaki ibrelerinde ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece yakın geçmişe yönelik olarak ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesinde, bu türün kullanılabilme potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Hava Kirliliği Ve Ağır Metaller

Dünyanın atmosferi temel olarak oksijen (O_2), azot (N_2) ve karbon dioksitten (CO_2) oluşmaktadır. Ancak, son 30 ile 40 yıl içinde meydana gelen hızlı ekonomik gelişim, şehirleşme ve endüstrileşme süreci çeşitli kirleticilerin yayılarak atmosferin bileşimini ve kalitesini önemli ölçüde bozmuştur. Atmosferin bileşiminin değişmesinde temel etken nüfus artışı ile birlikte sanayii alanındaki gelişmeler olarak açıklanmaktadır. Atmosferik kirlilik temel olarak antropojenik etkenlerden kaynaklanmaktadır (Mossi, 2018).

Hava kirliliğinin temel sebeplerinden birisi özellikle kentsel alanlardaki nüfus artışıdır. Dünya nüfusu son 150 yılda tarihinde hiç olmadığı kadar artmıştır. Bu artışa köyden kente göç ile birleşerek kent merkezlerinin aşırı derecede yoğunlaşmasına sebep olmuştur. Öyle ki 2000 yılında dünyada sadece 2,9 milyar kişi yani dünya nüfusunun %47'si kentsel alanlarda yaşarken bu oranın 2030 yılına gelindiğinde %60-90'a çıkacağı tahmin edilmektedir. Avrupa ülkelerinde toplam nüfusun üçte ikisinden fazlası kentsel alanlarda yaşamaktadır. Durum ülkemizde de farklı değildir. Türkiye İstatistik Kurumu Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi verilerine göre, il ve ilçe merkezlerinde ikamet edenlerin oranı 2015 yılında % 92,1 iken bu oran 2016 yılında % 92,3'e, 2017 yılında % 92,5'e yükselmiş, 2017 yılı itibariyle belde ve köylerde yaşayan insanların oranı % 7,5 olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanında köyden kente göç devam etmekte, ilerleyen zamanlarda kent merkezlerindeki nüfus yoğunluğunun daha da artacağı tahmin edilmektedir. Bu durum insan yoğunluğunun fazla olduğu kent merkezlerinde hava kirliliği sorununun giderek artmasına sebep olmaktadır (Özel, 2019).

Hava kirliliğinin insan kaynaklı bir diğer sebebi ise sanayii alanındaki gelişmelerdir. Metal işleme tesislerinde maden filizlerinin ısıtılması yüksek miktarlarda hava kirleticilerin atmosfere salınmasına sebep olmaktadır (Chen vd., 2016). En yaygın organik ve inorganik atmosferik kirleticiler arasında ozon (O_3), azot oksitler (NOx), sülfür dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), hidrojen florür, ve

formaldehid (HCHO) sayılabilir (Su ve Liang 2015; Cruz vd., 2015; Shahid vd., 2017). Bunların yanında, partikül madde (PM) olarak isimlendirilen, havada asılı kalan bazı partiküller de (katı veya sıvı) önemli kirlilik etmenlerinden sayılmaktadır (Cetin vd., 2017).

Hava kirliliği özellikle 1952 yılındaki "smoggy" olarak adlandırılan olayın ardından dikkat çekmiştir. Bu olayda 1952 yılında (5-9 Aralık arası) Londra'da pnömoni ve bronşit gibi solunum hastalıkları ile ilişkili rahatsızlıkların bir sonucu olarak 4000 civarında insan hayatını kaybetmiş, sonraki bir kaç ay içerisinde kirli havanın etkileri ile 8000 kişi daha ölmüştür (Chris Deziel, 2016; Shahid vd., 2017). Sonraki yıllarda ise hava kirliliğinin önemi artarak devam etmiş ve günümüzde her yıl 6,5 milyondan fazla insanın hayatını kaybetmesine sebep olacak kadar ciddi boyutlara ulaşmıştır (Saleh, 2018; Erdem, 2018). Ülkemizde dahi 2016 yılında yaklaşık 29.000 kişinin hava kirliliği ile bağlantılı sebeplerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmektedir (Cetin, 2017). Avrupa Çevre Ajansı; Avrupa genelinde, 2,5 milyon alanı kaplayan kirlenmiş alanlar bulunduğunu ve bu alanların %14'ünün acil iyileştirme planlamasına ihtiyaç duyduğunu belirtmektedir (Akarsu, 2019).

Hava kirliliğinin pek çok bileşeni bulunmakla birlikte, hava kirliliği bileşenleri arasında en tehlikelisi ve dolayısıyla üzerinde en fazla durulan kirleticilerin başında ağır metaller gelmektedir. Nitekim "smoggy" olayının kurbanlarından alınan örneklerde de bu kişilerin akciğerlerinin Pb, Zn ve Fe gibi ağır metalleri içeren çok yüksek seviyedeki çok küçük partiküller ile kontamine olduğu tespit edilmiştir (Shahid vd., 2017).

Genel olarak özgül yoğunluğu 5 g/cm^3'ten daha büyük olarak tanımlanan (Tunalı, 2015; Saleh, 2018) ağır metaller, atom numarası 20'den fazla olan elementler olarak da tanımlanabilmektedirler (Eren, 2014). Ağır metallerin tanımlanması için, yoğunluk, toksisite veya atom ağırlığı gibi kriterlere göre, yetkili birimler tarafından kabul gören bir kriter ortaya konulmamıştır (Jalilzadeh, 2014; Akarsu, 2019).

Ağır metaller içerisinde en önemlileri olarak Fe, Cu, V, Mn, Zn, Ni, Cr, Mo, Co, Be, Cd, Pb, Tl, Sb, Ag, As, Se, Hg, Sn, Al elementleri sayılmaktadır. Bu elementlerden

Zn, Mn, Cr, Fe, Cu, Ni, Mo gibi bazıları bitki ve hayvanlar için mikro besin elementleridir ve canlıların yaşamı için hayati önem taşıyabilmektedirler (Saleh, 2018; Akarsu, 2019; Özel, 2019). Ancak bu ağır metaller dahi yüksek konsantrasyonlarda zararlı etkiler oluşturabilmektedirler. Diğer ağır metaller ise çok daha ciddi tehlikelere yol açabilmektedirler. Cr, Pb, As, Zn, Ni, V ve Cd gibi ağır metaller kanserojendirler. As, Hg, Pb ve Cd gibi ağır metaller ise yaşayan organizmalar için düşük konsantrasyonlarda bile ciddi toksitite oluşturabilmektedirler (Turkyilmaz vd., 2018c, Pınar, 2019).

Bunlara ek olarak ağır metaller doğada kolay kolay yok olmazlar ve canlı bünyesinde biyobirikme eğilimindedirler. Ağır metaller atmosfere uçucu bileşikler şeklinde ince partiküller halinde yayılabilir (Csavina vd., 2011; Csavina vd., 2012; Csavina vd.,2014; Chen vd., 2016). As, Ni, Zn, Pb, Cr, Cd ve V gibi ağır metaller çoğunlukla endüstriyel kaynaklardan salınmaktadır ve kanserojendirler (Shahid vd., 2015). Ağır metallerin bu özellikleri ve canlılara, özellikle de insanlara olan potansiyel tehlikelerinden dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve değişiminin izlenmesi; riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Turkyilmaz vd., 2018d).

2.2. Çalışma Amacına Konu Olan Elementler

Bu çalışma kapsamında Çinko (Zn), Nikel (Ni), Kobalt (Co), Krom (Cr), Kadmiyum (Cd), Kurşun (Pb) elementlerinin *Picea pungens* ağacının organ bazında değişimi incelenmiştir. Bu metaller ele alındığında birçok etkiye sahiptirler. Metallerin doğada birikmesine neden olan faktörler; bazı anataşlar, mineral gübreler, biyositler, madencilik, kentsel atıklar, atıksular, motorlu araçların egzoz gazları ve analizasyon atıklardır.(Önder, 2012). Çalışma kapsamında incelenen metallerin özellikleri çevreye ve canlı sağlına etkileri aşağıda belirtilmiştir.

2.2.1. Çinko (Zn)

Suda çözülebilen çinko formları, nitratlar, kloratlar, sülfat ve klorürlerdir. Kısmen suda çözünemeyen formları ise Oksitler, karbonatlar, fosfatlar, silikatlar şeklindedirler (Önder, 2012). çinkonun en cok kullanıldığı alanlar alaşım ve metal

kaplamadır. çinko dünya çapında yoğun olarak kullanılmaktadır ve yıllık kullanım açısından en çok kullanılan dördüncü metal olarak görülmektedir. Çinko özellikle ipek ipliği, fiber üretimi, çelik sanayi ve katot arıtımı uygulayan soğutma sistemleri ile metal proses atık sularında görülmektedir. Bunlara ek olarak Zn kozmetik, otomobil sanayisinde vernik, karbon kağıtları ve boya maddeleri ve bircok alanda kullanılmaktadır. Tarımda kullanılma amacı ise önmli bir mikro besin gübresi olmasından Ayrıca çinko tarımda ise önemli bir mikro besin gübresi olup, insektisit ve ahşap koruyucu olarak da kullanılmaktadır (Seven vd., 2018).

hayvan ve insanda olduğu gibi bitkiler üzerinede çok faklı ve çeşitli önemli metabolik fonksiyonlara sahip bir elementir.Protein ve karbonhidrat sentezinde görev almasına ek olarak, enzim aktivasyonu, solunum, fotosentez ve biyolojik membran stabilitesi üzerine etkisinden dolayı bitkinin ürettiği ürün kalitrsine ve miktarını direkt olarak etkilemektedir (Asri ve Sönmez, 2009)

Topraklarda toplam 10-300 ppm bulunan çinko konsantrasyonunun bitkiler tarafından alınabilir konsantrayonu 3.6-5.5 ppm arasında değişmektedir. Zn konsantrasyonları normal bitkilerde 5-100 ppm arasında değişmektedir. Toksisite etkinin görülmesi genellikle 400 ppm'den sonra başlamaktadır (Asri ve Sönmez, 2009).

Çinkonun bitki bünyesinde gereğinden fazla birikmesinden dolayı bitki üzerinde toksisitesinde etkileri;

- Bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır
- Kökler incelir
- Genç yapraklar kıvrılır ve kloroz görülür,
- Hücre büyümesi ve uzaması engellenir
- Hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır

2.2.2. Nikel (Ni)

Tabiatta Nikel çok az seviyede bulunan bir elementtir. Besin olarak toplam nikel alınımı, hayvan yiyecekleri veya bitkilerin tükettikleri miktarlara bağlıdır. Nikelin

günlük alınımının yarısı tahıl, içecek ve ekmek tüketimi ile gerçekleşir(Seven vd., 2018).

Nikelin başlıva kullanım alanları bakır-nikel alaşımları, diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimi ve paslanmaz çelik üretimleridir (Seven vd., 2018).

Doğal olarak doğaya yaılmasının yanı sıra insan faaliyetleri ile birlikte doğaya yayılmaktadır. İnsanların havada bulunan nikel elemntine cok fazla maruz kalması durumunda sağlık bakımından olumsuz etkilerle sahip olmaktadır. nikelin atmosfere yayılması madencilik, kentsel atıkların yakılması ve nikel yakıtların yakılması ile meydana gelmektedir.(Seven vd., 2018).

Kileyt bileşiklerini oluşturmasından dolayı nikel, bitkilerdeki enzimlerde ve fizyolojik aktif merkezlerde bulunan ağır metallerle yer değiştirir. Üreaz ve birçok hidrogenaz enzimlerinin metal yapı maddesidir. Bundan dolayı bitki bünyesinde az bulunmasından dolayı, üre formunda uygulanan azot içerikli gübreden yarar görememesinin yanında bitkiler üzerinde azotlu gübrelerin zararlı etkileride görülmektedir. Nikelin bitkide olması gerektiğinden fazla olması durumunda, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine olumsuz etki yapar, Ayrıca bitki köklerinin diğer besin elementlerini almasını önleyerek besin elementleri eksikliğinin meydana gelmesine sebeb olur. (Asri ve Sönmez, 2009)

2.2.3. Kobalt (Co)

Kobalt parlak gümüş renginde, sert ve kırılgan bir yapısı vardır. demir ve nikel ile davranış biçimi göstermektedir. Manyetik geçirgenliği demirin yaklaşık olarak bir buçuk katıdır. (Seven vd., 2018).

Doğada yoğun halde bulunmakdadır ve tüm yer kabuğunun sadece %0,001'lık kısmını oluşturmaktadır. Kayalarda, toprakta, bitkilerde, hayvanlarda ve okyanus diplerindeki yumrularda az sayıda görülmektedir. Metamorfik kayaçların oluşumunda kobalt önemli rol oynamaktadır.(Seven vd., 2018).

2.2.4. Krom (Cr)

Doğal olarak toprakta bulunan krom, toprakta 5-100 mg/kg oranında bulunmaktadır. Bitkide ise kuru madde de 100 mg/kg bulunması birçok yüksek bitki için toksiktir (Asri ve Sönmez, 2009).

bitki bünyesinde Cr'nin hareket etme potansiyeli cok sınırlı olmasından dolayı bitkiye aşırı düzeyde maruz bırakılan bitkide toksik etkisi görülmektedir.Kromun bitki bünyesinde hareketi de oldukça sınırlıdır. bitkilerde krom zehirlenmesi durumunda köklerin küçük, yapraklar ise dar ve kahverengi kırmızı bir renke sahip olduğu görülür. Yaprak yüzeylerinde ise küçük yanık lekeler meydana gelmektedir.(Seven vd., 2018).

Cr'nin bitki bünyesinde toksik düzeyine gelmesi durumunda ortaya çıkacak ilk fizyolojik durum tohum çimlenmesinde görülmektedir. Krom, toksik seviyede olması tohum çimlenmesini engeller. Yapılan bir çalışma sonuçlarına göre toprakta bulunan 500 ppm Cr+6'nın, fasulye tohumlarının çimlenmesini % 48, 20 ve 80 ppm Cr+6 bulunması ise şeker kamışı bitkisinde tomurcuk çimlenmesini %32-57 oranında azalttığını göstermiştir.(Asri ve Sönmez, 2009)

2.2.5. Kadmiyum (Cd)

bir çok özelliği ile çinkoya benzeyen kadmiyum elementi gümüş beyazlığında, yumuşak, oldukça elektropozitif ve işlenebilir bir metaldir. Kadmiyum ve bileşikleri aşırı zehirli metallerdir. Kadmiyumun doğada tek başına bulunmamaktadır.(Seven vd., 2018).

Yıllık olarak kadmıyum yayılı 25,000- 30,000 tondur. İnsan faaliyetleri ile doğaya yayılan kısmı ise 4000-13000 tondur. Önemli kadmiyum yayılım kaynakları; rafine edilmiş yiyecek maddeleri, sigara dumanı, kahve, su boruları, kömür yakılması, çay, tohum aşamasında kullanılan gübreler, kabuklu deniz ürünleri ve fabrika bacalarından çıkan baca gazlarıdır. (Seven vd., 2018).

Kadmiyum, hayvan ve bitkiler için zehirli etkiye sahip elementtir. Bitki bünyesinde karbonhidrat ve azot metabolizmalarını değiştirmesinden dolayı birçok fizyolojik değişime sebep olmaktadır. Bu fizyolojik değişimler; fotosentesi engellemekte Proteinlerin –SH gruplarındaki enzimleri inaktive etmekte, fotosentezi engellemekte, transpirasyon ile su kaybının azalmasına, stomaların kapanmasına ve klorofil biyosentezinin tahrip olmasıdır. bunların yanında ağır metallerin serbest radikal oluşturduğu ve bu nedenle tilakoid membran lipitlerinin oksidatif parçalanmasına sebep olduğu, bu gibi olaylarda ise klorofil yıkımının arttığı ve sentez inaktif duruma gelmektedir.(Asri ve Sönmez, 2009)

2.2.6. Kurşun (Pb)

Ekolojik sisteme insan faaliyetleri ile aşırı zarar veren bir elemettir. Mavimsi renkli veya gümüş grisi rengine sahip yumuşak bir yapıya sahip metaldir. Kurşun çevresel kirlilik yaratmasının nedeni metal veya bileşik şeklinde atmosfere yayılmasıdır. Ayrıca kurşun her zaman toksik özelliğe sahip olmaktadır. Dünya Sağlık Örgütünün WHO (Dünya Sağlık Örgütünün) göre çalışma alanlarında izin verilen üst sınır 0.1 mg/m³'tür (Seven vd., 2018).

Motorlu taşıtlarda benzinin yanması ile meydana gelen tetra etil kurşunu, çevre kirliğine neden olan kurşunun önemli miktarını oluşturmaktadır.

Bitkiler için Kurşun elementi önemli derecede gerekli değildir. Toprakta kursun 15-40 ppm bulunmaktadır. Toprakta toplam kurşun konsantrasyonu 150 ppm sınırını aşmadığı sürece insan ve bitki sağlığı için tehlike arz etmemektedir. Fakat 300 ppm'i geçtiği durumda insan sağlığı üzerine önemli derecede tehlikelidir. bitki hücresinde kurşun hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz yönde etkilediğinden dolayı stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltması nedeniyle bitkinin su hareketini önemli derecede etkilemektedir. Kurşun bitki kökleri tarafından tulması ve kök gelişimini azaltmasından dolayı bitki besin alımını önemli derecede etilemektedir. (Asri ve Sönmez, 2009).

2.3. Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitorler

Ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte en yaygın olarak kullanılan yöntem, o bölgede yaşamını sürdüren ve ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilen canlıların kullanılmasıdır. Bu şekilde canlı bünyesindeki ağır metal konsantrasyonlarının düzeyleri ve değişimleri ile ortamdaki ağır metal konsantrasyonları konusunda bilgi edinilebilmektedir. Bu konuda özellikle su kirliliğinin belirlenmesi konusunda biyomonitor olarak midye, istiridye, algler, su bitkileri, balıklar, kabuklu canlılar başta olmak üzere çok sayıda canlılar ile ortamdaki su veya sedimentler kullanılabilmektedir (Kar vd., 2008; Taylan ve Özkoç, 2016; Çavuşoğlu vd., 2016; Paul., 2017; Saha vd., 2017; Türkmen vd., 2018).

Havadaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve izlenmesinde ise genellikle likenler, yosunlar veya bitkiler kullanılmaktadır. Özellikle yosunlar biyomonitor olarak 1970'lerden beri kullanılmaktadır. Yosunlar genellikle yağmurdan gelen suyu biriktirmekte ve bu da onları atmosferik birikime biyolojik maruziyetin değerlendirilmesi için kullanışlı hale getirmektedir. Bundan dolayı likenler ve yosunların biyomonitor olarak kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır (Pearson vd., 2000; ; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Carreras vd., 2005 Harmens vd., 2004; Ayres vd., 2006).

Ancak liken ve yosunların biyomonitor olarak kullanılmalarındaki en büyük sorun bu bitkilerin ne kadar süre ile kirlilik etmenine maruz kaldıklarının kolaylıkla belirlenememesidir. Bundan dolayı tespit edilen herhangi bir metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiği net olarak bilinememekte ve bu durumda belirlenen konsantrasyonun yorumlanmasında sorunlara yol açmaktadır.

Oysa tek yıllık bitkiler, herdemyeşil olmayan bitkilerin yaprakları gibi organlar ağır metal konsantrasyonlarının birikimlerinin süre ile ilişkilendirilmesi bakımından daha elverişlidir. Herdemyeşil olmayan bir bitkinin yaprakları o bölgedeki vejetasyon süresine bağlı olarak ilkbaharda oluşmakta ve sonbahara kadar bitki üzerindeki fonksiyonunu icra etmekte ve dolayısıyla bu süre içerisinde havadaki ağır metallere maruz kalarak bünyesinde biriktirmektedir.

Özellikle tek yıllık yaprakların elde edilmesinin de kolay olması sebebiyle *Malus* sp.(Tošić vd., 2016), *Platanus orientalis* (Ozel vd., 2015; Norouzi vd., 2015), *Prunus persica* (Dimitrijević vd., 2016), *Aesculus hippocastanum* (Anicic ve ark., 2011), *Buxus sempervirens* (Zolgharnein, 2017), *Quercus ilex* (Martín vd., 2015), *Tilia cordata* (Popek,2017), *Platanus acerifolia* (Liang vd., 2017), *Robinia pseudoacacia* (Celik ve ark., 2005), *Azadirachta indica* (Alekseeva vd., 2016), *Fraxinus* (Zolgharnein, 2016), *Ficus religiosa* (Patel vd., 2015), *Acer saccharum* (Amirnia, 2016), *Pinus eldarica* (Alahabadi vd., 2017) gibi yüksek yapılı bitkiler de sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemle sadece bir vejetasyon dönemine ilişkin veriler elde edilebilmektedir.

Uzun süreç içerisindeki değişimin izlenmesinde sıklıkla başvurulan yöntemlerden birisi de ağaçların yıllık halkalarının kullanılmasıdır. Bu yöntemde ağaçların odun kısmında da ağır metalleri biriktirebildiği tezi üzerinden hareket edilmekte, ağaçlar kesilerek odun kısmı yıllık halkalar vasıtasıyla, oluştuğu yıla göre sınıflandırılmakta ve bu numuneler üzerinde ağır metal analizleri yapılmaktadır. Bu güne kadar bu yöntemle *Malus floribunda* (Yigit, 2019), *Acer platanoides* (Turkyilmaz vd., 2018b), *Cinnamomum camphora* (Xu vd., 2017) gibi türler üzerinde çalışmalar yapılmış ve oldukça başarılı sonuçlar alınmıştır. Bu yöntemle ağacın yaşı kadar süre içerisindeki değişim konusunda yani belki de yüzlerce yıllık veriler elde edilebilmektedir. Ancak bu yöntemde ağaçların kesilmesi gerektiğinden, sürdürülebilir bir izleme için uygun bir yöntem değildir. Bu yöntemde en iyi ihtimalle artım burgusu vb. aletler yardımıyla ağaçlar kesilmeden örnek alınabilmekte ancak, bu yöntem de ağaçların yaralanmasına sebep olmaktadır.

Herdemyeşil türlerde ibreler uzun yıllar bitki üzerinde kalabilmektedir. Ancak bu bitkilerde yapılacak çalışmalarda yaprak yaşı bilinmediğinden ağır metal konsantrasyonunun ne ifade ettiğinin yorumlanmasında sorun yaşanmaktadır. Oysa çam, göknar, ladin gibi ibreli birçok türde, ibreler ağaç üzerinde birkaç yıl kalmakta ayrıca, oluşan nodlar vasıtasıyla hangi ibrelerin kaç yaşında olduğu kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Bu yöntem kullanılarak geçmiş yıllara dönük veriler elde edilebilmekte, ayrıca ağaca hayati bir zarar verilmemektedir. Turkyilmaz vd., (2018d) bu yöntemi kullanarak üç yıllık verileri değerlendirmiştir. Ayrıca bu

çalışmada çalışmaya konu türler arasında genel olarak birçok ağır metalin izlenmesinde en uygun türlerden birisinin *Picea pungens* olduğu belirtilmiştir (Turkyilmaz vd., 2018d).

2.3. *Picea pungens* Hakkında Genel Bilgiler

Pinaceae familyasının Picea cinsine mensup, 50 m ye kadar boylanabilen herdemyeşil ağaçlardır. Mavi ladin (*Picea pungens*)'in anavatanı Kuzey Amerika olup, anavatanında 2000-3000 m rakımlarda yayılış yapar. Dalları yatay yönde gelişen, kalın dallı, serbest büyüdüğünde konik tepeli piramidal görünümlü dekoratif bir ağaçtır (URL-1, 2019). Ağacın genel görünümü Fotoğraf 2.1.'de verilmiştir.



Fotoğraf 2.1. *Picea pungens*'in genel görünümü

Picea pungens yaz kuraklığından fazla etkilenmeyen, zehirli gazlara karşı dayanıklı, toprak isteği bakımından kanaatkar, kuru ve fakir topraklarda da yetişebilen dayanıklı bir türdür. Gerek dekoratif olarak beğenilen, gerekse dayanıklı bir tür olması dolayısıyla peyzaj çalışmalarında çok sık tercih edilen ağaçlardır (Fotoğraf 2.2.). Park ve bahçelerde soliter veya birkaç bireyin beraber olarak kullanımı yaygındır (URL-1, 2019).



Fotoğraf 2.2. *Picea pungens*'in peyzaj çalışmalarında kullanımı

İbreleri 2-3 cm boyunda, dört köşeli, biraz kıvrık, uçları sivri ve batıcıdır. Yeşil, mavi-yeşil, gümüşi renklidir. Sürgünlerin her tarafına sıkı vaziyette fırça gibi dizilmişlerdir (Fotoğraf 2.3.). Yapraklar çiğnendiğinde ekşimsi-acı tattadır (URL-1, 2019).



Fotoğraf 2.3. *Picea pungens* ibreleri

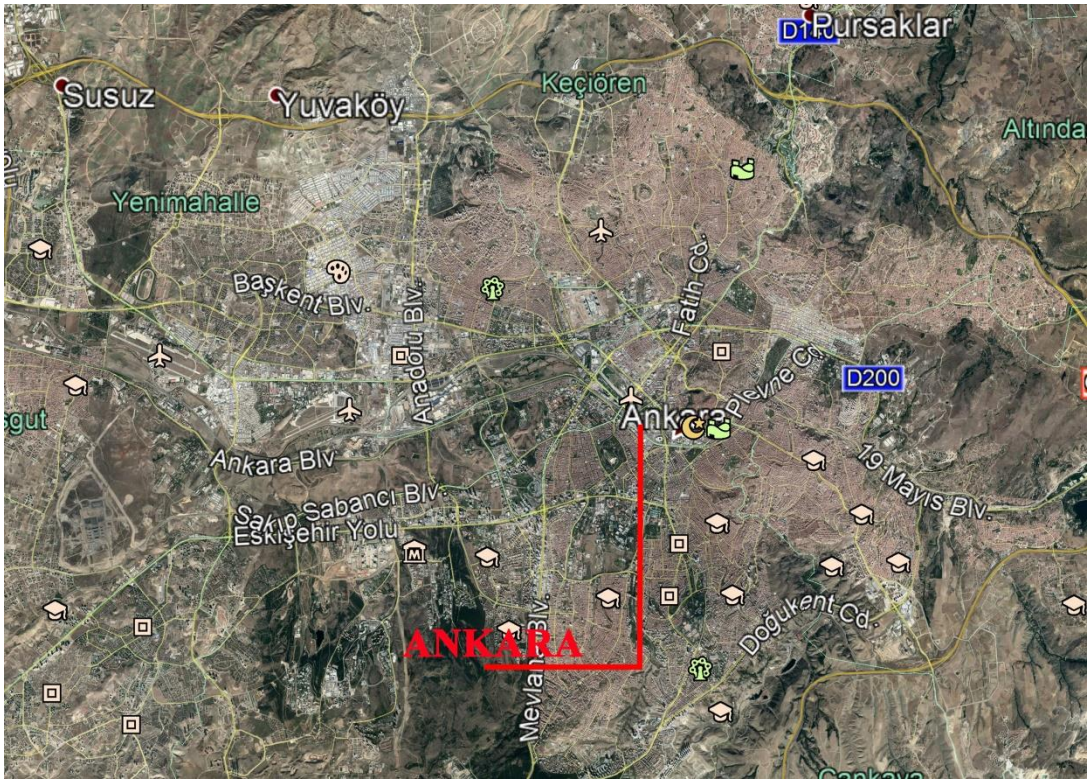
Kabuk önceleri ince, kül grisi veya kahverengi-gri, pullu, daha sonraları kabuk gri-esmer, kalın ve derin çatlaklıdır. Kozalaklar 8-10 cm uzunluğunda yaklaşık 3 cm çapındadır (Fotoğraf 2.4.). Taze iken yeşilimsi olgunlaşınca saman sarısı rengindedir. Kozalak pulları kağıt gibi ince, kenarları dalgalı, uçları kertiklidir (URL-1, 2019).



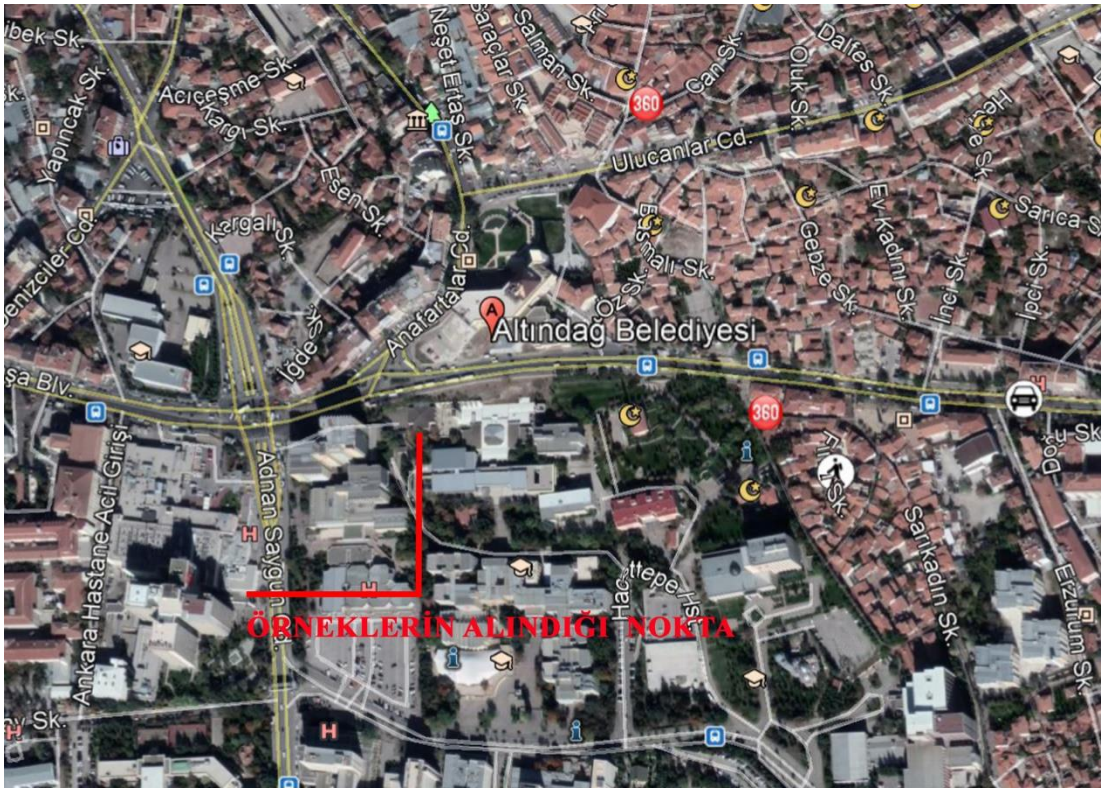
Fotoğraf 2.4. *Picea pungens* kozalakları

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Ankara kent merkezinden bir *Picea pungens* (Mavi ladin) ağacının yan dalları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler, kentsel alanlarda yapılan peyzaj çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılan *Picea pungens* ağacının yan dallar kesilerek alınmış ve laboratuara getirilmiştir. Daha sonra laboratuvarda dallar yaşlarına göre kesilerek sınıflandırılmıştır.



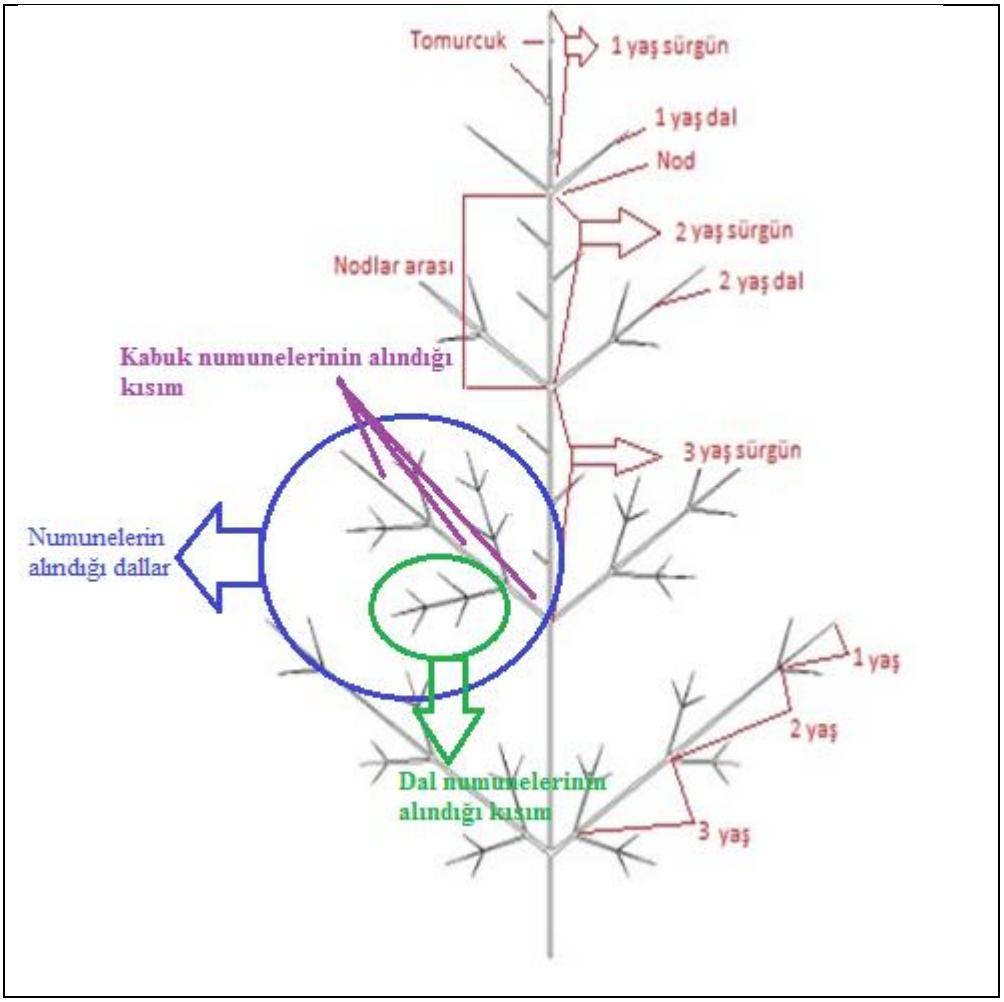
Harita 3.1. Örneklerin toplandığı yer



Harita 3.2. Örneklerin toplandığı yerin noktasal gösterimi

Sınıflandırılan örnekler iki gruba ayrılmış ve bir grupta yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminde ilk olarak ibre, kabuk ve dallar bol su ile ovalanarak yıkanmış daha sonra büyük cam bir kavanozun 1/3'ü su ile doldurularak parçalar kavanozun içerisine atılmıştır. Kavanoz birkaç dakika şiddetle çalkalanarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiş ve bu işlem su berraklığını koruyuncaya kadar en az üç defa olmak üzere tekrar edilmiştir. Su berraklığını korumaya başladıktan sonra bu işlem üç defa da saf su ile tekrarlanmış ve böylece organların üzerine yapışan partikül maddelerin tamamen temizlenmesi hedeflenmiştir. Yıkanan örnekler havlu kağıtlar üzerine serilerek yine havlu kağıtlar yardımıyla hafifçe bastırılarak fazla su uzaklaştırılmıştır.

Organların bir kısmı yıkandıktan sonra bütün örneklerde ibre, dal ve kabuk kısımları birbirinden ayrılmıştır. Kabuk numuneleri yan dal üzerindeki anadal kısmından, dal örnekleri ise yan dal üzerinde tali dallardan alınmıştır. Kabuk örnekleri dal üzerinden sıyrılarak ayrılmış, dal örnekleri ise daha ince dallar üzerinden alındığından odun ile birlikte alınmış, odun ile kabuk kısmı ayrılmamıştır. İbre, kabuk ve dal örneklerinin alındığı kısımlar Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İbre, kabuk ve dal örneklerinin alındığı kısımlar

Yıkanan ve yıkanmayan ibre, kabuk ve dal numuneleri elde edildikten sonra numuneler 15 gün oda kurusu hale gelene kadar bekletilmiş, sonra etüvde 50^{o}C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulan numunelerden 2 g tartılarak 10 ml derişik HNO_3 içinde oda sıcaklığında 1 gün bekletildikten sonra 1 saat 180^{o}C'de kaynatılmıştır. Daha sonra çözelti üzerine 20 ml distile su eklenmiş ve çözelti 45 µm'lik fitre kâğıdından süzülmüştür. Süzüntüden elde edilen çözeltilerde; Zn, Ni, Co, Cr, Cd, Pb analizleri GBC Integra XL –SDS-270 ICP-OES cihazı ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiş, verilere varyans analizi uygulanarak F değeri, hata oranı ve dolayısıyla faktörlerin farklılığı %95 güven düzeyinde belirlenmiş, istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilen faktörler için Duncan testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Elementlerin Organ Bazında Değişimi

Çalışma kapsamında öncelikle çalışmaya konu elementlerin organ bazında değişimi belirlenmiştir. Elementlerin organ bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 4.1.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. *Elementlerin Organ Bazında Değişimine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları*

		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Hata
Zn (ppm)	Gruplar Arası	27565,968	2	13782,984	6,168	,003
	Gruplar İçi	274865,524	123	2234,679		
	Toplam	302431,492	125			
Ni (ppb)	Gruplar Arası	437999896,444	2	218999948,222	8,709	,000
	Gruplar İçi	3093081652,381	123	25147005,304		
	Toplam	3531081548,825	125			
Co (ppb)	Gruplar Arası	802556681,333	2	401278340,667	1,924	,150
	Gruplar İçi	25649089426	123	208529182,328		
	Toplam	26451646107	125			
Cr (ppb)	Gruplar Arası	2987598400,000	2	1493799200,000	11,906	,000
	Gruplar İçi	15432330248	123	125466099,577		
	Toplam	18419928648	125			
Cd (ppb)	Gruplar Arası	6030889,968	2	3015444,984	12,280	,000
	Gruplar İçi	30204379,238	123	245564,059		
	Toplam	36235269,206	125			
Pb (ppm)	Gruplar Arası	932,947	2	466,473	1,379	,256
	Gruplar İçi	41593,649	123	338,160		
	Toplam	42526,596	125			

Elementlerin organ bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde Co ve Pb kopnsantrasyonlarının organ bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir. Bunların dışındaki elementlerden Zn'nun organ bazında değişimi istatistiki olarak %99 güven düzeyinde, Ni, Cr ve Cd'un ise organ bazında değişimi %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır.

Çalışmaya konu elementlerin organ bazında ortalama değerleri ile varyans analizi sonucunda organ bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenen elementler için Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. *Elementlerin Organ Bazında Değişimi*

Element	Organ		
	İbre	Kabuk	Dal
Zn (ppm)	86,00 a	84,10 a	116,38 b
Ni (ppb)	7890,95 b	3613,95 a	7139,29 b
Co (ppb)	10418,52	14887,62	8954,00
Cr (ppb)	18807,14 b	8318,57 a	8644,29 a
Cd (ppb)	961,76 c	710,14 b	426,19 a
Pb (ppm)	19,23	14,91	12,68

Elementlerin organ bazında değişimi incelendiğinde, Duncan testi sonucunda, varyans analizi sonucunda organ bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenen elementlerden Zn, Cr ve Ni'nin ikişer homojen grup oluşturduğu görülmektedir. Zn'da ibre ve kabuk aynı homojen grupta yer alırken dal ayrı bir grupta yer almıştır. Ni'de kabuk bir homojen grupta yer alırken ibre ve kabuk ikinci homojen grupta yer almıştır. Cr'da kabuk ve dal bir homojen grupta, ibre ise diğer homojen grupta yer alırken Cd'da her bir organ ayrı bir homojen grupta yer almıştır. Cr'da en düşük değer dal, en yüksek değer ise ibrede elde edilmiştir.

4.2. Elementlerin Organ Yaşı Bazında Değişimi

Çalışmaya konu elementlerin organ yaşı bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 4.3.'de verilmiştir.

Tablo 4.3. *Elementlerin Organ Yaşı Bazında Değişimine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları*

		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Hata
Zn (ppm)	Gruplar Arası	33917,714	6	5652,952	2,505	,026
	Gruplar İçi	268513,778	119	2256,418		
	Toplam	302431,492	125			
Ni (ppb)	Gruplar Arası	326397027,937	6	54399504,656	2,020	,068
	Gruplar İçi	3204684520,889	119	26930122,024		
	Toplam	3531081548,825	125			
Co (ppb)	Gruplar Arası	4743805929,714	6	790634321,619	4,334	,001
	Gruplar İçi	21707840178	119	182418825,025		
	Toplam	26451646107	125			
Cr (ppb)	Gruplar Arası	1740479154,667	6	290079859,111	2,070	,062
	Gruplar İçi	16679449493	119	140163441,120		
	Toplam	18419928648	125			
Cd (ppb)	Gruplar Arası	7923273,651	6	1320545,608	5,550	,000
	Gruplar İçi	28311995,556	119	237915,929		
	Toplam	36235269,206	125			
Pb (ppm)	Gruplar Arası	7220,741	6	1203,457	4,056	,001
	Gruplar İçi	35305,855	119	296,688		
	Toplam	42526,596	125			

Elementlerin organ yaşı bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde Ni ve Cr'un organ yaşı bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir. Bunların dışındaki elementlerden Zn'nun organ yaşı bazında değişimi istatistiki olarak %95, Co ve Pb'un organ yaşı bazında değişimi istatistiki olarak %99 ve Cd'un organ yaşı bazında değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Çalışmaya konu elementlerin organ yaşı bazında ortalama değerleri ile varyans analizi sonucunda organ yaşı bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenen elementler için Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.4.'de verilmiştir.

Tablo 4.4. *Elementlerin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

Element	Organ Yaşı						
	1	2	3	4	5	6	7
Zn (ppm)	92,67 ab	61,00 a	106,11 b	115,44 b	97,11 b	89,11 ab	107,00 b
Ni (ppb)	3900,89	5523,22	5189,33	9453,00	5915,44	6563,44	6957,78
Co (ppb)	15574 cd	2619 a	11638 abc	22413 d	13581 bcd	5447 ab	8665 abc
Cr (ppb)	10796,78	8425,78	11160,89	20721,22	11114,33	11385,89	9858,44
Cd (ppb)	1127,56 b	516,89 a	567,00 a	1053,22 b	610,78 a	484,78 a	535,33 a
Pb (ppm)	20,92 bc	3,50 a	20,34 bc	28,41 c	11,05 ab	12,93 ab	12,11 ab

Tablo değerleri incelendiğinde Duncan testi sonuçlarına göre Zn ve Cd'un iki, Co'ın dört, Pb'un ise üç homojen grup oluşturduğu görülmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde element konsantrasyonlarının organ yaşına bağlı olarak doğrusal bir değişim gösterdiğini söylemek oldukça zordur.

4.3. Elementlerin Yıkanmaya Bağlı Değişimi

Çalışmaya konu elementlerin yıkanmaya bağlı değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 4.5.'da verilmiştir.

Tablo 4.5. *Elementlerin Yıkanmaya Bağlı Değişimine İlişkin Varyans Analizi Sonuçları*

		Kareler Toplamı	SD	Kareler Ortalaması	F	Hata
Zn (ppm)	Gruplar Arası	5979,556	1	5979,556	2,501	,116
	Gruplar İçi	296451,937	124	2390,741		
	Toplam	302431,492	125			
Ni (p"pb)	Gruplar Arası	91409384,127	1	91409384,127	3,295	,072
	Gruplar İçi	3439672164,698	124	27739291,651		
	Toplam	3531081548,825	125			

Tablo 4.5.'in devamı

Co (ppb)	Gruplar Arası	368156213,365	1	368156213,365	1,750	,188
	Gruplar İçi	26083489894	124	210350724,954		
	Toplam	26451646107	125			
Cr (ppb)	Gruplar Arası	20134408,127	1	20134408,127	,136	,713
	Gruplar İçi	18399794239	124	148385437,418		
	Toplam	18419928648	125			
Cd (ppb)	Gruplar Arası	280028,571	1	280028,571	,966	,328
	Gruplar İçi	35955240,635	124	289961,618		
	Toplam	36235269,206	125			
Pb (ppm)	Gruplar Arası	196,595	1	196,595	,576	,449
	Gruplar İçi	42330,001	124	341,371		
	Toplam	42526,596	125			

Tablo sonuçları incelendiğinde çalışmaya konu elementlerin tamamının yıkanmaya bağlı değişimlerinin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir.

4.4. Elementlerin Organ ve Organ Yaşı Bazında Değişimi

4.4.1. Zn Elementinin Değişimi

Zn elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.6.'da verilmiştir.

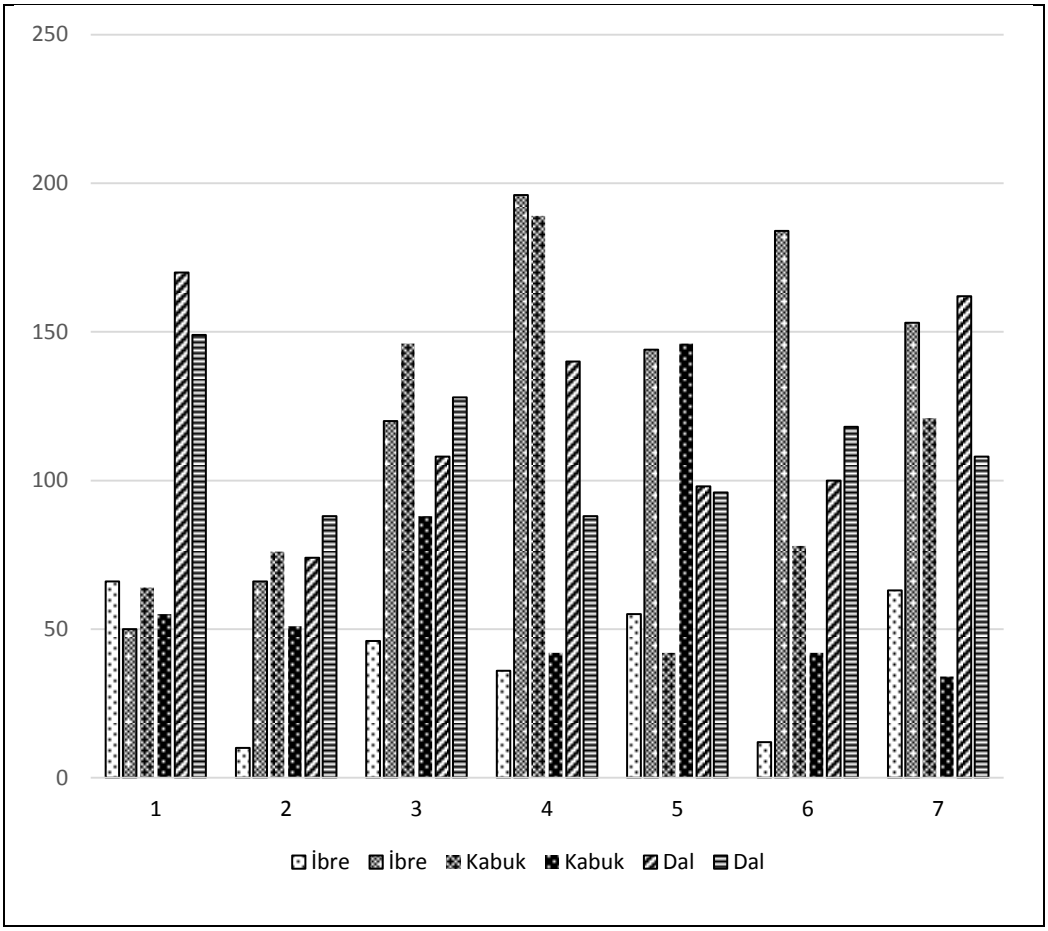
Tablo 4.6. *Zn (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi*

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	66 d	50 a	64 c	55 b	170 f	149 e	9454	0,000
2	10 a	66 c	76 e	51 b	74 d	88 f	5196	0,000
3	46 a	120 d	146 f	88 b	108 c	128 e	367	0,000

Tablo 4.6.'nın devamı

4	36 a	196 d	189 d	42 a	140 c	88 b	1017	0,000
5	55 b	144 e	42 a	146 f	98 d	96 c	8371	0,000
6	12 a	184 f	78 c	42 b	100 d	118 e	627	0,000
7	63 b	153 e	121 d	34 a	162 f	108 c	709	0,000

Tablo sonuçları incelendiğinde bütün yaşlarda organlar arasındaki değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde bir yaşındaki yıkanmamış ibrelerde elde edilen değerlerin oldukça düşük olduğu, yedi yaştan dört tanesinde elde edilen değerlerin ilk, iki tanesinde elde edilen değerlerin ise ikinci homojen grupta olduğu görülmektedir. İbrelerde yedi yaştan altı tanesinde yıkanan numunelerdeki değerler yıkanmayan numunelerdekinden düşüktür. Dal ve kabuklarda ise yıkanmayan numunelerdeki değerlerin genel olarak yıkanan numunelerdekinden daha düşük düzeyde olduğu söylenebilir. Zn elementinin organ bazında değişimini gösterir grafik, Grafik 4.1.'de verilmiştir.



Grafik 4.1. Zn elementinin organ bazında değişimi

Zn elementinin organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.7.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. *Zn (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

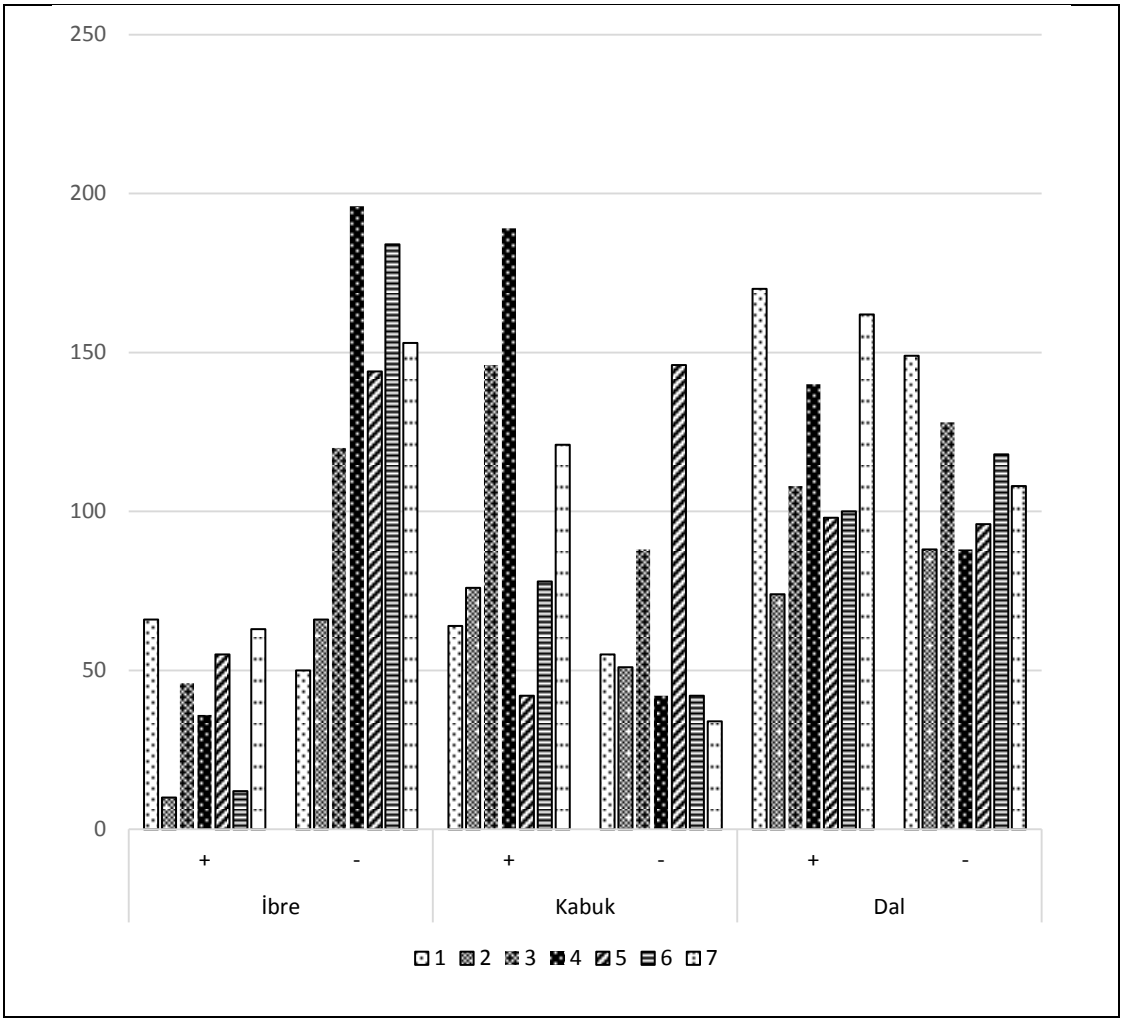
Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	66 g	50 a	64 b	55 d	170 f	149 f
2	10 a	66 b	76 c	51 c	74 a	88 a
3	46 d	120 e	146 e	88 e	108 c	128 e
4	36 c	196 f	189 f	42 b	140 d	88 a
5	55 e	144 d	42 a	146 f	98 b	96 b
6	12 b	184 e	78 c	42 b	100 b	118 d

Tablo 4.7.'in devamı

7	63 f	153 d	121 d	34 a	162 e	108 c
F Değ.	2812	295	607	8186	4105	4028
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Zn elementinin organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimini gösterir Tablo değerleri incelendiğinde bütün organlarda ibre yaşına bağlı olarak değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Değerler incelendiğinde yaşa bağlı olarak doğrusal bir değişimden söz etmenin pek mümkün olmadığı görülmektedir. Değerler arasında oldukça şaşırtıcı ve açıklamanın pek mümkün olmadığı sonuçlar görülmektedir. Örneğin yıkanmış ibrelerde en düşük değer iki yaşındaki, en yüksek değer ise yedi yaşındaki ibrelerde elde edilmiş iken en düşük ikinci değer altı yaşındaki ve en yüksek ikinci değer bir yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. Benzer şekilde dallarda hem yıkanmış hem de yıkanmamış numunelerde en düşük değerler iki yaşındaki, en yüksek değerler ise bir yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. Verilerin daha rahat algılanabilmesini sağlamak amacıyla Zn konsantrasyonunun organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik'de verilmiştir.



Grafik 4.2. Zn elementinin organ yaşı bazında değişimi

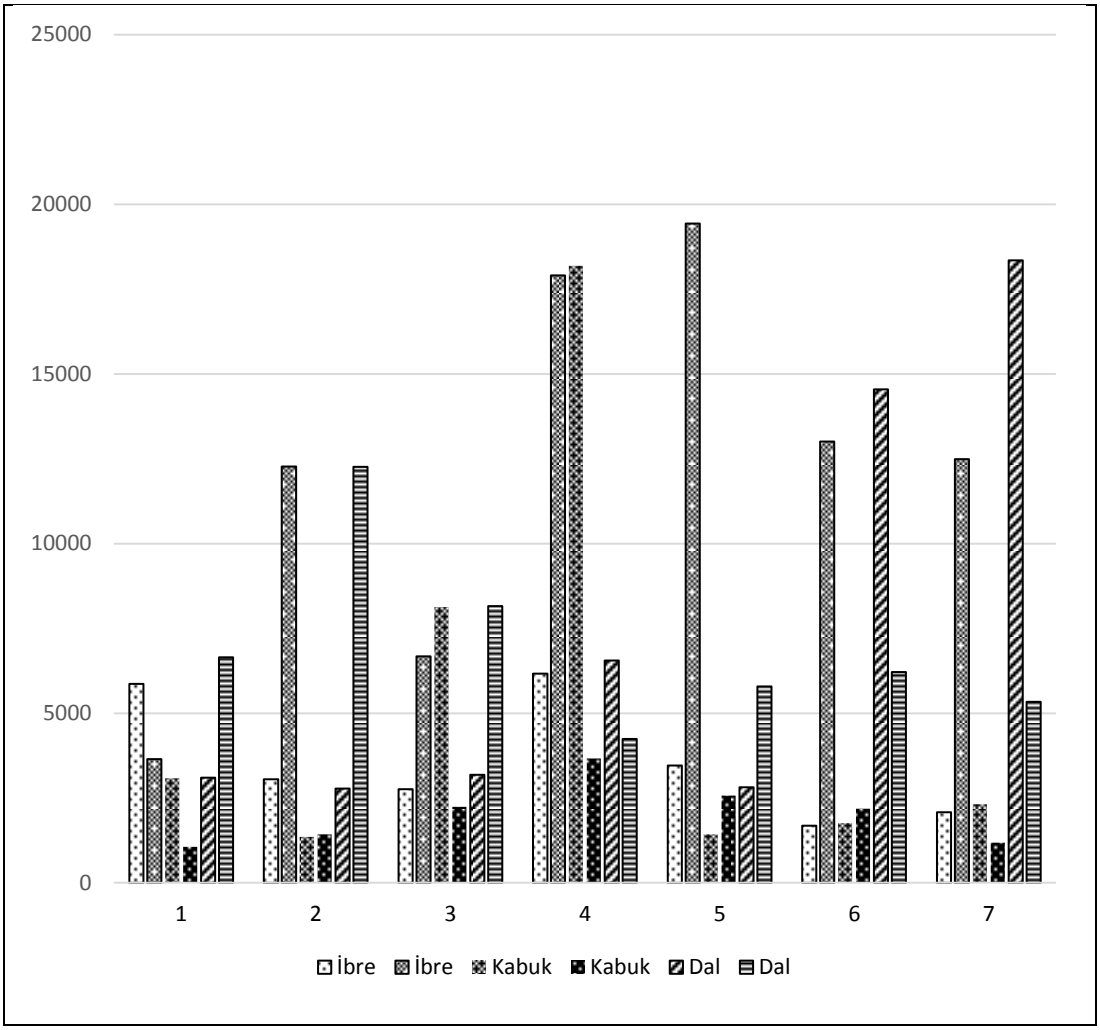
4.4.2. Ni Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Ni elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.8. *Ni (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi*

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	5866 d	3647 c	3080 b	1064 a	3100 b	6646 e	1329	0,000
2	3052 c	12267 d	1351 a	1430 a	2776 b	12261 d	11892	0,000
3	2759 b	6672 d	8128 e	2239 a	3183 c	8153 e	3200	0,000
4	6162 c	17905 e	18188 e	3668 a	6550 d	4243 b	3019	0,000
5	3457 c	19428 e	1430 a	2575 b	2814 b	5786 d	7196	0,000
6	1682 a	13004 d	1756 a	2182 b	14543 e	6212 c	18052	0,000
7	2079 b	12488 e	2318 c	1182 a	18341 f	5336 d	19919	0,000

Tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre bütün organlarda organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Değerler incelendiğinde ilk dikkat çeken husus en düşük değerlerin büyük oranda yıkanmamış kabuklarda elde edilmiş olmasıdır. Yıkanmamış kabuklarda elde edilen değerler toplam yedi yaştan beş yaşta birinci, iki yaşta ise ikinci homojen grupta yer almaktadır. Bunun dışında dikkat çeken diğer hususlar ise yıkanmış ibrelerde elde edilen değerlerin büyük oranda yıkanmamış ibrelerde elde edilen değerlerden daha düşük düzeyde olmasıdır. Ni elementinin organ bazında değişimini gösterir grafik olarak Grafik'de verilmiştir.



Grafik 4.3.Ni elementinin organ bazında değişimi

Ni elementinin organa bağlı olarak organ yaşı bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.9.'de verilmiştir.

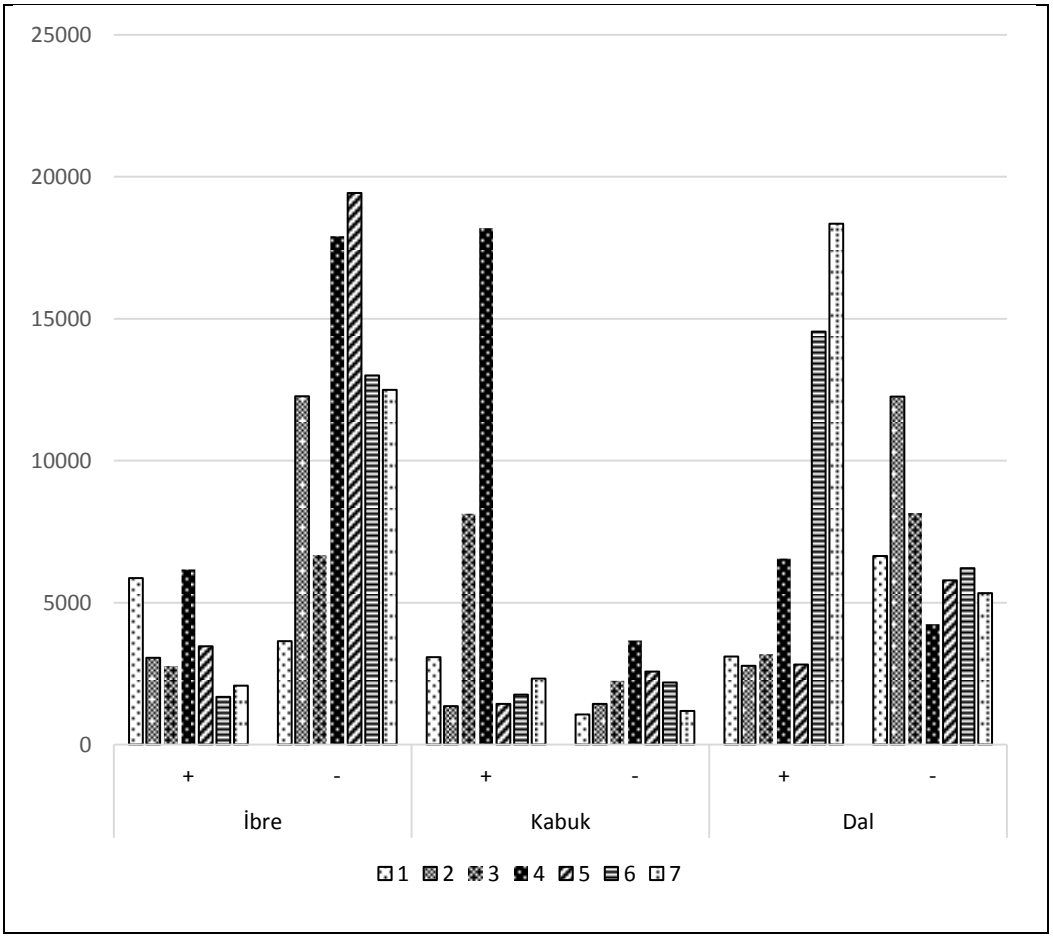
Tablo 4.9. *Ni (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	5866 f	3647 a	3080 d	1064 a	3100 b	6646 e
2	3052 d	12267 c	1351 a	1430 c	2776 a	12261 g
3	2759 c	6672 b	8128 e	2239 d	3183 b	8153 f

Tablo 4.9.'un devamı

4	6162 g	17905 e	18188 f	3668 f	6550 c	4243 a
5	3457 e	19428 f	1430 ab	2575 e	2814 a	5786 c
6	1682 a	13004 d	1756 b	2182 d	14543 d	6212 d
7	2079 b	12488 c	2318 c	1182 b	18341 e	5336 b
F Değ.	637	5872	2903	1680	14944	3432
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Ni elementinin organ yaşına bağlı değişiminin bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Değerler incelendiğinde Ni konsantrasyonunun organ yaşına bağlantılı olarak değiştiğini söylemek pek mümkün değildir. Genel olarak Ni konsantrasyonunun 1064 ppb (bir yaş yıkanmamış kabuk) ile 19428 ppb (beş yaş yıkanmamış ibre) arasında değiştiği görülmektedir. Ni elementinin organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.4.'de verilmiştir.



Grafik 4.4. Ni (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

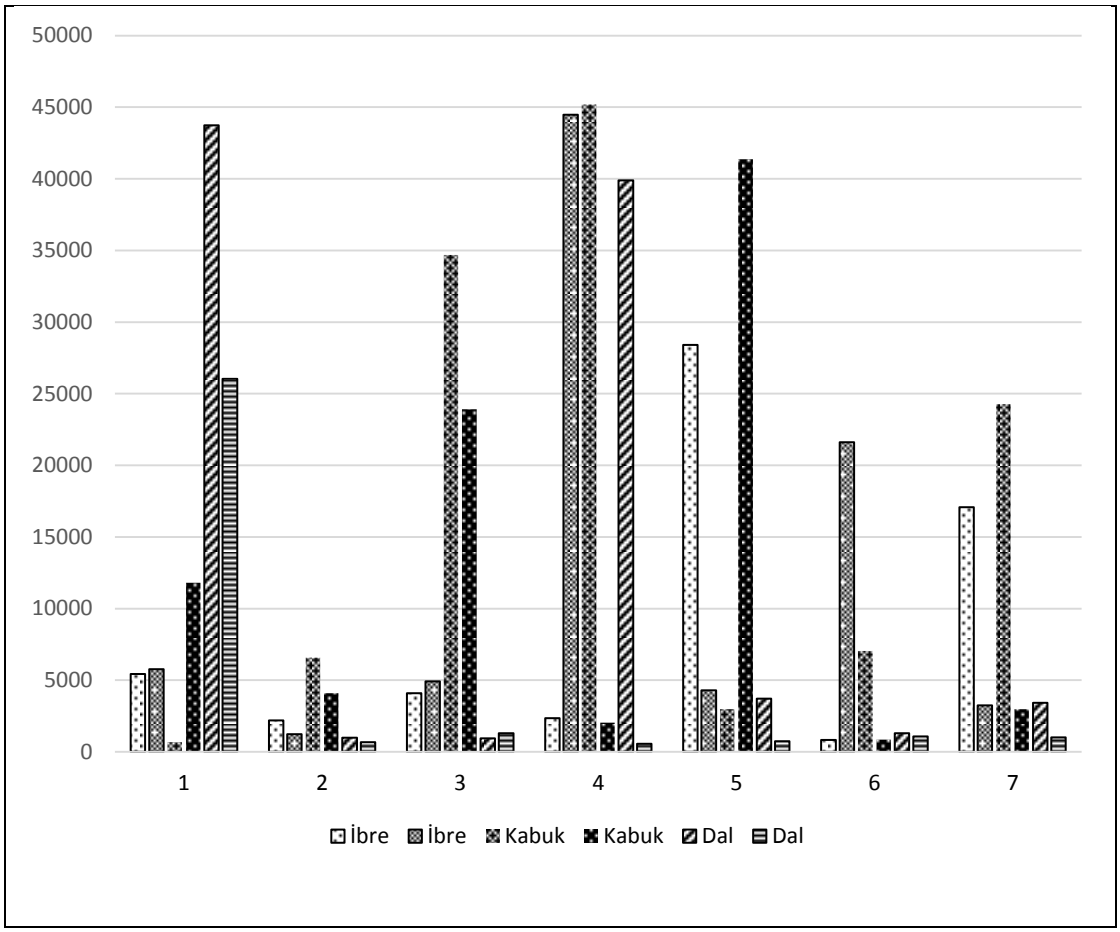
4.4.3. Co Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Co elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.10. *Co (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi*

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	5439 b	5769 c	660 a	11792 d	43742 f	26044 e	65514	0,000
2	2193 d	1218 c	6569 f	4092 e	973 b	668 a	2119	0,000
3	4085 c	4910 d	34681 f	23920 e	936 a	1298 b	175882	0,000
4	2336 c	44462 e	45198 f	2030 b	39895 d	557 a	299585	0,000
5	28397 e	4300 d	2966 b	41370 f	3706 c	748 a	16618	0,000
6	817 a	21605 e	7046 d	857 a	1296 c	1062 b	159956	0,000
7	17078 e	3245 c	24273 f	2967 b	3426 d	1002 a	71463	0,000

Co elementinin organ bazında değişimi incelendiğinde bütün yaşlardaki organlerin değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde yıkanmamış dallarda bir yaşındaki numuneler dışında elde edilen değerlerin oldukça düşük olması, elde edilen değerlerin Duncan testi sonuçlarına göre altı yaştan dördünde ilk, ikisinde ikinci homojen gruplarda olması dikkat çekmektedir. Genel olarak bakıldığında en yüksek değerlerin büyük oranda yıkanmış kabuklarda olduğu görülmektedir. Değerler incelendiğinde büyük oranda kabuk ve dallarda yıkanmamış numunelerde elde edilen değerlerin yıkanmış numunelerde elde edilen değerlerden daha düşük düzeyde olduğu söylenebilir. Co elementinin organ bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.5'de verilmiştir.



Grafik 4.5. Co elementinin organ bazında değişimi

Co elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.11.'de verilmiştir.

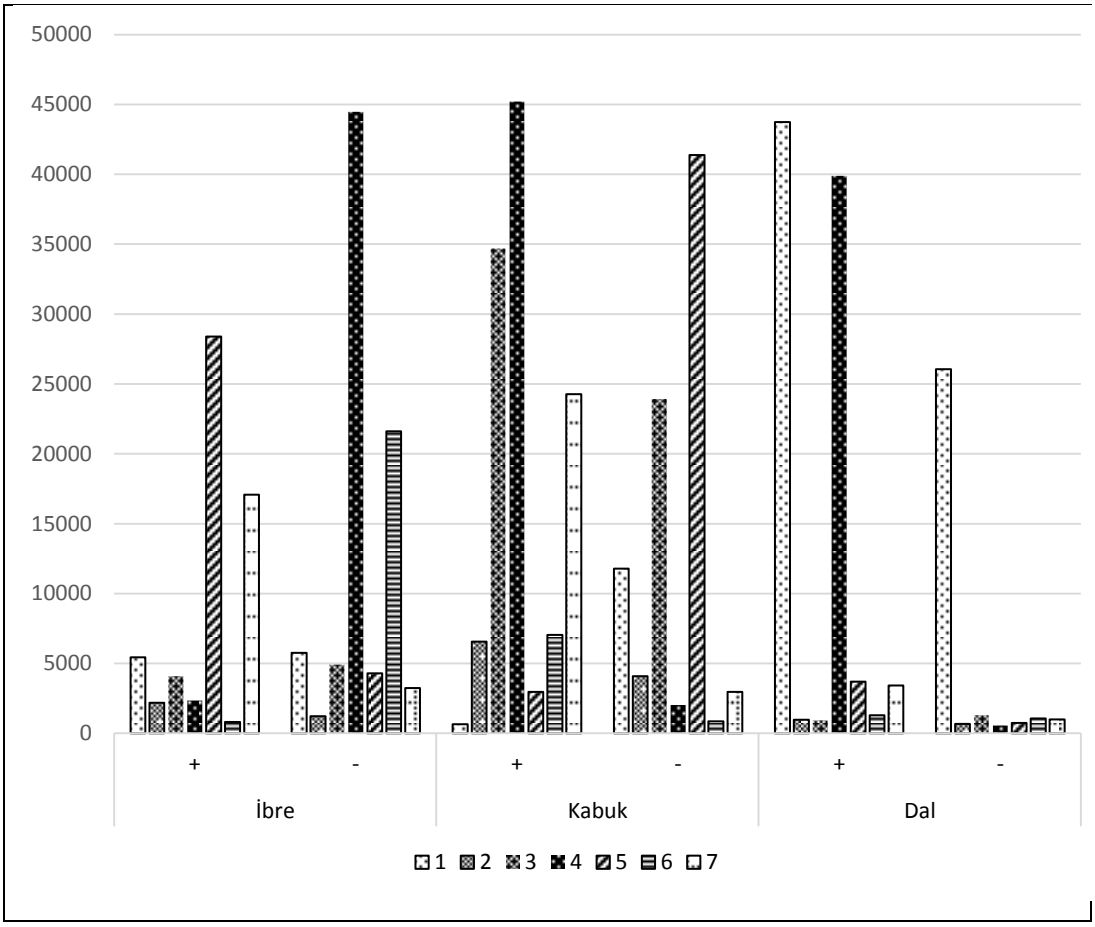
Tablo 4.11. *Co (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	5439 d	5769 e	660 a	11792 e	43742 f	26044 e
2	2193 b	1218 a	6569 c	4092 d	973 a	668 ab
3	4085 c	4910 d	34681 f	23920 f	936 a	1298 d
4	2336 b	44462 g	45198 g	2030 b	39895 e	557 a
5	28397 f	4300 c	2966 b	41370 g	3706 d	748 b
6	817 a	21605 f	7046 d	857 a	1296 b	1062 c

Tablo 4.11.'in devamı

7	17078 e	3245 b	24273 e	2967 c	3426 c	1002 c
F Değ.	38513	20037	113218	105638	136541	49556
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Co elementinin organ yaşı bazında değişimini gösterir Tablo değerleri incelendiğinde bütün organlarda yaşa bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde değerler arasında yorum yapmanın oldukça zor olduğu sonuçların olduğu görülmektedir. Örneğin yıkanmamış dal numunelerinde bir yaşındaki numunelerde elde edilen değer 26044 ppb'dir. Oysa diğer yaşlarda Co konsantrasyonu 557 ppb ile 1298 ppb arasında değişmektedir. Yani yıkanmamış dal numunelerinde en yüksek değer ile en yüksek ikinci değer arasında yirmi kattan fazla fark bulunmaktadır. Benzer durumlar diğer numunelerde de göze çarpmaktadır. Yıkanmış dal numunelerinde en yüksek iki değer 43742 ppb ile bir yaşındaki ve 39895 ppb ile dört yaşındaki numunelerde elde edilmiştir. Bunlardan sonraki en yüksek değer ise 3706 ppb ile beş yaşındaki numunelerde elde edilmiştir. Bundan dolayı Co konsantrasyonunun ibre yaşı ile doğrusal olarak değiştiğini söylemek oldukça zordur. Co (ppb) elementinin organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.5.'de verilmiştir.



Grafik 4.6. Co (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

4.4.4. Cr Elementinin Değişimi

Cr elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.12.'de verilmiştir.

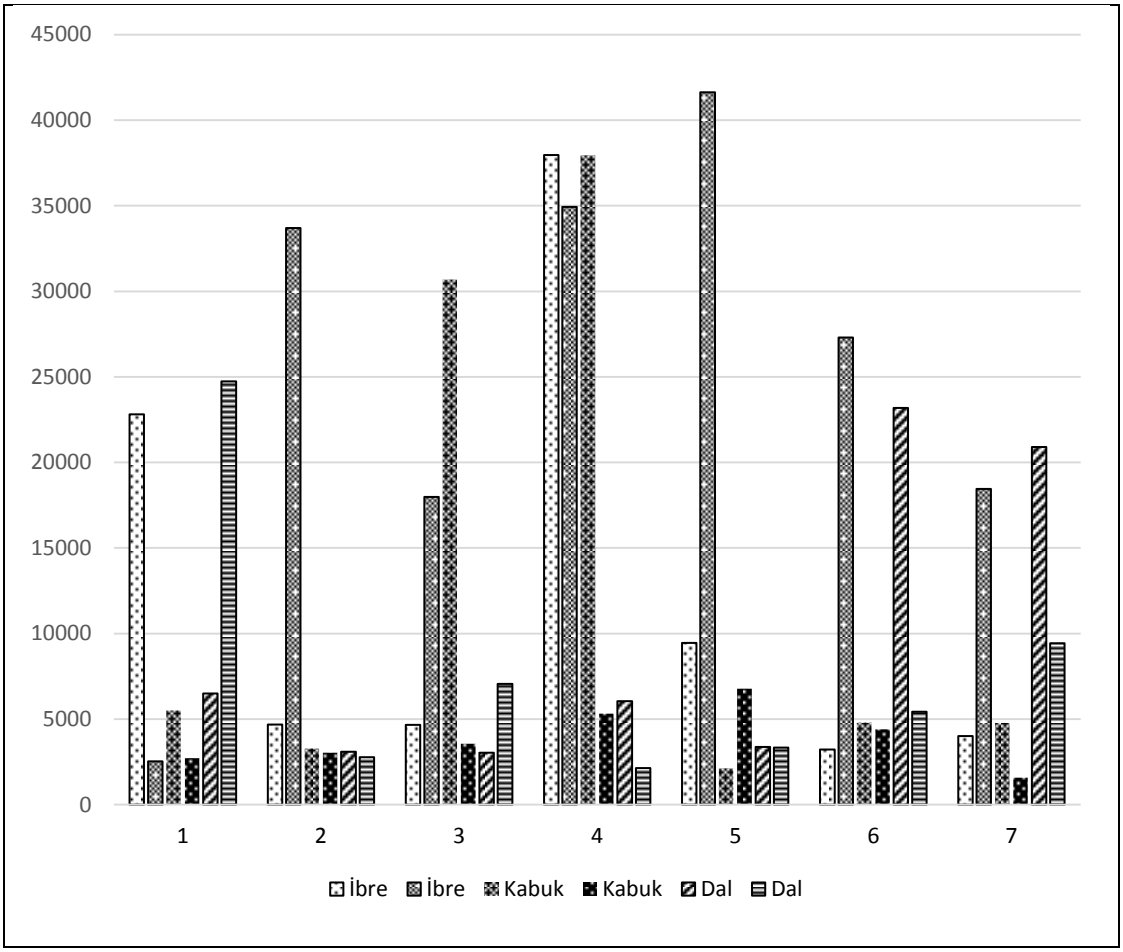
Tablo 4.12. *Cr (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi*

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	22813 c	2526 a	5502 b	2713 a	6488 b	24736 d	601	0,000
2	4678 d	33690 e	3282 c	3044 b	3086 bc	2772 a	30454	0,000
3	4656 c	17982 e	30675 f	3555 b	3029 a	7066 d	62886	0,000

Tablo 4.12.'nin devamı

4	37969 d	34933 c	37937 d	5312 b	6045 b	2130 a	5292	0,000
5	9460 d	41620 e	2122 a	6773 c	3369 b	3340 b	131916	0,000
6	3226 a	27299 f	4786 c	4394 b	23180 e	5429 d	39262	0,000
7	4002 b	18442 e	4776 c	1583 a	20908 f	9437 d	65782	0,000

Varyans analizi sonuçlarına göre Cr elementinin organ yaşı bazında organa bağlı olarak değişimi de istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ilk dikkat çeken nokta yıkanmamış ibrelerde elde edilen değerlerin oldukça yüksek düzeylerde olmasıdır. Yıkanmamış ibrelerde bir yaşındaki ibreler dışında diğer yaşlarda elde edilen değerler son iki homojen gruplarda yer almaktadır ve genellikle en yüksek değerlerdir. Bunun dışında dikkat çeken bir diğer husus yıkanmamış kabuk numunelerinde elde edilen değerlerin, beş yaşındaki ibreler dışında ilk iki homojen gruplarda yer almasıdır. Dolayısıyla genel olarak en düşük Cr konsantrasyonlarının yıkanmamış kabuk, en yüksek Cr konsantrasyonlarının ise yıkanmamış ibre numunelerinde elde edildiği söylenebilir. Cr elementinin organ bazında değişimini gösterir Grafik 4.7.'de verilmiştir.



Grafik 4.7.Cr elementinin organ bazında değişimi

Cr elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.13.'de verilmiştir.

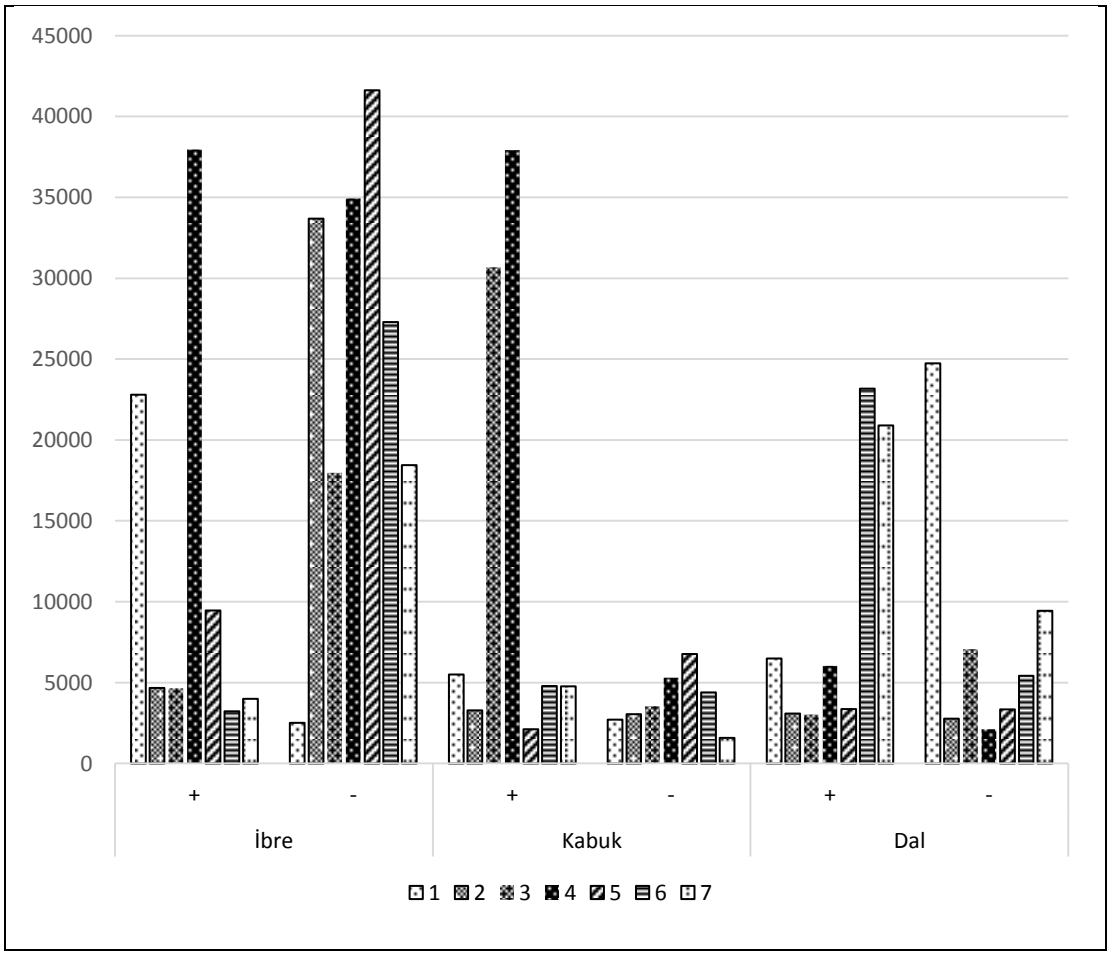
Tablo 4.13. *Cr (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	22813 d	2526 a	5502 d	2713 b	6488 d	24736 g
2	4678 b	33690 d	3282 b	3044 c	3086 a	2772b
3	4656 b	17982 b	30675 e	3555 d	3029 a	7066 e
4	37969 e	34933 e	37937 f	5312 f	6045 c	2130 a
5	9460 c	41620 f	2122 a	6773 g	3369 b	3340 c

Tablo 4.13.’devamı

6	3226 a	27299 c	4786 c	4394 e	23180 f	5429 d
7	4002 ab	18442 b	4776 c	1583 a	20908 e	9437 f
F Değ.	1142	5557	9779	42394	53031	44222
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo’da görüldüğü üzere Cr elementinin bütün organlarda organ yaşları arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Değerler incelendiğinde Cr konsantrasyonunun da diğer elementler gibi yaşa bağlı olarak değişiminin anlamsız olduğu söylenebilir. Çalışma sonucunda Cr konsantrasyonunun 1583 ppb (yedi yaş yıkanmamış kabuk) ile 41620 ppb (beş yaş yıkanmamış ibre) arasında değiştiği görülmektedir. Cr elementinin organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.8.’de verilmiştir.



Grafik 4.8. Cr (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

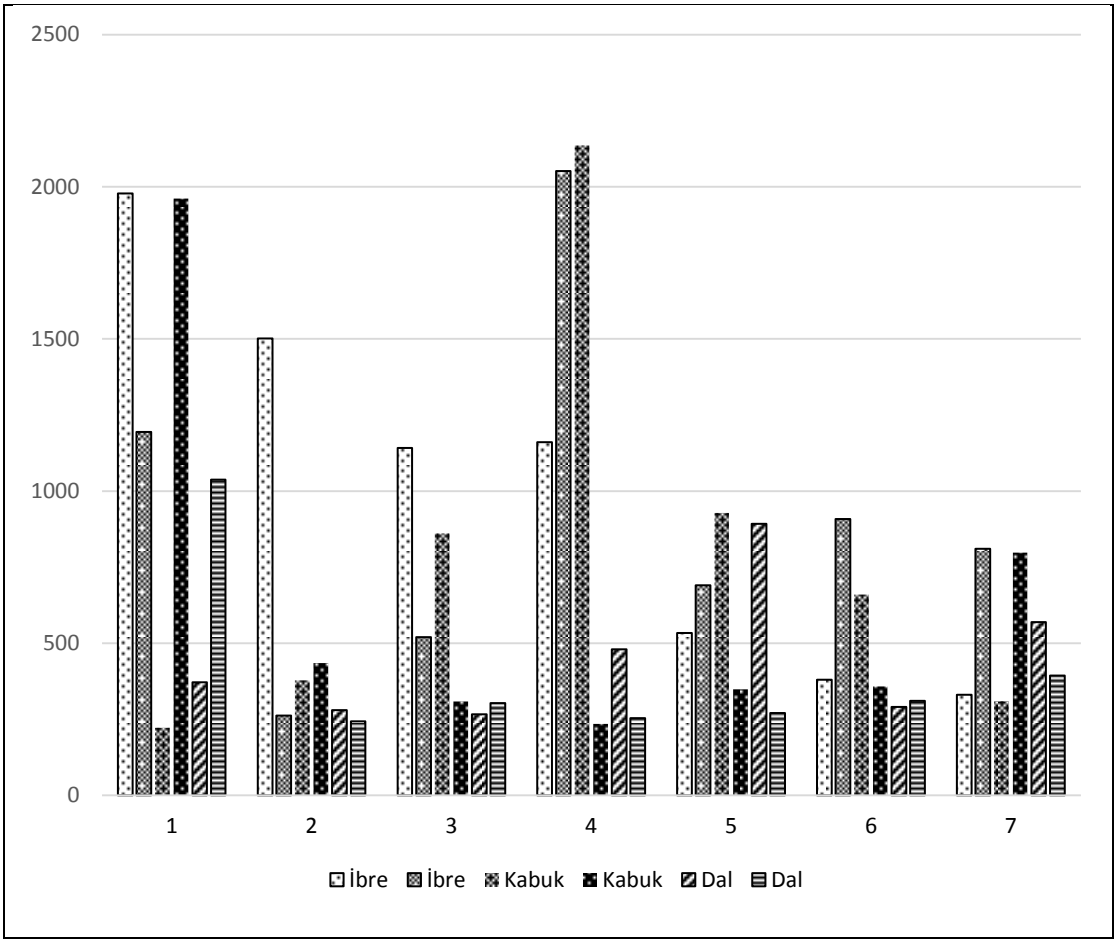
4.4.5. Cd Elementinin Değişimi

Çalışmadaki bir diğer element olan Cd elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.9.'da verilmiştir.

Tablo 4.14. *Cd (ppb) Elementinin Organ Bazında Değişimi*

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	1978 e	1194 d	222 a	1961e	372 b	1037 c	1358	0,000
2	1501 c	262 a	378 b	435 b	280 a	243 a	297	0,000
3	1142 e	520 c	861 d	308 b	266 a	303 b	1419	0,000
4	1161 c	2051 d	2136 e	235 a	480 b	254 a	5002	0,000
5	534 c	690 d	928 f	348 b	892 e	270 a	2667	0,000
6	380 b	908 d	660 c	358 b	290 a	311 a	762	0,000
7	330 b	810 e	309 a	798 e	569 d	394 c	1418	0,000

Cd konsantrasyonunun organ bazında değişimi incelendiğinde bütün yaşlarda organlar arasında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde en düşük değerlerin büyük oranda dallarda elde edildiği, özellikle yıkanmamış dallarda elde edilen değerlerin oldukça düşük düzeyde olduğu ve yedi yaştan dört tanesinde ilk, bir tanesinde ikinci ve iki tanesinde üçüncü homojen gruplarda yer aldığı görülmektedir. En yüksek değerler ise büyük oranda ibrelerde, özellikle de yıkanmış ibrelerde elde edilmiştir. Cd elementinin organ bazında değişimini gösterir Grafik 4.9.'da verilmiştir.



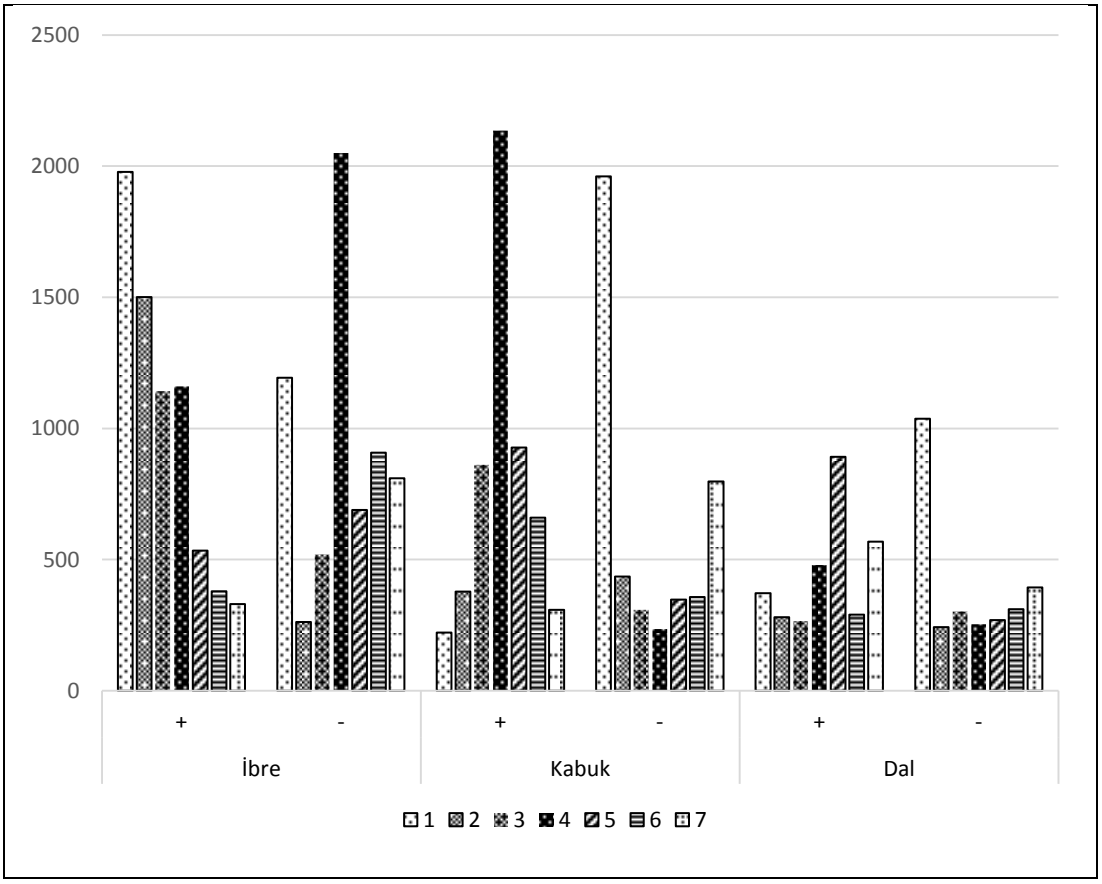
Grafik 4.9. Cd elementinin organ bazında değişimi

Cd elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.15.'da verilmiştir.

Tablo 4.15. *Cd (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	1978 e	1194 f	222,0 a	1961f	372 c	1037 e
2	1501 d	262 a	378 c	435 d	280 ab	243 a
3	1142 c	520 b	861 e	308 b	266 a	303 c
4	1161 c	2051 g	2136 g	235 a	480 d	254 ab
5	534 b	690 c	928 f	348 c	892 f	270 b
6	380 a	908 e	660 d	358 c	290 b	311 c
7	330 a	810 d	309 b	798 e	569 e	394 d
F Değ.	348	5005	4885	13616	1476	1436
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Cd konsantrasyonunun bütün organlarda yaşa bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ancak, diğer elementlerde olduğu gibi Cd konsantrasyonu ile organ yaşı arasında genellikle anlamlı ve doğrusal bir ilişki bulunmazken yıkanmış ibrelerde Cd konsantrasyonunun ibre yaşı ile zıt yönlü olarak değiştiği yani ibre yaşı arttıkça Cd konsantrasyonunun azaldığı belirlenmniştir. Cd elementinin organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.10.'da verilmiştir.



Grafik 4.10. Cd (ppb) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

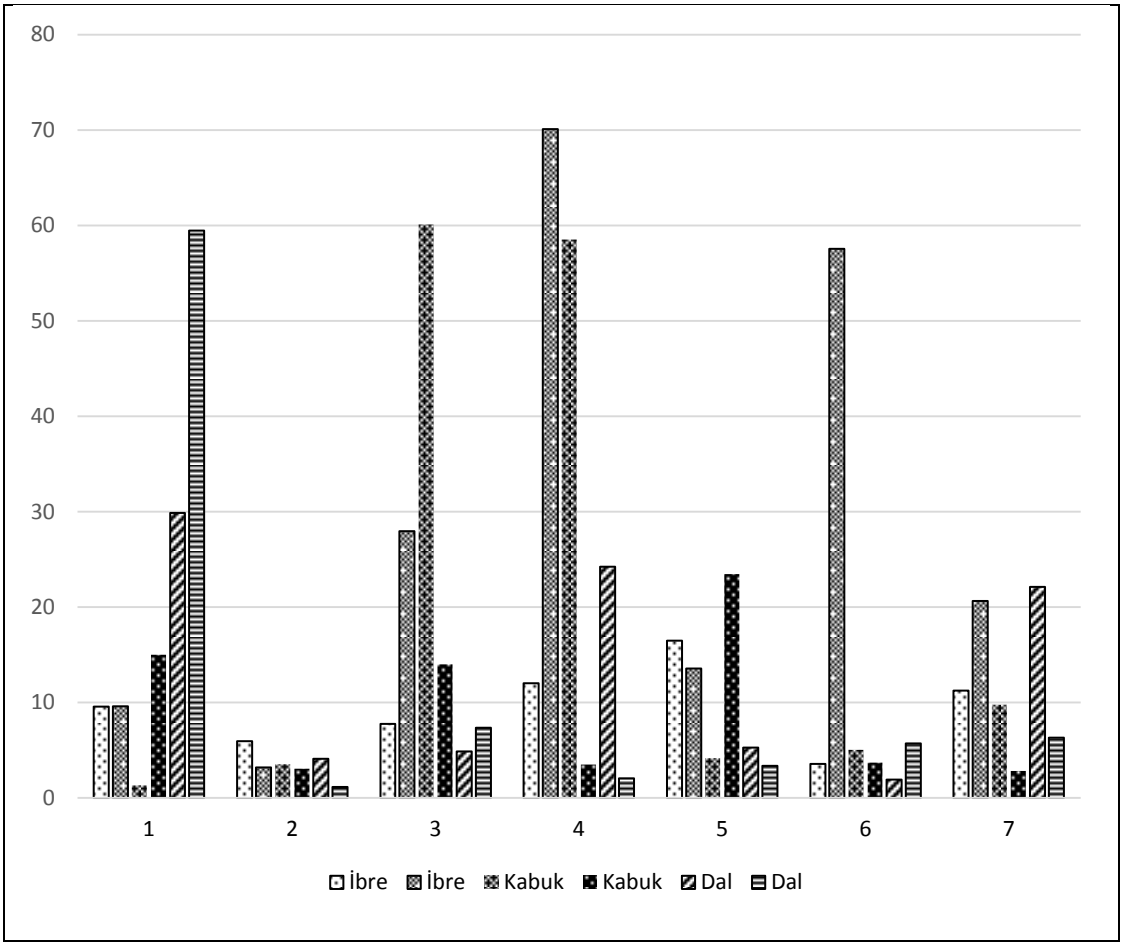
4.4.6. Pb Elementinin Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Pb elementinin organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.16.'da verilmiştir.

Tablo 4.16. *Pb (ppm) Elementinin Organ Bazında Değişimi*

Yaş	Organ						F Değ.	Hata
	İbre		Kabuk		Dal			
	+	-	+	-	+	-		
1	9,58 b	9,62 b	1,34 a	15 c	29,87 d	59,46 e	6085	0,000
2	5,97 f	3,20 c	3,53 d	3,06 b	4,11 e	1,14 a	1304	0,000
3	7,77 b	27,95 d	60,10 e	14,01 c	4,87 a	7,35 b	6976	0,000
4	12,01 c	70,10 f	58,52 e	3,52 b	24,23 d	2,05 a	7142	0,000
5	16,48 e	13,56 d	4,17 b	23,46 f	5,28 c	3,37 a	2495	0,000
6	3,58 b	57,55 e	5,04 c	3,72 b	1,94 a	5,73 d	69872	0,000
7	11,27 d	20,64 e	9,78 c	2,85 a	22,11 f	6,33 b	2572	0,000

Tablo değerleri incelendiğinde Pb konsantrasyonunun bütün yaşlarda organ bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar incelendiğinde öncelikle yıkanmış ve yıkanmamış ibreler arasındaki fark dikkat çekmektedir. Yıkanmamış ibrelerde elde edilen konsantrasyonlar oldukça yüksek düzeydedir. Bunun dışında dikkat çeken bir başka husus bazı organellerde bazı yaşlarda Pb konsantrasyonunun çok yüksek düzeylerde olmasıdır. Örneğin üç yaşındaki organellerde Pb konsantrasonu en yüksek yıkanmış kabuklarda (60,10 ppm) elde edilirken bu değerden sonraki en yüksek değer yıkanmamış ibrelerde (27,95 ppm) elde edilmiş olup ilk değerin yarısından daha düşük seviyededir. Benzer değerler diğer organlarda da elde edilmiştir. Pb elementinin organ bazında değişimini gösterir Grafik 4.11'de verilmiştir.



Grafik 4.11. Pb elementinin organ bazında değişimi

Pb elementinin konsantrasyonunun organ yaşına bağlı olarak organ bazında değişimi belirlenmiş ve organ bazında ortalama değerler ile varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı ve Duncan testi sonucu oluşan gruplaşmalar Tablo 4.17.'de verilmiştir.

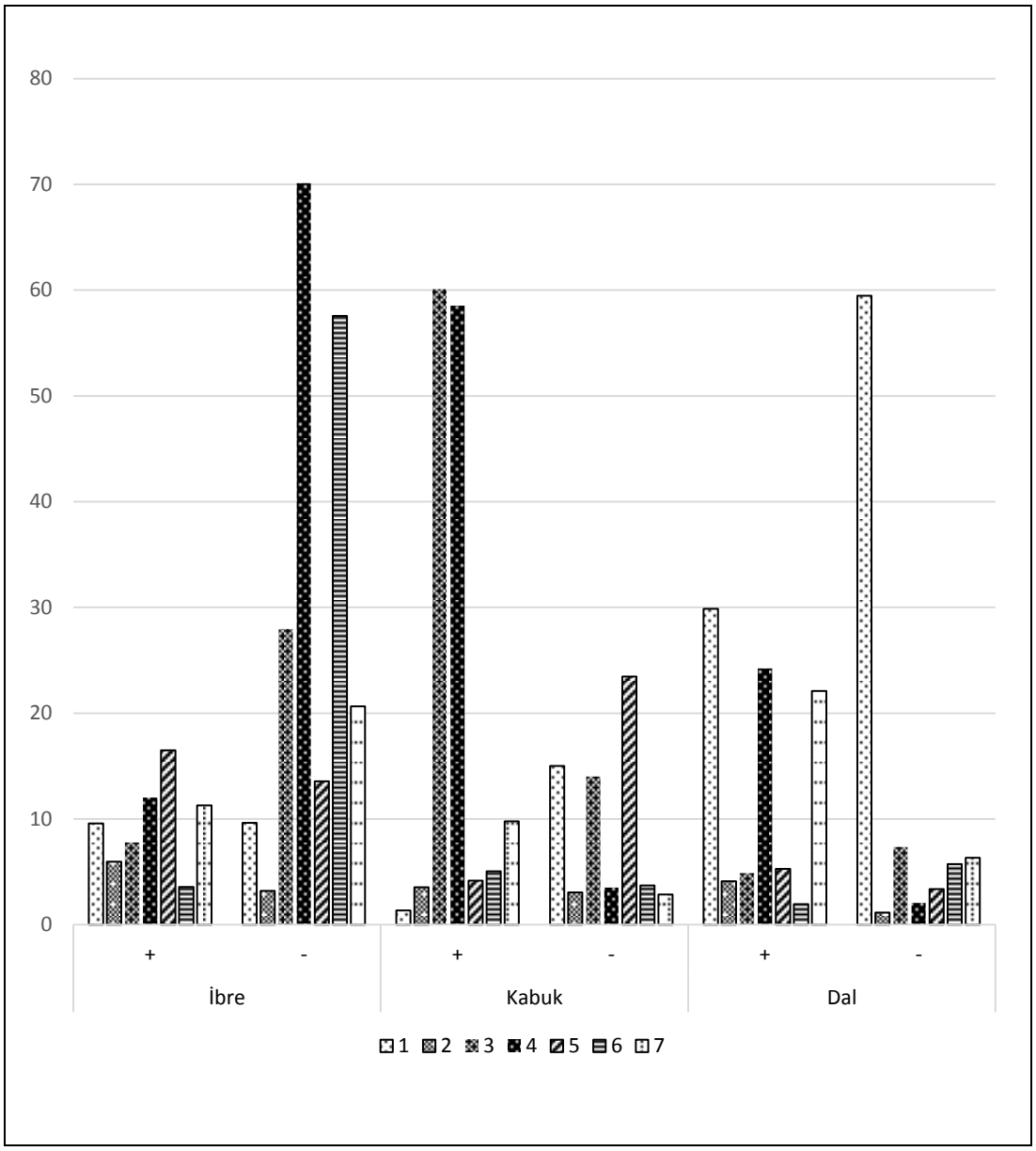
Tablo 4.17. *Pb (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi*

Yaş	Organ					
	İbre		Kabuk		Dal	
	+	-	+	-	+	-
1	9,58 d	9,62 b	1,34 a	15 d	29,87 f	59,46 f
2	5,97 b	3,20 a	3,53 b	3,06 a	4,11 b	1,14 a
3	7,77 c	27,95 e	60,10 f	14,01 c	4,87 c	7,35 e

Tablo 4.17.'nin devamı

4	12,01 f	70,10 g	58,52 e	3,52 b	24,23 e	2,05 b
5	16,48 g	13,56 c	4,17 bc	23,46 e	5,28 c	3,37 c
6	3,58 a	57,55 f	5,04 c	3,72 b	1,94 a	5,73 d
7	11,27 e	20,64 d	9,78 d	2,85 a	22,11 d	6,33 d
F Değ.	1530	25440	5111	4803	4843	8652
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonucunda bütün organlarda Pb konsantrasyonunun organ yaşına bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Organ yaşı bazında değişimler incelendiğinde Pb konsantrasyonu ile yaş arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığı, hatta bazı organlarda yaşa bağlı olarak yorumlanamayan sonuçların elde edildiği görülmektedir. Örneğin Yıkanmış kabuklarda Pb konsantrasyonu 1,34 ppm (bir yaş) ile 9,78 ppm (yedi yaş) arasında değişirken dört yaşındaki ibrelerde 58,52 ppm ve üç yaşındaki ibrelerde 60,10 ppm seviyesine çıkmaktadır. Benzer durumlar başka organlarda da dikkat çekmektedir. Pb elementinin organ yaşı bazında değişimi grafik olarak Grafik 4.12.'de verilmiştir.



Grafik 4.12. Pb (ppm) Elementinin Organ Yaşı Bazında Değişimi

4.5. Elementler Arasındaki İlişkiler

Çalışmaya konu elementlerin birbirleri ile olan ilişki düzeylerini belirleyebilmek amacıyla verilere korelasyon analizi uygulanmış ve sonuçları Tablo 4.18.'de verilmiştir.

Tablo 4.18. *Korelasyon Analizi Sonuçları*

	Zn (ppm)	Ni (ppb)	Co (ppb)	Cr (ppb)	Cd (ppb)	Pb (ppm)
Zn (ppm)	1	,650**	,606**	,496**	0,109	,729**
Ni (ppb)	,650**	1	,178*	,787**	,248**	,489**
Co (ppb)	,606**	,178*	1	,285**	,299**	,760**
Cr (ppb)	,496**	,787**	,285**	1	,423**	,613**
Cd (ppb)	0,109	,248**	,299**	,423**	1	,497**
Pb (ppm)	,729**	,489**	,760**	,613**	,497**	1

Elementler arasındaki ilişki düzeylerini gösteren korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde sadece Zn ve Cd arasındaki ilişkinin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı bunun dışındaki bütün elementlerin birbirleri ile istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Yapılan analiz sonucunda Co ile Ni arasındaki ilişkinin istatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu, bunun dışındaki bütün elementler arasındaki ilişkinin %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Dikkat çeken bir diğer husus bütün ilişkilerin pozitif yönlü olmasıdır.

Korelasyon analizi sonucunda en kuvvetli ilişkilerin Ni ile Cr (0,787), Co ile Pb (0,760) ve Zn ile Pb (0,729) arasında olduğu belirlenmiştir. Zn ile Ni (0,650), Cr ile Pb (0,613) ve Zn ile Co (0,606) arasındaki ilişki düzeyleri de oldukça kuvvetlidir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında altı adet elementin ibre, kabuk ve dal olmak üzere üç farklı organda, yıkanma ve organ yaşına bağlı olarak değişimi incelenmiştir. Çalışma kapsamında Zn, Ni, Cr, Co, Cd ve Pb elementlerinin değişimi değerlendirilmiştir. Bu güne kadar ağır metaller üzerinde yapılan çok sayıda çalışmanın bu elementler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Turkyilmaz vd, 2018a,b; Sevik vd., 2018; Pınar, 2019, Erdem, 2018). Bu elementlerin kanserojen olmaları yanında düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilmeleri bu elementlerin ön plana çıkmasında temel etkenler olarak gösterilebilir (Turkyilmaz vd., 2018c; Saleh, 2018; Özel, 2019; Akarsu, 2019).

Çalışmaya konu olan elementlerden Zn, hem insanlar, hem hayvanlar hem de bitkiler için mutlaka gerekli bir elementtir (Pak, 2011). Zn insan ve hayvan organizmasında pek çok hayati fonksiyona katılmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda toksiktir (Mossi, 2018). Ni memeliler ve diğer hayvanlar için kanserojen bir elementtir (Okçu vd., 2009; Shahid vd., 2017). Co elementinin fazlalığında akciğer ve kalpte hasar ve işlev bozukluğu, kan şekeri, kolestrol ve yağ düzeylerinde artış, kanser, düşük ve kısırlıklar gibi hastalıklar görülebilmektedir. İnhalasyon ve ağızdan alınması ile akciğer, karaciğer fibrosiz ve sindirim yolu sorunları meydana gelmektedir (Adiloğlu ve Sağlam, 2015).

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).

Çalışmaya konu ağır metallerden bir diğeri Pb'dur. Pb, ağır metaller içerisinde ayrı bir öneme sahiptir. Pb çok uzun yıllardan beri insanlar için önemli bir metal olmasının yanında çevresel kirlilik yaratan metaller arasında da ilk sıralarda yer almaktadır (Okcu vd., 2009; Mossi, 2018). Biyokimyasal reaksiyonlarda yer almayan bir ağır metal ve nörotoksin olan kurşun insanlar tarafından binlerce yıldır

bilinen ve kullanılan bir elementtir (Özbolat ve Tuli, 2016). 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 (Mossi, 2018).

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 belirlenmiştir (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).

Çalışma kapsamında söz konusu elementlerin organ, organ yaşı ve yıkanmaya bağlı değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Zn, Ni, Cr ve Cd konsantrasyonlarının organ bazında istatistiki olarak anlamlı düzeyde değiştiğini ortaya koymuştur. Ancak her bir elementin farklı organlarda daha yüksek konsantrasyonlara ulaştığı görülmektedir. En yüksek konsantrasyonlar Zn'da da, Ni'de ibre ve dal, Cr ve Cd'de ise ibrede elde edilmiştir.

Bu güne kadar yapılan çok sayıda çalışmada da farklı elementlerin konsantrasyonlarının organa bağlı olarak değişimleri değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda Mossi (2018) yaprak ve dal, Pınar (2019) yaprak, tohum ve dal, Turkyilmaz vd., (2018c,d) kabuk ve odun, Erdem (2018) ve Sevik vd., (2018) yaprak, tohum ve dal, Elfantazi vd., (2018a,b) yaprak ve dal, Özel (2019) yaprak, dal ve meyve, Akarsu (2019) iç kabuk, dış kabuk ve odun arasındaki farklılıkları belirlemişlerdir. Bu çalışmalarda ağır metal konsantrasyonlarının organ bazında önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında organ yaşına bağlı olarak element konsantrasyonlarının değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu güne kadar bu konuda yapılmış az sayıda çalışma bulunmaktadır. Turkyilmaz vd., (2018e) çalışmasında dört farklı ibreli türde

üçer yıllık ibreleri değerlendirmiş ve genellikle ibre yaşı ile birlikte element konsantrasyonlarının da arttığını belirlemiştir. Bunun dışındaki çalışmalarda ise ağır metal konsantrasyonlarının geçmişten günümüze değişiminin belirlenmesinde ağaçların odun kısmında yıllık halkalar kullanılmıştır. Bu konuda yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Turkyilmaz vd., 2018c,d; Akarsu, 2019; Yigit, 2019).

Çalışma kapsamında ayrıca yıkama işlemi uygulanarak elementlerin yıkanma durumuna göre değişimleri de değerlendirilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda genel olarak çalışmaya konu elementlerin tamamının yıkanmaya bağlı değişimlerinin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Bu durumun sebebi yıkanma işleminin farklı elementlerde farklı sonuçlar vermesidir. Örneğin Zn konsantrasyonunun ibrelerde yıkanan numunelerdeki değerlerin yıkanmayan numunelerdekinden daha düşük olduğu oysa dal ve kabuklarda yıkanmayan numunelerdeki değerlerin genel olarak yıkanan numunelerdekinden daha düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir.

Organlardaki ağır metal konsantrasyonlarının yıkanmaya bağlı değişimi esas olarak atmosferdeki partikül madde miktarı ve yapısıyla ilgilidir. Yapılan çok sayıda çalışmada özellikle kirliliğin yoğun olduğu bölgelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının yıkanmayan numunelerde yıkanmış numunelerdekinden daha yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir (Mossi, 2018). Partikül maddeler havadaki ağır metaller için bir yutak vazifesi görmekte ve bu ağır metaller ile kontamine olan partikül maddelerin bitki yüzeylerine yapışması ile bu organlardaki ağır metal konsantrasyonları önemli ölçüde değişebilmektedir. Benzer şekilde ağır metaller ile kontamine olmamış partikül maddelerin bitki organlerine yapışması da bu organlardaki ağır metal konsantrasyonlarının daha düşük seviyelerde belirlenmesine yol açabilmektedir (Çobanoğlu, 2019).

Dolayısıyla eğer organ üzerine yapışan partikül maddeler, ağır metaller ile kontamine olmuşsa yıkanma işlemi yıkanan numunelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının düşmesine sebep olmaktadır. Aksi durumda ise yıkama işlemi sonucunda yıkanan organlardaki ağır metal konsantrasyonu artmaktadır. Dolayısıyla yıkama işleminin, numunelerdeki ağır metal konsantrasyonlarını düşürmesi veya artırması, büyük

ölçüde organ üzerinde bulunan partikül maddelerin ağır metaller ile kontamine olup olmamasına bağlıdır.

Havadaki ağır metallerin bitki bünyesine girmesini ve birikmesini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Ağır metallerin organa bağlı olarak değişimi, bitkinin ve organın yapısı ile birlikte ağır metalin yapısı, çevre şartları ve bütün bunlar arasındaki karşılıklı etkileşim ile şekillenen karmaşık ve henüz tam olarak çözülememiş bir mekanizmadır ve bu konudaki bilgiler sınırlı düzeydedir (Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018d; Yigit, 2019; Çobanoğlu, 2019).

Bitki organlarındaki ağır metal konsantrasyonunun seviyesini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bumların başında bitki türü gelmektedir. Farklı bitkiler farklı ağır metalleri farklı düzeylerde biriktirebilmektedir. Bundan dolayı da aynı bölgede yetişmiş bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları arasında önemli düzeyde farklılıklar bulunabilmektedir (Saleh, 2018; Özel, 2019). Ağır metaller atmosfere karıştıktan sonra bitki bünyesinde birikmeleri süreci oldukça karmaşık ve pek çok faktörün etkisi altındadır. Bitkinin yaprak yüzeyi, partikül madde miktar ve büyüklüğü, ağır metalin yapısı, bitkinin habitusu, bitki metabolizması, yaprak yaşı gibi pek çok faktör bu süreci etkilemektedir. Çevresel koşullar da ağır metallerin öncelikle atmosfer içerisindeki davranışını ve dolayısıyla da bitki bünyesinde birikmelerini önemli ölçüde etkilemektedir. (Shahid vd., 2017; Mossi, 2018; Sevik vd., 2018; Özel, 2019; Çobanoğlu, 2019).

Sonuç olarak bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonunun değişimi pek çok faktörün karşılıklı etkileşimine bağlı kompleks bir mekanizmanın sonucudur (Mossi, 2018). Ancak bu mekanizmanın tam olarak çözülebilmesi ve dolayısıyla ağır metal konsantrasyonunun değişimini etkileyen faktörlerin net olarak ortaya konulabilmesi için henüz çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Bundan dolayı bu konudaki çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi gerekmektedir (Çobanoğlu, 2019.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada ibreleri uzun yıllar ağaç üzerinde kalan mavi ladin (*Picea pungens*)'de bazı ağır metal konsantrasyonunlarının organ ve organ yaşına bağlı olarak konsatrasyonunlarının değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonuçları çalışmaya konu ağır metal konsantrasyonlarının organ ve organ yaşına bağlı olarak önemli düzeyde değiştiğini ortaya koymaktadır.

Çalışmaya konu olan ağır metaller, insan sağlığı açısından en önemli olan ağır metallerdendir. Çalışmaya konu ağır metallerin neredeyse tamamı toksik, kanserojen ve birçoğu düşük konsantrasyonlarda dahi ciddi sağlık problemlerine yol açabilecek ağır metallerdendir. Bundan dolayı bu ağır metallerin havadaki konsantrasyonlarının değişimi mutlaka izlenmelidir.

Çalışmada kullanılan yöntem, örneğin alındığı ağaca hayati bir zarar vermeyen, sürdürülebilir bir yöntemdir. Bu yöntem *Picea pungens*'de olduğu gibi ibreleri uzun yıllar ağaç üzerinde kalabilen ve ibre yaşı net olarak belirlenebilen türlerde uygulanabilir. Bu yöntem kullanılarak *Picea* veya *Abies* cinsi ağaçlarda 7-8 yıl, *Pinus* cinsi ağaçlarda 2-3 yıllık dönemlerde yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi belirlenebilir.

Çalışma sonucunda özellikle organ yaşı ile ağır metal konsantrasyonları arasında doğrusal bir ilkişki saptanamamıştır. Bu durum, bitki bünyesindeki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi üzerine etkili olan diğer faktörleri akla getirmektedir. Bitkilerde ağır metal konsantrasyonlarının birikimi; bitki türü, alt türü, varyetesi, orijini, habitusu, organ yapısı gibi bitkiye bağlı özelliklerin yanında ağır metalin türü, yapısı, bitki ile karşılıklı etkileşimi gibi ağır metal özellikleri ayrıca yağış, rutubet, rüzgar gibi çevresel faktörlerin karşılıklı etkileşimi ile şekillenen kompleks bir süreçtir. Bu süreç ve bu süreçte etkili olan mekanizmalar henüz tam olarak çözülebilmiş değildir. Bundan dolayı bu konudaki çalışmaların çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

Adiloğlu, S, Sağlam, M. (2015). Karayolu Kenarlarındaki Tarım Arazilerindeki Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kobalt (Co) İçerikleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (3), 24-29.

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.

Alahabadi, A., Ehrampoush, M. H., Miri, M., Aval, H. E., Yousefzadeh, S., Ghaffari, H. R. & Nikoonahad, A. (2017). A comparative study on capability of different tree species in accumulating heavy metals from soil and ambient air. *Chemosphere*, *172*, 459-467.

Alekseeva, A., Shaikhiev, I., Stepanova, S., Mavrin, G., Fazullin, D., Kharlyamov, D., & Shaimardanova, A. (2016). The use of leaves of different tree species as a sorption material for extraction of heavy metal ions from aqueous media.

Anicic, M., Spasic, T., Tomasevic, M., Rajsic, S., & 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.

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.

Beramendi-Orosco LE, Rodriguez-Estrada LE, Morton-Bermea ML, Romero O, Gonzalez-Hernandez FM, Hernandez-Alvarez GE (2013) Correlations between metals in tree-rings of Prosopis julifora as indicators of sources of heavy metal contamination. *Appl Geochem*. 39:78–84

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

Bondada, B.R., Tu, S. & Ma, L.Q., (2004),Absorption of foliar-applied arsenic by the arsenic hyperaccumulating fern (Pteris vittata L.), *Sci. Toplam Environ*. 332, 61–70.

Carreras, H.A., Wannaz, E.D., Perez, C.A. & Pignata, M.L., (2005), The role of urban air pollutants on the performance of heavy metal accumulation in Usnea amblyoclada. *Environ. Res*. 97, 50–57.

Čeburnis, D., & Steinnes, E. (2000). Conifer needles as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: comparison with mosses and precipitation, role of the canopy. *Atmospheric Environment*, *34*(25), 4265-4271.

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.

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., 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.

Chen, Y.-M., Gao, J., Yuan, Y. Q., Ma, J., Yu, S. (2016). Relationship between heavymetal contents and clay mineral properties in surface sediments:implications for metal pollution assessment, *Cont. Shelf Res. 124*,125–133.

Chris Deziel, D.M. (2016). The Effects of Industrial Smog. Assessed on October 2016.http://classroom.synonym.com/effects-industrial-smog-8152.html.

Cruz, A.M.J., Sarmento, S., Almeida, S.M., Silva, A.V., Alves, C., Freitas, M.C. & Wolterbeek, H. (2015), *Association between atmospheric pollutants and hospital admissions in Lisbon. Environ. Sci. Pollut. Res*. *22*, 5500–5510.

Csavina, J., Field, J., Taylor, M. P., Gao, S., Landázuri, A., Betterton, E. A., & Sáez, A. E. (2012). A review on the importance of metals and metalloids in atmospheric dust and aerosol from mining operations. *Science of the Total Environment*, 433, 58-73.

Csavina, J., Landázuri, A., Wonaschütz, A., Rine, K., Rheinheimer, P., Barbaris, B., Conant, W., Sáez, A.E., Betterton, E.A., (2011), Metal and metalloid contaminants in atmospheric aerosols from mining operations, *Water Air Soil Pollut*. 221,145–157.

Csavina, J., Taylor, M. P., Félix, O., Rine, K. P., Sáez, A. E., & Betterton, E. A. (2014). Size-resolved dust and aerosol contaminants associated with copper and lead smelting emissions: implications for emission management and human health. *Science of the Total Environment*, 493, 750-756.

Çavuşoğlu, K., Gündoğan, Y., Arıcı, Ş. Ç., & Kırındı, T. (2016). Mytilus sp (midye), gammarus sp (nehir tırnağı) ve cladophora sp (yeşil alg) örnekleri kullanılarak Kızılırmak nehrindeki ağır metal kirliliğin araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *9*(1), 52-60.

Çobanoğlu, G. (2015). The Use Of Lıchens For Bıomonıtorıng Of Atmospherıc Pollutıon. Sigma: *Journal of Engineering & Natural Sciences/Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *33*(4). 591-613.

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

Dimitrijević, M. D., Nujkić, M. M., Alagić, S. Č., Milić, S. M., & Tošić, S. B. (2016). Heavy metal contamination of topsoil and parts of peach-tree growing at different distances from a smelting complex. *International journal of environmental science and technology*, *13*(2), 615-630.

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, Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

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.

Eren, A. (2014). Andızotu (Inula Helenium), Fenerotu (Physalis Angulata) Ve Sığırkuyruğu (Verbascum Thapsus) Bitkilerinin Ağır Metallerce Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.* Hatay, Türkiye.

Fernández, V., & Eichert, T., (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization, Crit. Rev. Plant Sci. 28, 36–68.

Gao, W., Jiang, W., Xiong, T., Sun, S., & Gao, R. (2015). The sources apportionment of heavy metal pollution base on tree ring in Jinan. In *Intelligent Computation Technology and Automation ICICTA), 2015 8th International Conference on* pp. 1040-1043). IEEE.

Garty, J. (2001). Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application. *Crit. Rev. Plant Sci*. 20, 309–371.

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.

Honour, S. L., Bell, J. N. B., Ashenden, T. W., Cape, J. N., & Power, S. A. (2009). Responses of herbaceous plants to urban air pollution: effects on growth, phenology and leaf surface characteristics. *Environmental pollution*, 157(4), 1279-1286.

Huttunen S, Laine K (1983) Effects of air-borne pollutants on the surface wax structure of Pinus sylvestris needles. *Ann Bot Fennici 20*: 79-86

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

Jalilzadeh, M. (2014). Desıgnıng Of Ion-Imprınted Cryogels And Theır Use For Heavy Metal Removal. Türkiye.

Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2003, Metallerin Çevresel Etkileri-1, *İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Metalurji Dergisi* 136,47-53.

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).

Kar, D., Sur, P., Mandai, S. K., Saha, T., & Kole, R. K. (2008). Assessment of heavy metal pollution in surface water. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5(1), 119-124.

Karaçağıl D., 2013, İstanbul'da Belirlenmiş Sahil Şeritlerinde Toprak Kalitesi ve Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 4-8-11-12.

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.

Kartal G., Güven A., Kahvecioğlu Ö., Timur S., 2004, Metallerin Çevresel Etkileri – II, İTÜ, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Kesebir, S., Üstündağ, M. F., & Kavzoğlu, S. Ö. (2011). Lityum zehirlenmesi. Psikiyatride Guncel Yaklasimlar-*Current Approaches in Psychiatry*, 3(3). 426-445

Kozlov, M.V., (2005). Sources of variation in concentrations of nickel and copper inmountain birch foliage near a nickel-copper smelter at Monchegorsk,north-western Russia: results of long-term monitoring, *Environ. Pollut. 135*:91–99.

Li, N., Kang, Y., Pan, W., Zeng, L., Zhang, Q., & Luo, J. (2015). Concentration and transportation of heavy metals in vegetables and risk assessment of human exposure to bioaccessible heavy metals in soil near a waste-incinerator site, South China. *Science of the total environment*, 521, 144-151.

Liang, J., Fang, H. L., Zhang, T. L., Wang, X. X., & Liu, Y. D. (2017). Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, *27*, 390-398.

Loppi, S., & Pirintsos, S. A. (2003). Epiphytic lichens as sentinels for heavy metal pollution at forest ecosystems central Italy). *Environmental Pollution*, *121*3), 327-332.

Martín, J. R., De Arana, C., Ramos-Miras, J. J., Gil, C., & Boluda, R. (2015). Impact of 70 years urban growth associated with heavy metal pollution. *Environmental pollution*, *196*, 156-163.

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

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., Pehluvan M., 2009, Ağır Metallerin Bitkiler Üzerinde Etkileri, Iğdır Üniversitesi, Alınteri 17 (B) – 2009 14-26.

Okudan M., 2009, Kobalt ve Molibden İçeren Kullanılmış Hidrodesülfürizasyon (HDS) Katalizör Atıklarına Asidik Ve Alkali Liç Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 6-9-13.

Ozel H. B., Ozel H. U., Varol T. (2015) Using Leaves of Oriental Plane (Platanus orientalis L.) to Determine the Effects of Heavy Metal Pollution Caused by Vehicles. *Pol. J. Environ. Stud.* 24 (6), 2569-2575

Önder S., 2012, Atıksular İle Sulanan Zirai Alanlardaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Özbolat, G., Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 25*(4), 502-521.

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

Özkan G., 2009, Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy'de Partikül Madddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği, Yüksek Lisans Tezi, *GYTE Fen Bilimleri Enstitüsüsü*, Gebze.

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*. Tekirdağ

Panyushkina, I. P., Shishov, V. V., Grachev, A. M., Knorre, A. A., Kirdyanov, A. V., Leavitt, S. W., Vaganov, E.A., Chebykin E.P., Zhuchenko, N.A., Hughes, M. K. (2016). Trends in elemental concentrations of tree rings from the Siberian Arctic. *Tree-ring research*, 72(2), 67-77.

Patel, K. S., Sharma, R., Dahariya, N. S., Yadav, A., Blazhev, B., Matini, L., & Hoinkis, J. (2015). Heavy metal contamination of tree leaves. *American Journal of Analytical Chemistry*, *6*(08), 687.

Paul, D. (2017). Research on heavy metal pollution of river Ganga: A review. *Annals of Agrarian Science*, 15(2), 278-286.

Pearson, J., Wells, D., Seller, K., Bennett, A., Soares, A., Woodall, J., Ingrouille M., (2000). Traffic exposure increases natural 15N and heavy metal concentrations inmosses, *New Phytol. 147*:317–326.

Penninckx, V., Meerts, P., Herbauts, J., Gruber, W., (1999). Ring width and element concentrations in beech (Fagus sylvatica L.) from a periurban forest in central Belgium. *Forest Ecology and Management.* 113, 23–33

Perone, A., Cocozza,C., Cherubini, P., Bachmann,O., Guillong, M., Lasserre, B., Marchetti, M., Tognetti, R. (2018). Oak tree-rings record spatial-temporal pollution trends from different sources in Terni (Central Italy).*Environmental Pollution*, 233, 278-289.

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.

Piczak, K., Leśniewicz, A. and Żyrnicki, W. (2003). Metal Concentrations in Deciduous Tree Leaves from Urban Areas in Poland. Environ. *Monit. Assess. 86*: 273–287.

Popek, R., Łukowski, A., Bates, C., & Oleksyn, J. (2017). Accumulation of particulate matter, heavy metals, and polycyclic aromatic hydrocarbons on the leaves of Tilia cordata Mill. in five Polish cities with different levels of air pollution. *International journal of phytoremediation*, 19(12), 1134-1141.

Pourrut, B., Shahid, M., Douay, F., Dumat, C., Pinelli, E. (2013). Molecular MechanismsInvolved in Lead Uptake, Toxicity and Detoxification in Higher Plants, In:Heavy Metal Stress in Plants, *Springer*, pp. 121–147.

Qian, X., Yang, M., Wang, C., Li, H., & Wang, J. (2018). Leaf magnetic properties as a method for predicting heavy metal concentrations in PM2. 5 using support vector machine: A case study in Nanjing, China. *Environmental pollution*, 242, 922-930.

Saha, N., Rahman, M. S., Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., & Guo, W. (2017). Industrial metal pollution in water and probabilistic assessment of human health risk. *Journal of environmental management*, 185, 70-78.

Saleh, E.A.A. (2018). Determination of heavy metal accumulation in some landscape plants, *Kastamonu university institute of science department of forest engineering, ph.d. Thesis.* Kastamonu

Sarı, B. & Ören, M. (2016). Safranbolu İlçesi (Karabük) Briyofit Florası. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1). 157-168.

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.

Sevik, H., Guney, D., Karakas, H., Aktar, G. (2012) Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants. *International Journal of Environmental Sciences*, 3.1057-1064.

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 organism, 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 organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *12*(2), 189-195.

Shahid, M., Austruy, A., Echevarria, G., Arshad, M., Sanaullah, M., Aslam, M., ... & Dumat, C. (2014). EDTA-enhanced phytoremediation of heavy metals: a review. Soil and Sediment Contamination: *An International Journal*, 23(4), 389-416.

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.

Su, Y., Liang, Y. (2015) Foliar uptake and translocation of formaldehyde with Bracket plants (Chlorophytum comosum), *J. Hazard. Mater.* 291, 120–128.

Szczepaniak, K. & Biziuk, M. (2003). Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution, *Environ. Res.* 93 221–230.

Taylan, Z. S., & Böke Özkoç Hülya. (2007). Potansiyel Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Akuatik Organizmaların Biokullanılabilirliliği. *Baü Fbe Dergisi*, Cilt:9, Sayı:2, 17-33.

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.

Temmerman, D.L., Ruttens, A., Waegeneers, N.,(2012). Impact of atmosphericdeposition of As, Cd and Pb on their concentration in carrot and celeriac, *Environ. Pollut. 166*:187–195.

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.

Tomašević, M., Vukmirović, Z., Rajšić, S., Tasić, M., & Stevanović, B. (2005). Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. *Chemosphere,* 61(6), 753-760.

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.

Turan, D. Kocahakimoglu, C., Kavcar, P., Gaygısız, H., Atatanir,.L., Turgut, C. & Sofuoglu, S.C. (2011). The use of o Loppi e tree (Olea europaea L.) leaves as a bioindicator for environmental pollution in the Province of Aydın, Turkey. *Environ. Sci. Pollut. Res*. 18, 355–364.

Turkyilmaz A, Sevik H, Cetin M (2018d). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14 (1), 115-120

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.

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

Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M. Saleh, E.A.A. (2018e) Changing of Heavy Metal Accumulation Dependent on Traffic Density in Some Landscape Plants, *Polish Journal of Environmental Studies*. 27(5): 2277-2284

Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., Cetin, M. (2018b). Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(10), 578.

Turunen M, Huttunen S (1990) A review of the response of epicuticular wax of conifer needles to air pollution. J Environ Qual 19: 35-45

Türkmen, M., Mutlu, E., Zebel, S., & Türkmen, A. (2018). Assessment of Heavy Metal Accumulation in Some Fish Species from Batlama Stream, Eastern Black Sea Coast. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *6*(7), 858-862.

Uzu, G., Sobanska, S., Sarret, G., Munoz, M., Dumat, C., (2010). Foliar lead uptake by lettuce exposed to atmospheric fallouts, *Environ. Sci. Technol*. 44, 1036–1042.

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, Y., Song, Y., Scheller, H. V., Ghosh, A., Ban, Y., Chen, H., & Tang, M. (2015). Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi associated with Robinia pseudoacacia in uncontaminated and heavy metal contaminated soils. *Soil Biology and Biochemistry*, *86*, 146-158.

Yiğit, N., (2019), "Determination of Heavy Metal Accumulation in Air Through Annual Rings: The Case of *Malus floribunda* Species", Applied Ecology and Environmental Research. 17(2):2755-2764.

Zolgharnein, J., Bagtash, M., Feshki, S., Zolgharnein, P., & Hammond, D. (2017). Crossed mixture process design optimization and adsorption characterization of multi-metal (Cu (II), Zn (II) and Ni (II)) removal by modified Buxus sempervirens tree leaves. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 78, 104-117.

Zolgharnein, J., Shahmoradi, A., Zolgharnein, P., & Amani, S. (2016). Multivariate optimization and adsorption characterization of As (III) by using fraxinus tree leaves. *Chemical Engineering Communications*, 203(2), 210-223.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Hasan Basri KEÇECİ
Doğum Yeri ve Yılı : Keçiören/ 1991
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : basrikececi@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Rauf Denktaş Anadolu Lisesi(2010)
Lisans : Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı
İş Deneyimi : Cansa Peyzaj- Sorumlu Amir, Peyzaj Mimarı (2016-Devam)