T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI ANA BİLİM DALI

TRAFİK KAYNAKLI BAZI AĞIR METAL KONSATRASYONLARININ YAKIN GEÇMİŞTEKİ DEĞİŞİMİNİN MAVİ LADİN (*Picea pungens* Engelm) YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

ÖMER FARUK SULHAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

TEMMUZ - 2021
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Ömer Faruk SULHAN tarafından hazırlanan "**Trafik Kaynaklı Bazı Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yakın Geçmişteki Değişiminin Mavi Ladin (*Picea pungens Engelm*) Yardımıyla Belirlenmesi**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **01/07/2021** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. İbrahim TURNA Karadeniz Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Nurcan YİĞİT Kastamonu Üniversitesi	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü Prof. Dr. İzzet ŞENER .....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıcatez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Ömer Faruk SULHAN

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRAFİK KAYNAKLI BAZI AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ YAKIN GEÇMİŞTEKİ DEĞİŞİMİNİN MAVİ LADİN (*Picea pungens* Engelm) YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

ÖMER FARUK SULHAN

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Dünyanın en önemli sorunlarından biri olan hava kirliliği, birçok kent merkezinde insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmış ve her yıl milyonlarca insanın ölümüne sebep olacak boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller büyük bir öneme sahiptir. Çünkü ağır metaller doğada bozulmadan uzun süre kalabilmekte, canlı bünyelerinde biyobirikim yapmakta ayrıca, havadaki konsantrasyonları da sürekli artmaktadır. Bu nedenle ağır metal konsantrasyonunun izlenmesi son derece önemlidir. Ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesi için kullanılan yöntemlerden birisi de biyomonitörlerdir. Bitkilerin bünyelerinde bulunan ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi, bulundukları bölgelerdeki kirlilik seviyesinin belirlenmesi ve ağır metal kirliliğinin izlenmesi için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma da ibreleri uzun yıllar boyunca ağaç üzerinde kalabilen, ibre ve dal yaşları hesaplanabilen *Picea pungens* Engelm organlarındaki Krom (Cr), Çinko (Zn), Alüminyum (Al) ve Demir (Fe) konsantrasyonlarının organ, organ yaşı, yıkama durumu ve konuma bağlı olarak değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının çalışmada değerlendirilen faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Mavi Ladin, *Picea pungens* Engelm, Ağır Metal, Biyomonitor

Temmuz 2021, 74 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

DETERMINING THE RECENT CHANGES OF SOME HEAVY METAL CONCENTRATIONS FROM TRAFFIC WITH THE HELP OF BLUE SPRUCE (*Picea pungens* Engelm)

ÖMER FARUK SULHAN

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPAERTMENT OF SUSTAINABLE AGRICULTURE AND NATURAL PLANT RESOURCES

SUPERVISOR: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Air pollution, one of the most critical problems globally, has reached a level that threatens human health in many city centers and causes the death of millions of people every year. Heavy metals are of great importance among the components of air pollution. Because heavy metals can remain in nature for a long time without being degraded, they bioaccumulate in living organisms, and their concentrations in the air are constantly increasing. Therefore, monitoring heavy metal concentration is extremely important. One of the methods used to monitor heavy metal concentrations is biomonitors. It is crucial to determine the heavy metal concentration in the plants, determine the pollution level in the regions where they are located, and monitor heavy metal pollution. The needles of coniferous species can remain on the tree for many years, and therefore, both needle and branch ages can be determined easily. This study was aimed to determine the changes in Chromium (Cr), Zinc (Zn), Aluminum (Al), and Iron (Fe) concentrations in *Picea pungens* Engelm organs depending on the organ, organ age, washing status, and location. As a result, heavy metal concentrations changed significantly depending on the factors evaluated in the study.

KEYWORDS: Blue Spruce, *Picea pungens* Engelm, Heavy Metal, Biomonitor

July 2021, 74 Page

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yardımını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e yürekten şükranlarımı sunarım.

Ayrıca labaratuvar aşamasındaki desteklerinden dolayı Doç. Dr. Mehmet ÇETİN, Dr. Aydın TÜRKYILMAZ ve Dr. Kaan IŞINKARALAR'a, jürime iştirak ederek katkı sunan Prof. Dr. İbrahim TURNA ve Doç. Dr. Nurcan YİĞİT'e ayrıca aileme teşekkür ederim.

ÖMER FARUK SULHAN

Kastamonu, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **ix**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **x**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR TARAMASI **7**
2.1 Hava Kirliliği 7
2.2 Çalışma Amacına Konu Olan Elementler 10
2.2.1 Krom (Cr) 10
2.2.2 Çinko (Zn) 11
2.2.3 Alüminyum (Al) 12
2.2.4 Demir (Fe) 13
2.3 Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitor Olarak Bitkiler 14
2.4 Picea pungens Hakkında Genel Bilgiler 17
3. MATERYAL VE YÖNTEM **19**
4. BULGULAR **23**
4.1 İbrelerde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi 23
4.1.1 İbrelerde Cr Elementi Konsantrasyonun Değişimi 23
4.1.2 Zn Elementi Konsantrasyonun Değişimi 25
4.1.3 Al Elementi Konsantrasyonun Değişimi 27
4.1.4 Fe Elementi Konsantrasyonun Değişimi 29
4.2 Kabuklarda Ağır Metal Konsantrasyonun Değişimi 31
4.2.1 Cr Elementi Konsantrasyonun Değişimi 31
4.2.2 Zn Elementi Konsantrasyonun Değişimi 33
4.2.3 Al Elementi Konsantrasyonun Değişimi 35
4.2.4 Fe Elementi Konsantrasyonun Değişimi 37
4.3 Odunlarda Ağır Metal Konsantrasyonun Değişimi 39
4.3.1 Cr Elementi Konsantrasyonun Değişimi 39
4.3.2 Zn Elementi Konsantrasyonun Değişimi 41
4.3.3 Al Elementi Konsantrasyonun Değişimi 43
4.3.4 Fe Elementi Konsantrasyonun Değişimi 44
5. SONUÇ VE TARTIŞMA **47**
6. ÖNERİLER **54**
KAYNAKLAR **56**
ÖZGEÇMİŞ **74**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Göknar sürgün yaşının belirlenmesi 5
Şekil 2.2 *Picea pungens*'in peyzaj çalışmalarında kullanımı..... 17
Şekil 3.1 Birinci ağacın konumu..... 19
Şekil 3.2 İkinci ağacın konumu..... 20
Şekil 3.3 İbre, kabuk ve odun örneklerinin alındığı kısımlar..... 21

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1. İbrelerde Cr (ppb) elementinin konsantrasyonunun değişimi.....23
Tablo 4.2 İbrelerde Zn (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi.....25
Tablo 4.3 İbrelerde Al (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi 27
Tablo 4.4 İbrelerde Fe (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi 29
Tablo 4.9 Kabuklarda Cr (ppb) elementinin konsantrasyonunun değişimi 31
Tablo 4.10 Kabuklarda Zn (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi...33
Tablo 4.11 Kabuklarda Al (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi ...35
Tablo 4.12 Kabuklarda Fe (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi ...37
Tablo 4.13 Odunlarda Cr (ppb) elementinin konsantrasyonunun değişimi 40
Tablo 4.14 Odunlarda Zn (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi.....41
Tablo 4.15 Odunlarda Al (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi.....43
Tablo 4.16 Odunlarda Fe (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi.....45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Al : Alüminyum
As : Arsenik
B : Bor
Ba : Baryum
Cd : Kadminyum
Cl : Klor
Cr : Krom
Co : Kobalt
CO : Karbon Monoksit
CO_2 : Karbon Dioksit
Cs : Sezyum
Cu : Bakır
Fe : Demir
HCHO : Formaldehit
HNO_3 : Nitrik Asit
K : Potasyum
Li : Lityum
Mn : Mangan
Mo : Molibden
Nd : Neodimyum
Ni : Nikel
NO_X : Azot Oksitler
O_3 : Ozon
Pb : Kurşun
Rb : Rubidyum
Si : Silisyum
Sn : Kalay
Sr : Stronsiyum
SO_2 : Sülfür Dioksit
Ti : Titanyum
V : Vanadyum
Zn : Çinko

Kısaltmalar

ICP-OES : Inductively Coupled Plasma Optical Emisson Spectrometry
PM : Partikül Madde
PSI : Pounds Per Square Inch
SPSS : Statistical Package fort he Social Sciences

1. GİRİŞ

Dünyamızda bugünkü problemlerin başlıca nedenleri incelendiğinde genel olarak kontrolsüz ve aşırı nüfus artışına bağlı olarak oluştuğu görülmektedir. Nüfusun dünya çapında incelenmesi sonucunda 1750 yılında nüfus 717 milyon olarak hesaplanırken 2000 yılında 6 milyarı geçtiğini görmekle beraber, 2025 yılında 8 milyarı da geçeceği düşünülmektedir (Demir, 2018). Yeryüzünde bulunan nüfusun artışıyla birlikte kent merkezlerindeki nüfusun giderek artması problemlerin de artışını beraberinde getirmiştir. Bu durum da kentlerde bulunan istekleri artırmış doğanın yıpranması ve zarar görmesine hava, su ve toprağın kirlenmesine, ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır (Mutlu vd., 2013; Mutlu vd., 2016a,b; Ozel vd., 2019; Bayraktar, 2019; Bayraktar vd., 2019a,b).

Hava kirliliği günümüzdeki sorunlar arasında en önemli sorunlardan biri haline gelmiştir. (Cetin vd., 2019a). Dünyada her yıl yaklaşık 6,5 milyon insan hava kirliliği nedeniyle yaşamlarını yitirdiği bilinmektedir (Cetin vd., 2017a). Hava kirliliği bileşenleri arasında ağır metaller, canlı ve cansız varlıkların bünyesinde birikmesinden dolayı ve ayrıca insan sağlığı açısından düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiye sahip olduklarından dolayı ayrı bir önem arz etmektedir (Alaquori vd., 2020a,b; Aricak vd., 2020).

Ekosistem içerisinde yer alan 90 elementin 53'ü ağır metallerdir (Weast, 1984). Bunlardan Fe, Mo ve Mn mikro besin elementi grubunda yer almasından dolayı önemli bir yere sahiptir. Bu elementlerin arasında Zn, Ni, Cu, Co, Va ve Cr gibi elementler ise toksik etkiye sahiptir. Ag, As, Hg, Cd ve Pb elenmetlerinin besin olarak herhangi bir canlıda kullanılmadığı gibi bitkiler ve mikroorganizma için toksik etki oluşturmaktadırlar (Nies, 1999). Özellikle insanlarda ağır metallerin bir kısmı düşük konsantrasyonlarda bile toksik ve kanserojen etkiler göstermesinin yanında neredeyse tamamı insanlar için besin olarak gerekenler de dahil olmak üzere yüksek konsantrasyonlarda zararlıdır (Çobanoğlu, 2019; Cesur, 2019). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi ayrı bir önem taşımaktadır. Bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda havadaki ağır metal konsantrasyonunun miktarının artış ve

azalışının izlenmesi, risk oluşan bölgelerin tesit edilmesi ve risk düzeylerinin belirlenmesi için büyük öneme sahiptir (Ozel vd., 2015; Turkyilmaz vd., 2019; Cesur vd., 2021).

Ağır metalleri bünyelerinde biriktiren canlılar, ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılmaktadır (Sevik vd., 2019a,b; Koc, 2021). Fakat en uygun biyomonitorlerin hangi canlılar olduğu henüz tam olarak belirlenememiştir. Liken ve yosunların gayet uygun biyomonitor olabilecekleri söylenebilir. Fakat liken ve yosunların etkin birer biyomonitor olarak kullalınabilmelerindeki en büyük sorun bu canlıların ne kadar süre ile ağır metal kirliliğine maruz kaldıklarının net olarak belirlenememesidir. Dolayısıyla araştırmalar sonucunda elde edilen ağır metal konsantrasyonunun ne kadar sürede biriktiği kesin olarak bilinemeyeceği gibi verilerin güvenilirliği konusunda şüphelere sebep olmaktadır (Çobanoğlu, 2019).

Biyomonitor olarak kullanılacak türlerde bazı özelliklerin bulunması gerekmektedir. Bu özellikler;

a) Seçilen organizmalar ağır metalleri bünyelerinde biriktirme özelliğinde olmalı ancak, ağır metallerin etkisi ile ölmemelidir.
b) Örneklenecekleri bölgede sabit olarak yaşamalıdırlar.
c) Çalışma alanında bolca bulunmalı ve istenildiğinde örneklenebilmelidirler.
d) Kolayca elde yakalanabilmeli veya elde edilebilmelidirler.
e) Metal analizleri yapılabilecek kadar organ veya doku temin edilebilmelidir.
f) Biyomonitor organizmalardaki ağır metal konsantrasyonu ile bulunduğu çevredeki ağır metal konsantrasyonu arasında bir korelasyon bulunmalıdır (Bat, 1999).

Yukarda belirtilen özellikler bakımından değerlendirildiğinde özellikle likenler iyi birer biyomonitor olarak değerlendirilmiş ve likenler üzerinde ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi hususunda birçok çalışma yapılmıştır. (Garty, 2001; Loppi vd., 2002; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Carreras vd., 2005). Likenlerin bu kadar yoğun kullanılmasının muhtemelen en önemli sebebi, birçok elementi kendi ihtiyacının çok daha fazlası olan miktarlarda bünyesinde bulundurma eğiliminde

olmasıdır. Örneğin, likenler damarlı bitkilerden 100 kat daha fazla kükürt dioksit absorbe ettiği belirtilmektedir (Çobanoğlu, 2015; Mossi, 2018; Çobanoğlu, 2019).

Ağır metal kirliliğinin zaman içerisindeki değişiminin izlenmesinde yosunlar da yoğun olarak kullanılmaktadır. Karayosunları, ciğerotları ve boynuzotlarını içeren bitki grubunu ifade edebilmek için "briyofitler" terimi kullanılmaktadır (Sarı ve Ören, 2016; Mossi, 2018; Çobanoğlu,2019). Yaplan çalışmalarda briyofitler arasında özellikle yosunlar biyomonitor olarak 1970'lerden bu yana kullanılmaktadır. Briyofitlerin damarlı yapısı ve gelişmiş bir kök sistemi yoktur. Yosunların bu özellikleri göz önünde bulundurulduğunda ihtiyaç duyduğu besinlerin büyük kısmını dallarına veya yapraklarına direk temas eden sudan elde etmektedir. Yosunlar genellikle yağmur sonrası gelen suyu bünyesinde tutmaktadır. Bu nedenle yosunlar, atmosferik birikime biyolojik olarak maruz kalmasından dolayı biyomonitör olarak kullanışlı bir materyal haline gelmektedir. Bu nedenden ötürü yosunlar biyomonitor olarak kullanılmak üzere çok sayıda çalışma yapılmıştır (Čeburnis ve Steinnes, 2000; Pearson vd., 2000; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Harmens vd., 2004; Ayres vd., 2006; Harmens vd., 2010; Çobanoğlu, 2019).

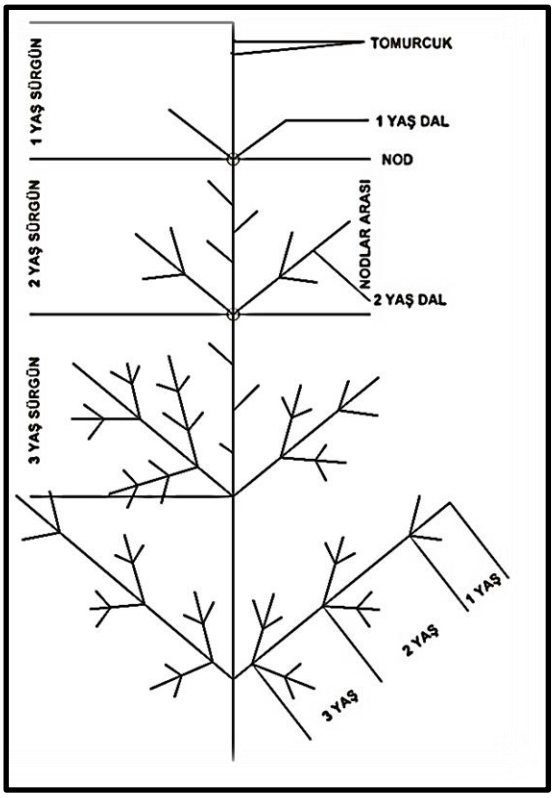
Ağır metal kirliliğinin tespiti için biyomonitor olarak kullanılan liken ve yosunların kullanılmalarındaki en büyük problemlerden biri ise bu bitkilerin ne kadar süre ile kirlilik faktörüne maruz kaldıklarının belirlenememesidir. Bu durum değerlendirildiğinde herhangi bir metal konsantrasyonunun tespitinde elde edilen değerlerin hangi zaman aralığında biriktiği kesin olmadığı bilinememektedir. Bu durum ele alındığında elde edilen verilerin güvenilirliğinin sorgulanmasına sebep olmaktadır.

Günümüzde trafik kaynaklı hava kirliliğinin etkisi altında kalmakta olan kent parkları, orta refüjler, yan bantlar ve yol kenarlarında bulunan mekanlarda bulunan peyzaj bitkilerinde bu kirliliğin etkisini görmek için çok iyi bir örnektir. Öncelik olarak taşıt trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde bitkilerin yaprak, ibre, odun, kabuk gibi organellerinde belirli bir süre zarfında havada bulunan ağır metal konsantrasyonundaki artışını göstermektedir (Aricak vd., 2019; Turkyilmaz vd., 2018a). Bu değişiklerin izlenmesi için kullanılan biyomonitorler bünyelerinde biriken ağır metallerin fiziksel,

kimyasal, biyolojik veya tavrında bulunan değişkenliği ile ekolojik dengedeki artış azalış seviyesini gösterirler (Taylan ve Özkoç, 2007).

Biyomonitör olarak herdemyeşil olmayan bitkiler de sıklıkla kullanılmaktadır (Mossi, 2018). Bu bitkilerden toplanan örnekler değerlendirildiğinde, örneklerin sadece toplandığı yıla ait vejetasyon dönemi boyunca kirliliğe maruz kalan organlarda biriken ağır metal konsantrasyonu belirlenebilmektedir. Ancak ağır metal konsantrasyonunun bir yıl içerisindeki değişiminin incelenmesinin önemli olduğu gibi yıllar içerisindeki değişiminin belirlenmesi de son derece önemlidir. Geçmiş yıllarda bitkilerin maruz kaldıkları ağır metal kirliliğinin bünyelerinde biriken metal konsantrasyonu miktarının tespiti konusunda çok az sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde çoğunlukla yüksek yapılı bitkilerin gövdelerinde bulunan yaş halkalarından alınan örnekler ile yapılmıştır. Bu örnekleme şekli, verileri toplamak için genellikle ağaçların kesilerek gövdelerinde bulunan yıllık halkalardan alınan parçaların metal konsantrasyonu analizlerinin yapılması ile elde edilen sonuçları içeren çalışmalardır (Çobanoğlu, 2019). Günümüze kadar bu yöntemle *Acer platanoides* (Turkyilmaz vd., 2018b), *Cinnamomum camphora* (Xu vd., 2017) gibi ağaç türleri üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu örnekleme tipinde ağaçların kesilmesi gerektiğinden dolayı yıllar içersindeki değişimi izlemek için uygun bir yöntem değildir.

Ağır metal konsantrasyonunun uzun yıllar içerisindeki değişimini herdemyeşil bitkiler ile gözlemlemek mümkündür. Fakat yaprak yaşının bilinemeyeceğinden dolayı ağır metal konsantrasyonunun yıllık olarak değişiminin belirlenmesi konusunda sorun yaşanmaktadır. Herdemyeşil bitkilerin üzerinde bulunan ibreler uzun yıllar boyunca ağaç üzerinde kalabilmektedir. Ayrıca büyüme esnasında oluşan nodlar sayesinde hangi ibrenin kaç yaşında olduğu bilinebilmektedir. Kapucu (2016) göknarlar üzerinde yaptığı çalışmada farklı yaşlardaki ibreler üzerinde çalışmıştır. Göknarlarda sürgün yaşının belirlenmesi Şekil 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Göknar sürgün yaşının belirlenmesi

Gerçekleştirilen bu çalışmada da *Picea pungens* bireylerinden alınan örnekler kullanılmıştır. Mavi ladin ve göknarın dallanma şekli oldukça benzemekte ve sürgün yaşları belirlenebilmektedir. Ladin ağacının ibreleri uzun yıllar boyunca sürgünlerin üzerinde kalması nedeniyle ladinin ağır metal konsantrasyonunun yıllar içerisindeki değişimini izlemek için iyi bir biyomonitör olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. İbreler uzun yıllar boyunca sürgünlerin üzerinde dökülmeden kalabilmesi sayesinde bütün bir yıl boyunca sürgünlerin üzerinde kalması sonucu trafikten kaynaklanan hava kirliliğine maruz kalmaktadır. Bu sayede hava kirliliği nedeniyle ağır metallerin birikimini izlemek için iyi bir biyomonitor olarak görülmektedir.

Mavi ladinin bu özellikleri değerlendirildiğinde yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonunlarının belirlenebilmesi konusundan muazzam bir öneme sahip olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmada Ankara ilinde yetişmiş olan mavi ladin bireylerinin farklı lokasyonlarda ve farklı yaşlardaki ibrelerinde yakın geçmişe ait ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu sayede mavi ladinin yakın geçmişte hava kirliliği nedeniyle oluşabilecek ağır metal konsantrasyonunun izlenmesi

konusunda bu türün kullanılabilmesi için gereken potansiyelin olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Hava Kirliliği

Hava, dünyanın çevresini kapsayan tabakalardan biri olan atmosferi oluşturan kokusuz, renksiz ve tatsız bir karışımdır. Normal şartlarda hava, bileşimi %78'i azot, %21'i oksijen ve %1'i de diğer gazlardan oluşan, ekosistem içerisindeki canlı varlıkların ihtiyaç duyduğu ve cansız varlıklara zarar vermeyen doğal bir kaynaktır. İnsanlar birkaç gün aç susuz yaşayabileceği halde nefes almadan birkaç dakikadan fazla yaşayamaz. Ayrıca diğer canlılar için de gerekli olan solunum, sindirim, fotosentez gibi birçok süreçte olması gerekmektedir. Bu yüzden hava, tüm canlılar için yaşamsal bir haktır (Doğan, 2018).

İnsanların ve doğada bulunan diğer canlıların hava yoluyla uğradığı zararlar kirlilik belirtisidir. Hava insanlar, canlı ve cansız varlıklar için hayati önem taşıyan doğal bir kaynaktır. Havanın temiz olması canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli olan solunum, sindirim, fotosentez gibi süreçler için gereklidir. Günümüzde insanların çeşitli üretim ve tüketim faaliyetleri sonrasında, insanların ve diğer canlı varlıkların hayatını olumsuz bir şekilde etkileyen, 18 ekolojik dengenin özellikle de havanın doğal oluşumunun zarar görmesine hava kirliliği denir (Keleş, vd., 2012).

Son yıllarda meydana gelen hızlı ekonomik gelişim, kentleşme ve endüstrileşme süreci çeşitli kirleticilerin yayılarak havanın bileşimini ve kalitesini hayati ölçüde bozulmasına sebep olmuştur. Atmosferi oluşturan bileşiminin değişmesinde temel etkenlerden bir olan hızlı nüfus artışı ile birlikte sanayii alanındaki gelişmeler olarak açıklanmaktadır. Atmosferik kirlilik temel olarak antropojenik etkenlerden kaynaklanmaktadır (Mossi, 2018). Nüfus artışıyla beraber dünyada bulunan doğal kaynaklar hızlıca tüketilmeye, doğa da artık dönüştürülmeye başlanmıştır (Uslu, 1995).

Hızlı nüfus artışı ile birlikte kırsal alanlardan kent merkezlerine olan göç beraberinde kent merkezlerinin aşırı derecede yoğunlaşmasına sebep olmuştur. 2000 yılında dünya nüfusu 2,9 milyar kişi iken dünya nüfusunun %47'si kent merkezlerinde yaşarken bu

oran 2030 yılına gelindiğinde %60-90'a kadar çıkacağı tahmin edilmektedir. Avrupa ülkelerinde yaşayan toplam nüfusun üçte ikisinden fazlası kent merkezlerinde veya yakın çevresinde yaşamaktadır. Bu durumun aynısı ülkemiz için de geçerlidir. Türkiye İstatistik Kurumunun 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. Bu verilerin sonrasında ise kırsal kesimlerden kentsel alanlara göç devam etmekte, gün geçtikçe kent merkezlerindeki nüfus yoğunluğunun daha da artacağı tahmin edilmektedir. Bu nedenle insan yoğunluğunun giderek artmakta olan kent merkezlerinde hava kirliliğinin giderek artmasına sebep olmaktadır (Özel, 2019).

İnsanlardan kaynaklı hava kirliliğinin sebeplerinden biri de sanayii alanındaki gelişmelerdir. Metal madeninin işlendiği tesislerde maden filizlerinin ısıya maruz bırakılması yüksek miktarlarda hava kirleticilerin atmosfere salınmasına neden olmaktadır (Chen vd., 2016). Havayı kirleten organik ve inorganik atmosferik kirleticiler arasında en yaygın olanlar 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). Bu organik ve inorganik kirleticilerin yanında, partikül madde (PM) olarak isimlendirilen, havada asılı kalan bazı partiküller de (katı veya sıvı) önemli kirlilik etmenlerinden sayılmaktadır (Cetin vd., 2017a).

Hava kirliliği özellikle 1952 yılındaki "smoggy" olarak adlandırılan olayın ardından dikkat çekmiştir. 1952 yılında gerçekleşen bu olayda (5-9 Aralık arası) Londra'da pnömoni ve bronşit gibi solunum yolarında oluşan hastalıklar ile ilişkili rahatsızlıkların bir sonucu olarak yaklaşık 4000 insan hayatını kaybetmiş, daha sonrasında ise birkaç ay içerisinde kirli havanın etkileri nedeni ile 8000 kişi daha ölmüştür (Deziel, 2016; Shahid vd., 2017). Bu olay sonrasında ilerleryen yıllarda ise hava kirliliğinin önemi artarak devam etmiş ve günümüzde her yıl 6,5 milyondan fazla insanın hayatını kaybetmesine neden olacak kadar çok ciddi boyutlara ulaşmıştır (Saleh, 2018; Erdem, 2018). Ülkemizde dahi 2016 yılında yaklaşık 29.000 kişinin hava kirliliği ile bağlantılı nedenlerden dolayı hayatını kaybettiği belirtilmektedir (Cetin vd,

2017a). Avrupa Çevre Ajansı; Avrupa genelinde, 2,5 milyon alanı kapsayan kirlenmiş alanlar olduğunu ve bu alanların %14'ünün acil iyileştirme planlamasına ihtiyaç duyduğunu belirtmektedir (Akarsu, 2019). Bu durumlar değerlendirildiğinde ekosistemde bulunan organizmal faaliyetleri destekleyebilmek için yeryüzündeki kirliliği en aza indirecek uygun bir çalışmaya ihtiyaç vardır (Tunalı, 2015). Buna ek olarak hava kirliliğinin dünya genelinde her yıl 6,5 milyondan fazla insanın ölümüne neden olacak kadar ciddi boyutlara ulaştığı belirtilmektedir (Saleh, 2018; Erdem, 2018).

Atmosferde oluşan kirliliği birçok bileşeni bulunmakla birlikte, bu bileşenlerin arasında en tehlikelisi ve dolayısıyla üzerinde en fazla durulması gereken kirleticilerin başında ağır metaller gelmektedir. Nitekim "smoggy" olaylarında ölen kurbanlarından alınan numunelerde 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).

Genelde 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 arasında en önemlileri Fe, Cu, V, Mn, Zn, Ni, Cr, Mo, Co, Be, Cd, Pb, Tl, Sb, Ag, As, Se, Hg, Sn, Al elementleri sayılmaktadır. Bu elementlerin arasında Zn, Mn, Cr, Fe, Cu, Ni, Mo gibi bazıları bitkiler ve hayvanlar için mikro besin elementleridir. Bu nedenle canlıların yaşamları devam ettirebilmeleri için büyük önem taşıyabilmektedirler (Saleh, 2018; Akarsu, 2019; Özel, 2019). Fakat bu ağır metaller mikro besin elementleri olmasına rağmen 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, Sevik vd., 2019c; Pınar, 2019).

Yukarda belirtilen özelliklere ek olarak ağır metaller doğada kolay kolay yok olmazlar ve canlı bünyesinde biyobirikme eğilimindedirler. Ağır metaller havada 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 salınmakla birlikte kanserojendirler (Shahid vd., 2015). Ağır metallerin bu özellikleri sebebiyle canlılara, özellikle de insanlarda hastalığa sebep olma gibi potansiyel tehlikelerinden dolayı ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve değişiminin izlenmesi; riskli bölgelerin ve risk düzeyinin tespit edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Turkyilmaz vd., 2020; Şevik, 2021a,b).

2.2 Çalışma Amacına Konu Olan Elementler

Yapılan çalışmada Krom (Cr), Çinko (Zn), Alüminyum (Al), Demir (Fe) elementlerinin *Picea pungens* ağacının organ bazındaki değişimi incelenmiştir. Bu ağır metaller incelendiğinde canlılar ve ekosistem üzerinde birçok etkiye sahiptirler. Bu ağır metallerin doğada birikmesine neden olan faktörler; bazı anataşlar, mineral gübreler, biyositler, madencilik, kentsel atıklar, atıksular, motorlu araçların egzoz gazları ve kanalizasyon atıklardır (Önder, 2012; Keçeci, 2019). Çalışma kapsamında incelenen metallerin özellikleri çevreye ve canlı sağlına etkileri aşağıda belirtilmiştir.

2.2.1 Krom (Cr)

Doğal olarak toprakta bulunan Cr, toprakta 5-100 mg/kg oranında bulunmaktadır. Bitkide ise kuru madde de 100 mg/kg bulunması birçok yüksek bitki için toksiktir (Asri ve Sönmez, 2006; Keçeci, 2019).

Bitkinin bünyesinde Cr'nin hareket etme potansiyeli cok sınırlı olmasından dolayı bitkiye aşırı düzeyde maruz bırakılan bitkide toksik etkisi görülmektedir. 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. (Keçeci, 2019).

Cr'nin bitki bünyesinde toksik düzeyine gelmesi durumunda ortaya çıkacak ilk fizyolojik durum tohum çimlenmesinde görülmektedir. Cr, 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, 2006; Keçeci, 2019)

2.2.2 Çinko (Zn)

Çinko suda çözülebilen formları, nitratlar, kloratlar, sülfat ve klorürlerdir. Nispeten suda çözünemeyen formları ise oksitler, karbonatlar, fosfatlar, silikatlar şeklindedirler (Önder, 2012; Keçeci, 2019). Zn, en cok alaşım ve metal kaplama olarak kullanılmaktadır. Dünya çapında Zn çok sık kullanılmaktadır ve yıllık kullanım açısından en çok kullanılan dördüncü metal olarak görülmektedir. Özellikle ipek ipliği, fiber üretimi, çelik sanayi ve katot arıtımı uygulayan soğutma sistemleri ile metal proses atık sularında görülmektedir. Bu kullanımlara ek olarak Zn kozmetik, otomobil sanayisinde vernik, karbon kağıtları ve boya maddeleri gibi bircok alanda kullanılmaktadır. Tarımda ise önemli bir mikro besin elementi olması açısından besleyici bir gübre, insektisit ve ahşap koruyucu olarak da kullanılmaktadır (Seven vd., 2018).

İnsan ve hayvanlarda etkileri olduğu gibi bitkiler üzerinde de çok faklı ve çeşitli önemli metabolik fonksiyonlara sahip bir elementir. Bitkilerin bünyelerinde bulunan protein ve karbonhidrat sentezinde görev alması ile birlikte, enzim aktivasyonu, solunum, fotosentez ve biyolojik membran stabilitesi üzerindeki etkisinden dolayı bitkinin ürettiği ürün kalitesi ve miktarını direkt olarak etkilemektedir (Asri ve Sönmez, 2009)

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

Zn nin bitkilerin bünyesinde olması gerekenden fazla birikmesinden dolayı bitki üzerinde toksisitesinde etkileri;

- Bitkilerdeki kök ve sürgün büyümesi azalır
- Kökler incelir
- Yaprakların geç olanları kıvrılır ve kloroz görülür,
- Hücrelerin büyümesi ve uzaması engellenir

Hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır.

2.2.3 Alüminyum (Al)

Yeryüzünün ortalama yüzde 8'ini oluşturan Al son derece önemli bir metaldir. Başlıca kompleks alüminyum silikatlar halinde bulunur. Bu şekilde saf alüminyum elde etmek çok da mümkün değildir. Doğal yollarla bir alüminyum oksit olan boksit ($Al_2O_3xH_2O$) yatakları bulunur. Bu yataklardan da elektrolitik indirgenme ile saf alüminyum elde edilir (Sienko, 1983; Ganrot, 1986; Flaten, 2001; Dökmeci ve Dökmeci, 2005; Krewski vd., 2007). Metalürji (mekanik konstrüksiyon, ambalaj, ısı iletkeni vb.) endüstrisinde alüminyum ve tuzlar kullanılmakla birlikte, tabakçılıkta, kumaş boyacılığında, sert suların yumuşatılmasında kullanılmaktadır. İlaçların, kozmetiklerin, patlayıcıların parlatıcı maddelerin, seramiklerin, mürekkeplerin, çimentonun, fitosaniter maddelerin içeriğinde bulunur (Sienko, 1983; Dökmeci ve Dökmeci, 2005).

Alüminyumun vücut içerisine giriş yolu sindirim sistemidir. Alüminyumu en fazla taşıma potansiyeline sahip olan etken sudur. Sindirim sistemi içerisinden direk kana geçen alüminyum miktarı %1'den azdır. Normal yollarla sindirim sisteminden alındıktan sonra alüminyum serumda çok az miktarlarda bulunmaktadır (1-2 µg/L). Alüminyum elementinin büyük bir kısmı kemik ve akciğer olmak üzere çeşitli dokularda depolanmaktadır. Sağlıklı olan bir insanda alüminyum böbrek yolu ile vücut dışına atılmaktadır. Dializ hastalarında yani kronik böbrek yetmezliği olan hastalarda serum alüminyum seviyesi 30 µg/L seviyesine çıkabilmektedir (Ganrot, 1986; Flaten, 2001; Dökmeci ve Dökmeci,

2005; Krewski vd., 2007). Alüminyumun organik türevleri ve çözünür mineral tuzları oldukça irritandır. Alkilli türevler, yanıcı ve patlayıcı özelliktedirler. Fabrika ve maden ocaklarından çıkan buharların solunması veya yüksek dozda ağızdan alınması, bitkinlik, solunum düzensizlikleri ve spontan pnömotaraks gibi belirtilere neden olabilmektedir (Dökmeci ve Dökmeci, 2005).

2.2.4 Demir (Fe)

Demir insanlar, hayvanlar ve bitkiker için mutlak gerekli bir elementtir. Dünyadaki bütün canlı varlıklar tarafından az miktarda ihtiyaç duyulur (Özbek vd., 2001). Toprakta bulunan demir elementinin büyük bir kısmı çeşitli minerallerin kristal kafeslerinde yapı elementi olarak bulunur. Ojit, hornblend, olivin ve biotit gibi demirli silikat mineralleri demir içeren primer minerallerdir. Demir kil minerallerinin bir bölümünde de yer almakta olup, birçok toprakta oksit, hidroksit, karbonat ve fosfat formunda bulunur (Kantarcı, 2000; Boşgelmez vd., 2001; Güzel vd., 2004).

Bitkide solunum ve fotosentez reaksiyonlarında demir elementi çok önemli rol oynamaktadır. Bitkilerdeki sitokrom oksidaz, peroksidaz ve katalaz ve gibi enzimleri aktive ederek birçok biyokimyasal reaksiyonun katalizasyonunu sağlar. Demir elementi klorofilin yapısında bulunmamakla birlikte, eksikliğinde klorofil üretimi azalır. Bitkinin büyüme hızını azaltmaktadır. Bitkilerin protein mekanizması üzerinde etkilidir (Brady, 1990; Boşgelmez vd., 2001; McCauley vd., 2009; Kacar ve Katkat, 2010). Çok yağış almayan kurak ve yarı kurak bölge topraklarında yetiştirilen bitkilerde, noksanlığı en çok görülen besin elementidir. Kurak olan toprakların bünyelerinde fazla miktarda kireç bulunması ve yüksek pH'lara sahip olması demir eksikliğinin sebeplerindendir. Kireçli topraklarda pH yüksek olması sebebiyle demir bileşikleri çözünmez ve bitkilerce alınamaz. Ayrıca uzun süreli yağışlar veya aşırı sulama, toprağın sıkışması ve su basması gibi olaylar demir eksikliği oluşturmaktadır. Bu faktörlere ek olarak mangan, bakır, çinko, krom ve nikel gibi ağır metallerin yüksek miktarda bulunmasıyla da ortaya çıkar (Aktaş ve Ateş, 1998).

Özellikle son çıkan yapraklarda ve bitkilerin genç yapraklarında, damarlar arasında meydana gelen sararma demir noksanlığının belirtisidir. Bitkilerin bazılarının yapraklarında kahverengi nekrozlar oluşabilir. Demir eksikliğinin çok fazla olması durumunda damarlar da sararır. Demir eksikliğinin bu nedenle oluşan belirtileri demirin etkilediği metabolik reaksiyonların bozulmasından, büyüme ve klorofil sentezi için gerekli enerji transferinin kısıtlanmasından kaynaklanır. Demir elementinin eksikliği olan bitki dokularında sitrat ve malat anyonları ile aminoasit ve nitrat birikimi meydana gelir (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez vd., 2001; Kacar ve Katkat, 2010).

Demir eksikliği sebebiyle görülen belirtiler kimi zaman magnezyum noksanlığı belirtileri ile karıştırılabilir. Fakat magnezyum eksikliğinde ise belirtilerin öncelikle yaşlı yapraklarda görülmesine karşın demir noksanlığı belirtileri genç yapraklarda görülür (Kacar ve Katkat, 2010). Demir elementinin fazla olduğu durumlarda bakır, çinko, magnezyum ve mangan absorpsiyonu azalabilmektedir (Boşgelmez vd., 2001).

2.3 Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesinde Biyomonitor Olarak Bitkiler

Ağır metal birikiminin izlenmesinde bitkiler, uzun yıllar boyunca biyomonitor olarak kullanılmaktadır. Enerji santralleri, taşıtlar, tarım endüstri tesisler ve endüstriyel işletmelerden kaynaklanan ağır metal kirliliğinin takip edilmesinde uzun yıllar boyunca en çok kullanılan türlerin başında likenler gelmektedir (Loppi ve Pirintsos, 2003; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Salemaa vd., 2004; Yemets vd., 2015).

Likenler ile birlikte yosunlar da ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Schilling ve Lehman, 2002; Szczepaniak ve Biziuk, 2003; Zechmeister vd., 2003; Harmens vd., 2004; Basile vd., 2008; Harmens vd., 2010; Ares vd., 2015; Maxhuni vd., 2016). Briyofitler, özellikle yosunlar ekosistemin inatçı organik kirleticiler, eser metaller ve azot fazlalığı gibi bazı kirleticilere maruziyetini takip etmek için uzun yıllardan bu yana kullanılmaktadır. (Erdem,2018)

Fakat yosun ve likenler biyomonitor olarak kullanılmalarındaki en önemli sorun bu bitkilerin ne kadar süre ile ağır metal kirliliğine maruz kaldıklarının kolaylıkla belirlenememesidir. Bu nedenden dolayı tespit edilmiş olan herhangi bir metal konsantrasyonunun hangi zaman aralığında biriktiği kesin olarak bilinememektedir. Bu durum ise beraberinde belirlenen konsantrasyonun yorumlanmasında sorunlara yol açmaktadır (Çobanoğlu, 2019).

Ağır metal konsantrasyonunun değişimini incelemek için son yıllarda yüksek yapılı bitkiler, kirliliğinin belirlenmesinde daha sık kullanılmaya başlamıştır. Atmosferde bulunan ağır metaller partikül maddeler üzerinde birikmekte, partikül maddelerin yaprak yüzeylerinde çökelmesinin ardından yaprak transferi yoluyla bitki yapraklarında birikebilmektedir (Schreck vd., 2012). Bu konuda yapılan çalışmalar ağır metal kirliliğinin yoğun olarak görüldüğü endüstriyel tesislerin yakınında büyüyen bitkilerin yapraklarında yüksek seviyelerde ağır metal birikimi olduğunu göstermiştir (Martín vd., 2015; Simon vd., 2016; Hurley vd., 2017; Shahid vd., 2017). Bu nedenle bitkilerin yapraklarında ağır metal seviyeleri çalışmalara çok sık konu olmaktadır (Aksoy vd., 2005; Zheljazkov vd., 2008; Sud vd., 2008; Stafilov vd., 2010; Erdem, 2018).

Yaprakların yüzeylerinde biriken ağır metalleri bitkilerin bünyelerine alımı stomata, kütiküler çatlaklar, kovuklar, ektodesmata ve porlar yoluyla olmaktadır (Shahid vd., 2017). Bitkiler ağır metalleri sadece yaprakları ile değil kök, meyve ve çiçekleri ile de ağır metalleri absorbe edebilmektedirler (Bondada vd., 2004). Endüstriyel alanlarda, madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlarda ve trafiğin çok yoğun olduğu alanların içinde ya da yakınında büyüyen bitkilerin kök, yaprak, meyve, dal, kabuk, odun gibi organlarında yüksek konsantrasyonlarda ağır metaller bulunduğu belirtilmektedir (Sud vd., 2008; Schreck vd., 2013; Dogan vd., 2014; Xiong vd., 2014; Mallampati vd., 2015; Tošić vd., 2016).

Yapraklarını döken bitkilerin, yaprakları gibi diğer organları da ağır metal konsantrasyonunun birikiminin süre ile ilişkilendirilmesi bakımından daha elverişlidir. Yapraklarını döken bir bitkinin, dökülen yaprakları o bölgedeki vejetasyon süresine bağlı olarak ilkbaharda oluşmakta ve sonbahara kadar bitki üzerindeki fonksiyonunu

sürdürmekte ve bu nedenle dökülmeden önceki süre içerisinde havadaki ağır metallere maruz kalarak bünyesinde biriktirmektedir (Çobanoğlu, 2019).

Bu nedenle ağır metal konsantrasyonunun zaman içerisindeki değişimini incelemek amacıyla özellikle endüstriyel bölgelerin veya yolların yakınlarında biyolojik takip çalışmaları ve bitkilerin biyomonitor olarak kullanımına ilişkin çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılmış olan çalışmalarda; *Robinia pseudoacacia* (Celik vd., 2005; Serbula vd., 2012; Yang vd., 2015; Fan vd., 2018), *Pinus sylvestris, Pinus nigra, Picea pungens, Abies bornmulleriana* (Turkyilmaz vd., 2018a), *Prunus persica* (Dimitrijević vd., 2016; Alagić vd., 2017), *Prunus triloba* (Li-qiang vd., 2004), *Aesculus hippocastanum* (Yilmaz vd., 2006; Baycu vd., 2006; Tomasevic ve Anicic, 2010), *Sophora japonica* (Li vd., 2007), *Clethra barbinervis* (Yamaji vd., 2016), *Quercus ilex* (Gratani vd., 2008), *Betula pendula* (Petrova vd., 2014), *Acer rubrum*, *Populus tremuloides* (Kalubi vd., 2016), *Fraxinus excelsior* (Aksoy ve Demirezen, 2006), *Pistacia lentiscus* (Concas vd., 2015), *Elaeagnus angustifolia* (Aksoy ve Şahin, 1999), *Pinus pinea* (Rossini vd., 2006), *Populus deltoides* (Xu vd., 2016) türleri ile ağır metal birikiminin yıl içerisindeki değişimi araştırılmıştır. Yapılmış olan bu çalışmalar gibi bu alanda yapılmış daha pek çok uygulamaya örnek verilebilir (Erdem, 2018).

Bir yıldan daha uzun süre içerisindeki değişimin izlenmesinde sıklıkla başvurulan yöntemlerden biri de ağaçların yıllık halkalarının kullanılmasıdır. Kullanılan bu yöntemde ağaçların odun kısmında da ağır metalleri biriktirebildiği tezi üzerinden hareket edilmektedir. Bu yöntem ağaçlar kesilerek odun kısmında bulunan yıllık halkalar vasıtasıyla, oluştuğu yıla göre sınıflandırılmakta ve alınan numuneler üzerinde ağır metal analizleri yapılmaktadır. Bu yöntem ile günümüze kadar *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 (Çobanoğlu, 2019).

Herdemyeşil olan türlerde ibreler uzun yıllar boyunca bitki üzerinde kalabilmektedir. Fakat herdemyeşil olan bitkilerde yapılacak çalışmalarda yaprak yaşı bilinmediğinden ağır metal konsantrasyonunun ne ifade ettiğinin yorumlanmasında sorun yaşanmaktadır. Ancak göknar ve ladin gibi birçok ibreli türde, ibreler ağaç üzerinde birkaç yıl kalmakta ve oluşan nodlar sayesinde hangi ibrelerin kaç yaşında olduğu kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Bu yöntem sayesinde geçmiş yıllara ait veriler elde edilebilmekte, ayrıca diğer yöntemdeki gibi ağacın kesilmesine gerek kalmadığı için hayati bir zarar verilmemektedir. Turkyilmaz vd., (2018b) Herdemyeşil bitkiler üzerinde bu yöntem kullanarak üç yıllık verileri değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda, çalışmaya konu türler arasında genel olarak birçok ağır metalin izlenmesinde en uygun türlerden birisinin *Picea pungens* olduğu belirtilmiştir (Turkyilmaz vd., 2018b; Çobanoğlu, 2019).

2.4 Picea pungens Hakkında Genel Bilgiler

Picea pungens, *Pinaceae* familyasının *Picea* cinsine mensup, 50 m ye kadar boylanabilen herdemyeşil olan ağaçlardır. *Picea pungens*'in anavatanı Kuzey Amerika olup, anavatanında 2000-3000 m rakımlarda yayılış yapar. Yatay yönde dallanma yapısıyla gelişen, kalın dallı, serbest büyüdüğünde konik tepeli piramidal görünümlü dekoratif bir ağaçtır. Ağacın genel görünümü Şekil 2.1'de verilmiştir.

Şekil 2.1 *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 (Şekil 2.2). Yapraklar çiğnendiğinde ekşimsi-acı tattadır (URL1, 2021).

Şekil 2.2 *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 (Şekil 2.4). Taze iken yeşilimsi olgunlaşınca saman sarısı rengindedir. Kozalak pulları kâğıt gibi ince, kenarları dalgalı, uçları kertiklidir (URL3, 2021).

Şekil 2.3 *Picea pungens* kozalakları

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Yaapılan çalışma Ankara kent merkezinde bulunan iki farklı *Picea pungens* ağacının yan dalları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Örnekler, kent merkezlerindeki anayol kenarları, park ve bahçelerde vb. alanlarda yapılan peyzaj çalışmalarında yoğun bir şekilde kullanılan *Picea pungens* ağacının yan dallarının budama makası ile kesilerek alınması ile temin edilmiştir. Seçilen iki ağaçtan birisi trafiğin çok yoğun olduğu ana yol kenarında peyzaj düzenlemesi yapılmış bir alandan (yol), diğeri ise yine trafiğin çok yoğun olduğu bir bölgede bulunan bir parktan (park) alınmıştır. Alınan örnekler laboratuvara getirilmiş ve dallar yaşlarına göre kesilerek sınıflandırılmıştır. Alınan örneklerin konumları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir.

Şekil 3.1 Birinci ağacın konumu

Şekil 3.2 İkinci ağacın konumu

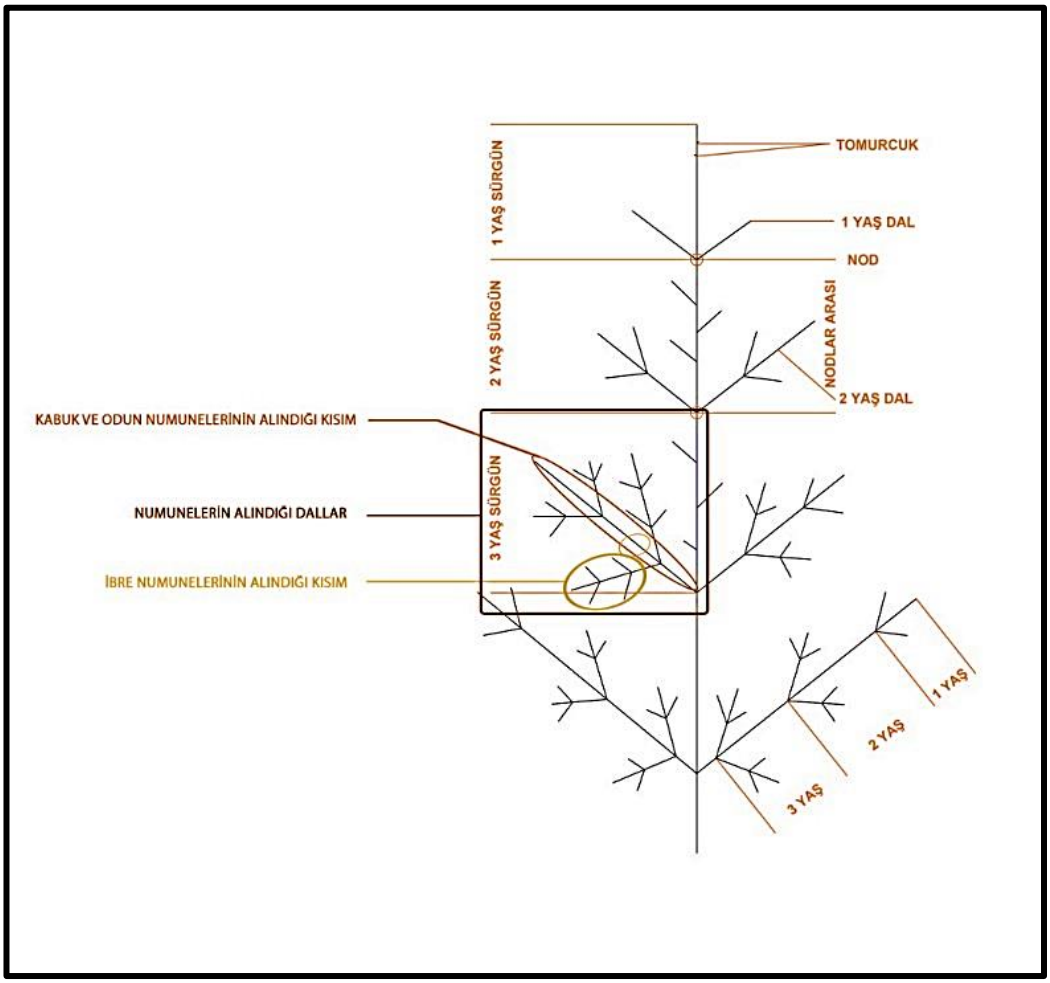
Dal numuneleri her iki ağaçta taşıt trafiğinin yoğun olduğu yol tarafı (dış) ve iç taraf (iç) olmak üzere iki yönden alınmıştır. Böylece dört grup numune elde edilmiş ve bu numuneler;

- Yol dış; anayol kenarındaki ağacın yola bakan tarafı,
- Yol iç; anayol kenarındaki ağacın içe bakan tarafı,
- Park dış; parkta bulunan ağacın yola bakan tarafı ve
- Park iç; parkta bulunan ağacın içe bakan tarafı olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır.

Kesilerek laboratuvara getirilen örnekler de sınıflandırılırken iki gruba ayrılmış ve bir grupta yıkama işlemi uygulanmıştır. Yıkama işlemi yapılacak olan grubun ilk olarak ibre ve kabukları bol akan su ile ovalanarak yıkanmıştır. Yıkanmış olan organlar daha sonrasında yaklaşık 1/3'ü su ile doldurulan büyük bir kavanozun içerisine atılmış ve kavanoz birkaç dakika şiddetle çalkalanarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalkalama işlemi su berraklığını koruyuncaya kadar en az üç defa olmak üzere tekrar

edilmiştir. Su berrak hale geldikten sonra yine aynı işlem üç defa da saf su ile tekrarlanmıştır.

Bu şekilde organların üzerine zaman içerisinde yapışmış olan partikül maddelerin tamamen temizlenmesi hedeflenmiştir. Yıkama aşamaları sonrası örnekler havlu kağıtlar üzerine serilip havlu kağıtlar hafifçe bastırılarak fazla su uzaklaştırılmıştır. Daha sonra bütün örneklerde ibre, kabuk ve odun kısımları birbirinden ayrılmıştır. Ayrılan organlardan alınan numuneler yan dal üzerindeki ana eksen kısmından alınmıştır. Alınan kabuk örnekleri dal üzerinden sıyrılarak ayrılmış olup odun örnekleri yıkanmamış olan numunelerin arasından kabuklar sıyrıldıktan sonra alınmıştır. Farklı yaşlardaki ibre, kabuk ve odun örneklerin alındığı kısımlar Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 İbre, kabuk ve odun örneklerinin alındığı kısımlar

Ayırma işlemlerinden sonra 7 yaş grubunda numuneler elde edilmiş ve böylece 2 konum * 2 yön * 2 yıkama * 3 organ * 7 yaş değerlendirilmiştir. Yıkama ve ayırma işlemleri sonunda elde edilen numuneler 15 gün boyunca oda sıcaklığında kuru hale gelene kadar bekletilmiştir. Daha sonra etüvde 50 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur.

Kurutma işlemi sonrasında numuneler paketlenip etiketlenerek ağır metal analizleri için laboratuvara getirilmiştir. Burada numuneler öğütülerek toz haline getirilmiş ve 0,5 g tartılarak mikrodalga için tasarlanmış özel tüplere konulmuştur. Numuneler üzerine 10 mL %65'lik HNO_3 ilave edilmiş ve mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta, 180 ºC'de 20 dakika yakılmıştır. Mikrodalgadan çıkartılan tüpler soğuduktan sonra üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra filtre kağıdından süzülen örneklerde element konsantrasyonları ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuş, elde edilen değerler seyreltme faktörü ile çarpılarak çalışmaya konu elementlerinin konsantrasyonları belirlenmiştir.

Analizler sonucundan elde edilen veriler SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Elde edilen 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 İbrelerde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Değişimi

Çalışmaya konu ibrelerde ağır metal konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimi her bir element için ayrı ayrı değerlendirilmiş, elementlerin konsantrasyonlarına ilişkin ortalama değerler ile varyans analizi ve Duncan testi sonuçları sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

4.1.1 İbrelerde Cr Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Çalışmaya konu ibrelerde Cr konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. İbrelerde Cr (ppb) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Cr	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	622,4 Dc	139,7 Ba	26,8 Aa	61,6 Aa	140,2 Ba	54,8 Aa	190,1 Cb	17,8 Aa	187,8	0,000
2	115,3 Ba	830,8 Fd	190,6Cb	42,4 Aa	660,8 Ec	283,0 Db	279,4 Dc	124,5 Bb	196,5	0,000
3	421,0 Db	563,6 Eb	244,0Cb	131,7 Ab	581,2 Eb	401,8 Dc	143,7 Aa	191,1 Bc	547,3	0,000
4	693,4 Ed	838,4Gde	331,3Cc	27,3 Aa	764,8 Fd	2.528,9Hg	494,5 De	249,4 Bd	5.300,10	0,000
5	912,1 Ce	977,7 Df	389,4Ad	362,1 Ac	613,0 Bb	637,2 Be	370,2 Ad	591,7 Be	230,6	0,000
6	1.267,8Gf	634,9 Cc	795,0 Ef	386,8 Ac	1.274,2 Ge	1.002,9 Ff	580,3 Bf	682,4 Df	1.345,20	0,000
7	1.507,6Eg	870,8 De	709,7 Ce	464,2Ad	696,9 Cc	470,0 Ad	884,1Dg	571,2 Be	599,2	0,000
F	652,39	546,73	210,84	126,6	683,54	12.481,92	1.577,90	829,92		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Not: Tablolarda büyük harfler satırlardaki, küçük harfler sütunlardaki değerlerin Duncan testi sonucunda yer aldıkları grupları göstermektedir.

İbrelerde Cr konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 17,8 ppb ile park iç konumundaki yıkanmamış 1 yaşındaki ibrelerde, en yüksek değer ise 2.528,9 ppb ile park dış konumundaki yıkanmamış 4 yaşında ibrelerde elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 5 tanesinin 1 yaş, 2 tanesinin 2 yaş ve 1 tanesinin 3 yaş ibrelerde elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 3 tanesi 7 yaş, 3 tanesi 6 yaş, 1 tanesi 5 yaş ve 1 tanesi de 4 yaş ibrelerde elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 4 ve 5 yaş ibrelerde elde edildiği numunelerin yıkanmamış numuneler olması dikkat çekmektedir. Dolayısıyla genel olarak Cr konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı ibrelerde, en düşük değerlerin ise genç ibrelerde edlde edildiği söylenebilir.

İbrelerde Cr konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde ise yol dış konumunda 7 numuneden 3 tanesi, yol iç konumunda 6 numunenin (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir) tamamı, park dış konumunda 7 numuneden 6 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 4 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Cr konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmamış (17,8 ppb) 2 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (42,4 ppb), 3 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (131,7 ppb), 4 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (27,3 ppb), 5 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (362,1 ppb), 6 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (386,8 ppb) ve 7 yaş ibrelerde de yine yol iç konumunda yıkanmamış (464,2 ppb) ibrelerde elde edilmiştir. Yol iç konumda yıkanmamış ibrelerin tamamı Duncan testi sonucunda ilk homojen grupta yer almaktadır.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş ibrelerde yoldış konumunda yıkanmış (622,4 ppb), 2 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (830,8 ppb), 3 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmış (581,2 ppb), 4 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmamış (2.528,9 ppb), 5 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (977,7 ppb), 6 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmış (1.274,2 ppb)

ve 7 yaş ibrelerde de yol dış konumunda yıkanmış (1.507,6 ppb) ibrelerde elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan ibreler karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 4 tanesinde (2 yaş yıkanmış yol, 1 yaş yıkanmış park, 7 yaş yıkanmış park ve 7 yaş yıkanmamış park) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün ibrelerde dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ibrelerde Cr konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Cr elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve ibre yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Cr konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin yol iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.1.2 Zn Elementi Konsantrasyonun Değişimi

İbrelerdeki Zn elementinin organ yaşı, lokasyon ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.2’ de de verilmiştir.

Tablo 4.2 İbrelerde Zn (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Zn	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	25,3 Fb	18,7 Da	39,2 Gc	14,3 Ba	21,1 Ea	21,1 Ea	13,3 Aa	16,3 Ca	2.378,40	0,000
2	19,0 Aa	62,1 Gg	30,1 Ca	28,4 Bb	40,9 Ed	49,1 Fe	31,2 Dc	30,0 Cc	7.305,10	0,000
3	26,0 Ac	57,7 Ff	40,4 Dd	56,3 Ee	39,1 Cc	36,5 Bd	40,3 Dd	26,2 Ab	2.876,50	0,000
4	67,6 Gf	52,9 Fd	42,5 De	32,8 Bc	78,3 Hg	35,6 Cc	30,4 Ab	50,4 Ed	2.979,10	0,000
5	69,1 Gg	53,6 Ee	31,5 Bb	52,8 Dd	54,4 Fe	48,8 Ce	30,3 Ab	80,0 Hf	13.287,20	0,000
6	52,9 Dd	29,8 Ab	57,3 Ef	75,8 Gg	57,5 Df	59,1 Ff	46,1 Be	51,0 Cd	1.921	0,000
7	56,5 Ee	52,3 Dc	74,8 Hg	73,3 Gf	35,7 Bb	30,8 Ab	50,1 Cf	59,1 Fe	5.831	0,000
F	17.380,21	10.802,49	6.876,05	8.146,44	2.933,58	4.949,41	3.090,45	9.232,37		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

İbrelerde Zn konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde yol iç konumunda 7 numuneden 5 tanesi, yol dış konumundaki numunelerin 3 tanesi (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir), park dış konumunda 7 numuneden 4 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 2 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Zn konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmamış (13,3 ppm) 2 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (19,0 ppm), 3 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (26,0 ppm), 4 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmış (30,4 ppm), 5 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmamış (30,3 ppm), 6 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (29,8 ppm) ve 7 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmamış (30,8 ppm) ibrelerde elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş ibrelerde parkdış konumunda yıkanmış ve yıkanmamış (21,1 ppm), 2 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (62,1 ppm), 3 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (57,7 ppm), 4 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmış (78,3 ppm), 5 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmamış (80,0 ppm), 6 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (75,8 ppm) ve 7 yaş ibrelerde de yol iç konumunda yıkanmış (74,8 ppm) ibrelerde elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan ibreler karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 4 tanesinde (7 yaş yıkanmış ve yıkanmamış yol, 6 yaş yıkanmamış yol, 5 yaş yıkanmamış park) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün ibrelerde dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ibrelerde Zn konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Zn elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve ibre yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Zn konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin yol iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.1.3 Al Elementi Konsantrasyonun Değişimi

İbrelerdeki Al elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 İbrelerde Al (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Al	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	51,6 Ba	18,6 ABa	9,2 Aa	30,9 ABc	26,3 ABa	13.351,0Ce	2,2 Aa	36,4ABb	158.891,10	0,000
2	53,8 Da	236,6 Hc	33,8 Cb	23,6 Bb	169,1 Gc	75,2 Fa	63,3 Eb	12,4 Aa	27.341,70	0,000
3	1522,51 Bb	224,6 Ab	67,8 Ac	40,8 Ad	238,0 Ad	154,9 Ab	73,8 Ac	42,3 Ac	46.551,50	0,000
4	2534,95 Bc	329,3 Ae	108,0 Ae	12,0 Aa	269,9 Ag	272,5 Ac	141,0Ae	70,8 Ad	188.582,80	0,000
5	3550,87 Bd	417,0 Ag	100,9 Ad	97,2 Ae	258,9 Af	241,6 Ac	127,8Ad	157,2Ae	167.320,90	0,000
6	557,2 Ha	303,7 Fd	261,7 Eg	144,6 Bf	44,7 Ab	349,2 Gd	167,0 Cf	205,9Dg	10.149	0,000
7	685,8 Ga	339,3 Ff	212,2 Cf	154,5 Ag	251,3 De	153,3 Ab	259,6Eg	164,9 Bf	19.498,40	0,000
F	95.773,31	10.838,22	36.534,89	12.142,33	85.151,98	153.698,96	8.812,82	3.958,86		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

İbrelerde Al konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 2,2 ppm ile park iç konumundaki yıkanmış 1 yaşındaki ibrelerde, en yüksek değer ise 355.087,0 ppm ile yol dış konumundaki yıkanmamış 5 yaşında ibrelerde elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 5 tanesinin 1 yaş, 2 tanesinin 2 yaş, 1 tanesinin de 4 yaş ibrelerde elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 1 tanesi 1 yaş, 1 tanesi 2 yaş, 1 tanesi 4 yaş, 2 tanesi 5 yaş ve 2 tanesi 6 yaş, 2 tanesi de 7 yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 1, 4, 5, 6 ve 7 yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. Elde edilen değerlerin genel olarak yıkanmamış ve yıkanmış numunelerde benzer olması dikkat

çekmektedir. Dolayısıyla genel olarak Al konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı ibrelerde, en düşük değerlerin ise genç ibrelerde elde edildiği söylenebilir.

İbrelerde Al konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde ise yol dış konumunda 7 numunenin 6 tanesi, yol iç konumundaki 7 numunenin 6 tanesi (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir), park dış konumunda 7 numuneden 5 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 4 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Al konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmış (2,2 ppm) 2 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmamış (12,4 ppm), 3 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (40,8 ppm), 4 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (12,0 ppm), 5 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (97,2 ppm), 6 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmış (44,7 ppm) ve 7 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (154,5 ppm) ibrelerde elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş ibrelerde parkdış konumunda yıkanmamış (13.351,0 ppm), 2 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (236,6 ppm), 3 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (152.251,6 ppm), 4 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (253.495,1 ppm), 5 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (355.087,3 ppm), 6 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (557,2 ppm) ve 7 yaş ibrelerde de yol dış konumunda yıkanmış (685,8 ppm) ibrelerde elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan ibreler karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden genel olarak bütün ibrelerde dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ibrelerde Al konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Al elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve ibre yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Al konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.1.4 Fe Elementi Konsantrasyonun Değişimi

İbrelerdeki Fe elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4 İbrelerde Fe (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Fe	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	112,6 Ha	52,5 Fb	24,5 Ca	21,1 Aa	55,5 Gb	23,7 Ba	27,6 Dc	35,0 Eb	17.820,90	0,000
2	95,0 Ga	27,6 Aa	85,4 Eb	30,9 Bb	227,2 Hc	91,0 Fc	83,4 De	78,0 Cd	47.596,20	0,000
3	136,2BCb	242,5 Dc	105,6ABCc	75,6 ABd	261,9Dd	167,7 Ce	108,2ABCf	63,7 Ac	13	0,000
4	314,8 Fc	344,1 Hf	141,7 Ed	52,7 Cc	327,4 Gg	29,8 Bb	16,4 Aa	114,1 De	48.622,60	0,000
5	396,2 Hd	374,8 Gg	151,1 Ce	144,6 Be	292,1 Ff	24,4 Aa	157,9 Dg	220,3 Eg	53.872,80	0,000
6	54,2 Da	272,4 Fd	298,9 Gg	164,3 Ef	50,3 Ca	354,8 Hf	19,9 Ab	23,6 Ba	30.309,80	0,000
7	66,2 Ba	307,2 He	272,3 Ff	187,0 Dg	288,5 Ge	146,6 Cd	29,1 Ad	191,7 Ef	13.266,10	0,000
F	37,06	21.309,42	36.995,43	20.176,85	59.257, 7	20.241,33	23.610,89	24.206,12		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

İbrelerde Fe konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 16,4 ppm ile park iç konumundaki yıkanmış 4 yaşındaki ibrelerde, en yüksek değer ise 396,2 ppm ile yol dış konumundaki yıkanmış 5 yaşında ibrelerde elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 3 tanesinin 1 yaş, 1 tanesinin 2 yaş, 1 tanesinin 4 yaş 3 tanesi 6 yaş ibrelerde elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 1 tanesi 4 yaş, 4 tanesi 5 yaş, 2 tanesi 6 yaş, 1 tanesi de 7 yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 4,5,6 ve 7 yaşındaki ibrelerde elde edilmiştir. Numunelerin yıkanmamış ve yıkanmış numunelerde benzer olması dikkat çekmektedir. Dolayısıyla genel olarak Fe konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı ibrelerde, en düşük değerlerin ise genç ibrelerde elde edildiği söylenebilir.

İbrelerde Fe konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde ise yol iç konumunda 7 numunenin 7 tanesi, yol dış konumundaki numunelerin 3 tanesi (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir), park dış konumunda 7 numuneden 6 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 2 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Fe konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş ibrelerde yol iç konumunda yıkanmamış (21,1 ppm) 2 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (27,6 ppm), 3 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmamış (63,7 ppm), 4 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmış (16,4 ppm), 5 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmamış (24,4 ppm), 6 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmamış (23,6 ppm) ve 7 yaş ibrelerde park iç konumunda yıkanmış (29,1 ppm) ibrelerde elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (112,6 ppm), 2 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmış (227,2 ppm), 3 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmış (261,9 ppm), 4 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmamış (344,1 ppm), 5 yaş ibrelerde yol dış konumunda yıkanmış (396,2 ppm), 6 yaş ibrelerde park dış konumunda yıkanmamış (354,8 ppm) ve 7 yaş ibrelerde de yol dış konumunda yıkanmamış (307,2 ppm) ibrelerde elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan ibreler karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 2 tanesinde (6 yaş yıkanmış yol, 7 yaş yıkanmış yol) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün ibrelerde dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum ibrelerde Fe konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Fe elementinin ibrelerdeki konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve ibre yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Fe konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin yol iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.2 Kabuklarda Ağır Metal Konsantrasyonun Değişimi

Çalışmaya konu odun örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı olarak organ yaşı ve mekân kriterleri doğrultusundaki değişimini, ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür.

4.2.1 Cr Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Kabuklardaki Cr elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.9'da verilmiştir.

Kabuklarda Cr konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.5 Kabuklarda Cr (ppb) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Cr	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	394,9 bF	117,8 aB	269,2 aD	11,2 aA	346,2 aE	11,6 aA	166,5 aC	11,2 aA	229,6	0,000
2	1.168,7cE	523,6 bC	131,2 a A	4.437,2dF	512,3 cC	829,4 dD	299,0 abB	589,2 bC	1.080	0,000
3	17,2 aA	924,0 cE	804,1 bD	634,8 bC	424,6 bB	427,2 bB	479,7 bB	1.396,9 dF	513,8	0,000
4	521,4 bA	2.461,6dF	1.202,9cD	1.509,0cE	1.608,5gE	653,6 cB	792,9 cC	1.104,6dC	265,7	0,000
5	1.481,0dB	872,1 cA	1.768,7dC	5.816,9 fF	1.442,9fB	2750,0gD	1.443,3dB	3.643,0 Fe	3.321,30	0,000
6	4.659,2fE	515,2 bA	5.336,8 fG	5.181,4 eF	1.094,8eC	892,4 eB	1.543,8dD	1.447,3dD	2.335,70	0,000
7	3.993,5eE	2.555,2eC	3.350,0eD	6.299,0 gF	581,0 dA	2.131,4 fB	6.084,8 eF	2.823,4 eC	440,2	0,000
F	711,1	1.252,60	1.399,80	3.969,50	1.658,80	2.256,10	701,4	2.388,60		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 11,2 ppb ile park iç konumundaki yıkanmamış ve yol iç konumundaki yıkanmamış 1 yaşındaki kabuklarda, en yüksek değer ise 6299,0 ppb ile yol iç konumundaki yıkanmamış 7 yaşında kabuklarda elde edilmiştir. Tablo değerleri

incelendiğinde en düşük değerlerin 6 tanesinin 1 yaş, 1 tanesinin 2 yaş kabuklarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 3 tanesi 7 yaş, 2 tanesi 6 yaş, 2 tanesi 5 yaş ve 1 tanesi de 4 yaş kabuklarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 5,6 ve 7 yaş ibrelerde elde edildiği numunelerin yıkanmamış numuneler olması dikkat çekmektedir. Dolayısıyla genel olarak Cr konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı kabuklarda, en düşük değerlerin ise genç kabuklarda elde edildiği söylenebilir.

Kabuklarda Cr konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde ise yol dış konumunda 7 numuneden 5 tanesi, yol iç konumunda 7 numunenin 2 tanesi (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir), park dış konumunda 7 numuneden 3 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 3 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Cr konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş kabuklarda yol iç ve park iç konumunda yıkanmamış (11,2 ppb) 2 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmış (131,2 ppb), 3 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (17,2 ppb), 4 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (521,4 ppb), 5 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (872,1 ppb), 6 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (515,2 ppb) ve 7 yaş kabuklarda de park dış konumunda yıkanmış (581,0 ppb) kabuklarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş kabuklarda yoldış konumunda yıkanmış (394,9 ppb), 2 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (1.168,7 ppb), 3 yaş kabuklarda park iç konumunda yıkanmamış (1.396,9 ppb), 4 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (2.461,6 ppb), 5 yaş kabuklarda park iç konumunda yıkanmamış (3.643,0 ppb), 6 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmış (5.336,8 ppb) ve 7 yaş kabuklarda de yol iç konumunda yıkanmamış (6.299,0 ppb) kabuklarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan kabuklarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 4 tanesinde (6 yaş yıkanmış yol, 7 yaş yıkanmamış yol, 7 yaş yıkanmış park ve 5 yaş yıkanmamış park) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün kabuklarda dış

tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kabuklarda Cr konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Cr elementinin kabuklarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Cr konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.2.2 Zn Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Kabuklardaki Zn elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Kabuklarda Zn (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Zn	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	52,4 cF	24,4 aA	37,0 bD	26,8 aB	27,2 aB	24,7 aA	30,2 bC	38,7 aE	300,2	0,000
2	57,8 dE	43,2 bC	17,9 aA	139,9 eG	31,2 bB	67,7 eF	58,6 cE	47,4 bD	2.857,60	0,000
3	26,2 aA	58,5 dC	68,9 dF	63,6 bD	66,3 dE	50,9 bB	66,8 De	50,0 cB	768,1	0,000
4	46,9 bA	136,9 fF	72,0 eD	70,8 cD	59,3 cB	65,2 dC	76,3 eE	70,8 eD	394,5	0,000
5	103,3 gF	42,7 bA	64,3 cC	200,9 fH	60,1 cB	75,0 gE	67,1 dD	128,6 gG	8.988,70	0,000
6	61,8 eB	52,3 cA	93,0 gG	101,8 dH	77,2 eE	71,5 fD	80,6 fF	65,5 dC	696,8	0,000
7	75,3 fC	88,8 eE	83,4 fD	73,1 cC	101,0 fF	57,6 cB	7,6 aA	82,0 fD	947,6	0,000
F	377,8	21.856,20	1.290	1.799,90	2.397,50	1.161,30	18657,7	1.942,80		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Kabuklarda Zn konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 7,6 ppm ile park iç konumundaki yıkanmış 7 yaşındaki kabuklarda, en yüksek değer ise 200,9 ppm ile yol iç konumundaki yıkanmamış 5 yaşında kabuklarda

elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 5 tanesinin 1 yaş, 1 tanesinin 2 yaş, 1 tanesinin 3 yaş, 1 tanesinin de 7 yaş kabuklarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 1 tanesi 7 yaş, 2 tanesi 6 yaş, 4 tanesi 5 yaş ve 1 tanesi de 4 yaş kabuklarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 4,5,6 ve 7 yaş ibrelerde elde edildiği numunelerin yıkanmamış numuneler olması dikkat çekmektedir. Dolayısıyla genel olarak Zn konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı kabuklarda, en düşük değerlerin ise genç kabuklarda elde edildiği söylenebilir.

Kabuklarda Zn konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde ise yol dış konumunda 7 numuneden 4 tanesi, yol iç konumunda 7 numunenin 4 tanesi (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir), park dış konumunda 7 numuneden 4 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 4 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Zn konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (24,4 ppm), 2 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmış (17,9 ppm), 3 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (26,2 ppm), 4 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (46,9 ppm), 5 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (42,7 ppm), 6 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (52,3 ppm) ve 7 yaş kabuklarda de park iç konumunda yıkanmış (7,6 ppm) kabuklarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş kabuklarda yoldış konumunda yıkanmış (52,4 ppm), 2 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmamış (139,9 ppm), 3 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmış (68,9 ppm), 4 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (136,9 ppm), 5 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmamış (200,9 ppm), 6 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmamış (101,8 ppm) ve 7 yaş kabuklarda de park dış konumunda yıkanmış (101,0 ppm) kabuklarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan kabuklarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 5 tanesinde (2 yaş yıkanmamış yol, 5 yaş yıkanmamış yol, 6 yaş yıkanmamış yol, 5 yaş yıkanmamış park ve 6 yaş yıkanmış park) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün

kabuklarda dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kabuklarda Zn konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Zn elementinin kabuklarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Zn konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.2.3 Al Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Kabuklardaki Al elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.11'de verilmiştir.

Tablo 4.7 Kabuklarda Al (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Al	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	115,6 bF	46,4 aCD	39,6 bB	42,8 aBC	78,7 cE	47,2 aD	76,8 cE	42,8 aC	446,6	0,000
2	428,9 dF	214,8 dD	2,1 aA	1.487,0eG	191,1dC	346,5eE	126,7eB	227,2dD	11.906,40	0,000
3	13,2 aA	347,0 fG	279,4 cF	214,9 cE	198,8eD	180,9bC	164,8fB	440,3 fH	2140,2	0,000
4	241,0 cC	87,0 bB	351,9 dD	455,6 dF	62,8 bA	251,3cC	242,6gC	386,0 eE	322,8	0,000
5	610,0 eF	241,3 eD	508,1 eE	131,8 bC	46,9 aA	780,6fG	40,2 aA	101,8cB	9.435,70	0,000
6	1.302,5gF	198,2 cC	1.489,0gG	134,9 bB	473,6gE	303,7dD	44,3 bA	458,9 gE	6.341,20	0,000
7	1.135,8fG	1.213,6 gH	1.054,7 fF	143,2 bC	273,6fD	787,4 fE	108,4dB	77,0 bA	3.963,30	0,000
F	1.950	291.031,80	19.397,10	4.207,60	5.310	6.080,40	12.810	3.411,10		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Kabuklarda Al konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 2,1 ppm ile yol iç konumundaki yıkanmış 2 yaşındaki kabuklarda, en

yüksek değer ise 1.489,0 ppm ile yol iç konumundaki yıkanmış 6 yaşında kabuklarda elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 3 tanesinin 1 yaş, 1 tanesinin 2 yaş, 1 tanesinin 3 yaş, 1 tanesinin 4 yaş, 2 tanesinin de 5 yaş kabuklarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 2 tanesi 7 yaş, 4 tanesi 6 yaş, 1 tanesi 4 yaş ve 1 tanesi de 2 yaş kabuklarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 6 ve 7 yaş ibrelerde elde edildiği numunelerin yıkanmamış numuneler olması dikkat çekmektedir. Dolayısıyla genel olarak Al konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı kabuklarda, en düşük değerlerin ise genç kabuklarda elde edildiği söylenebilir.

Kabuklarda Al konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde ise yol dış konumunda 7 numuneden 6 tanesi, yol iç konumunda 7 numunenin 4 tanesi (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir), park dış konumunda 7 numuneden 3 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 2 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Al konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş kabuklarda yol iç ve park iç konumunda yıkanmamış (42,8 ppm), 2 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmış (2,1 ppm), 3 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (13,2 ppm), 4 yaş kabuklarda park dış konumunda yıkanmış (462,8 ppm), 5 yaş kabuklarda park iç konumunda yıkanmış (40,2 ppm), 6 yaş kabuklarda park iç konumunda yıkanmış (44,3 ppm) ve 7 yaş kabuklarda de park iç konumunda yıkanmamış (77,0 ppm) kabuklarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (115,6 ppm), 2 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmamış (1.487,0 ppm), 3 yaş kabuklarda park iç konumunda yıkanmamış (440,3 ppm), 4 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmamış (455,6 ppm), 5 yaş kabuklarda park dış konumunda yıkanmamış (780,6 ppm), 6 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmış (1.489,0 ppm) ve 7 yaş kabuklarda de yol dış konumunda yıkanmamış (1.213,6 ppm) kabuklarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan kabuklarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 2 tanesinde (6 yaş yıkanmış yol, 2 yaş yıkanmamış yol) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün kabuklarda dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kabuklarda Al konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Al elementinin kabuklarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Al konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.2.4 Fe Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Kabuklardaki Fe elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.12'de verilmiştir.

Kabuklarda Fe konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8 Kabuklarda Fe (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış		Yol iç		Park dış		Park iç		F	Hata
Fe	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.	Yık.	Yıkma.		
1	306,9 eH	74,7 bE	207,6 gG	50,7 bC	11,5 aA	64,1 bD	92,8 cF	50,7 dC	3.352	0,000
2	50,0 bB	272,4 fE	48,8 cB	163,3 cD	20,6 bA	365,6 gF	151,4 dC	23,3 aA	4.794,70	0,000
3	64,9 cE	35,4 aC	29,3 aB	24,2 aA	230,6 fH	214,4 eF	215,7 fG	48,5 cD	61.223,50	0,000
4	249,0 dF	116,9 cE	42,1 bB	53,3 bC	75,8 eD	26,2 aA	28,3 aA	43,6 bB	4.710,10	0,000
5	70,0 cD	280,1 gH	62,2 dB	179,8 dG	66,0 dC	96,4 dE	59,9 bA	134,4 fF	21.096,80	0,000
6	19,6 aA	222,1 eG	186,1 fE	193,9 eF	45,2 cB	328,4 fH	61,7 bD	50,2 dC	57.476,50	0,000
7	17,6 aA	120,5 dE	111,0 eD	224,1 fG	276,2 gH	87,0 cB	206,1 eF	103,9 eC	6.610,60	0,000
F	3.920,30	18.096,50	19.705,80	5.731,20	71.405,10	4.858,10	5.468,80	5.455,90		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 11,5 ppm ile park dış konumundaki yıkanmış 1 yaşındaki kabuklarda, en yüksek değer ise 365,6 ppm ile park dış konumundaki yıkanmamış 2 yaşında kabuklarda elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 1 tanesinin 1 yaş, 1 tanesinin 2 yaş, 3 tanesinin 3 yaş, 2 tanesinin 4 yaş, 1 tanesinin de 7 yaş kabuklarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 2 tanesi 7 yaş, 2 tanesi 5 yaş, 1 tanesi 3 yaş ve 1 tanesi 2 yaş, 1 tanesi de 1 yaşındaki kabuklarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 6 ve 7 yaş kabuklarda elde edildiği numunelerin yıkanmamış numuneler olması dikkat çekmektedir. Dolayısıyla genel olarak Fe konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı kabuklarda, en düşük değerlerin ise genç kabuklarda elde edildiği söylenebilir.

Kabuklarda Fe konsantrasyonunun konuma bağlı değişimi incelendiğinde ise yol dış konumunda 7 numuneden 3 tanesi, yol iç konumunda 7 numunenin 2 tanesi (Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer alan numuneler hesaplamaya dahil edilmemiştir), park dış konumunda 7 numuneden 3 tanesi ve park iç konumunda 7 numuneden 5 tanesinde yıkanmış numunelerde elde edilen Al konsantrasyonları yıkanmamış numunelerde elde edilenlerden daha yüksektir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş kabuklarda park dış konumunda yıkanmış (11,5 ppm), 2 yaş kabuklarda park dış konumunda yıkanmış (20,6 ppm), 3 yaş kabuklarda yol iç konumunda yıkanmamış (24,2 ppm), 4 yaş kabuklarda park dış konumunda yıkanmamış (26,2 ppm), 5 yaş kabuklarda park iç konumunda yıkanmış (59,9 ppm), 6 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (19,6 ppm) ve 7 yaş kabuklarda de yol dış konumunda yıkanmış (17,6 ppm) kabuklarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (306,9 ppm), 2 yaş kabuklarda park dış konumunda yıkanmamış (365,6 ppm), 3 yaş kabuklarda park iç konumunda yıkanmış (215,7 ppm), 4 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmış (249,0 ppm), 5 yaş kabuklarda yol dış konumunda yıkanmamış (280,1 ppm), 6 yaş kabuklarda park dışç konumunda yıkanmamış (328,4 ppm) ve 7 yaş kabuklarda de park dış konumunda yıkanmış (276,2 ppm) kabuklarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan kabuklarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 1 tanesinde (7 yaş yıkanmış yol) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün kabuklarda dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum kabuklarda Fe konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Fe elementinin kabuklarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, yıkanmış numunelerde elde edilen Fe konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.3 Odunlarda Ağır Metal Konsantrasyonun Değişimi

Çalışmaya konu örneklerden ibrelerin ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı olarak organ yaşı ve mekân kriterleri doğrultusundaki değişimini, ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmüştür.

4.3.1 Cr Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Odunlardaki Cr elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.13'de verilmiştir.

Odunlarda Cr konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 7,3 ppb ile yol iç konumundaki yıkanmamış 3 yaşındaki odunlarda, en yüksek değer ise 4.760,2 ppb ile yol dış konumundaki yıkanmamış 1 yaşında odunlarda elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 3 tanesinin 3 yaş, 1 tanesinin de 5 yaş odunlarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın

en yüksek değerlerin 1 tanesi 1 yaş, 1 tanesi 2 yaş, 2 tanesi 5 yaş ve 1 tanesi de 6 yaş odunlarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 1,5 ve 6 yaş odunlarda elde edilmiştir. Dolayısıyla genel olarak Cr konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı odunlarda, en düşük değerlerin ise genç odunlarda elde edildiği söylenebilir.

Tablo 4.9 Odunlarda Cr (ppb) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış	Yol iç	Park dış	Park iç	F	Hata
1	4.760,2 cC	85,0 bA	517,33 dB	167,4 cA	657,7	0,000
2	338,4 abB	161,4 cA	212,1 bA	167,5 cA	18,2	0,000
3	378,1 bC	7,3 aA	61,6 aB	58,4 aB	1.170,30	0,000
4	361,7 bC	169,2 cB	562,2 eD	70,9 abA	1.356,40	0,000
5	120,3 aA	184,1 cB	1.752,8 gC	163,4 cAB	1.821,40	0,000
6	260,7 abB	520,2 eC	1.039,8 fD	103,7 bA	2.085,30	0,000
7	139,9aB	210,6 dC	326,9 cD	86,9 abA	771	0,000
F	640,8	365,1	1.683,50	15,9		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000		

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (85,0 ppb) 2 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (161,4 ppb), 3 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (7,3 ppb), 4 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (70,9 ppb), 5 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (120,3 ppb), 6 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (103,7 ppb) ve 7 yaş odunlarda de park iç konumunda yıkanmamış (86,9 ppb) odunlarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (4.760,2 ppb), 2 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (338,4 ppb), 3 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (378,1 ppb), 4 yaş odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (562,2 ppb), 5 yaş odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (1.752,8 ppb), 6 yaş odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (1.039,8 ppb) ve 7 yaş odunlarda de park dış konumunda yıkanmamış (326,9 ppb) odunlarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan odunlarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 1 tanesinde (6 yaş yıkanmamış yol) iç tarafta elde edilen

konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün odunlarda dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum odunlarda Cr konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Cr elementinin odunlarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.3.2 Zn Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Odunlardaki Zn elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.10 Odunlarda Zn (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış	Yol iç	Park dış	Park iç	F	Hata
1	4,8 aA	27,3 aB	29,5 bC	35,1 eD	87.371,10	0,000
2	27,7 bB	45,7 dD	31,6 cC	18,2 bA	4.965,50	0,000
3	52,1 fD	29,3 bC	16,5 aB	13,4 aA	33.792,40	0,000
4	40,9 dC	29,8 bB	46,4 eD	25,5 cA	757,4	0,000
5	63,2 gC	59,8 fB	33,3 dA	68,7 fD	1.666,70	0,000
6	47,1 eD	44,2 cC	31,4 cB	26,9 dA	820,2	0,000
7	38,6 cC	52,6 eD	29,4 bA	35,0 eB	13.231	0,000
F	5.600,90	1.815,50	1.851,70	6.042,50		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000		

Odunlarda Zn konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 4,8 ppm ile yol dış konumundaki yıkanmamış 1 yaşındaki odunlarda, en yüksek değer ise 68,7 ppm ile park iç konumundaki yıkanmamış 5 yaşında

odunlarda elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 2 tanesinin 1 yaş, 2 tanesinin de 3 yaş odunlarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 1 tanesi 4 yaş, 3 tanesi de 5 yaş odunlarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 4 ve 5 yaş odunlarda elde edilmiştir. Dolayısıyla genel olarak Zn konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı odunlarda, en düşük değerlerin ise genç odunlarda elde edildiği söylenebilir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (4,8 ppm) 2 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (18,2 ppm), 3 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (13,4 ppm), 4 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (25,5 ppm), 5 yaş odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (33,3 ppm), 6 yaş odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (31,4 ppm) ve 7 yaş odunlarda de park dış konumunda yıkanmamış (29,4 ppm) odunlarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (35,1 ppm), 2 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (45,7 ppm), 3 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (52,1 ppm), 4 yaş odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (46,4 ppm), 5 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (68,7 ppm), 6 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (47,1 ppm) ve 7 yaş odunlarda de yol iç konumunda yıkanmamış (52,6 ppm) odunlarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan odunlarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 1 tanesinde (5 yaş yıkanmamış park) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün odunlarda dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum odunlarda Zn konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Zn elementinin odunlarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.3.3 Al Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Odunlardaki Al elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.15'de verilmiştir.

Tablo 4.11 Odunlarda Al (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış	Yol iç	Park dış	Park iç	F	Hata
1	36,6 bD	1,1 aA	20,9 eB	30,6 gC	15.431,90	0,000
2	70,9 dD	39,3 dC	32,8 gB	16,7 fA	12.231,80	0,000
3	85,8 fD	19,1 bC	6,5 bA	9,7 dB	16.785,20	0,000
4	51,8 cD	36,4 cC	25,6 fB	5,0 aA	871,7	0,000
5	27,2 aC	86,6 fD	15,8 dB	10,2 eA	21.210,30	0,000
6	81,8 eC	106,8 gD	9,7 cB	6,3 cA	6.534,20	0,000
7	37,6 bC	56,6 eD	3,7 aA	5,8 bB	132.026,30	0,000
F	3.037,50	4.072,80	2.215,70	3.426,40		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000		

Odunlarda Al konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 1,1 ppm ile yol iç konumundaki yıkanmamış 1 yaşındaki odunlarda, en yüksek değer ise 106,8 ppm ile yol iç konumundaki yıkanmamış 6 yaşında odunlarda elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 1 tanesinin 1 yaş, 1 tanesinin 4 yaş, 1 tanesinin 5 yaş, 1 tanesinin de 7 yaş odunlarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 1 tanesi 6 yaş, 1 tanesi 3 yaş, 1 tanesi 2 yaş, 1 tanesi de 1 yaş odunlarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 3,4,5 ve 6 yaş odunlarda elde edilmiştir. Dolayısıyla genel olarak Al konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı odunlarda, en düşük değerlerin ise genç odunlarda elde edildiği söylenebilir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (1,1 ppm) 2 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (16,7 ppm), 3 yaş

odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (6,5 ppm), 4 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (5,0 ppm), 5 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (10,2 ppm), 6 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (6,3 ppm) ve 7 yaş odunlarda de park dış konumunda yıkanmamış (3,7 ppm) odunlarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (30,6 ppm), 2 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (70,9 ppm), 3 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (85,8 ppm), 4 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (51,8 ppm), 5 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (86,6 ppm), 6 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (106,8 ppm) ve 7 yaş odunlarda de yol iç konumunda yıkanmamış (56,6 ppm) odunlarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan odunlarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 1 tanesinde (6 yaş yıkanmamış yol) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün odunlarda dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum odunlarda Al konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Al elementinin odunlarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

4.3.4 Fe Elementi Konsantrasyonun Değişimi

Odunlardaki Fe elementinin organ yaşı, mekân ve yıkanma kriterleri doğrultusundaki değişimini ortalama değerler ve varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri ve Duncan testi sonucu aşağıdaki Tablo 4.16'da verilmiştir.

Odunlarda Fe konsantrasyonlarının organ yaşı ve konuma (konum, yön ve yıkama) bağlı olarak değişimine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde bütün konumlarda yaş ve bütün yaşlarda konum bazında değişimlerin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Tablo 4.12 Odunlarda Fe (ppm) elementinin konsantrasyonunun değişimi

Yaş	Yol dış	Yol iç	Park dış	Park iç	F	Hata
1	79,8 dD	30,3 aA	37,9 dB	44,7 dC	118.365,90	0,000
2	100,5 fD	58,1 cB	99,3 gC	28,9 cA	8.963	0,000
3	111,3 gD	77,2 eC	18,3 bB	16,0 aA	37.876,70	0,000
4	69,8 cC	50,9 bB	86,2 fD	24,0 bcA	109,4	0,000
5	36,3 aB	106,5 fD	51,1 eC	24,7 bcA	4.365,50	0,000
6	90,5 eC	133,1 gD	33,8 cB	18,7 abA	4.904,60	0,000
7	56,4 bC	68,6 dD	16,6 aA	23,0 bcB	65.157,70	0,000
F	2.589,40	2.845,90	7.785,20	24,8		
Hata	0,000	0,000	0,000	0,000		

Ortalama değerler ve Duncan testi sonucunda oluşan homojen gruplar incelendiğinde en düşük değer 16,0 ppm ile park iç konumundaki yıkanmamış 3 yaşındaki odunlarda, en yüksek değer ise 133,1 ppm ile yol iç konumundaki yıkanmamış 6 yaşında odunlarda elde edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin 1 tanesinin 1 yaş, 1 tanesinin 3 yaş, 1 tanesinin 5 yaş, 1 tanesinin de 7 yaş odunlarda elde edildiği görülmektedir. Buna karşın en yüksek değerlerin 1 tanesi 6 yaş, 1 tanesi 3 yaş, 1 tanesi 2 yaş, 1 tanesi de 1 yaş odunlarda elde edilmiştir. En yüksek değerlerin 2,3 ve 6 yaş odunlarda elde edilmiştir. Dolayısıyla genel olarak Fe konsantrasyonunun en yüksek değerlerin yaşlı odunlarda, en düşük değerlerin ise genç odunlarda elde edildiği söylenebilir.

Konuma bağlı olarak en düşük değerler 1 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (30,3 ppm) 2 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (28,9 ppm), 3 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (16,0 ppm), 4 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (24,0 ppm), 5 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (24,7 ppm), 6 yaş odunlarda park iç konumunda yıkanmamış (18,7 ppm) ve 7 yaş odunlarda de park dış konumunda yıkanmamış (16,6 ppm) odunlarda elde edilmiştir.

Konuma bağlı olarak en yüksek değerler ise 1 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (79,8 ppm), 2 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (100,5 ppm), 3 yaş odunlarda yol dış konumunda yıkanmamış (111,3 ppm), 4 yaş odunlarda park dış konumunda yıkanmamış (86,2 ppm), 5 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (106,5 ppm), 6 yaş odunlarda yol iç konumunda yıkanmamış (133,1 ppm)

ve 7 yaş odunlarda de yol iç konumunda yıkanmamış (68,6 ppm) odunlarda elde edilmiştir.

Aynı ağaç üzerindeki aynı yıkama işlemine tabi tutulan odunlarda karşılaştırıldığında toplam 28 numuneden sadece 1 tanesinde (6 yaş yıkanmamış yol) iç tarafta elde edilen konsantrasyonların daha yüksek düzeyde olduğu, bunun dışında bütün odunlarda dış tarafta elde edilen değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum odunlarda Fe konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak arttığı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo değerleri incelendiğinde genel olarak Fe elementinin odunlarda konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna ve kabuk yaşına bağlı olarak arttığı, bütün konumlar içerisinde en düşük değerlerin park iç kısımda elde edildiği söylenebilir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ağır metal konsantrasyonunun yakın geçmişteki değişimini izlemek amacıyla yapılmış olan çalışmada Cr, Zn, Al ve Fe elementlerinin ibre, kabuk ve odun olmak üzere üç farklı organda organ yaşı, lokasyon ve yön bazındaki değişimler incelenmiştir. Günümüze kadar bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır. Genel olarak yapılan ağır metal konsantrasyonu çalışmalarında bu elementler de konu edilmiş olmakla birlikte, çalışmaların daha ziyade Pb, Ni, Cd ve Co gibi elementler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Erdem, 2018; Sevik vd., 2020a,b). Çalışmalara konu olan bu elementlerin düşük konsantrasyonlarda bile toksik ve kanserojen olabilmeleri gibi sebepler, bu elementlerin ön plana çıkmasında temel etkenler olarak gösterilebilir (Aricak vd., 2020; Sevik, 2020; Cetin vd., 2021).

Halbuki yapılmış çalışmalarda ve bu çalışmada ele alınan Cr, Zn, Al, Fe elementlerinin birçoğunun bitkiler dahil yaşayan canlılar için gerekli olmasına karşın yüksek konsantrasyonlarda zararlı olabileceğini göstermektedir. Örneğin bu elementlerden Zn insanlar ve hayvanlar üzerinde çeşitli etkilere sahip olduğu gibi bitkiler üzerinde de çeşitli önemli etkileri vardır. Bu etkilerinden birisi bitkilerin bünyesinde bulunan protein ve karbonhidratların sentezlenmesinde görev almaktır. Ayrıca enzimlerin aktivasyonu, solunum, fotosentez ve biyolojik membran stabilitesi üzerindeki etkisi nedeniyle bitkilerin üretmiş olduğu ürünlerin kalitesini ve miktarını direkt olarak etkilemektedir. Fakat Zn elementinin bitkilerin bünyesinde olması gerekenden fazla miktarlarda birikmesi sonrasında bitkiler üzerinde toksik etkilere neden olmaktadır. Bu etkilere örnek olarak bitkilerdeki kök ve sürgün büyümesinde azalma, hücre büyümesinde uzama ve gerilik, hücrelerin organellerinde parçalanma ve klorofil sentezinde azalma görülmektedir (Asri ve Sönmez, 2009).

Cr elementi 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, Keçeci,2019).

Yine örnek olarak Fe insanlar, hayvanlar ve bitkier için mutlak gerekli bir elementtir. Dünyada bulunmakta olan bütün canlı varlıklar tarafından az miktarda da olsa ihtiyaç duyulur (Özbek vd., 2001). Fe elementi bitkilerde solunum ve fotosentez reaksiyonlarında son derece önemli bir rol oynamaktadır. Sitokrom, oksidaz, katalaz ve peroksidaz gibi bitkilerde bulunan enzimleri aktif hale getirerek birçok kimyasal reaksiyonun katalizasyonunu sağlamaktadır. Demir elementi klorofilin yapısında bulunmamasına rağmen, eksikliğinde üretilen klorofil miktarında azalma görülmektedir. Bitkilerin büyüme hızının azalmasına neden olmaktadır. Bitkilerde bulunan protein mekanizması üzerinde de etkilidir (Brady, 1990; Boşgelmez vd., 2001; McCauley vd., 2009; Kacar ve Katkat, 2010).

Çalışma sonuçları, çalışmaya konu elementlerin organlardaki konsantrasyonları arasında önemli düzeyde farklılıklar olduğunu göstermektedir. Günümüze kadar yapılan çok sayıda çalışmada da farklı elementlerin konsantrasyonlarının organlara 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 element konsantrasyonlarındaki değişimler de belirlenmeye çalışılmıştır. Bugüne yapılmış çalışmalar arasında bu konu ile alakalı az sayıda çalışma bulunmaktadır. Turkyilmaz vd., (2018e) çalışmasında dört farklı ibreli türde, üçer yıllık ibreleri incelemiş ve genel olarak ibre yaşı ile birlikte element konsantrasyonlarının da arttığını belirlemiştir. Benzer sonuçlara Çobanoğlu (2019), Keçeci (2019) ve Cetin vd., (2020) tarafından yapılan çalışmalarda ulaşılmıştır. Bu konu üzerine yapılmış olan çalışmaların dışındaki diğer çalışmalarda ise ağır metal konsantrasyonlarının geçmişten günümüze değişiminin belirlenmesinde daha çok ağaçların odun kısmındaki yıllık halkalar kullanılmıştır. Bu şekilde yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Akarsu, 2019; Yigit, 2019; Savas vd., 2021).

Çalışma sonucunda organ bazındaki değişimlere bakıldığında, genel olarak ibrelerde organ yaşı arttıkça bütün elementlerin konsantrasyonunun da arttığı görülmektedir. Özellikle genç ve yaşlı ibreler arasında önemi ölçüde farkların olduğu gözlenmektedir. Örneğin Cr elementinin 1 yaşındaki ibrelerdeki değerleri 17,8 ppb iken 7 yaşındaki ibredeki değer 1.507,0 ppb, Zn elementinin 1 yaşındaki ibrelerdeki değeri 13,3 ppm iken 5 yaşındaki ibredeki değeri 80,0 pmm olarak hesaplanmıştır. Genç ve yaşlı bireyler arasındaki farkın en çok olduğu elementlerden Fe elementinin 1 yaşındaki ibrelerdeki değeri 21,1 ppm iken 5 yaşındaki ibredeki değer 396,2 pmm olarak hesaplanmıştır.

Kabuklardaki konsantrasyonlar incelendiğinde istisnai durumlar haricinde genel olarak organ yaşı arttıkça konsantrasyonlarda da artış görülmektedir. Genç ve yaşlı kabuklar arasında ibrelerde de olduğu gibi kabuklarda da önemli ölçüde farkların olduğu gözlenmektedir. Örnek olarak genç ve yaşlı bireylerin arasındaki farkın en yüksek olduğu Cr elementinin 1 yaşındaki kabuktaki değerleri 11,2 ppb iken 7 yaşındaki kabuktaki değer 6.299,1 ppb, Zn elementinin 1 yaşındaki kabuktaki değeri 24,4 ppm iken 5 yaşındaki kabuktaki değeri 200,9 pmm, Al elementinin 2 yaşındaki kabuktaki değeri 2,1 ppm iken 6 yaşındaki kabuktaki değer 1.489,6 pmm olarak hesaplanmıştır. Fakat Fe elementinin kabuktaki değerlerinde organ yaşına bağlı artış net bir anlam ifade etmemektedir.1 ve 2 yaşlarındaki kabuktaki bazı değerler 11,5 ppm, 64,1 ppm 365,6 ppm iken 5, 6 ve 7 yaşlarındaki kabuktaki değer 19,6 pmm, 66,0 pmm, 280,1 ppm olarak görülmektedir.

Odunlardaki konsantrasyonlar incelendiğinde sadece Zn ve Al elementlerinde organ yaşı arttıkça konsantrasyonlarda da artış görülmektedir. Cr ve Fe elementleri için yapılan incelemelerde Zn ve Al elementlerine göre genel olarak tam tersi bir durum görülmüştür. Genç ve yaşlı odunlar arasında kabuklarda da olduğu gibi odunlarda da önemli ölçüde farkların olduğu gözlenmektedir. Örnek olarak Zn elementinin 1 yaşındaki odundaki değeri 4,8 ppm iken 5 yaşındaki odundaki değer 68,7 ppm, Al elementinin 1 yaşındaki odundaki değeri 1,1 ppm iken 6 yaşındaki odundaki değeri 106,8 pmm olarak görülmüştür. Fakat Cr elementinin 1 yaşındaki odundaki değeri 4.760,0 ppm iken 3 yaşındaki odundaki değer 7,3 ppm, Fe elementinin 6 yaşındaki odundaki değeri 133,1 ppm iken 7 yaşındaki odundaki değeri 16,0 pmm olarak

görülmüştür. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda genel olarak organ yaşı arttıkça ağır metal konsantrasyonunun da arttığı söylenebilmektedir.

Trafik yoğunluğuna göre değişimler incelendiğinde genel olarak ibrelerde trafik yoğunluğu arttıkça bütün elementlerin konsantrasyonlarında da artış görülmüştür. Fakat kabuklarda genel olarak Al ve Fe elementlerinde artış görülürken Cr ve Zn elementlerinde istisnalar hariç tam tersi durum görülmüştür. İbrelerdeki trafik yoğunluğuna göre konsantrasyonlardaki değişime örnek olarak Cr elementi ibrelerinde yoğun trafikte 1.507,6 ppb; 830,8 ppb; 693,4 ppb; 139,7 ppb; 54,8 ppb gibi değerler görülürken trafiğin yoğun olmadığı yerde 884,1 ppb; 682,4 ppb; 494,5 ppb; 124,5 ppb; 17,8 ppb gibi daha düşük değerler görülmüştür. Farkın en çok görüldüğü Al elementi ibrelerinde yoğun trafikte 355.087,3 ppm; 253.495,1 ppm; 13.351,0 ppm; 685,8 ppm; 272,5 ppm gibi değerler görülürken trafiğin yoğun olmadığı yerlerde 261,7 ppm; 212,2 ppm; 167,0 ppm; 73,8 ppm; 33,8 ppm gibi çok daha düşük değerler görülmüştür.

Kabuklardaki konsantrasyonun yoğun trafikte artış gösteren elemente örnek olarak, Fe elementinin konsantrasyon değişimi incelendiğinde trafiğin yoğun olduğu bölgede 365,6 ppm; 280,1 ppm; 120,5 ppm; 74,7 ppm; 50,0 ppm gibi değerler görülürken trafiğin yoğun olmadığı yerlerde 224,1 ppm; 193,9 ppm; 92,8 ppm; 62,2 ppm; 48,5 ppm gibi daha düşük değerler görülmüştür. Trafiğin yoğun olduğu bölgede daha düşük değerlere sahip olan elemente örnek olarak, Cr elementinin konsantrasyon değişimi incelendiğinde trafiğin yoğun olduğu bölgedeki bazı değerler 4.659,2 ppm; 2.555,2 ppm; 1.608,5 ppm; 829,4 ppm; 346,2 ppm gibi değerler görülürken trafiğin yoğun olmadığı bölgede 6.299,0 ppm; 5.396,8 ppm; 1.768,7 ppm; 1.104,6 ppm; 479,7 ppm gibi daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Odunlarda trafiğin yoğunluğuna göre değişimler incelendiğinde trafik arttıkça konsantrasyonunun arttığı görülmüştür. Buna örnek olarak aradaki farkın en yüksek olduğu Cr elementinde bazı değerler 4.760,2 ppm; 1.752,8 ppm; 517,3 ppm; 378,1 pmm; 139,9 ppm olarak görülürken trafik yoğunluğunun daha az olduğu yerde 520,2 ppm; 210,6 ppm; 184,1 ppm; 85,0 ppm; 70,9 ppm olarak görülmüştür. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda genel olarak trafik yoğunluğu arttıkça ağır metal konsantrasyonunun da arttığı söylenebilmektedir.

Yön faktörü incelendiğinde ise çalışmaya konu olan elementlerin ibrelerdeki konsantrasyonu anayol ve parkın otopark kısmına bakan yönde artış olduğu görülmektedir. Örnek olarak Fe elementinin ibrelerinde trafiğin yoğun olduğu anayol yönü ve parkın otopark yönüne bakanlarda görülen bazı konsantrasyon değerleri, otopark yönü 354,8 ppm, anayol yönü 396,2 ppm iken tam zıttı yönde bulunan konsantrasyon değerleri, parkın içine bakan yönde 220,3 ppm, petrole bakan yönde ise 298,9 ppm olarak görülmektedir. Buna göre trafiğin yoğun olduğu yöndeki bazı konsantrasyon miktarının daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Yine yön faktörü incelemelerinde kabuklarda bulunan konsantrasyonlardaki değişimler incelendiğinde aynı ibrelerdeki gibi trafiğin yoğun olduğu anayol ve parkın otoparka bakan kısmında artış görülmektedir. Örnek olarak Al elementinin kabuklardaki trafiğin yoğun olduğu anayol yönü ve parkın otopark yönüne bakanlarda görülen bazı konsantrasyon değerleri, otopark yönü 13.351,0 ppm, anayol yönü 355.087,3 ppm iken tam zıttı yönde bulunan konsantrasyon değerleri, parkın iç kısmına bakan yönde 259,6 ppm, petrole bakan yönde 261,7 ppm olarak görülmektedir. Buna göre trafiğin yoğun olduğu yöndeki bazı konsantrasyon miktarının daha yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Çevre kirliliği günümüzde küresel boyuttaki en önemli sorunlardan birisidir (Sevik vd., 2017a; Ucun Ozel vd., 2019). Küresel boyutta geri döndürülemez olarak nitelendirilen küresel iklim değişikliği (Ertugrul vd., 2019; Varol vd., 2021; Ozel vd., 2021a; Cetin, 2020a; Koç, 2021a,b; Ertugrul vd., 2021) ve kentleşme (Şen vd., 2018; Kilioglu vd., 2020; Zeren Cetin ve Sevik, 2020; Kilioglu vd., 2021) gibi çevre kirliliği de artık küresel bir sorun haline gelmiştir (Isinkaralar, 2020; Şevik, 2021). Yapılan çalışmalar hava (Isinkaralar vd., 2015; Aydogdu ve Sevik, 2018), su (Ucun Ozel vd., 2020) ve toprağın (Bayraktar, 2021) birçok bölgede aşırı derecede kirlendiğini göstermektedir. Hava kirliliği insan sağlığını doğrudan etkileyen faktörlerden birisidir ve sağlık üzerine doğrudan etkisinden dolayı konu ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Cetin ve Sevik, 2016a,b; Türkyılmaz vd., 2018).

Hava kirliliğinin CO_2, partikül madde, gürültü gibi çok sayıda bileşeni bulunmakla birlikte (Şevik vd., 2016; Cetin vd., 2017b,c) bunlar içerisinde en tehlikeli ve

önemlilerinin başında ağır metal kirliliği gelmektedir. Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Ancak hava kirliliğinin doğrudan izlenmesi zor ve pahalı olduğundan bu amaçla biyomonitorler kullanılmaktadır (Sevik vd., 2020c; Cesur vd., 2021).

Biyomonitor olarak kullanılan bitkiler, bünyelerinde ağır metalleri biriktirmekte ve bitkiler üzerinde yapılan analizlerle ağır metal kirliliğinin düzeyi hakkında fikir edinilebilmektedir (Turkyilmaz vd., 2018b). Ancak, ağır metallerin bitki bünyesine girişi ve birikimi çevresel koşullarla da yakından ilişkilidir. Ağır bitki bünyesine girişleriyle özellikle hava rutubeti ve yağış arasında da önemli düzeyde ilişki bulunmaktadır (Mossi, 2018). Bunun dışında ağır metallerin bitki bünyesinde birikimi bitki habitusu ve gelişimi ile de ilişkilidir. Bitki gelişimi çevre koşullarından etkilenmektedir (Turna vd., 2010; Yigit vd., 2018; Sevik vd., 2021a,b; Kalayci Onac vd., 2021). Çevre koşulları da edafik (Kravkaz vd., 2018a,b; Ozel vd., 2021b) ve klimatik (Cetin vd., 2018a,b; Sevik vd., 2019d; Yigit vd., 2019; Yucedag vd., 2019) faktörlerin birleşiminden oluşmaktadır ve bu koşullar hem bitki gelişimini, hem de ağır metallerin bitki bünyesine girişini etkilemektedir.

Bitki gelişimi yanında bitkinin genetik yapısı da bitkinin ağır metalleri bünyesine alma ve biriktirme sürecinde etkili olmaktadır (Koc, 2021). Çünkü canlıların bütün fenotipik karakterleri genetik yapıları (Şevik, 2005; Sevik vd., 2011; Yigit vd., 2015; Hrivnak vd., 2017; Güney vd., 2019; Ozel vd., 2020; Imren vd., 2021;) ile çevre koşullarının (Sevik vd., 2016; Ozkazanc vd., 2019; Yigit vd., 2021) etkisi altında şekillenmektedir. Dolayısıyla çevre koşulları benzer olsa da aynı türün bireylerinin fenotipik karakterleri ve büyüme performansları farklılık gösterebilmektedir (Sevik vd., 2012; Yigit vd., 2016a; Atar ve Turna, 2018).

Bu durum aynı kirli ortamda yetişen bitkilerin aynı genetik yapıya sahip olmamaları dolayısıyla bünyelerindeki ağır metal birikiminin farklı düzeyde olabileceği sonucunu doğurmaktadır. Bu farklılığı ortadan kaldırabilmek için aynı genetik yapıya sahip klonların kullanılması gerekmektedir ki bu çok mümkün değildir. Bir diğer yöntem ise aynı birey üzerinde yapılan çalışmalar ile genetik yapıdan kaynaklanan farklılıkların

ortadan kaldırılmasıdır. Aynı ağacın yıllık halkalarının veya bu çalışmada olduğu gibi farklı organlarının kullanılması, genetik yapı kaynaklı hataları önleyebilir.

Bitkilerin ağır metalleri biriktirme potansiyelleri bitki metabolizması ile de yakından ilişkilidir (Sevik vd., 2018; Cetin vd., 2019b). Dolayısıyla bitki metabolizmasını etkileyen genetik yapı (Sevik ve Topacoglu, 2015; Sevik vd., 2017b) ve çevre faktörlerine (Şevik, 2010) ek olarak bitkinin stres düzeyi (Sevik ve Erturk, 2015; Yigit vd., 2016b; Sevik ve Karaca, 2016; Topacoglu vd., 2016a; Koç, 2019; Koç, 2021c), hormon uygulamaları (Sevik vd., 2015; Topacoglu vd., 2016b; Guney vd., 2016a,b; Sevik ve Cetin, 2016a,b; Bayraktar vd., 2018; Yıldırım vd., 2020; Gur vd., 2021), budama, gölgeleme, gübreleme (Güney vd., 2020) gibi kültürel işlemler de bitkilerde ağır metal birikimi sürecini etkileyebilir. Sonuç olarak bitkilerin ağır metal biriktirme süreci pek çok faktörün karşılıklı etkileşimine bağlı olarak şekillenen, kompleks bir mekanizmanın sonucudur ve bu mekanizma henüz tam olarak çözülememiştir.

6. ÖNERİLER

Yapılmış olan bu çalışmada ibreleri uzun yıllar boyunca üzerinde kalabilen *Picea pungens* bitkisinde bulunan 4 adet ağır metal konsantrasyonunun organ, organ yaşı, yer ve yön faktörrüne bağlı olarak değimi belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçları konu olan ağır metal konsantrasyonların inceleme yapılan faktörlere bağlı olarak önemli ölçüde değişim olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmanın sonuçları değerlendirildiğine ağır metal konsantrasyonunun yakın geçmişteki değişimine sebep olabilecek faktörlerin ne derece etkiye sahip olduğu önemli ölçüde belirlenmiştir. Örnegin otoyol, fabrika ve benzer şekilde endüstriyel faaliyet gösteren ağır metal salınımına neden olan yerlerde, havadaki ağır metal konsantrasyonunun zaman içerisinde nasıl değiştiğini tespit etmek ve çevresel etkilerini belirlemek amacı ile kullanılabilir.

Yapılan çalışmada kullanılmış olan bu yöntem, örneklerin alındığı bitkiye herhangi bir hayati zarar vermeyen ve sürdürülebilirliği olan bir yöntemdir. Bu yöntem sayesinde *Picea pungens* üzerinde yapılan çalışmada olduğu gibi ibreleri yedi-sekiz yıl ağaç üzerinde kalabilen ve organ yaşı net olarak belirlenebilen diğer *Picea* veya *Abies* cinsi ağaçların yanı sıra yine ibreleri üç yıl kadar ağaç üzerinde kalabilen ve organ yaşı net olarak belirlenen *Pinus* cinsi ağaçlarda ve benzer özelliklerdeki diğer türlerde de rahatlıkla kullanılabilir.

Ağır metal konsantrasyonunun değişimi konusunda yapılan birçok çalışmada farklı türler üzerinde de durulmaktadır. Fakat bu konuda yapılmış çalışmalara konu olmuş bazı türlerin farklı orjinlerinin morfolojik, fenolojik ve anatomik özelliklerinde değişim olduğu bilinmektedir. Bu nedenle ağır metal konsantrasyonunun değişimi konusunda da farklılıklar olacağı göz ardı edilmemelidir. Yapmış olduğumuz çalışmanın konusu bundan sonraki yapılacak olan buna benzer çalışmalarda göz önünde bulundurulmalı ve aynı türün farklı orjinlerinin biriktirdiği ağır metal konsantrasyonlarının değişimi üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.

Çalışmaya konu olan ağır metaller ve diğer ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi hem insanlar hemde diğer canlılar üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle çok önemlidir. Biyomonitörler ise bu değişimin incelenmesi için etkin bir

şekilde kullanılmalıdır. Fakat ağır metallerin bitkilerin bünyesine alınmasındaki etkili faktörler ve makanizmalar konusunda yeterli bir bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle bu konu üzerindeki çalışmalar çeşitlendirilmeli ve artırılarak devam ettirilmelidir.

Çalışma konusu olan bu elementler hem insanlarda hem de hayvanlarda temel yapı taşı olan elementler olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle konu elementler canlıların bünyelerinde yapı taşı olarak bulunmaktadırlar. Bu çalışmada ve buna benzer yapılmış olan çalışmalarda havada bulunan ağır metal konsantrasyonlarının arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın insanlarda ve diğer canlılarda oluşturabileceği zararlar nedeniyle özellikle üzerinde durulması gereken bir konu haline gelmektedir. Özellikle kent merkezlerinde insanların ve diğer canlıların yoğun olarak yaşadığı göz önünde bulundurulduğunda, olası zararların önüne geçebilmek amacıyla yapılan çalışmalar yeterli olmadığı için çeşitlendirilerek artırılması gerekmektedir.

Çalışma sonuçları aynı dal üzerinde farklı yıllarda oluşan organlar arasında çalışmaya konu element konsantrasyonlarının önemli ölçüde farklılaştığını göstermektedir. Bu farklılık hem aynı yıl oluşan ibre, kabuk ve odun kısımlarında hem de birbirini takip eden yıllarda oluşan aynı organlarda görülmektedir. Bu durum, çalışmaya konu elementlerin organlar arasındaki geçişinin oldukça sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Bu da çalışmada kullanılan türün iyi bir biyomonitor olduğunu göstermektedir.

Ağır metallerin bitki bünyesine girişini etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır ve bu faktörler genellikle eş zamanlı olarak etki göstermektedir. Bundan dolayı konu hakkında daha detaylı bilgiler edinebilmek amacıyla çalışmaların kontrollü ortamlarda yürütülmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

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

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

Aksoy, A., Demirezen, D., & Duman, F. (2005). Bioaccumulation, detection and analyses of heavy metal pollution in Sultan Marsh and its environment. Water, air, and soil pollution, 164(1-4), 241-255.

Aktaş M ve Ateş A (1998). Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri Tanınmaları. Nurol Matbaacılık A.Ş. Ostim-Ankara

Alaqouri, H. A. A., Genc, C. O., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., & Cetin, M. (2020a). The possibility of using Scots pine needles as biomonitor in determination of heavy metal accumulation. Environmental Science and Pollution Research International.

Alaqouri, H. A. A., Ozer Genc, C., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., Cetin, M. (2020b) The Possibility of Using Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Needles as Biomonitor in the Determination of Heavy Metal Accumulation Applied Ecology and Environmental Research, 18 (2):3713-3727.

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.

Ares, A., Aboal, J., Carballeira, A., & Fernández, J. A. (2015). Do moss bags containing devitalized Sphagnum denticulatum reflect heavy metal concentrations in bulk deposition?. Ecological indicators, 50, 90-98.

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

Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. Polish Journal of Environmental Studies, 29 (2): 1051-1057

Atar, F., & Turna, I. (2018). Fruit and seedling diversity among sweet chestnut (Castanea sativa Mill.) populations in Turkey. *Šumarski list*, 142(11-12), 611-619.

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

Aydogdu, A., Sevik, H. (2018). Indoor Air Quality: The Samples Of Ilgarini And Mantar Caves, Social Sciences Studies Journal, 4 (16), 1165-1176

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.

Basile, A., Sorbo, S., Aprile, G., Conte, B., & Cobianchi, R. C. (2008). Comparison of the heavy metal bioaccumulation capacity of an epiphytic moss and an epiphytic lichen. Environmental pollution, 151(2), 401-407.

Bayraktar, A., Atar, F., Yildirim, N., & Turna, I. (2018). Effects of different media and hormones on propagation by cuttings of european yew (*Taxus baccata* L.). *Sumar. List*, *142*, 509-516.

Bayraktar OY, Citoglu Saglam G, Belgin CM, Cetin M. (2019a). Investigation of The Mechanical Properties of Marble Dust and Silica Fume Substituted Portland Cement Samples Under High Temperature Effect, Fresenius Environmental Bulletin, 28(5): 3865-3875.)

Bayraktar OY, Citoğlu Saglam G, Belgin CM, Cetin M. (2019b). Investigation of Effect of Brick Dust And Silica Fume on The Properties of Portland Cement Mortar, Fresenius Environmental Bulletin, (In Press).

Bayraktar, O. Y. (2021). Possibilities of disposing silica fume and waste glass powder, which are environmental wastes, by using as a substitute for Portland cement. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.

Bolat İ., (2017) Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları Bartın University, Faculty of Forestry, Department of Soil Science and Ecology, 74100, BARTIN, TURKEY

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.

Boşgelmez A, Boşgelmez İ İ, Savaşçı S ve Paslı N (2001). Ekoloji – II (Toprak), Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay-Ankara.

Brady N C (1990). The Nature and Properties of Soils. 10th Edition, Macmillan Publishing Company, New York, USA.

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.

Cesur A, Zeren Cetin I, Abo Aisha AES, Alrabiti OBM, Aljama AMO, Jawed AA, Cetin M, Sevik H, Ozel HB (2021) The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. Environmental Science and Pollution Research (Environ Sci Pout Res) 2021.

Cesur, A. (2019). Determination of Heavy Metal Accumulation in Air Through Annual Rings: The Case of *Cupressus arizonica* Species. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 63 pages

Cetin, M., & Sevik, H. (2016a). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO_2 Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies*, *25*(3): 973-979

Cetin, M., & Sevik, H. (2016b). Indoor quality analysis of CO_2 for Kastamonu University. In *Conference of the International Journal of Arts & Sciences*, 9(3); 71-76

Cetin, M., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2017a). 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., Ahmaida, E. A., Mossi, M. M. M., & Sevik, H. (2017b). The effect of the amount of CO_2 on *Sansevieria trifasciata* in indoor environment. The 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity 05-08 July 2017, Minsk – BELARUS, p:280

Cetin, M., Sevik, H., & Saat, A. (2017c). Indoor air quality: the samples of Safranbolu Bulak Mencilis cave. *Fresenius Environmental Bulletin*, *26*(10), 5965-5970.

Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel H.B., Aricak, B., & Varol, T. (2018a) The variable of leaf micromorphogical characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. Fresenius Environmental Bulletin, 27 (5): 3206-3211.

Cetin, M., Sevik, H., & Yigit, N. (2018b). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. Environmental monitoring and assessment, 190 (7), 404.

Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., & Sen, B. (2019a). Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *12*(3), 311-316.

Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Ozturk, A., Genc, C. O., Aisha, A. E. S. A., Jawed, A.A., Aljama, A.M.O. & Alrabiti, O. B. M. (2019b). The Investigation of the Changing in Conccentration of Some Heavy Metals in Seeds, Leaves, and Branches because of Traffic Density: a Case Study of *Acer platanoides. Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *5*(2), 83-92.

Cetin, M. (2020a). The Changing of Important Factors in The Landscape Planning Occur Due to Global Climate Change in Temperature, Rain and Climate Types: A Case Study of Mersin City. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *8*(12), 2695-2701.

Cetin, M., Sevik, H., & Cobanoglu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. Environmental Science and Pollution Research, 1-10.

Cetin, M., Sevik, H., Turkyilmaz, A., Isinkaralar, K. (2021). Using Abies's Needles as Biomonitors of Recent Heavy Metal Accumulation. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, *7*(1), 1-6.

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.

Çobanoğlu , O. (2019) Mavi Ladin (Picea Pungens Engelm) İbrelerinin Yakın Geçmişteki Ağır Metal Birikiminde Biyomonitor Olarak Kullanılabilme

Olanakları. Yüksek Lisans Tezi *Kastamonu Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilimdalı*. Kastamonu, Türkiye.

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

Demir O. 2018. Some Mistakes About Population. Research Journal of Politics, Economics and Management. 6(1): 143- 149.

Dogan, Y., Unver, M. C., Ugulu, I., Calis, M., & Durkan, N. (2014). Heavy metal accumulation in the bark and leaves of Juglans regia planted in Artvin City, Turkey. Biotechnology & Biotechnological Equipment, 28(4), 643-649.

Doğan, M.E. (2018) Küresel Kamusal Bir Mal Olarak Hava Kirliliğinde Havacılık Sektörünün Etkisi Ve Hava Kirliliği Azaltımı İçin Çözüm Yolları Yüksek Lisans Tezi Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Dökmeci İ, Dökmeci AH, 2005. Toksikoloji Zehirlendirmede Tanı ve Tedavi, 4.Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, 2005.

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

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

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

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.

Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Canakkale region. Environmental monitoring and assessment, 191 (12), 737.

Ertugrul, M., Varol, T., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2021). Influence of climatic factor of changes in forest fire danger and fire season length in Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, *193*(1), 1-17.

Flaten TP. 2001. Aluminium as a risk factor in Alzheimer's disease, with emphasis on drinking water. Brain Research Bulletin 55(2):187- 196.

Ganrot PO. 1986. Metabolism and possible health effects of aluminum, Environmental Health Perspectives 65:363-441.

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.

Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., Guney K.B. (2016a). Influence of Germination Percentage and Morphological Properties of Some Hormones Practice on *Lilium martagon* L. Seeds. Oxidation Communications, 39 (1-II): 466-474

Guney, K., Cetin, M., Sevik, H., & Guney, K. B. (2016b). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. Seeds, New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology, Dr. Susana Araújo. InTech, 2016b, 4, 97-112.

Gur, E., Cetin, M., Ozel, H.B., Guney, K., Sevik, H. (2021). The Effect of Hormone Treatments on Germination and Seedling Characters of Sage (*Salvia officinalis* L.) Seeds. Alinteri Journal of Agricultural Sciences (In Press)

Güney, D., Yahyaoglu, Z., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, I. (2019). Genetic diversity of Picea orientalis (L.) Link populations in Turkey. *Šumarski list*, 143(11-12), 539-547.

Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, İ. (2020). Effects of root undercutting, fertilization and thinning on seedling growth and quality of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky) seedlings. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 214-222.

Güzel N, Gülüt K Y ve Büyük G (2004). Toprak Verimliliği ve Gübreler. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 246, Ders Kitapları Yayın No: A-80, Adana

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.

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

Hrivnák, M., Paule, L., Krajmerová, D., Kulaç, Ş., Şevik, H., Turna, İ., Tvauri, I. & Gömöry, D. (2017). Genetic variation in Tertiary relics: The case of eastern-Mediterranean *Abies* (Pinaceae). Ecology and evolution, 7 (23), 10018-10030.

Hurley, R. R., Rothwell, J. J., & Woodward, J. C. (2017). Metal contamination of bed sediments in the Irwell and Upper Mersey catchments, northwest

Imren, E., Kurt, R., Yucedag, C., Bilir, N., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H. (2021). Selection of Superior Clones By The Multi-Dimensional Decision Making Techniques in Scots Pine Seed Orchard, Journal of Forests, 8(1): 13-22

Isinkaralar, K., Cetin, M., Icen, H.B. and Sevik, H. (2015) Indoor Quality Analysis of CO_2 For Student Living Areas. In: The International Conference on Science, Ecology and Technology I (ICONSETE'2015 – Vienna) August 25- 28, 2015, Vienna, Austria, 123.

Isinkaralar, K. (2020). Removal of Formaldehyde and BTEX in Indoor Air Using Activated Carbon Produced from Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) Shell. Ph.D. Thesis Hacettepe University Institute of Science Department of Environmental Engineering. Ankara, Turkey.

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

Kacar B ve Katkat V (2010). Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay-Ankara.

Kantarcı M D (2000). Toprak İlmi. İÜ Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İ Ü Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul, 420 s.

Kapucu, Ö. (2016). The Effect of Light on The Sapling Forms of Turkish Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Forest Engineering MSc. Thesis, 45 Pages

Kalayci Onac A, Cetin M, Sevik H, Orman P, Karci A, Gonullu Sutcuoglu G (2021) Rethinking the campus transportation network in the scope of ecological design principles: case study of Izmir Katip Çelebi University Çiğli Campus Environmental Science and Pollution Research (2021). https://doi.org/10.1007/s11356-021-14299-2

Keçeci H.B., 2019 Zn, Ni, Cr, Co, Cd Ve Pb Elementlerinin Picea Pungens'in İbre, Kabuk Ve Dallarda Ağır Metal Kirliliğinin İzlenmesinde Biyomonitor Olarak Kullanılabilirliği Yüksek Lisans Tezi Kastamonu Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Sürdürülebilir Tarım Ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı Kastamonu Türkiye

Keleş, R., Hamamcı, C., Çoban, A. (2012). Çevre Politikası. Ankara, Ankara: İmge Yayınları , 161-162

Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., & Sevik, H. (2020). Site selection by using the multi-criteria technique-a case study of Bafra, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 192 (9), 1-12.

Kilicoglu, C., Cetin, M., Aricak, B., Sevik, H. (2021) Integrating multicriteria decision-making analysis for a GIS-based settlement area in the district of Atakum, Samsun, Turkey. *Theor Appl Climatol*. 143, 379–388. https://doi.org/10.1007/s00704-020-03439-2

Koç, İ. (2019). Conifers Response to Water Stress: Physiological Responses and Effects on Nutrient Use Physiology. Dissertation. Michigan State University.

Koc, I. (2021) Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere, Environmental Science and Pollution Research. Doi:10.1007/s11356-021-13272-3

Koç, İ. (2021a) Changes That May Occur in Temperature, Rain, and Climate Types Due to Global Climate Change: The Example of Düzce. Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology (In press)

Koç, İ. (2021b) The Effect of Global Climate Change on Some Climate Parameters and Climate Types in Bolu. Journal of Bartin Faculty of Forestry. (In Review)

Koç, İ (2021c). Examining of seed germination rate and seedlings gas exchange performances of Anatolian black pine under water stress. International Karabakh Applied Science Conference. Khazar Univeristy, June 17-19, 2021. (Conference paper).

Kravkaz Kuscu, I. S., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., & Sevik, H. (2018a). Relationship between Enzyme Activity (Urease-Catalase) and Nutrient Element in Soil Use. *Polish Journal of Environmental Studies*, *27* (5). 2107-2112.

Kravkaz-Kuscu, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018b). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. Fresenius Environmental Bulletin, 27 (3), 1613-1617.

Krewski D, Yokel RA, Nieboer E, Borchelt D, Cohen J, Harry J, Kacew S, Lindsay J, Mahfouz AM, Rondeau V. 2007. Human Health Risk Assessment for

Aluminium, Aluminium Oxide, and Aluminium Hydroxide. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B 10:1–269. DOI: 10.1080/10937400701597766

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.

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.

Mallampati, R., Xuanjun, L., Adin, A., & Valiyaveettil, S. (2015). Fruit peels as efficient renewable adsorbents for removal of dissolved heavy metals and dyes from water. ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 3(6), 1117-1124.

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.

Maxhuni, A., Lazo, P., Kane, S., Qarri, F., Marku, E., & Harmens, H. (2016). First survey of atmospheric heavy metal deposition in Kosovo using moss biomonitoring. Environmental science and pollution research, 23(1), 744-755.

McCauley A, Jones C ve Jacobsen J (2009). Nutrient Management. Nutrient management module 9 Montana State University Extension Service. Publication, 4449-9, p.1–16.

Mossi, M. M. (2018). Çalı Formundaki Bazı Peyzaj Bitkilerinde Ağır Metal Birikiminin Belirlenmesi. Doktora Tezi, *Kastamonu Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilimdalı*. Kastamonu, Türkiye.

Mutlu E, Demir T, Kutlu B, Yanık T. 2013. Sivas - Kurugöl Su Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology 1 (1): 37 – 43.

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

Mutlu E, Kutlu B, Demir T. 2016a. Assessment of Çinarli Stream (Hafik-Sivas)'S Water Quality via Physico-Chemical Methods, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology 4 (4): 267-278.

Nies, Dietrich H. "Microbial heavy-metal resistance." Applied microbiology and biotechnology 51.6 (1999): 730-750.

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

Ozel HU, Ozel HB, Cetin M, Sevik H, Gemici BT, Varol T. 2019. Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartin River. Environmental monitoring and assessment, 191(9): 594.

Ozel, H. B., Donduran, B., Cakmakli, E., & Sevik, H. (2020). Factors affecting success in natural regeneration works of cedar (*Cedrus libani* A. Rich.) In Kas region of Antalya. World Journal of Advanced Research and Reviews, 6 (2), 054-059.

Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., & Yaman, B. (2021a). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in Pinus brutia Ten. *Biologia Futura*, 1-7.

Ozel H.B., Varol, T., Emir, T., Sevik, H. (2021b). Effects of Extraction from Compartment on Soil Enzymes. American Journal of Engineering Research. 10(2): 115-121.

Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra* L. 1758) in the Balikdami Wildlife Development Area. Environmental Monitoring and Assessment, 191 (11), 645.

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

Özbek H, Kaya Z, Gök M ve Kaptan H (2001). Toprak Bilimi. 5. Baskı, ÇÜ Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 73, Ders Kitapları Yayın No A–16, Adana.

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

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

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.

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

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

Salemaa, M., Derome, J., Helmisaari, H. S., Nieminen, T., & Vanha-Majamaa, I. (2004). Element accumulation in boreal bryophytes, lichens and vascular plants exposed to heavy metal and sulfur deposition in Finland. Science of the Total Environment, 324(1-3), 141-160.

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

Savas, D.S., Sevik, H., Isinkaralar, K. Turkyilmaz, A. & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environ Sci Pollut Res* (2021). https://doi.org/10.1007/s11356-021-14826-1

Schilling, J. S., & Lehman, M. E. (2002). Bioindication of atmospheric heavy metal deposition in the Southeastern US using the moss Thuidium delicatulum. Atmospheric Environment, 36(10), 1611-1618.

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

Schreck, E., Laplanche, C., Guédard, L.M., Bessoule, J.J., Austruy, A., Xiong, T., Foucault, Y. & Dumat, C. (2013).Influence of fine process particles

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.

Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2011). Analysis of seed characteristics from 17 diff erent populations in *Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf. In *Proceedings of the 10th International Christmas Tree Research & Extension Conference* (pp. 18-24).

Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012). Determination of genetic variation between populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf according to some seed characteristics, genetic diversity in plants. *Chapter*, *12*, 231-248.

Sevik, H., Güney, K., Topaçoğlu, O., & Ünal, C. (2015). The influences of rooting media and hormone applications on rooting percentage and some root characters in *Schefflera arboricola*. *International Journal of Pharmaceutical Science Invention*, *4*(2), 25-29.

Sevik, H., & Erturk, N. (2015). Effects of drought stress on germination in fourteen provenances of *Pinus brutia* Ten. seeds in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *3*(5), 294-299.

Sevik, H., & Cetin, M. (2015). Effects of water stress on seed germination for select landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, *24*(2), 689-693.

Sevik, H., & Topacoglu, O. (2015). Variation and inheritance pattern in cone and seed characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for evaluation of genetic diversity. *Journal of Environmental Biology*, *36*(5), 1125.

Sevik, H., & Karaca, U. (2016). Determining the resistances of some plant species to frost stress through ion leakage method. *Feb-fresenius environmental bulletin*, 25(8), 2745-2750.

Sevik, H., & Cetin, M. (2016a). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. onion scales. *Bulgarian Chemical Communications*, *48* (2), 256-260.

Sevik, H., & Cetin, M. (2016b). Evaluation of topiary applications and problems: A case study of Kastamonu. International Journal of Multidisciplinary Thought, 5 (05), 45-50.

Sevik, H., Cetin, M., & Kapucu, O. (2016). Effect of light on young structures of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana*). *Oxidation Communications*, 39(1), 485-492.

Sevik, H., Saleh, E. A. A, & Cetin, M. (2017a). Change of the air quality in the urban open and green spaces: Kastamonu sample. *Ecology, Planning*, 317-327.

Sevik, H., Cetin, M., Kapucu, O., Aricak, B., & Canturk, U. (2017b). Effects of light on morphologic and stomatal characteristics of Turkish Fir needles (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26 (11), 6579-6587.

Sevik, H., Isinkaralar,K., Turkyilmaz, A., Cetin, M. (2018). Determination of Some Heavy Metal Concentrations in Acer negundo Leaves and Branches in the Atmosphere. International Congress on Engineering and Life Science 2018 (ICELIS), 629.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12 (8), 983-991.

Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019b). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (6), 12843-12857.

Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019c). 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.

Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019d). Changes in micromorphological characters of Platanus orientalis L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (3), 5909-5921.

Sevik, H. (2020). Change of Cu Concentration in Some Edible Landscape Plants Grown in Ankara City Center. Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi. *6* (1), 1-7.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020a). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 27 (2), 2423-2431.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020b). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban area: a case study of cedar tree (*Cedrus* sp.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (1), 23.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020c). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192 (2), 78.

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021a). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, *23*(4), 6395-6407.

Sevik, H., Cetin, M., Yigit, N., Aricak, B., Ozturk, S., Onac, A. K., & Kuscu, I. S. K. (2021b). The effect of shadow conditions on stomatal characters of several plants used in landscape design. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, *9*(3), 109-115.

Sevik, H. (2021). The Variation of Chrome Consantration in Some Landscape Plants Due to Species, Organ and Traffic Density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *9*(3), 595-600.

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.*

Sienko, R.A.1983. Temel Kimya (Chemistry:Principles and Properties), (Çevirenler: Gündüz N., Gündüz T., Tüzün C., Pulat E., Üneri S., Zeren A., Özgüner S.), Savaş Yayınları,Fen Bilimleri Dizisi.

Simon, E., Harangi, S., Baranyai, E., Fábián, I., & Tóthmérész, B. (2016). Influence of past industry and urbanization on elemental concentrations in deposited dust and tree leaf tissue. Urban Forestry & Urban Greening, 20, 12-19.

Stafilov, T., Šajn, R., Pančevski, Z., Boev, B., Frontasyeva, M. V., & Strelkova, L. P. (2010). Heavy metal contamination of topsoils around a lead and zinc smelter in the Republic of Macedonia. Journal of Hazardous Materials, 175(1-3), 896-914.

Sud, D., Mahajan, G., & Kaur, M. P. (2008). Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions–A review. Bioresource technology, 99(14), 6017-6027.

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

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

Şen, G., Güngör, E., & Şevik, H. (2018). Defining the effects of urban expansion on land use/cover change: a case study in Kastamonu, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, *190* (8), 454.

Şevik, H (2010) Structure of genetic diversity in the populations of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.), Karadeniz Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Doctorate Thesis, p. 150.

Şevik, H. (2005) Batı Karadeniz Bölgesi Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Tohum Meşcerelerinde Populasyonlar Arası Farklılıklar, G.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi

Şevik, H., Çetin, M., & Işınkaralar, K. (2016). Bazı İç Mekan Süs Bitkilerinin Kapalı Mekanlarda Karbondioksit Miktarına Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *4*(2); 493-500

Şevik, H. (2021a). Monitoring of Heavy Metal Pollution in The Air For Using of Biomonitors, 2nd International Baku Conference on Scientific Research April 28-30, 2021 / Baku, Azerbaijan, The Book of Full Texts. Volume-II: 1-13

Şevik, H. (2021b). The Variation of Chrome Consantration in Some Landscape Plants Due to Species, Organ and Traffic Density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *9*(3), 595-600.

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

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

Topacoglu, O., Sevik, H., & Akkuzu, E. (2016a). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. Seeds. *Pak. J. Bot*, 48 (2), 447-453.

Topacoglu, O., Sevik, H., Guney, K., Unal, C., Akkuzu, E., & Sivacioglu, A. (2016b). Effect of rooting hormones on the rooting capability of *Ficus benjamina* L. cuttings. *Šumarski list*, 140 (1-2), 39-44.

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.

Tunalı, M. M. (2015), Plant and Microbe Interactions in The Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils. M.Sc. Theses, Boğaziçi University Institute of Environmetal Sciences. Ġstanbul, Türkiye.

Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmaida Saleh E. A. (2018a). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Pol J Environ Stud* 27 (5):2277–2284.

Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018b). The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landsc Ecol Eng* 14 (1):115–120.

Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018c). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environ Monit Assess* 190:578.

Turkyilmaz, A., Sevik H., Isinkaralar K, & Cetin M. (2019). Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (5), 5122-5130.

Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2020). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 22 (3), 2385-2398.

Turna, İ., Şevik, H., Yahyaoğlu, Z., (2010). Uludağ Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf.) Populasyonlarında Tohum Özelliklerine Bağlı Genetik Çeşitlilik, III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı, Cilt:II, s, 733-740, 20-22 Mayıs 2010, Artvin

Türkyılmaz A, Şevik H, Işınkaralar K, (2018). Investigation of Heavy Metal Accumulation in the Black Pine Needles. Ecology Symposium 2017. p.196. 11-13 May, Kayseri Turkey

Ucun Ozel, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartin River. *Environmental monitoring and assessment*, *191*(9), 594.

Ucun Ozel, H., Gemici, B. T., Gemici, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2020). Application of artificial neural networks to predict the heavy metal contamination in the Bartin River. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.

URL 1, 2021 https://www.onlinebotanik.com/Mavi-Ladin

URL 2, 2021 https://www.bitkivt.itu.edu.tr/foto/picea%20pungens.jpg

URL 3, 2021 https://peyzax.com/bitki/ladin-agaci-cesitleri-ve-ozellikleri/#&gid=1&pid=10

Uslu, İ. (1995). Çevre Sorunları. İstanbul: İnsan Yayınları, 82

Varol T, Canturk U, Cetin M, Ozel HB, Sevik H (2021) Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. Forest Ecology and Management. *Forest Ecology and Management* 491 (2021) 119199. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.119199

Weast, R. C., M. J. Astle, and W. H. Beyer. "Redox potentional." Handbook of chemistry and physics. 64th Edition (1983-1984). Boca Raton, Florida: CRC Press (1984): 156-163.

Xiong, T.T. Leveque, T. Austruy, A. Goix, S. Schreck, E. Dappe, V. Sobanska, S. Foucault, Y. Dumat, C. (2014). Foliar uptake and metal(loid) bioaccessibility invegetables exposed to particulate matter, Environ. Geochem. Health 36; 897–909.

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.

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.

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

Yıldırım, N., Bayraktar, A., Atar, F., Güney, D., Öztürk, M., & Turna, I. (2020). Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*. *Journal of Sustainable Forestry*, *39*(3), 300-308.

Yiğit, N., Şevik, H., & Topaçoğlu, O. (2015). Taşköprü-Tekçam Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Konal Tohum Bahçesinde İbre ve Dal Karakterlerine Bağlı Genetik Varyasyon. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *1*(1), 23-32.

Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Gul, L. (2016a). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry*, 35 (7), 515-526.

Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Kaya, N. (2016b). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.

Yigit, N., Cetin, M., & Sevik, H. (2018). The Change in Some Leaf Micromorphological Characters of *Prunus laurocerasus* L. Species by Their Habitat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6 (11), 1517-1521.

Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019). Varitation of Stomatal Characteristics in Broad Leaved Species Based on Habitat. *Applied Ecology and Environmental Research* 17 (6):12859-12868.

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.,

Yigit, N., Mutevelli, Z., Sevik, H., Onat, S.M., Ozel, H.B., Cetin, M., Olgun, C. (2021). Identification of Some Fiber Characteristics in *Rosa sp.* and *Nerium oleander* L. Wood Grown under Different Ecological Conditions. *BioResources* (In Press)

Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental monitoring and assessment*, *191*(5), 1-4.

Zeren Cetin, I. & Sevik, H. (2020). Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon. Environmental Monitoring and Assessment, 192 (2), 71.

Zechmeister, H. G., Hohenwallner, D., Riss, A., & Hanus-Illnar, A. (2003). Variations in heavy metal concentrations in the moss species Abietinella abietina (Hedw.) Fleisch. according to sampling time, within site variability and increase in biomass. Science of the Total Environment, 301(1-3), 55-65.

Zheljazkov, V. D., Jeliazkova, E. A., Kovacheva, N., & Dzhurmanski, A. (2008). Metal uptake by medicinal plant species grown in soils contaminated by a smelter. Environmental and experimental botany, 64(3), 207-216.