T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

Cedrus atlantica YILLIK HALKALARINDA BAZI AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ YAŞ ARALIĞI VE YÖNE BAĞLI DEĞİŞİMİ

DUYGU SEDA SAVAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

ŞUBAT - 2021
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Duygu Seda SAVAŞ tarafından hazırlanan "***Cedrus atlantica* yıllık halkalarında bazı ağır metallerin yaş aralığı ve yöne bağlı değişiminin incelenmesi**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **16.02.2021** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı**, **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Aşkın GÖKTÜRK Artvin Çoruh Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Aydın TÜRKYILMAZ 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; ayrıca tez 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.

DUYGU SEDA SAVAŞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cedrus atlantica YILLIK HALKALARINDA BAZI AĞIR METALLERİN YAŞ ARALIĞI VE YÖNE BAĞLI DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ

DUYGU SEDA PENÇEK

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Günümüzün en önemli sorunlarından birisi olan çevre kirliliği bileşenleri içerisinde hava kirliliği ve özellikle, sanayi faaliyetleri ile birlikte salınımı artan ağır metal kirliliği büyük önem taşımaktadır. Ağır metaller doğada kolay kolay bozulmaz ve yok olmazlar. Canlı bünyelerinde biyobirikme eğilimindedirler ve bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen etkiye sahiptir. Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının takibi ve değişiminin izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Atmosferdeki ağır metal konsantrasyonlarının süreç içerisindeki değişiminin izlenmesinde en etkili yöntemlerden birisi, ağaçların yıllık halkalarının biyomonitor olarak kullanılmasıdır. Bu çalışmada da Kastamonu ilinde 2019 yılı sonunda kesilen *Cedrus atlantica* ağacının yıllık halkalarında, trafik yoğunluğu ile en çok ilişkilendirilen ağır metallerden bazılarının konsantrasyonlarının yıl bazında değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca kabuk ve iç kabuktaki ağır metal konsantrasyonu odunlardaki ağır metal konsantrasyonu ile de karşılaştırılmış ve ağır metal konsantrasyonlarının yöne bağlı değişimi de değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda genel olarak birçok ağır metalde en yüksek değerler dış kabukta elde edilirken, metallerin odun içerisinde transferinin sınırlı olduğu, bazı ağır metal konsantrasyonunlarının özellikle odunlarda yöne bağlı olarak önemli ölçüde değiştiği, bu değişimin trafik yoğunluğu ile ilişkili olduğu, bundan dolayı da *Cedrus atlantica* yıllık halkalarının bazı ağır metal konsantrasyonunlarının geçmişten günümüze değişiminin izlenmesinde çok uygun biyomonitorler olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Ağır Metal, Biyomonitor, Yıllık Halka, *Cedrus atlantica*

Şubat 2021, 60

ABSTRACT

MSC THESIS

INVESTİGATİON OF DİRECTİON DEPENDENT CHANGE OF SOME HEAVY METALS İN ANNUAL RİNGS OF *Cedrus atlantica*

DUYGU SEDA SAVAŞ

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. HAKAN ŞEVİK

Among the environmental pollution components, which is one of the most important problems of today, air pollution and especially heavy metal pollution, whose emission increases with industrial activities, is of great importance. Heavy metals do not deteriorate and disappear easily in nature. They tend to bioaccumulate in living organisms and some of them have toxic or carcinogenic effects even at low concentrations. Therefore, it is of great importance to monitor the heavy metal concentrations in the air and to monitor their changes. One of the most effective methods for monitoring the change of heavy metal concentrations in the atmosphere during the process is the use of annual rings of trees as biomonitors. In this study, in the annual rings of the *Cedrus atlantica* tree cut in Kastamonu province at the end of 2019, the variation of the concentrations of some of the heavy metals most associated with traffic density was tried to be determined. Within the scope of the study, the heavy metal concentration in the bark and inner bark was also compared with the heavy metal concentration in the wood and the directional variation of heavy metal concentrations was also evaluated. As a result of the study, while the highest values in many heavy metals are generally obtained in the outer bark, the transfer of metals in the wood is limited, some heavy metal concentrations change significantly depending on the direction, especially in the wood, this change is related to the traffic density, so Cedrus atlantica annual rings have been found to be very suitable biomonitors for monitoring the change in some heavy metal concentrations from past to present.

KEYWORDS: Plant, Traffic Density, Heavy Metal, Biomonitor

February 2021, 60

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her adımında yardımını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e yürekten şükranlarımı sunarım. Çalışmalarıma ve hayatıma eşlik eden sevgili eşim Sinan SAVAŞ'a ve fedakar babam Erkan PENÇEK ve annem Sebahat PENÇEK'e ayrıca materyal temini konusundaki desteklerinden dolayı Kastamonu Belediye idarecileri ve çalışanlarına, özellikle Orman Yüksek Mühendisi Ferhat ŞAHİN'e, tezimin analizleri esnasında yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Aydın TÜRKYILMAZ ile Dr. Kaan IŞINKARALAR'a, ayrıca literatür taraması ve tez yazımında yardımcı olan Doç. Dr. Mehmet ÇETİN'e ve tez jürime iştirak ederek katkıda bulunan Dr. Öğr. Üyesi Aşkın GÖKTÜRK'e teşekkür ederim. Bu çalışmanın, bilim dünyasına yararlı olmasını temenni ederim.

Duygu Seda SAVAŞ

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 ÖZETİ **6**
2.1 Hava Kirliliği ve Ağır Metaller 6
3. MATERYAL VE YÖNTEM **14**
4. BULGULAR **17**
4.1 Na Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 17
4.2 K Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 19
4.3 Ca Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 21
4.4 Fe Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 22
4.5 Mn Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 24
4.6 Cr Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 26
4.7 Al Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 28
4.8 As Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 29
4.9 Ba Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 31
4.10 Mg Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 33
4.11 Ag Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 35
4.12 P Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 36
4.13 B Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 38
4.14 Ga Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 40
4.15 Zn Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi 41
5. SONUÇ VE TARTIŞMA **44**
6. ÖNERILER **47**
KAYNAKLAR **48**
ÖZGEÇMİŞ **60**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Kastamonu'nun Konumu..... 14

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 Yaş aralıkları ve yıllık halkaların oluştuğu yıllar 15
Tablo 4.1.1 Na elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 17
Tablo 4.1.2 Odunda Na elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 18
Tablo 4.2.1 K elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 19
Tablo 4.2.2 Odunda K elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 20
Tablo 4.3.1 Ca elementinin organ ve yöne bağlı değişimi..... 21
Tablo 4.3.2 Odunda Ca elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi..... 22
Tablo 4.4.1 Fe elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 23
Tablo 4.4.2 Odunda Fe elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 24
Tablo 4.5.1 Mn elementinin organ ve yöne bağlı değişimi..... 24
Tablo 4.5.2 Odunda Mn elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 25
Tablo 4.6.1 Cr elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 26
Tablo 4.6.2 Odunda Cr elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 27
Tablo 4.7.1 Al elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 28
Tablo 4.7.2 Odunda Al elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 29
Tablo 4.8.1 As elementinin organ ve yöne bağlı değişimi..... 30
Tablo 4.8.2 Odunda As elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi..... 30
Tablo 4.9.1 Ba elementinin organ ve yöne bağlı değişimi..... 31
Tablo 4.9.2 Odunda Ba elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi..... 32
Tablo 4.10.1 Mg elementinin organ ve yöne bağlı değişimi..... 33
Tablo 4.10.2 Odunda Mg elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 34
Tablo 4.11.1 Ag elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 35
Tablo 4.11.2 Odunda Ag elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 36
Tablo 4.12.1 P elementinin organ ve yöne bağlı değişimi..... 36
Tablo 4.12.2 Odunda P elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi..... 37
Tablo 4.13.1 B elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 38
Tablo 4.13.2 Odunda B elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 39
Tablo 4.14.1 Ga elementinin organ ve yöne bağlı değişimi 40
Tablo 4.14.2 Odunda Ga elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi 40
Tablo 4.15.1 Zn elementinin organ ve yöne bağlı değişimi..... 41
Tablo 4.15.2 Odunda Zn elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi..... 42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

N : Azot
P : Fosfor
K : Potasyum
Mg : Magnezyum
Na : Sodyum
% : Yüzdelik Oran
mS/cm^{-1} : Sulama sularında bulunan toplam erimiş katı maddelerin (tuzlar) ifade edilmesinde kullanılan elektriksel iletkenlik değeridir.
Ha : Hektar
Da : Dekametre
Cm : Santimetre
Fe : Demir
Cu : Bakır
Zn : Çinko
Cr : Krom
Al : Alüminyum
As : Arsenik
Ba : Baryum
Ag : Gümüş
Mn : Mangan
Ca : Kalsiyum
Ga : Garyum
B : Bor
Kg : Kilogram

Kısaltmalar

ATSDR : Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı
WHO : Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Günümüzde dünya genelindeki en büyük sorunların başında çevre kirliliği gelmektedir. Sanayi devrimi ile birlikte insanların istek ve ihtiyaçları çeşitlenerek artmış, bu istek ve ihtiyaçların karşılanabilmesi amacıyla yapılan üretim, yeraltındaki mineral kaynakların çıkartılarak sanayideki hammadde olarak kullanılması sonucunu doğurmuştur (Shahid vd., 2017; Bayraktar, 2021; Kaplan vd., 2021).

Bu süreçte nüfusun hızla artması, kırsaldan kentsel alanlara göç ile birleşince kentsel alanlarda nüfus yoğunluğunun önemli düzeyde artmasına sebep olmuştur (Şen vd., 2018; Kilicoglu vd., 2021). 1900'lü yıllarda 700 milyon civarında olan dünya nüfusunun yaklaşık %9'u kentsel alanlarda yaşarken, 2020 yılında 7,8 milyarı aşan dünya nüfusunun yaklaşık %56'sı kentsel alanlarda yaşamaktadır ve 2030 yılına kadar bu oranın %90'a ulaşabileceği tahmin edilmektedir (Sevik, 2021). Kentleşme sorunu günümüzde dünyanın başetmek zorunda kaldığı, geri döndürülemez sorundan birisi olarak gösterilmektedir (Çetin, 2020; Karaçocuk, 2021).

Hızlı nüfus artışı ve kentleşme pek çok problemi de beraberinde getirmektedir. Bu süreç doğanın tahrip olması, çevrenin kirlenmesi, ekolojik dengenin bozulması gibi pek çok olumsuzluğun baş sorumlusu olarak kabul edilmektedir (Aricak vd., 2019; Bayraktar, 2020a,b; Kilicoglu vd., 2020). Bu olumsuzlukların en önemlilerinden birisi de şüphesiz çevre kirliliğidir (Cetin vd., 2017a,b; Sevik vd., 2017a). Bu süreç, sanayide hammadde olarak kullanılan çeşitli kirleticilerin salınımına bağlı olarak hava (Sevik vd., 2018; Cetin vd., 2019a), su (Mutlu., 2019; Ucun Ozel vd., 2020) ve toprağın (Bayraktar vd, 2019a,b) kirlenmesi sonucunu doğurmuştur. Bu süreçte dünya genelindeki nüfus artışına ek olarak, nüfusun kentsel alanlarda yoğunlaşması, kentsel alanlardaki kirlilik düzeyinin çok daha yüksek seviyelere ulaşmasına sebep olmuştur (Sevik, 2020).

Çevrenin kirlenmesi iki yolla gerçekleşmektedir. Doğal yollar ile olan kirlenme, yani insan dışındaki diğer canlıların atıkları ve insanların atıkları yani antropojenik kirlenme olarak tanımlanabilmektedir. Doğal yollarla oluşan kirlenmede doğa geri dönüşüm mekanizması ile kirliliği kısa sürede temizleyebilmektedir. Ancak

antropojenik yani insan kaynaklı kirlenmeler, özellikle endüstriyel faaliyetler ve taşıtlardan kaynaklanan kirlilikler doğada uzun süre kalmakta, canlılar ve ekosistem üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a).

Su, toprak, termal ve gürültü gibi çeşitli kirleticiler arasında hava kirliliği en tehlikeli ve ciddi olanıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) dünya nüfusunun yaklaşık yüzde 90'ının kirli hava soluduğunu belirtmektedir. Hava kirliliği iklim değişikliği ve ozon tabakasının delinmesi gibi küresel boyutta etkileri yanında insan sağlığı üzerine felç, akciğer kanseri ve kalp hastalığı gibi etkileri ile her yıl yaklaşık 7 milyon insanın ölümüne sebep olan küresel boyutta bir problemdir (Jo vd., 2020). Avrupa Çevre Ajansı; Avrupa genelinde, 2,5 milyon alanı kaplayan kirlenmiş alanlar bulunduğunu ve bu alanların %14'ünün acil iyileştirme planlamasına ihtiyaç duyduğunu belirtmektedir (Akarsu, 2019).

Hava kirliliği bileşenleri arasında ağır metaller ayrı bir önem taşımaktadır. Ağır metaller, yeryüzünde doğal olarak bulunsa da, sanayi devrimi ile birlikte giderek artan üretim, yeraltındaki mineral kaynakların çıkartılarak sanayideki hammadde olarak kullanılması sonucunu doğurmakta, böylece hava, su ve topraktaki ağır metal konsantrasyonu sürekli artmaktadır (Sevik vd., 2019a,b, Karaçocuk, 2021). Bu artış insanlar başta olmak üzere bütün canlılar ve ekosistem için büyük tehlike arzetmektedir. Çünkü ağır metaller doğada kolay kolay bozulmaz ve yok olmazlar. Canlı bünyelerinde biyobirikme eğilimindedirler ve bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya kanserojen etkiye sahiptir (Turkyilmaz vd., 2019; Alaqouri vd., 2020a,b). Ağır metallerden As, Ni, Zn, Cr, Pb, Cd ve V gibi ağır metaller çoğunlukla endüstriyel kaynaklıdırlar ve kanserojendirler. Özellikle potansiyel toksisiteleri ve yaşayan organizmalara etkileri bakımından Pb, Cr, As, Cd ve Hg en toksik ağır metaller arasındadır (Shahid vd., 2017; Cetin vd., 2020).

Ağır metaller, bazılarının kanserojen ve toksik olmaları sebebiyle canlı organizmalar açısından büyük tehdit oluşturabilen elementlerdir (Sert vd., 2019; Sevik vd., 2019c). Ayrıca, bazıları (Ag, Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Pd, Pu, Sb, Se, Sr, Tl, Th, U, V ve Zn) yüksek konsantrasyonlarda canlı organizmalar için toksik olmaları nedeniyle Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Ajansı (Agency for Toxic

Substances and Disease Registry (ATSDR)) tarafından öncelikli kirletici listesine dahil edilmiştir (Badea vd., 2018). Canlılar için mikro besin elementi olarak görev yapan ağır metaller dahi yüksek konsantrasyonlarda insanlar için toksik etkilere sahip olabilmektedir. Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının takibi büyük önem taşımaktadır (Turkyilmaz vd., 2018b; Alkharam, 2019).

Atmosferdeki ağır metal kirliliğinin izlenmesi direkt veya indirekt olarak yapılabilmektedir. Ancak kirliliğinin direkt olarak belirlenmesi; pahalı olması ve atmosferik kirliliğin ekosistem üzerindeki direkt etkisinin belirlenememesi dolayısıyla fazla tercih edilmemektedir (Turkyilmaz vd., 2018b,c). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin izlenmesinde en etkin kullanılan yöntem biyomonitorlerdir. Biyomonitor olarak kullanılan canlılar, ağır metalleri çeşitli organlarında biriktirebilmekte ve bu organlardaki ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi, ağır metallerin havadaki konsantrasyonu hakkında önemli bilgiler vermektedir (Shahid vd., 2017; Hmeer, 2020).

Biyomonitorler; bünyelerinde metalleri veya kirleticileri biriktiren en duyarlı ve doğru organizmalar olarak tanımlanabilmektedirler. Biyomonitor olarak kullanılacak türlerin; ağır metalleri bünyelerinde biriktirme özelliğinde olması ancak, ağır metallerin etkisi ile ölmemesi, örneklenecekleri bölgede sabit olarak yaşaması, çalışma alanında bolca bulunması ve istenildiğinde örneklenebilmesi, kolayca elde edilebilmesi, metal analizleri yapılabilecek kadar organ veya doku temin edilebilmesi ve organizmalardaki ağır metal konsantrasyonu ile bulunduğu çevredeki ağır metal konsantrasyonu arasında bir korelasyon bulunması gerekmektedir (Çobanoğlu, 2019; Ateya, 2020). Bu özellikleri en rahat sağlayan canlılar bitkiler olması dolayısıyla, bitkilerin biyomonitor olarak kullanılabilirliği konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Türkyılmaz vd., 2018; Cetin vd., 2019b; Aricak vd., 2020; Eid vd., 2020; Kumar vd., 2020).

Ancak, bitkilerin ağır metallerin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanımı konusunda çeşitli sıkıntı ve belirsizlikler bulunmaktadır. Öncelikle uzun yıllardır biyomonitor olarak kullanılan yosun ve likenlerin, ne kadar süre ile havadaki ağır metal kirliliğine maruz kaldığı bilinememektedir. Tek yıllık yani herdemyeşil olmayan bitkilerin yapraklarının kullanılması bu sorunu çözmektedir çünkü bu yapraklar bir

vejetasyon mevsimi içerisinde oluşan ağır metal kirliliği konusunda önemli bilgiler verebilmektedir (Akarsu, 2019; Sevik vd., 2019c). Bu bitkilerin kullanılmasındaki sorun ise, yapraklardaki bu birikimin ne ifade ettiğinin bilinememesidir çünkü bitkilerin organlarında biriken ağır metal miktarının geçmişten günümüze değişimi hakkında bilgi sağlayamamaktadır (Turkyilmaz vd., 2018c; Cetin vd., 2020).

Bu sorunlar ışığında biyomonitorlerin kullanımı ile en sağlıklı bilgilerin çam, ladin, göknar gibi ibreleri uzun yıllar ağaç üzerinde kalan ve ibre yaşları net olarak belirlenebilen türlerin ibrelerinin kullanılması ile sağlandığı belirtilmektedir (Ateya, 2020). Ancak bu yöntemle de en fazla 8-10 yıllık geçmişe dair bilgiler elde edilebilmektedir (Cetin vd., 2020). Bu sorunun aşılabilmesi için de ağaçların yıllık halkaları kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemiz gibi kış mevsiminin görüldüğü bölgelerde ağaçların mevsime göre gelişimi farklı düzeyde olmakta ve böylece odun kısmında yıllık halkalar oluşmaktadır. Uzun süreç içerisinde ağaçların yıllık halkalarında biriktirdikleri ağır metaller bize havadaki kirliliğin geçmişi hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Ağaçların yıllık halkaları, ağacın yaşı ile birlikte artmakta ve binlerce yıl yaşayabilen ağaçlar bulunmaktadır. Ağaçların yıllık halkaları kirliliğin bir göstergesi olarak kullanılabilirler ve ağacın yetiştiği yerde kirliliğe sebep olan element dağılımı ve kronolojisi hakkında önemli bilgiler sağlayabilmektedirler (Yigit, 2019; Cesur, 2019; Sevik vd., 2020a).

Ağaçların yıllık halkalarının biyomonitor olarak kullanılabilirliğine ilişkin çalışmalar bir süredir yapılmaktadır. Ancak halen, ağır metallerin bitki bünyesine girişlerinden itibaren bitki içerisindeki türleşmeleri ve organlar arasında geçişleri konusundaki bilgiler oldukça sınırlıdır (Shahid vd., 2017; Mossi, 2018; Akarsu, 2019).

Bu çalışma, bitkilerin biyomonitor olarak kullanımına ilişkin yapılan çalışmalar ve bu çalışmalar ışığında elde edilen bilgilerin süreç içerisindeki değişimleri değerlendirilerek, literatürdeki eksiklikler belirlenmiş ve bu çalışma planlanmıştır. Çalışma kapsamında Kastamonu'da yetişen bir *Cedrus atlantica* ağacının yıllık halkalarındaki bazı ağır metal konsantrasyonlarının, organ, yıl ve yön bazında değişimi belirlenmiştir. Elde edilen veriler yorumlanarak;

- Havadaki ağır metal konsantrasyonunlarının ağacın gövdesindeki dış kabuk, iç kabuk ve odunlarda birikimin nasıl farklılaştığı,

- Bu farklılığın farklı yönlerde nasıl değiştiği (bu değişimin ağır metallerin bitki bünyesine alındıktan sonra organlar arasında ne düzeyde geçiş yaptığı konusunda fikir verebileceği düşünülmüştür)

- Ağaç yıllık halkalarındaki ağır metal konsantrasyonlarının yıl bazında nasıl değiştiği (bu değişimin ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesinde etkin olarak kullanılıp kullanılamayacağının belirlenmesi amaçlanmıştır)

- Farklı ağır metallerin yıl bazında değişiminin paralellik gösterip göstermediği belirlenmeye çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Hava Kirliliği ve Ağır Metaller

Ağır metallerin birçoğu insan ve çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Son yüzyılda ağır metallerin hem toprakta (Hu vd., 2020; Jiang, 2020) hem suda (Mutlu ve Kurnaz, 2017; Ucun Ozel vd., 2019; Mutlu ve Güzel, 2019) hem de havadaki konsantrasyonları önemli ölçüde artmıştır (Sevik vd., 2020b,c). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin bütün ortamlarda konsantrasyonlarının izlenmesi konusunda çok sayıda çalışma yapılmaktadır (Bonanno vd., 2017; Ozturk vd., 2017; Khalid vd., 2017). Bu çalışmalarda su ve topraktaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi doğrudan numune alınarak yapılabilmektedir (Mutlu ve Uncumusaoğlu, 2017; Jia vd., 2020; Özgövercikli, 2020). Oysa hava kirliliğinin izlenmesi, doğrudan örnekleme ile hem zor, hem de masraflıdır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, havadaki ağır metal kirliliğinin uzun süreç içerisindeki değişimi konusunda fikir verememektedir. Bundan dolayı havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitorler sıklıkla kullanılmaktadır (Keçeci, 2019).

Ağır metal kirliliğinin izlenmesinde özellikle son yıllarda yüksek yapılı bitkiler daha çok kullanılmaya başlamıştır. Bunun sebebi, yüksek yapılı bitkilerin, özellikle de herdemyeşil olmayan bitkilerin yapraklarının kullanımı, bitkilere zarar vermediğinden sürdürülebilir bir yöntem olarak kabul edilmekte ayrıca yaprakların oluşumu vejetasyon süresine bağlı olduğundan, yapraklarda biriken ağır metallerin ne kadar sürede biriktiği bilinmektedir (Mossi, 2018; Saleh, 2018).

Ancak, bitkilerin bütün morfolojik, anatomik ve fizyolojik karakterleri genetik yapı ile çevre şartlarının etkisi altında şekillenmektedir (Yigit vd., 2016a; Hrivnak vd., 2017; Ozkazan vd., 2019; Ertugrul vd., 2021). Bitkilerin bünyelerinde ağır metal birikimi de bu süreçte meydana gelen metabolik faaliyetlerin sonucudur (Mossi, 2018). Dolayısıyla öncelikle aynı ortamda yetiştirilen bitkilerde dahi ağır metal birikimi farklı düzeyde olabilmektedir (Saleh, 2018). Bu durum büyük oranda genetik yapıdan kaynaklanmaktadır. Yapılan çalışmalar aynı tür içerisinde, hatta aynı popülasyon

içerisinde genetik yapının önemli ölçüde farklılaşabildiğini göstermektedir (Turna, 2009; Sevik vd., 2012a; Yiğit vd., 2015; Topacoglu vd., 2017).

Genetik yapı dışında birbirine çok yakın ortamlarda yetişen bitkilerde de, aynı genetik yapıya sahip olsalar bile morfolojik, anatomik ve fizyolojik karakterlerin önemli ölçüde farklılaşabildiği belirtilmektedir. Bu durumun sebebi de büyük oranda mikroçevre koşullarındaki farklılaşmalar olarak gösterilmektedir (Turna vd., 2010; Yigit vd., 2019; Sevik vd., 2020d). Mikroçevre koşulları çok küçük alanlarda bile önemli ölçüde farklılaşabilmekte ve bu durum bitki yapısını, gelişimini ve dolayısıyla ağır metal biriktirme potansiyelini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Yigit vd., 2018; Sevik vd., 2019d; Tunçer, 2020).

Bitki metabolizması, bitki genetik yapısı ve çevre koşulları yanında pek çok farklı faktörden de etkilenmektedir. Bitkinin stres düzeyi (Sevik ve Erturk, 2015; Sevik ve Cetin, 2015; Sevik ve Karaca, 2016; Yigit vd., 2016b), hormon uygulamaları (Sevik vd., 2015; Topacoglu vd., 2016a,b; Sevik ve Cetin, 2016a; Guney vd., 2016a,b), iklim (Sevik vd., 2017b; Cetin vd., 2018a,b; Ertugrul vd., 2019; Ozel vd., 2020), toprak (Kravkaz Kuscu vd., 2018a,b; Melek, 2020; Yucedag vd., 2021) bu faktörlerden bazılarıdır ve bu faktörler yan yana olan iki ağacı bile farklı düzeylerde etkileyebilmektedir. Örneğin bir ağacın dibine dökülen zehir sadece o ağacın kurumasına sebep olabilmekte, toprağa düşen bir meyve veya hayvan dışkısı toprağın besin elementi içeriğini önemli ölçüde değiştirebilmektedir.

Bunlara ek olarak herdemyeşil olmayan bitkilerin organlarında biriken ağır metal miktarının ne ifade ettiği de tam olarak bilinememektedir. Çünkü bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyelleri hava rutubeti, bitki organı, ağır metalin yapısı ve bitki ile ilişkisi, partikül maddeler gibi çok sayıda faktörün etkisi altında şekillenmektedir (Turkyilmaz vd., 2018a,b; Cetin vd., 2020). Bu durum aynı tür ve hatta klon dahi olsa, iki farklı bitki türünün bünyesindeki ağır metal konsantrasyonlarının yorumlanmasını önemli ölçüde zorlaştırmakta hatta imkansız kılmaktadır.

Bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin yorumlanabilmesi için bütün genetik ve çevresel faktörlerin eşitlenmesi gerekmektedir ki bu da ancak aynı bitkinin organlarının biyomonitor olarak kullanılması ile mümkündür. Bu konuda özellikle

çam, ladin ve göknar gibi ağaçların ibre ve dalları uygun birer biyomonitor olabilir. Çünkü aynı ağaç üzerinde yetişen organlar genetik yapı ve çevre koşullarının eşitlenmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca dalların kesilmesi ağaçlara hayati bir zarar vermemektedir. Ancak bu yöntem ile de çamlarda birkaç yıl, göknar ve ladinlerde ise en fazla 8-10 yıllık bir değişim incelenebilmektedir (Keçeci, 2019; Çobanoğlu, 2019; Cetin vd., 2020).

Ağaçların yıllık halkalarının kullanılması ise hem ağaçların gelişimini etkileyen genetik ve çevre şartlarının eşitlenmesi, hem de uzun yıllar boyunca değişimin belirlenebilmesi açısından son derece uygun bir yöntemdir. Bundan dolayı ağaç yıllık halkalarının, yıllar içerisinde havadaki ağır metal konsantrasyonunun değişiminin belirlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilirliğine ilişkin çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Leonelli vd., (2011) İtalyan Avrupa Alplerinde ki yedi Avrupa karaçam sahasında yaş halkalarındaki kimyasal elementler ve ağır metaller ile ilgili analizler yapmışlardır. Mont Blanc Tüneli girişinin yakınlarında belirlenen üç sahada 1950-1970 ve 1985-2008 yılları arasında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Odunlar arasında kirlilikler önemli ölçüde farklılık göstermiştir. Genel olarak Cr ve Cu elementleri dışında önemli düzeyde zamansal değişiklik bulunmamıştır. Sonuç olarak yapılan analizler yıllık halkalarındaki zamansal bilgilerin çok fazla bilgi içermediğini ve çevresel değişikliklerin kaydedilmediğini ortaya çıkarmıştır.

Mihaljevic vd., (2011) Kitwe kentinde yıllık halkaların ve toprağın çeşitli yerlerindeki ağır metal birikimlerini incelemişlerdir. Yaş halkalarındaki Co, Cu, Mn ve Pb konsantrasyonları çevre, toprak bileşimi, hammadde işleme gibi kaynaklara göre yorumlanmıştır. Yıllık halkalarda en yüksek Co konsantrasyonu 1970'lerin ortasında elde edilmiştir. 1980'lerde SO_2 yoluyla Mn konsantrasyonlarında artış yaşanmıştır. Uzak bölgelerdeki topraklarda Pb konsantrasyonları düşük düzeyde ölçülmüştür. Bunun nedeni de çalılıklardaki yangınlardan ve bitki çöplerinden dolayı toprağa girmeden atmosfere geri salınması olarak gösterilmiştir.

Hojdava vd., (2011) Çek Cumhuriyeti'nin merkezindeki Hg birikimini izlemek için ladin ve kayın ağaçlarının yıllık halkalarındaki Hg konsantrasyonlarını analiz etmiştir.

En yüksek Hg konsantrasyonu tahminen 1970'lerin ortalarında ladinlerde elde edilmiştir. 1980'lerden beri konsantrasyonda düşüş olduğunu ve bu düşüşün muhtemelen baca gazı temizleme teknolojisindeki gelişme ile alakalı olduğunu açıkllardır. İki tesis arasında yetişen yaşları 150 ila 220 olan kayınların da her iki noktadan gelen kirliliği yansıttığı tespit edilmiştir. Ancak kayınlar kirlilik kaynağından uzak olduğu için ladinlere göre Hg konsantrasyonları daha düşük ölçülmüştür. Sonuç olarak yaş halkalarının tesislerden etkilenen alanlardaki Hg birikimi izlemek için oldukça uygun olduğu belirtilmiştir.

Beramendi-Orosco vd., (2013) kurak topraklarda yetişen *Prosopis juliflora*'nın yıllık halkalarındaki ağır metal birikimini incelemişlerdir. Kentsel alanda büyüyen üç örnek üzerinde çalışma yapılmıştır. En çok bulunan elementler sırasıyla Zn, Cu ve Pb olarak tespit edilmiştir. Bu sayede araçlardan kaynaklı kirlilik ve Cu izabe emisyonları kirliliği olmak üzere iki ayrı kirlilik ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak *Prosopis juliflora*'nın ağır metal konsantrasyonlarını biriktirme potansiyeline sahip olduğu ve yıllık halkalarının biyomonitor olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Cocozza vd., (2016) İtalya'daki endüstriyel bölgede bir fırının yakınında yıllık halkalarının dış dokularındaki ve likenlerin entegre kullanımındaki kirletici konsantrasyonlarının zaman içinde nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Yapraklarda elde edilen bazı eser elementlerde araziler arası önemli ölçüde farklılıklar çıkmıştır. Sonuç olarak kirletici konsantrasyonların ağaç kabukları ve yaprakları ile birlikte düşük konsantrasyonda likenler tarafından toplandığını ve büyüme mevsimi boyunca ksilem dokularına neredeyse hiç zarar vermediği belirtilmiş, yıllık halkaların havadaki kirleticilerin belirlenmesinde katkıda bulunabileceği belirtilmiştir.

Liu vd., (2018) Çin'in Xi'an kentinde yıllık halkalardaki son 30 yıldaki ağır metal değişimi üzerinde çalışmışlardır. Pb ve Cd konsantrasyonlardaki değişimlerin ağaçların büyüdüğü ortama bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada incelenen kavağın ailanthus'tan daha fazla Cd ve Zn çekme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma çevredeki farklı elementlerin kirlilik tarihini incelemek için yaş halkalarının kullanılabilirliğini göstermiştir.

Turkyilmaz vd., (2018b) çalışmalarında, Ankara'da yetişen bir *Acer platanoides* yıllık halkalarında Al, Zn, Cu, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Na, Ca, Ba, P, Mg, As ve B birikimlerini belirlemişlerdir. Çalışma sonuçları, havadaki ağır metal konsantrasyonu ile ağaçlarda ağır metal birikimi arasında önemli bir ilişki olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda ortalama olarak, ağaç kabuğunda elde edilen değerlerin odunda elde edilen değerlerden yaklaşık 6 kat daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Alijerf ve Choukaife (2018), çalışmalarında bitki kökleri, kirli topraklar ve bitki sürgünleri gibi farklı organ ve bölgelerde ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlar ve sonuç olarak yıllık halkaların özellikle kirli topraklardaki kirliliğin bir göstergesi olduğunu belirtmişlerdir.

Perone vd., (2018) İtalya'daki en kirli şehirler arasında olan Terni'deki kirleticilerin mekânsal-zamansal değişikliğini izlemek için yıllık halkalı ahşapların kimyasal bileşiminin kullanılıp kullanılmayacağını araştırmışlardır. Büyük bir çelik fabrikası da dahil olmak üzere çeşitli kirletici kaynaklardan farklı mesafede bulunan 32 tane tüylü meşe ağacından örnekler alınmıştır. Özellikle 80'li ve 90'lı yıllarda çelik fabrikasına yakın yaş halkalarında Cr, Ni, Mo, V, U ve W konsantrasyon seviyelerinde artış yaşandığı görülmüştür. Sonuç olarak yaş halkalarındaki kirletici madde birikimlerinin çevre kirliliğinin tarihsel değişimini bulmada iyi bir yol olduğu belirtilmiştir.

Turkyilmaz vd., (2019) çalışmalarında, Ankara'da yetişen bir meşe ağacının yıllık halkalarında 20 yıl boyunca biriken Al, Zn, Cu, Co, Fe, Mn, Cr, Cd, Na, Ca, Ba, P, Mg, As ve B elementlerinin konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, halkalar üzerinde biriken ağır metal konsantrasyonlarının değişiklik gösterdiği ayrıca, havadaki ağır metal konsantrasyonu ile ağaçtaki ağır metal birikimi arasında önemli miktarda ilişki olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının geçmişe dönük olarak artış miktarının belirlenmesinde ağaçların iyi birer indikatör olduğu ve ağır metallerin havadan uzaklaştırılması konusunda da önemli bir potansiyele sahip olduğu vurgulanmıştır.

Zhang, (2019) Çin'in Zhengzhou kentinde kirlilik unsurlarının varyasyon geçmişini ve kentsel çevre kirliliğinin araştırılmasında dendrokimyanın uygulanabilirliğini incelemişlerdir. Birkaç yıllık halka, kabuk ve toprak örnekleri üzerinde analizler

yapılmıştır. Sonuç olarak yaş halkalarındaki kirlilik değişikliklerinin yakınlarda bulunan pamuk fabrikası ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Yıllık halkalarda Zn ve Pb konsantrasyonlarının belirli bir dereceye kadar yer değiştirdiği, Cu konsantrasyonunun ise hiç yer değiştirmediği görülmüştür. Ayrıca kabuk kısmında Pb birikiminin aşırı derecede yüksek olduğu bulunmuştur. Bu da Pb konsantrasyonlarının topraktan değil atmosferden doğru emildiğini göstermiştir.

Akarsu (2019), 2016 yılı sonunda kesilen Sedir (*Cedrus*) ağacının yıllık halkalarında, iç kabukta ve dış kabukta Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonlarının değişimini incelemiştir. Çalışma sonucunda genel olarak yola dönük kısımdan alınan organlardaki özellikle dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının içe dönük kısımdaki metal konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Schneider vd., (2019) çalışmalarında, *Lagarostrobus franklinii* ve *Phyllocladus asplenifolius* yıllık halkalarında Hg konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Çalışmanın yapıldığı bölge son 150 yıldır yoğun bir şekilde mayınlı bir bölgedir. Çalışma sonuçları, Queenstown ve Zeehan'daki bakır izabe tesislerinin, altın madenciliği faaliyetlerinin değil, bu konumdaki atmosfere Hg emisyonlarının ana kaynakları olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda *Lagarostrobus franklinii*'ın Hg'nin en verimli biyoakümülatörlerinden biri olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yigit, (2019) çalışmasında Ankara-Yenimahalle'den kesilen bir *Malus floribunda* yıllık halkalarını kullanarak 1962 ile 2017 arasındaki Co, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Mn, Fe, Al, Zn, Na, Ca, Ba, Mg birikimlerini belirlemiştir. Çalışma sonucunda, farklı yaş aralıklarında odun içerisindeki tüm elementlerin miktarlarının istatistiksel olarak en az% 99,9 güven düzeyinde farklılaştığı belirlenmiştir.

Munoz vd., (2019) Şili'deki sanayi bölgesinde yıllık halkaların geçmişteki çevresel değişikliklerini analiz etmişlerdir. Pb, Cu, As, Fe, Mo, Cr ve Zn konsantrasyonlarının 1980-1990 yılları arasında arttığı tespit edilmiştir. 1992 yılından sonra arındırma durumunda yapılan planlamalar ile bazı konsantrasyonlarda olumlu değişimler olduğu ancak yıllık halkalardaki kimyasal konsantrasyonların çevrede kirletici birikimlerinin

devam ettiğini gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan dendrokimya yönteminin kirletici maddelerin birikimini anlamakta önemli bir araç olduğu kabul edilmiştir.

Cesur (2019) 2016 yılı sonunda kesilen Servi (*Cupressus arizonica*) ağacından 2016 yılı aralık ayı içerisinde ana gövdeden alınan kütük üzerinde yıllık halkaları belirleyerek bu seksiyonlarda Bi, Li, Cd, Ni, Fe, Cr, Ba, Ca, Mn, Zn ve Pb elementlerinin konsantrasyonlarının yıl bazında değişimini belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında ayrıca iç ve dış kabuktaki element konsantrasyonları da belirlenmiştir. Böylece çalışmaya konu elementlerin yön, organ ve yıl bazında değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda genel olarak yola dönük dış kabuktaki element konsantrasyonlarının daha yüksek seviyede olduğu, elementlerin yıl bazında değişiminin genel itibariyle dalgalı bir seyir izlediği ancak, Cd, Ni, Fe, Ca, Mn ve Pb gibi bazı elementlerin konsantrasyonlarında son yıllarda genel itibariyle bir artış olduğu belirlenmiştir.

Sevik vd., (2020a) Kastamonu ilinde 2016 yılı sonunda kesilen Sedir (*Cedrus* sp.) ağacından 2016 yılı aralık ayı içerisinde ana gövdeden alınan kütük üzerinde yıllık halkalardaki Pb, Co ve Fe elementlerinin konsantrasyonlarının yıl bazında değişimini belirlemişlerdir. Çalışma kapsamında ayrıca iç ve dış kabuktaki element konsantrasyonları da belirlenmiştir. Çalışma sonucunda genel olarak yola dönük kısımdan alınan organlardaki ağır metal değerlerinin özellikle dış kabuktaki konsantrasyonlarının içe dönük kısımdaki metal konsantrasyonlarından daha yüksek olduğu, konsantrasyonların organ ve yıl bazında önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir.

Edusei vd., (2020) çalışmalarında hem geçmiş iklimlerde yıllık halkaların yapısını hem de son iklimsel ve çevresel değişikliklerin ağaç büyümesindeki etkisini araştırmıştır. Yıllarca yoğun şekilde trafiğe maruz kalan Haatso-Atomik yolunda yapılan çalışmada *Swietenia mahagoni* (Maun) ağacı üzerinde analizler yapılmıştır. 61 yaşında olduğu varsayılan bu ağacın 1957-2018 yılları arasındaki ağır metal birikimi WHO standartlarından daha yüksek bir eğilim gösterdiği gözlemlenmiştir. Son olarak ağaç büyüme oranı örnekleme dönemi boyunca olan yıllık yağış verileri ile kıyaslanmıştır. Yağışın çok veya az olmasının büyümeyi etkilediği belirlenmiştir.

Dinis vd., (2021) çalışmalarında toprak yüzeylerindeki element konsantrasyonlarının karakterizasyonu ve ağaç yıllık halkalarının analizi ile kirletici maddelerin ve besin elementlerinin zamansal olarak değişimini incelemişlerdir. Çoğunlukla 1928-1990 yılları arasında yüksek atmosferik metal ve gaz emisyonu yayan Horne izabe tesisinde yürütülen araştırmada asidik birikimin mevcut toprak pH'ı üzerindeki etkisi ihmal edilebilir hale geldiği belirlenmiştir. Sonuç olarak yıllık halkalardaki Zn ve Mg birikiminin tesisten kaynaklandığı belirtilmiştir.

Görüldüğü üzere yıllık halkaların ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılabilirliğine ilişkin çalışmalar oldukça yenidir ve bu konuda halen çok fazla bilinmeyen nokta bulunmaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Kastamonu il merkezinden alınan atlas sediri (*Cedrus atlantica*) örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 2019 yılı sonunda ana gövdeden alınan kütük üzerinden örnekler alınmıştır. Çalışmaya konu örneklerin alındığı sedir ağacının yetiştiği yer trafik yoğunluğu açısından merkeze ulaşımı sağlayan ve trafik bakımından da en yoğun caddenin yanında yer almaktadır. Söz konusu parkın doğusunda trafik yoğunluğunun oldukça fazla olduğu ana cadde, kuzeyinde ise trafik yoğunluğunun daha düşük düzeyde olduğu anayol geçmektedir. Şekil 3.1'de Kastamonu ilinin konumu gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Kastamonu'nun Konumu

Sedir ağacından yerden yaklaşık 50 cm yükseklikten gövde kısmından yaklaşık 10 cm kalınlığında kütük örneği, kuzey yönü kütük üzerinde işaretlenerek alınmıştır. Alınan kütüğün üst yüzeyi laboratuvarda yıllık halkaların daha belirgin şekilde görünebilmesi amacıyla zımparalanarak pürüzsüz hale getirilmiştir. 33 yaşında olduğu belirlenen Sedir ağacının yıllık halkaları, genişlikleri dikkate alınarak üçer yıllık olacak şekilde içten dışa doğru 1 ile 11 arasında gruplandırılmıştır. Yapılan gruplandırma sonunda yaş aralıkları ve bu aralıkların karşılığı olan, odunun oluştuğu yıllar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Yaş Aralıkları ve Yıllık Halkaların Oluştuğu Yıllar

Yaş Aralığı	Yıllık Halkaların Oluştuğu Yıllar
1	1987 – 1989
2	1990 – 1992
3	1993 – 1995
4	1996 – 1998
5	1999 – 2001
6	2002 – 2004
7	2005 – 2007
8	2008 – 2010
9	2011 – 2013
10	2014 – 2016
11	2017 – 2019

Odun yüzeyi gruplara ayrılıp yaş aralıkları belirlendikten sonra çelik uçlu matkap yardımı ile dış kabuktan, iç kabuktan ve her yaş aralığındaki odundan örnekler alınarak cam petri kaplarına konulmuştur. Alınan odun örnekleri parçalanarak talaş haline getirilmiştir. Bu işlemler sırasında çalışmaya konu metallerden imal edilmiş aletlerin kullanılmamasına özen gösterilmiştir. Cam kaplara alınan örnekler oda kurusu haline gelene kadar 15 gün boyunca ağızları açık şekilde laboratuvar ortamında bekletilmiştir. 15. günün sonunda oda kurusu haline gelen örnekler etüve alınarak 45 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulmuş numunelerden 0,5 gr alınıp üzerine 6ml %65'lik HNO_3 ve 2 ml %30'luk H_2O_2 eklenerek mikrodalga fırınına yerleştirilmiştir. Mikrodalga cihazının programı, 15 dk da 200 °C ye çıkıp 15 dk 200 °C de kalacak şekilde ayarlanmıştır.

Örnekler mikro dalga fırınında yakıldıktan sonra, çözelti haline geçmiş numuneler balonlara alınıp ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanarak ICP-OES cihazı ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Numuneler 0,5 gr alınıp su ile 50 gr'a tamamlandığı için analiz sonuçları 100 ile çarpılmıştır. Kalibrasyon grafiği içine düşmeyen analiz sonuçlarına göre ppm veya ppb seviyesinde farklı kalibrasyon grafikleri oluşturularak tekrar okuma yapılmıştır. Çalışmada bütün ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

Elde edilen verilere SPSS 21.0 paket programı kullanılarak Varyans analizi uygulanmıştır. Varyans analizi sonucunda, aralarında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde ($P<0,05$) anlamlı farklılıklar bulunduğu tebelirlenen faktörler için Duncan testi uygulanmıştır.

4. BULGULAR

4.1 Na Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden Na konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.1.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1.1 Na elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	390,1 Cc	627,2 Db	174,8 Ba	155,7 Aa	15338,0***
İç Kabuk	103,3 Aa	164,1 Ca	660,1 Dc	153,7 Ba	128477,2***
Odun	226,7 Ab	333,9 Ba	386,0 Bb	374,9 Bb	10,1***
F Değeri	11,8***	7,5***	12,3***	6,5***	

Not: Büyük harfler yatay, küçük harfler dikey faktörler arasında, Duncan testi sonucunda elde edilen grupları göstermektedir.

Na elementinin konsantrasyonlarının organa ve yöne bağlı değişimi incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre güney, batı, kuzey ve doğu yönlerinde organ bazında, bütün organlarda da yön bazında değişimin bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Güney ve kuzey yönlerinde duncan testi sonuçlarına göre üç farklı homojen grup oluştuduğu, batı ve doğu yönlerinde ise iki farklı homojen grup oluştuğu görülmektedir. En düşük Na konsantrasyonu 103,3 ppm ile iç kabukta güney yönünde elde edilmiştir. En yüksek değer ise 660,1 ppm ile yine iç kabukta kuzey yönünde tespit edilmiştir. İç kabukta kuzey yönündeki Na konsantrasyonu güney yönündekinden yaklaşık 6,4 kat fazla olarak hesaplanmıştır.

Tablo değerleri incelendiğinde Duncan testi sonucunda yön bakımından dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının dört farklı homojen grup, odun kısmının da iki farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir. İç kabuk ve odun kısımlarında en düşük değer güney yönünde (103,3 ppm ve 226,7 ppm) en yüksek değer kuzey yönünde (660,1 ppm ve 386,0 ppm) elde edilmiştir. Dış kabuk kısmında en yüksek değer batı yönünde (627,2 ppm) en düşük değer de doğu yönünde (155,7 ppm) tespit edilmiştir. Odundaki Na konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.1.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1.2 Odunda Na elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	396,5 Aj	614,4 Bj	650,8 Dd	633,2 Cj	5935,7***
2	303,6 Ai	509,0 Ch	468,2 Bc	565,7 Di	3532,2***
3	288,8 Ah	551,6 Di	486,7 Bc	530,1 Ch	7223,7***
4	280,6 g	447,4 g	430,6 c	471,7 g	4,0 ns
5	195,3 Ae	276,8 Be	413,2 Dc	328,1 Ce	2289,7***
6	181,1 Ac	288,5 Bf	302,0 Cb	350,5 Df	2189,5***
7	157,8 Ab	241,2 Bd	305,8 Db	280,9 Cd	2059,6***
8	149,6 Aa	167,8 Ba	211,0 Ca	254,9 Dc	2044,4***
9	206,6 Bf	184,4 Ab	246,6 Cab	245,2 Cb	1078,2***
10	147,9 Aa	180,6 Bb	415,8 Cc	183,6 Ba	16919,4***
11	185,9 Ad	211,2 Bc	315,0 Db	280,5 Cd	4892,1***
F Değeri	5447,9***	13574,8***	23,7***	10092,7***	

Na elementinin yaş aralığına bağlı olarak değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde güney ve doğu yönlerinde en düşük değerlerin 10. (147,9 ppm ve 183,6 ppm), en yüksek değerlerin ise 1. (396,5 ppm ve 633,2 ppm) yaş aralığında, batı ve kuzey yönlerinde ise en yüksek değerlerin 1. (614,4 ppm ve 650,8 ppm), en düşük değerlerin ise 8. (167,8 ppm ve 211,0 ppm) yaş aralığında elde edildiği görülmektedir. Tablo değerleri genel olarak incelendiğinde ise ortalama 8. Yaş aralığına kadar bir azalış, 10. Yaş aralığından sonra ise güney, batı ve doğu yönlerinde genel bir artış tespit edilmiştir.

Na konsantrasyonunun yöne bağlı değişimi incelendiğinde 4. yaş aralığında yöne bağlı değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, diğer bütün yaş aralıkların da yöne bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde 4. yaş aralığında elde edilen değerlerin iki homojen grupta, 9. yaş aralığında elde edilen değerlerin üç homojen grupta, diğer bütün yaş aralıklarının da dört homojen grupta toplandığı belirlenmiştir.

Duncan testi sonuçları incelendiğinde toplam 11 yaş aralığının 9 tanesinde elde edilen en düşük değerler güney yönünde elde edilirken 1 tanesinde batı yönünde elde edilmiştir. En yüksek değerler dikkate alındığında ise 4 tanesi kuzey yönünde tespit edilmiştir. Ayrıca bu yönde 2 tane yaş aralığında elde edilen değerler de en yüksek ikinci değerlerdir.

4.2 K Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden bir diğeri olan K konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.2.1'de verilmiştir.

Tablo 4.2.1 K elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	732,7 Cb	677,8 Bb	460,0 Ab	663,8 Bb	163,9***
İç Kabuk	626,0 Ab	651,2 Bb	866,2 Dc	800,1 Cb	931,3***
Odun	283,9 a	273,8 a	304,4 a	324,1 a	1,2ns
F Değeri	29,9***	29,2***	54,5***	40,0***	

K elementinin organa bağlı değişimi değerlendirildiğinde varyans analiz sonuçlarına göre bütün yönlerde organ bazında değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre K elementinin konsantrasyonları kuzey yönünde üç farklı homojen grupta, güney, batı ve doğu yönlerinde iki farklı homojen grupta toplanmıştır. Genel olarak tablo değerleri incelendiğinde en yüksek değerin 866,2 ppm ile iç kabuk kısmının kuzey yönünde en düşük değerin ise 273,8 ppm ile odun kısmının batı yönünde olduğu görülmektedir. Ayrıca en düşük değerlerin odun kısmında toplanması dikkat çekmektedir.

K konsantrasyonunun yön bazında değişimi incelendiğinde dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının varyans analiz sonuçlarına göre istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı, odun kısmının ise en az %95 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaşmadığı görülmektedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde ilk dikkat çeken nokta odun kısmının tüm yönlerde ilk homojen grupta yer almış olmasıdır. Dış kabuk kısmı üç farklı homojen grup oluştururken iç kabuk kısmı da dört farklı homojen grup oluşturmuştur. Tablo verilerine göre dış kabuk kısmında en yüksek değer güney yönünde (732,7 ppm), en düşük değer kuzey yönünde (460,0 ppm) iken iç kabuk kısmında en düşük değer güney yönünde (626,0 ppm), en yüksek değer kuzey yönünde (866,2 ppm) elde edilmiştir. Odundaki K konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.2.2'de verilmiştir.

K elementinin yaş aralığına göre değişim değerleri incelendiğinde güney, batı ve doğu yönlerinin en düşük değerlerinin 10. (101,4 ppm, 137,5 ppm ve 169,7 ppm), kuzey

yönündeki en düşük değerin ise 11. (168,0 ppm) yaş aralığında elde edildiği tespit edilmiştir. En yüksek değerlere bakıldığında ise batı ve doğu yönlerinin 3. (494,9 ppm ve 478,6 ppm), güney yönünün 4. (465,6 ppm) ve kuzey yönünün de 1. (397,9 ppm) yaş aralığında olduğu görülmektedir.

Tablo 4.2.2 Odunda K elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	371,0 Bg	335,2 Af	397,9 Cd	462,6 Dg	71,6***
2	388,6 Bh	397,4 Bg	346,8 Acd	466,8 Cg	117,2***
3	443,3 Bi	494,9 Ci	359,6 Ad	478,6 Cg	112,3***
4	465,6 j	415,4 h	358,1 d	403,2 f	1,3 ns
5	325,8 Bf	323,2 Be	389,4 Cd	291,8 Ad	35,6***
6	296,9 Be	206,8 Ac	284,1 Bbc	355,0 Ce	134,0***
7	236,2 Ad	242,6 Ad	234,2 Aab	268,2 Bc	12,1**
8	200,6 Bc	172,5 Ab	183,2 Aa	232,0 Cb	23,8***
9	184,7 Bb	147,3 Aa	203,7 Ca	223,6 Db	32,1***
10	101,4 Aa	137,5 Ba	423,6 Dd	169,7 Ca	937,3***
11	108,8 Aa	139,1 Ba	168,0 Ca	214,2 Db	52,6***
F Değeri	596,2***	1001,4***	15,4***	352,1***	

K elementinin yön bazında değişimi, 4. yaş aralığı dışında tüm yaşlarda istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olup, yön bazında değişimin 7. yaş aralığında %99 güven düzeyinde ve diğer bütün yaş aralıklarında %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde 1. 9. ve 11. yaş aralıklarının dört farklı homojen grupta, 2., 3., 5., 6. ve 8. yaş aralıklarının üç farklı homojen grupta ve 7. yaş aralığının ise iki farklı homojen grupta toplandığı belirlenmiştir.

Tablo değerleri incelendiğinde toplam 11 adet yaş aralığından 6 tanesi batı yönünde ve 5 tanesi kuzey yönünde ilk homojen grupta yer almaktadır. En yüksek değerler dikkate alındığında ise doğu yönü dikkat çekmektedir. 3 tane yaş aralığındaki en yüksek değerler bu yönde elde edilirken 4 tane yaş aralığındaki değerlerde bu yönde elde edilen en yüksek ikinci değerlerdir. Güney yönünde elde edilen değerlerin hiç birisi son homojen grupta yer almamaktadır.

4.3 Ca Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden bir diğeri ve aynı zamanda besin elementlerinden olan Ca elemantinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.3.1'da verilmiştir.

Tablo 4.3.1 Ca elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	2969,2 Ab	3479,0 Cb	2989,5 Aa	3258,0 Bb	643,9***
İç Kabuk	6443,4 Cc	4229,6 Ac	6585,7 Db	4449,0 Bc	1864,2***
Odun	1020,7 Aa	1088,0 Aa	1919,0 Ba	931,8 Aa	3,709*
F Değeri	390,8***	234,1***	5,2***	38,4***	

Ca elementinin organa bağlı değişim değerleri incelendiğinde güney, batı, kuzey ve doğu yönlerde varyans analiz sonuçlarına göre organ bazında değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre Ca elementi konsantrasyonlarının güney, batı ve doğu yönlerinde üç farklı homojen grup, kuzey yönünde de iki farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. Genel olarak tablo değerlerine bakıldığında en yüksek değerlerin iç kabuk kısmında en düşük değerin de odun kısmında elde edildiği dikkat çekmektedir. İç kabuk kısmının kuzey yönündeki en yüksek değerin (6585,7 ppm) odun kısmının doğu yönündeki en düşük değerden (931,8 ppm) yaklaşık 7 kat fazla olduğu görülmektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre Ca elementinin dış kabuk ve iç kabuk kısımlarında yönlere bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde, odun kısmında ise %95 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı görülmektedir. İç kabuk kısmı dört farklı homojen grup, dış kabuk kısmı üç farklı homojen grup ve odun kısmı da iki farklı homojen grup oluşturmuştur. En düşük değerler dış kabukta güney yönünde (2969,2 ppm), iç kabukta batı yönünde (4229,6 ppm) ve odun kısmında doğu yönünde (931,8 ppm) bulunmuştur. En yüksek değerler ise dış kabuk kısmında batı yönünde (3479,0 ppm), iç kabuk ve odun kısmında da kuzey yönünde (6585,7 ppm ve 1919,0 ppm) tespit edilmiştir. Odunlardaki Ca konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.3.2'de verilmiştir.

Tablo 4.3.2 Odunda Ca elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	908,9 Bf	1227,5 Df	991,4 Ca	786,2 Ag	951,9***
2	965,6 Cg	917,1 Bc	818,9 Ab	3323,2 Dk	31713,9***
3	1117,3 Bh	1505,1 Dh	1066,6 Abc	1215,6 Cj	446,1***
4	1614,5 j	1653,2 bi	2173,0 d	1145,6 i	3,4 ns
5	887,2 Abe	956,9 Bd	9684,1 Ce	804,2 Ah	26849,4***
6	771,8 Bc	982,6 Cd	1887,3 Dd	574,6 Ae	4259,9***
7	549,1 Ba	582,0 Ca	1419,8 Dc	311,6 Aa	6467,9***
8	644,5 Ab	1383,6 Bg	1472,5 Cc	642,5 Af	3538,8***
9	1645,7 Dk	852,2 Cb	380,5 Aa	491,0 Bc	4229,3***
10	817,4 Cd	1012,8 De	378,1 Aa	430,9 Bb	608,9***
11	1305,6 Di	895,4 Cc	837,2 Bb	524,5 Ad	4480,8***
F Değeri	2653,3***	1012,8***	367,7***	29021,0***	

Ca elementi konsantrasyonlarının yaş aralığına göre değişimi incelendiğinde güney, batı ve doğu yönleri için en düşük değerlerin 7. (549,1 ppm, 582,0 ppm ve 311,6 ppm), kuzey yönünün en düşük değerinin de 10. (378,1 ppm) yaş aralığında elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise güney, batı ve kuzey yönlerinde 4. (1614,5 ppm, 1653,2 ppm ve 2173,0 ppm), doğu yönünde de 2. (3323,2 ppm) yaş aralığında elde edilmiştir.

Yön bazında değişimin varyans analiz sonuçlarına göre 4. yaş aralığında en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, diğer bütün yaş aralıkların da istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre 5. ve 8. yaş aralıklarıonın üç farklı homojen grupta ve diğer yaş aralıklarının dört farklı homojen grupta toplandığı belirlenmiştir. Ayrıca tablo değerleri incelendiğinde toplam 11 tane yaş aralığından en düşük değerlerin 7 tanesinin doğu yönünde olduğu görülmektedir. En yüksek değerlerinde 2'şer tane olarak güney, batı ve kuzey yönlerinde olduğu tespit edilmiştir. Tüm yaş aralıklarına bakılarak doğu yönünün en düşük değerlerin elde edildiği yön olduğu söylenebilir.

4.4 Fe Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementlerden bir diğeri ve yine aynı zamanda besin elementlerinden olan Fe elemantinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.4.1 Fe elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	79722,5 B	45220,3 Cb	82776,5 A	55844,3 Db	1156,2***
İç Kabuk	58145,4 A	32981,3 Bab	60372,8 D	40729,9 Cab	17793,0***
Odun	38439,0 B	21803,4 Aa	39911,5 B	26925,9 ABa	2,8*
F Değeri	1,462 ns	8,635**	2,698 ns	6,144**	

Fe elementi konsantrasyonlarının değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre dış kabuk ve iç kabuk kısmının yön bazında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde ve odun kısmında da istatistiki olarak %95 güven düzeyinde farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının dört farklı homojen grup, odun kısmının ise iki farklı homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde dış kabuk kısmının en yüksek değeri doğu yönünde (117634,1 ppm), iç kabuk ve odun kısımlarının en yüksek değerleri ise kuzey yönünde (109790,2 ppm ve 39911,5 ppm) elde edilirken en düşük değerlerin dış kabuk kısmında kuzey yönünde (24624,0 ppm), iç kabuk kısmında güney yönünde (31453,2 ppm) ve odun kısmında da batı yönünde (21803,4 ppm) elde edildiği görülmektedir. Odunlardaki Fe konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.4.2'da verilmiştir.

Fe elementinin konsantrasyonlarının yaş aralığına bağlı değişimini gösteren tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin güney ve batı yönlerinde 5. (15126,0 ppm ve 9687,2 ppm), kuzey yönünde 4. (8740,8 ppm) ve doğu yönünde de 7. (9255,3 ppm) yaş aralığında olduğu görülmektedir. En yüksek değerlerin ise güney yönünde 2. (176629,1 ppm), batı yönünde 8. (48784,4 ppm) kuzey ve doğu yönlerinde ise 11. (121685,4 ppm ve 69696,5 ppm) yaş aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Fe konsantrasyonlarının yaş aralıklarının yönlere bağlı değişim değerleri incelendiğinde 5. ve 6. yaş aralıklarının istatistiki olarak %99 güven düzeyinde, diğer tüm yaş aralıklarının ise istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre 8. yaş aralığı iki farklı homojen grupta, 4., 5., 6. ve 9. yaş aralıkları üç farklı homojen grupta diğer yaş aralıkları da dört farklı homojen grupta toplanmıştır.

Tablo 4.4.2 Odunda Fe elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	51822,8 Df	13208,0 Ab	28224,4 Cd	24476,8 Bf	8623,6***
2	176629,1 Dg	16621,2 Be	11462,2 Aa	26685,3 Ch	2819,3***
3	16601,9 Bab	20487,3 Dg	10757,8 Aa	19901,0 Cc	2368,4***
4	26404,4 Cd	26540,0 Ci	8740,8 Aa	25989,6 Bg	6590,7***
5	15126,0 Ba	9687,2 Aa	17094,6 Bb	21340,5 Ce	15,4**
6	16987,0 Aab	18763,5 Bf	20446,9 Cbc	20559,7 Cd	17,2**
7	17987,5 Cbc	15123,6 Bd	23770,6 Dc	9255,3 Aa	1432,0***
8	18364,2 Abc	48784,4 Bk	50687,6 Be	16855,0 Ab	570,6***
9	20531,0 Ac	31386,4 Bj	70358,6 Cf	20854,1 Ade	586,2***
10	24999,8 Bd	14378,8 Ac	75798,0 Dg	40571,0 Ci	3438,3***
11	37375,4 Be	24857,2 Ah	121685,4 Dh	69696,5 Cj	935,8***
F Değeri	2734,6***	6269,0***	667,9***	5343,5***	

Tablo değerlerine bakıldığında toplam 11 tane yaş aralığından en düşük değerlerin 4 tanesi batı yönünde, 3'er tanesi de hem güney hem kuzey yönlerinde elde edilmiştir. En yüksek değerlere bakıldığında ise 2 tanesi güney yönünde olduğu tespit edilirken güney yönünde 1 tane de en yüksek ikinci değer olduğu görülmektedir.

4.5 Mn Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementlerden bir diğeri Mn elementi olup, sağlık açısından oldukça zararlı elementlerden birisidir. Mn elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.5.1'de verilmiştir.

Tablo 4.5.1 Mn elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	18034,4 Cb	21243,8 Dc	9372,6 Ab	11138,8 Bb	12577,0***
İç Kabuk	17573,4 Ab	18000,0 Bb	29531,7 Dc	19686,6 Cc	48916,6***
Odun	2041,3 ba	2039,2 ba	2668,8 a	1929,0 a	1,9 ns
F Değeri	607,3***	744,2***	230,9***	1618,8***	

Mn elementinin konsantrasyonlarının organa bağlı değişimleri, varyans analiz sonuçlarına göre bütün yönlerde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Konsantrasyonların Duncan testi sonuçları incelendiğinde batı, kuzey ve doğu yönlerinin üç farklı homojen grup, güney yönünün ise iki farklı homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Genel olarak tablo değerlerine bakıldığında en düşük değerlerin her dört yön içinde odun kısmında elde edildiği dikkat çekmektedir. Dikkat çeken bir diğer husus ise en yüksek değerin (29531,7 ppm) en düşük değerden (1929,0 ppm) yaklaşık 15 kat fazla olmasıdır.

Mn elementinin konsantrasyonlarının dış kabuk, iç kabuk ve odun kısımlarındaki değerlerinin yöne bağlı değişimi varyans analizi sonuçlarına göre odun kısmı dışında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Duncan testi sonuçlarına bakıldığında dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının dört farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir. Tablo değerlerine göre iç kabuk ve odun kısmında en yüksek değerler kuzey yönünde (29531,7 ppm ve 2668,8 ppm) dış kabuk kısmında ise en yüksek değer batı yönünde (21243,8 ppm) elde edilirken en düşük değerler de odun kısmında doğu yönünde (1929,0 ppm), iç kabuk kısmında güney yönünde (17573,4 ppm) ve dış kabuk kısmında da kuzey yönünde (9372,6 ppm) elde edilmiştir. Odunlardaki Mn konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.5.2'de verilmiştir.

Tablo 4.5.2 Odunda Mn elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	5195,1 Bk	5227,6 Bı	8519,1 Cg	3189,0 Ak	21340,4***
2	2085,6 Bi	2721,8 Ch	1768,1 Acd	2725,8 Cj	1091,2***
3	1698,4 Ae	1882,6 Bg	1703,8 Acd	1964,4 Cg	683,2***
4	2459,2 Cj	1875,5 Bg	1224,7 Aa	2209,3 BCi	18,6**
5	1121,4 Aa	1293,2 Ba	1944,9 Dd	1838,4 Ce	1719,8***
6	1896,4 Bg	1450,7 Ac	2595,2 Ce	1907,4 Bf	153,4***
7	1824,1 Cf	1430,1 Bc	1436,0 Bab	1086,2 Aa	1570,0***
8	1565,6 Bd	1839,7 Cf	1385,3 Aab	2019,0 Dh	2568,7***
9	1463,0 Bc	1584,4 Cd	1568,0 Cbc	1396,8 Ac	120,3***
10	1188,0 Ab	1320,5 Bb	1590,5 Cbc	1308,5 Bb	111,9***
11	1957,5 Ch	1805,5 Be	5621,0 Df	1574,2 Ad	31662,5***
F Değeri	43946,8***	25316,2***	835,6***	3910,1***	

Mn elementinin konsantrasyonlarının yaş aralığına göre değişimini gösteren tablo değerleri incelendiğinde güney, batı, kuzey ve doğu yönlerinde en yüksek değerlerinin 1. (5195,1 ppm, 5227,6 ppm, 8519,1 ppm ve 3189,0 ppm) yaş aralığında, güney ve batı yönlerinde en düşük değerlerin 5. (1121,4 ppm ve 1293,2 ppm), kuzey yönünde 4. (1224,7 ppm), doğu yönünde ise 7. (1086,2 ppm) yaş aralığında elde edildiği görülmektedir.

Yöne bağlı değişine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde 4. yaş aralığının %99 güven düzeyinde, diğer tüm yaş aralıklarının ise %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre 5., 8. ve 11. yaş aralıklarının dört farklı homojen grup, diğer tüm yaş aralıklarının ise üç farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir.

Tablo değerlerine bakıldığında kuzey ve doğu yönlerinde toplam 11 adet yaş aralığından 3'er tanesi en düşük homojen gruplarda yer almaktadır. Ayrıca kuzey yönünde 2 tane yaş aralığında en yüksek değerler elde edilirken 3 tane yaş aralığında da en yüksek ikinci değer elde edilmiştir.

4.6 Cr Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementler içerisinde insan ve çevre sağlığı açısından en zararlı elementlerden olan Cr elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.6.1'de verilmiştir.

Tablo 4.6.1 Cr elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	1588,4 Ab	923,3 Dc	1187,2 c	1470,3 Bb	1378,7***
İç Kabuk	1158,5 Bab	673,4 Ab	865,9 b	1072,3 Dab	2064,0***
Odun	765,8 Ca	445,1 Aa	572,4 ABa	708,9 BCa	5,8**
F Değeri	4,271*	23,685***	13,693***	8,664**	

Varyans analiz sonuçlarına göre Cr elementinin konsantrasyonun yön bazında değişiminin dış kabuk ve iç kabuk kısımların da istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde, odun kısmı da %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Duncan testi sonuçları dikkate alındığında dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının dört farklı homojen grup, odun kısmının da üç farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir.

Tablo değerlerine göre dış kabukta en düşük değer batı yönünde (923,3 ppb), en yüksek değer güney yönünde (1588,4 ppb), iç kabuk kısmının da en yüksek değer güney yönünde (1158,5 ppb), en düşük değer batı yönünde (673,4 ppb) elde edilmiştir. Odun kısmında ise en düşük değer batı yönünde (445,1 ppb), en yüksek değer güney yönünde (765,8 ppb) elde edilmiştir. Odunlardaki Cr konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.6.2'de verilmiştir.

Tablo 4.6.2 Odunda Cr elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	1804,6 Di	294,7 Aa	563,1 Bc	752,6 Cde	4100,5***
2	1566,9 Dh	658,0 Bf	313,9 Aa	703,6 Cd	1658,9***
3	733,0 Df	441,2 Bd	378,3 Aab	516,8 Cab	120,7***
4	675,0 Be	367,4 Ac	328,6 Aa	628,8 Bc	22,8***
5	307,6 Aa	319,8 ABb	428,1 Bb	439,4 Ba	3,8NS
6	346,2 Ab	349,1 Ac	545,2 Cc	446,6 Ba	44,3***
7	355,1 Ab	488,3 Ce	570,0 Dc	507,4 Cab	2120,7***
8	366,2 Ab	419,0 Bd	613,8 Dc	562,1 Cbc	60,9***
9	419,0 Ac	509,9 Be	690,8 Cd	741,7 Cde	83,9***
10	476,8 Bd	346,1 Ac	772,0 Ce	787,3 Ce	692,8***
11	1374,0 Cg	703,4 Ag	1092,9 Bf	1711,4 Df	1323,0***
F Değeri	2321,7***	276,7***	82,0***	197,3***	

Cr elementinin yaş aralığına göre değişimini gösteren tablo değerleri incelendiğinde güney yönünde en yüksek değerin 1. (1804,6 ppb), en düşük değerin 5. (307,6 ppb) yaş aralığında, batı yönünde en düşük değerin 1. (294,7 ppb), en yüksek değerin 11. (703,4 ppb) yaş aralığında, kuzey yönünde de en yüksek değerin 11. (1092,9 ppb), en düşük değerin 2. (313,9 ppb) ve doğu yönünde en düşük değerin 5. (439,4 ppb), en yüksek değerin de 11. (1711,4 ppb) yaş aralığında elde edildiği görülmektedir.

Tablo değerleri incelendiğinde yaş aralıklarında Cr konsantrasyonunun yönlere bağlı değişiminin varyans analiz sonuçlarına göre 5. yaş aralığında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, diğer bütün yaş aralıklarında ise istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre 4. ve 5. yaş aralıklarının iki farklı homojen grupta, 6. 9. ve 10. yaş aralıklarının üç farklı homojen grupta ve diğer yaş aralıklarının da dört farklı homojen grupta toplandığı gözlemlenmiştir.

Cr elementinin konsantrasyon değerleri incelendiğinde toplam 11 yaş aralığından en yüksek değerlerin 3 tanesinin güney yönünde 2 tanesinin de kuzey yönünde olduğu görülmektedir. En düşük değerlerin ise 5 tanesinin güney yönünde 3 tanesinin de batı yönünde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca doğu yönünde hem en yüksek hem de en düşük değerlerin olmaması dikkat çekmektedir.

4.7 Al Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementler bir diğeri olan Al elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.7.1'de verilmiştir.

4.7.1 Al elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	19522,0 Bc	17385,4 Ac	16133,4 Dc	20367,3 Cb	43899,0***
İç Kabuk	14238,3 Ab	12680,0 Bb	11766,9 Cb	14854,8 Dab	9895,2***
Odun	9412,7 a	8382,5 a	7778,9 a	9820,3 a	1,9 ns
F Değeri	31,681***	13,653***	22,108***	5,536**	

Al konsantrasyonu değerlerine bakıldığında dış kabuk ve iç kabuk kısımlarındaki yöne bağlı değişimin varyans analiz sonuçlarına göre istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu, odun kısmındaki değişimin ise en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir. Duncan testi sonuçları ele alındığında dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının dört farklı homojen grup oluşturduğu tespit edilmiştir. Tablo verileri incelendiğinde en düşük değerlerin dış kabuk kısmının kuzey yönünde (16133,4 ppm), iç kabuk kısmının kuzey yönünde (11766,9 ppm) ve odun kısmının da yine kuzey yönünde (7778,9 ppm) olduğu belirlenmiştir. En yüksek değerler de bütün organlarda doğu yönünde belirlenirken odun kısmında bu değişim istatistiki olarak anlamlı düzeyde değildir. Bütün yönlerde en düşük değerler odun, en yüksek değerler ise dış kabuk kısmında elde edilmiştir. Odunlardaki Al konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.7.2'de verilmiştir.

Al elementinin değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonucu bütün yaş aralıklarının yönlere bağlı değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Al konsantrasyonunun yaşa bağlı değişimine ilişkin değerler incelendiğinde en düşük değerlerin güney, batı ve doğu yönlerinde 5.

(5732,7 ppm, 3244,0 ppm ve 3596,0 ppm), kuzey yönünde de 4. (4757,0 ppm) yaş aralığında, en yüksek değerlerin ise güney, kuzey ve doğu yönlerinde 11. (11830,8 ppm, 13056,8 ppm ve 26050,8 ppm), batı yönünde de 3. (15775,2 ppm) yaş aralığında olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre 1., 4. ve 9. yaş aralıkları üç homojen grupta diğer yaş aralıkları ise dört homojen grupta toplanmıştır.

Tablo 4.7.2 Odunda Al elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	6704,3 Bb	6663,0 Bc	6118,3 Ab	8135,4 Ce	539,0***
2	14298,8 Dj	5859,0 Ab	6904,3 Bb	8976,8 Cf	1156,4***
3	8525,8 Be	15775,2 Di	4803,5 Aa	13489,0 Ci	5796,5***
4	10084,8 Cg	10897,6 Ch	4757,0 Aa	7053,7 Bd	40,5***
5	5732,7 Ca	3244,0 Aa	6143,2 Db	3596,0 Ba	284,2***
6	7531,6 Cc	6682,2 Bc	7886,1 Dc	5752,2 Ab	4359,8***
7	7985,8 Bd	10052,6 Df	8529,2 Ccd	5863,2 Abc	754,1***
8	9525,0 Df	6476,7 Bc	8758,6 Cd	6032,8 Ac	1019,4***
9	10123,3 Bg	10578,2 Cg	8962,8 Ade	10171,2 Bg	84,7***
10	11196,8 Ch	7035,7 Ad	9648,0 Be	12902,1 Dh	710,7***
11	11830,8 Bi	8943,9 Ae	13056,8 Cf	26050,8 Dj	7291,8***
F Değeri	723,1***	2432,1***	80,4***	6548,0***	

Tablo değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin toplam 11 adet yaş aralığından 2'şer adetinin tüm yönlerde olduğu ve yine 1'er tanesinin de güney, batı ve doğu yönlerinde en yüksek ikinci değerler olduğu görülmektedir. En düşük değerlere bakıldığında ise 4'er tane hem batı hem kuzeyde 3 tane de doğuda olduğu belirlenmiştir. Güney yönünde hiçbir yaş aralığının en küçük değeri almaması dikkat çekmektedir.

4.8 As Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementlerden olan As elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.8.1'de verilmiştir.

As elementi konsantrasyonlarının organa göre değişim değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre kuzey dışındaki bütün yönlerde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olarak farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre As elementi konsantrasyonlarının güney ve doğu yönlerinde üç farklı

homojen grup ve batı yönünde iki farklı homojen grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek değer iç kabuk kısmının doğu yönünde (6048,8 ppm) iken en düşük değer dış kabuk kısmının güney yönünde (89,6 ppm) elde edilmiştir.

Tablo 4.8.1 As elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	89,6 Aa	2758,6 Bab	2756,8 Ba	4643,8 Cb	280,9***
İç Kabuk	1114,4 Ab	3406,4 Bb	3184,2 Ba	6048,8 Cc	655,7***
Odun	1782,1 Ac	2338,8 Ba	3125,9 Ca	4004,0 Da	91,5***
F Değeri	19,5***	5,4***	0,3ns	60,9***	

Varyans analiz sonuçlarına göre As elementinin yöne göre değişiminin bütün organlarda istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre dış kabuk ve iç kabuk kısımları üç farklı homojen grup, odun kısmı da dört farklı homojen grup oluşturmaktadır. Tablo değerleri incelendiğinde her üç kısım içinde en düşük değerler güney yönünde (89,6 ppm, 1114,4 ppm ve 1782,1 ppm) en yüksek değerler ise doğu yönünde (4643,8 ppm, 6048,8 ppm ve 4004,0 ppm) elde edilmiştir. Odunlardaki As konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.8.2'de verilmiştir.

Tablo 4.8.2 Odunda As elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	795,7 Aa	2603,4 Ce	2319,3 Bab	3800,9 Dabc	408,5***
2	1327,2 Ab	2481,0 Ce	2062,5 Ba	4803,7 De	546,6***
3	1677,9 Ac	3164,2 Cg	2576,5 Bb	3727,8 Dab	208,7***
4	1632,0 Ac	3190,2 Bg	2137,6 Aab	4115,3 Cd	22,4***
5	1984,8 Ad	2496,8 Be	3844,1 Cc	4087,3 Dd	328,8***
6	2395,4 Be	1875,2 Ac	3764,9 Cc	3765,2 Cab	149,0***
7	1761,6 Bc	1384,3 Aa	3896,5 Cc	3962,8 Cbcd	441,3***
8	2326,6 Be	1652,6 Ab	3803,0 Cc	4075,0 Dd	225,7***
9	2317,3 Be	1848,8 Ac	3690,1 Cc	4002,2 Dcd	289,7***
10	2122,1 Ad	2136,5 Ad	3843,2 Bc	4036,9 Ccd	226,0***
11	1262,7 Ab	2894,2 Cf	2447,2 Bab	3666,6 Da	323,8***
F Değeri	99,7***	125,4***	25,9***	17,2***	

As elementinin yaşa bağlı değişim değerleri incelendiğinde güney yönünün en düşük değeri 1. (795,7 ppm), en yüksek değeri 6. (2395,4 ppm) yaş aralığında, batı yönünün en yüksek değeri 4. (3190,2 ppm), en düşük değeri 7. (1384,3 ppm), kuzey yönünün

en düşük değeri 2. (2062,5 ppm), en yüksek değeri 7. (3896,5 ppm) ve doğu yönünün en yüksek değeri 2. (4803,7 ppm), en düşük değeri de 11. (3666,6 ppm) yaş aralığında elde edilmiştir.

As elementi konsantrasyonunun yaşa bağlı değişim değerlerinin toplam 11 adet yaş aralığının hepsinin varyans analiz sonuçları istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Duncan testi değerleri incelendiğinde 4., 6. ve 7. yaş aralığının üç farklı homojen grupta, diğer tüm yaş aralıklarının da dört farklı homojen grupta toplandığı görülmektedir.

Tablo değerlerine bakıldığında ilk dikkat çeken nokta doğu yönünde hiçbir yaş aralığının ilk homojen grupta yer almamasıdır. Bir diğer dikkat çeken nokta ise bütün en yüksek değerlerin doğu yönünde toplanmış olmasıdır. Güney yönünde 6 tane, batı yönünde 4 tane ve kuzey yönünde 1 tane yaş aralığının ilk homojen grupta olduğu görülmektedir. Ayrıca güney yönünde 7 tane yaş aralığının en düşük homojen değerde ve 3 tane yaş aralığının da en yüksek ikinci değerde olduğu tespit edilmiştir.

4.9 Ba Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementler bir diğeri olan Ba elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.9.1'de verilmiştir.

Tablo 4.9.1 Ba elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	1973,2 A	2798,3 Bb	5368,2 Dc	3205,3 Cb	7956,6***
İç Kabuk	8522,4 B	9111,6 Cc	3270,2 Ab	13647,4 Dc	17128,0***
Odun	3194,6 B	821,6 Aa	866,8 Aa	588,8 Aa	9,8***
F Değeri	2,5ns	708,4***	37,6***	702,0***	

Ba elementi konsantrasyonlarının organa bağlı değişimi incelendiğinde, organ bazındaki değişimin batı, kuzey ve doğu yönlerde istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu, güney yönündeki değişimin ise istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde her üç yönde de üç farklı homojen grup oluştuğu tespit edilmiştir. Genel olarak tablo değerlerine bakıldığında en yüksek ve en düşük değerin doğu

yönünde olması dikkat çekmektedir. Dikkat çeken diğer bir nokta ise en yüksek değerin en düşük değerden yaklaşık 23 kat fazla olmasıdır.

Ba konsantrasyonunun dış kabuk, iç kabuk ve odun kısımlarında yön bazında değişimi istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Duncan testi sonuçlarına göre dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının dört homojen grup odun kısmının ise iki homojen grup oluşturduğu görülmektedir. Tablo değerlerine bakılarak dış kabuk kısmında en düşük değerin güney yönünde (1972,2 ppm), en yüksek değerin kuzey yönünde (5368,2 ppm), iç kabuk kısmında en yüksek değerin doğu yönünde (13647,4 ppm) en düşük değerin kuzey yönünde (3270,2 ppm) ve odun kısmında en düşük değerin doğu yönünde (588,8 ppm) en yüksek değerin de güney yönünde (3194,6 ppm) elde edildiği söylenebilir. Odunlardaki Ba konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.9.2'da verilmiştir.

Tablo 4.9.2 Odunda Ba elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	12453,0 Ch	542,0 Bb	475,4 Bab	284,4 Ab	115857,2***
2	11704,6 Dg	1119,4 Cf	422,0 Aab	490,2 Bef	109304,8***
3	2422,2 Ce	750,4 Be	498,7 Aab	519,0 Af	16349,7***
4	2543,9 Cf	1120,2 Bf	692,8 Ab	664,2 Ag	77,0***
5	944,3 Cc	436,4 Ba	1070,2 Dc	381,4 Ad	1262,1***
6	638,2 Cb	1168,7 Dg	449,7 Bab	406,4 Ad	1726,6***
7	506,8 ABa	586,9 Bc	3824,6 Cd	151,3 Aa	233,2***
8	496,9 Ba	1707,6 Dh	1150,5 Cc	345,3 Ac	901,9***
9	1210,8 Cd	551,2 Bb	231,2 Aa	2463,7 Dh	4734,7***
10	986,5 Dc	436,7 Ca	231,4 Aa	288,0 Bb	1051,0***
11	1233,3 Cd	618,4 Bd	488,9 Aab	482,9 Ae	1356,1***
F Değeri	20271,6***	2245,0***	124,5***	3757,9***	

Ba konsantrasyonunun yaş aralıklarının yönlere bağlı olarak değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre tüm yaş aralıklarının istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde 1., 3., 4., 7. ve 11. yaş aralıklarının üç farklı homojen grupta toplandığı diğer tüm yaş aralıklarının ise dört farklı homojen grupta toplandığı belirlenmiştir.

Ba elementinin yaş aralığına göre değişimi incelendiğinde en düşük değerlerin güney yönünde 8. (496,9 ppm), batı yönünde 10. (436,7 ppm), kuzey yönünde 9. (231,2 ppm) ve doğu yönünde 7. (151,3 ppm) yaş aralığında elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise güney yönünde 1. (12453,0 ppm), batı yönünde 8. (1707,6 ppm), kuzey yönünde 7. (3824,6 ppm) ve doğu yönünde 9. (2463,7 ppm) yaş aralığında tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında en düşük değerlerin doğu yönünde toplandığı görülmektedir.

Tablo verileri incelendiğinde ilk dikkat çeken nokta batı yönünde hiçbir yaş aralığı ilk homojen grupta yer almazken 2 tane yaş aralığının son homojen grupta yer almasıdır. En düşük değerlere bakıldığında toplam 11 tane yaş aralığından 8 tanesinin doğu yönünde olduğu görülmektedir. Ayrıca güney yönüne bakıldığında 1 tane yaş aralığının en yüksek değeri aldığı 4 tane yaş aralığının ise en yüksek ikinci değeri aldığı tespit edilmiştir.

4.10 Mg Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu elementler bir diğeri olan Mg elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.10.1'de verilmiştir.

Tablo 4.10.1 Mg elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	22733,1 a	36318,0 a	79890,3 ab	136546,1 b	2,9 ns
İç Kabuk	21203,3 Aa	23961,6 Ba	41549,5 Ca	252397,3 Dc	48205,7***
Odun	113551,0 b	115564,3 b	125566,7 b	103587,8 a	1,9 ns
F Değeri	64,1***	10,0***	4,3*	59,3***	

Mg elementinin dış kabuk, iç kabuk ve odun kısımlarının yönlere bağlı değişim değerlerine bakıldığında dış kabuk ve odun kısımlarında yöne bağlı değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı iç kabuk kısmındaki değişimin ise %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde iç kabuk kısmında dört farklı homojen grup oluştuğu ve her yönün ayrı bir homojen grupta yer aldığı belirlenmiştir. Tablo verilerine bakılarak en düşük değerlerin dış kabuk ve iç kabuk kısmının güney yönünde (22733,1 ppm ve 22203,3 ppm) odun kısmının da doğu yönünde (103587,8 ppm) elde edildiği, en

yüksek değerlerin ise dış kabuk ve iç kabuk kısımlarının doğu yönünde (136546,1 ppm ve 252397,3 ppm), odun kısmının da kuzey yönünde (125566,7 ppm) elde edildiği söylenebilir. Odunlardaki Mg konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.10.2'de verilmiştir.

Tablo 4.10.2 Odunda Mg elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	131467,9 Bh	175951,0 Cj	194849,4 Dcd	119038,0 Aj	2807,8***
2	113552,0 Ce	103707,4 Be	89846,8 Aa	162968,6 Dk	4362,9***
3	115375,0 Bf	188067,1 Dk	119313,8 Cb	110623,2 Ai	3159,0***
4	132866,0 Bi	21985,2 Aa	99756,2 Ba	108640,2 Bh	22,2***
5	104408,0 Cd	92674,0 Ac	211777,3 Dd	97594,1 Bf	6289,1***
6	104286,4 Bd	117154,9 Cg	129639,8 Db	95378,2 Ae	321,2***
7	79461,9 Ca	77174,0 Bb	85556,5 Da	58974,2 Aa	1976,0***
8	96749,0 Cc	97130,4 Cd	87344,9 Aa	93504,0 Bc	316,0***
9	129254,1 Dg	110898,3 Cf	85507,4 Aa	106644,8 Bg	3013,2***
10	95146,8 Bb	127614,3 Ch	87264,8 Aa	94767,7 Bd	580,7***
11	146493,5 Bj	158850,6 Ci	190376,4 Dc	91333,2 Ab	8961,0***
F Değeri	2654,5***	5045,2***	64,2***	14685,7***	

Mg elementinin yaş aralığına bağlı değişim tablosu incelendiğinde en düşük değerlerin güney ve doğu yönlerinde 7. (79461,9 ppm ve 58974,2 ppm), batı yönünde 4. (21985,2 ppm), kuzey yönünde de 9. (85507,4 ppm) yaş aralığında elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise güney yönünde 11. (146493,5 ppm), batı yönünde 3. (188067,1 ppm), kuzey yönünde 5. (211777,3 ppm), doğu yönünde de 2. (162968 ppm) yaş aralığında elde edilmiştir.

Odunda Mg elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde hem bütün yaş aralıklarının yöne bağlı, hem de bütün yönlerin yaş aralığına bağlı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı (en az %95 güven düzeyinde) olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre 4. yaş aralığının iki farklı

homojen grup, 8. yaş aralığının üç farklı homojen grup ve diğer tüm yaş aralıklarının da dört farklı homojen grup oluşturdukları tespit edilmiştir. Tablo verileri değerlendirildiğinde ilk dikkat çeken nokta güney yönünde hiçbir yaş aralığının ilk homojen grupta yer almamasıdır. En yüksek değerler incelendiğinde toplam 11 adet yaş aralığından 5 tanesinin kuzey yönünde olduğu, en düşük değerlere bakıldığında da 5 tanesinin doğu yönünde olduğu dikkat çekmektedir.

4.11 Ag Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementler bir diğeri olan Ag elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.11.1'de verilmiştir.

Tablo 4.11.1 Ag elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	-	3451,4 A	3862,4 A	5100,2 B	6,0*
İç Kabuk	-	4026,0 A	3634,0 A	5630,8 B	32,1**
Odun	2436,6 A	3475,2 B	3760,5 B	4952,3 C	42,9***
F Değeri	-	0,5 ns	0,4 ns	1,4 ns	

Ag elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı değişimini gösterir tablo incelendiğinde güney yönde iç ve dış kabukta Ag konsantrasyonunun belirlenebilir limitlerin altında kaldığı görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre her üç organda yöne bağlı olarak Ag konsantrasyonunun değişimi istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı iken bütün yönlerde organ bazında Ag konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Yöne bağlı değişim incelendiğinde Ag konsantrasyonunun en düşük güney yönde en yüksek ise doğu yönde elde edildiği, batı ve kuzey yönde elde edilen değerlerin ise Duncan testi sonucunda aynı homojen gruplarda yer aldığı belirlenmiştir. Odunlardaki Ag konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.11.2'de verilmiştir.

Odunda Ag elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde 1. ve 11. yaş aralıklarında Ag konsantrasyonunun belirlenebilir limitlerin altında kaldığı, 11. yaş aralığında yön bazında değişiminin ise istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı görülmektedir. Bunun dığında Ag

konsantrasyonunun bütün yaş aralıklarında yöne bağlı, bütün yönlerde de yaş aralığına bağlı olarak değişimi istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlıdır.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde bütün yaş dgruplarında güney yönde elde edilen değerlerin ilk, doğu yönde elde edilen değerlerin ise son homojen gruplarda yer alması dikkat çekicidir. Aynı yaş aralıklarında farklı yönlerde elde edilen Ag konsantrasyonları arasında 4 kattan fazla fark olabildiği belirlenmiştir.

Tablo 4.11.2 Odunda Ag elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	-	4053,7 Afgh	3801,6 Abc	5183,7 Bbc	13,4**
2	1403,3 Aa	3728,4 Bef	3541,8 Bb	5997,2 Cd	100,4***
3	2196,1 Abc	4656,8 C1	3494,3 Bb	4449,7 Cab	96,2***
4	1797,6 Aab	4535,1 Bhi	1505,6 Aa	5605,8 Ccd	41,5***
5	2642,1 Acd	3935,4 Bfg	2273,7 Aa	5027,3 Cbc	37,2***
6	2839,8 Ade	2310,7 Ab	4561,6 Bcd	4448,1 Bab	7,6*
7	1872,4 Aab	1826,6 Aa	4991,2 Cd	4591,2 Bab	245,4***
8	3128,6 Ade	2585,8 Abc	4279,3 Bbcd	5074,9 Cbc	35,4***
9	3214,4 Ae	2968,4 Acd	4350,2 Bbcd	5244,0 Cbc	35,8***
10	2835,1 Ade	3329,8 Ade	4381,0 Bbcd	4737,7 Bab	12,4**
11	-	4296,8 ghi	4185,4 bcd	4115,4 a	0,7 ns
F Değeri	17,3***	34,4***	11,7***	4,8***	

4.12 P Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu elementlerden ve aynı zamanda önemli besin elementlerinden olan Ag elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.12.1'de verilmiştir.

4.12.1 P elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	86032,1 Cb	122317,9 Dc	46885,6 Ba	44662,8 A	10078,1***
İç Kabuk	69886,2 Aab	77456,4 Bb	126564,5 Db	86353,0 C	2467,0***
Odun	35997,6 a	31161,1 a	36782,5 a	47639,2	1,2 ns
F Değeri	5,7**	20,7***	16,1***	0,8 ns	

P elementinin konsantrasyonlarının organa bağlı değişimi incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre doğu dışındaki bütün yönlerde istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre batı ve kuzey yönünde iki farklı homojen grup, güney yönünde ise üç farklı homojen grup oluşmuştur. Genel olarak en düşük P konsantrasyonlarının odun kısmında elde edilmesi dikkat çekmektedir. En düşük değer 31161,1 ppm ile batı yönünde odun kısmında en yüksek değer de 126564,5 ppm ile kuzey yönünde iç kabuk kısmında elde edilmiştir.

Dış kabuk, iç kabuk ve odun kısımlarında P elementinin yönlere bağlı değişim değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre kabuklardaki değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu fakat odun kısmındaki değişimin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre dış kabuk ve iç kabuk kısımlarında dört farklı homojen grup oluşmuş, dış kabukta P konsantrasyonu doğu<kuzey<güney<batı şeklinde sıralanırken iç kabukta güney<batı<doğu<kuzey şeklinde sıralanmıştır. Odunlardaki P konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.12.2'de verilmiştir.

Tablo 4.12.2 Odunda P elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	82252,8 Bj	83311,0 Cj	100926,6 Df	66260,1 Ag	1948,4***
2	73851,0 Ci	55476,4 Ah	55385,4 Ae	70822,5 Bh	472,2***
3	56825,5 Bg	65199,8 Ci	56570,1 Be	54983,0 Af	307,3***
4	72584,8 Bh	45586,1 Ag	43016,2 Ad	51777,6 Ae	9,5**
5	49572,0 Df	38451,2 Af	40649,2 Bd	41067,2 Cd	1459,5***
6	11654,6 Ad	19849,4 Ce	20785,2 Db	17477,2 Bc	2229,6***
7	7851,6 Ac	10379,9 Bd	38150,1 Ccd	7575,8 Ab	595,8***
8	5717,7 Ab	8183,0 Ac	32148,6 Bc	7810,8 Ab	105,8***
9	7195,4 Bc	5134,2 Aa	6888,5 Ba	195253,4 Ci	668040,3***
10	4769,4 Aa	5112,2 Ba	5621,4 Ba	5477,2 Ba	25,5***
11	23699,4 De	6089,4 Cb	4466,4 Aa	5526,1 Ba	14326,3***
F Değeri	10614,7***	31350,5***	107,9***	107113,8***	

P elementi konsantrasyonlarının yaş aralığına göre değişim değerleri incelendiğinde tüm yönlerdeki en düşük değerlerin 10. yaş aralığında elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler güney, batı ve kuzey yönlerinde 1. (82252,8 ppm, 83311,0 ppm ve

100926,6 ppm), doğu yönünde de 9. (195253,4 ppm) yaş aralığında tespit edilmiştir. En yüksek değerin en düşük değerden yaklaşık 41 kat fazla olması dikkat çekmektedir.

P elementinin farklı yaş aralıklarındaki konsantrasyonlarının yönler bazında değişimleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre 4 yaş aralığındaki değişimin %99 güven düzeyinde diğer tüm yaş aralıklarındaki değişimin ise %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre 4. ve 8. yaş aralıklarının iki farklı homojen grup, 2., 3., 7. ve 9. yaş aralıklarının üç farklı homojen grup diğer tüm yaş aralıklarının ise dört farklı homojen grup oluşturduğu görülmektedir. Tablo verilerine bakıldığında en düşük değerlerin 5 tanesinin batı yönünde 5 tanesinin doğu yönünde elde edildiği belirlenmiştir

4.13 B Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementler bir diğeri olan B elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.13.1'da verilmiştir.

Tablo 4.13.1 B elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	8660,6 Cb	6268,7 Bb	8669,1 Cb	4283,8 A	3651,7***
İç Kabuk	13349,7 Dc	6068,5 Ab	9275,6 Cb	7201,7 B	5345,8***
Odun	3361,7 a	3516,4 a	2240,8 a	3321,9	2,5 ns
F Değeri	49,0***	6,3**	46,9***	2,9 ns	

B elementinin organa bağlı değişim değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre güney ve kuzey yönlerdeki değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde, batı yönündeki değişimin ise istatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre güney yönünde üç, batı ve kuzey yönlerde iki homojen grup oluşmuştur. Genel olarak en düşük değerlerin odun kısmında, en yüksek değerlerin ise iç kabuk kısmında elde edildiği söylenebilir. Bütün değerler arasında en düşük değer odun kısmında kuzey yönünde (2240,8 ppm), en yüksek değer ise iç kabuk kısmında güney yönünde (13349,7 ppm) elde edilmiştir.

B elementinin yöne bağlı olarak değişiminin dış kabuk ve iç kabuk kısımlarında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde iç kabuk kısmında dört, dış kabuk kısmında üç homojen grup

oluştuğu görülmektedir.. Tablo verileri değerlendirildiğinde en düşük değerler dış kabuk kısmında doğu yönünde (4283,8 ppm) ve iç kabuk kısmında batı yönünde (6068,5 ppm) elde edilmiştir. En yüksek değerler ise dış kabuk kısmında kuzey yönünde (8669,1 ppm), iç kabuk kısmında ise güney yönünde (13349,7 ppm) elde edilmiştir. Odunlardaki B konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.13.2'de verilmiştir.

Tablo 4.13.2 Odunda B elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	2427,0 Bf	4340,2 Ch	5997,0 Dh	640,6 Ab	9500,0***
2	5225,0 Bh	4784,0 Bi	798,0 Aa	6922,4 Cf	114,2***
3	2298,6 Be	5534,3 Dj	1031,4 Ab	3754,0 Ce	560,2***
4	6036,3 Di	1894,8 Bc	1090,8 Ab	3729,8 Ce	5844,9***
5	7478,3 Cj	1153,1 Aa	1510,9 Bc	1033,0 Ab	283,2***
6	1806,6 Ab	3966,2 Cg	2568,1 Bf	1921,4 Ac	283,2***
7	2088,2 Ad	3714,6 Bf	4976,5 Cg	8559,6 Dg	1663,4***
8	1944,0 Bc	1496,2 Ab	2348,1 Ce	2787,3 Dd	110,6***
9	2263,5 Be	2182,9 Bd	1798,9 Ad	6594,4 Cf	2377,1***
10	1571,7 Ca	7001,4 Dk	1034,0 Bb	28,5 Aa	3685,1***
11	3840,2 Dg	2613,1 Ce	1495,2 Bc	570,2 Ab	3324,9***
F Değeri	3541,5***	1921,3***	543,9***	365,7***	

B elementi konsantrasyonlarının yaş aralığına bağlı değişimi incelendiğinde bu değişimin bütün yönlerde istatistiki olarak anlamlı düzeyde (%99,9 güven düzeyinde) olduğu görülmektedir. Güney yönündeki en düşük değer 10. (1571,7 ppm), en yüksek değer 5. (7478,3 ppm), batı yönündeki en yüksek değer 10. (7001,4 ppm) en düşük değer 5. (1153,1 ppm) yaş aralıklarında elde edilmiştir. Kuzey yönündeki en düşük değer 2. (798,0 ppm) en yüksek değer 1. (5997,0 ppm) ve doğu yönündeki en yüksek değer 7. (8559,6 ppm) en düşük değer de 10. (28,5 ppm) yaş aralığında elde edilmiştir. En yüksek değer ile en düşük değer arasındaki yaklaşık 300 kat fark dikkat çekmektedir.

B elementinin yaş aralıkları bazında yöne bağlı değişimleri incelendiğinde tüm yaş aralıklarında yöne bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçlarına göre 2., 5., 6. ve 9. yaş aralıklarında üç farklı homojen grup, diğer tüm yaş aralıklarında ise dört farklı homojen grup oluştuğu belirlenmiştir.

4.14 Ga Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen elementler bir diğeri olan Ga elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.14.1'de verilmiştir.

Tablo 4.14.1 Ga elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	-	9828,8 A	11082,1 A	14181,3 B	19,2**
İç Kabuk	-	11558,2 A	10532,4 A	17780,6 B	54,2***
Odun	6454,1 A	9960,8 B	11139,1 C	15253,9 D	75,9***
F Değeri	-	0,8 ns	0,07 ns	2,9 ns	

Ga elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı değişimini gösterir tablo incelendiğinde güney yönde iç ve dış kabukta Ga konsantrasyonunun belirlenebilir limitlerin altında kaldığı görülmektedir. Varyans analizi sonuçlarına göre her üç organda yöne bağlı olarak Ga konsantrasyonunun değişimi istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı iken bütün yönlerde organ bazında Ga konsantrasyonunun değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Yöne bağlı değişim incelendiğinde Ga konsantrasyonunun en düşük güney yönde en yüksek ise doğu yönde elde edildiği belirlenmiştir. Odunlardaki Ga konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.14.2'da verilmiştir.

Tablo 4.14.2 Odunda Ga elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	1802,3 Aa	11035,5 Bd	10817,6 Bcd	16599,0 Cc	306,4***
2	4275,4 Ab	10630,6 Bcd	10003,3 Bc	19341,7 Cd	91,6***
3	5606,1 Ac	12840,3 Cf	9960,2 Bc	14263,3 Db	94,1***
4	5475,1 Ac	12571,7 Bef	5440,4 Aa	16159,0 Cc	57,7***
5	7508,2 Ad	11181,4 Bd	7734,2 Ab	16293,3 Cc	100,8***
6	8073,1 Ade	7394,7 Ab	14312,2 Bf	13800,2 Bb	35,4***
7	5927,3 Ac	6135,0 Aa	14088,6 Bf	14803,0 Bbc	109,5***
8	8854,0 Ae	8066,1 Ab	13178,5 Bef	15219,8 Cbc	84,8***
9	8698,2 Ade	8352,8 Ab	12598,4 Bdef	14287,3 Cb	50,7***
10	8321,3 Ade	9767,0 Ac	12636,8 Bdef	15338,9 Cbc	29,8***
11	-	11593,4 de	11760,3 cde	11687,2 a	0,9 ns
F Değeri	31,4***	30,1***	20,7***	11,9***	

Odunlarda Ga elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde 11. yaş aralığında Ga konsantrasyonunun belirlenebilir limitlerin altında kaldığı, 11. yaş aralığında yön bazında değişiminin ise istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı görülmektedir. Bunun dışında Ga konsantrasyonunun bütün yaş aralıklarında yöne bağlı, bütün yönlerde de yaş aralığına bağlı olarak değişimi istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlıdır.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde bütün yaş gruplarında güney yönde elde edilen değerlerin ilk, doğu yönde elde edilen değerlerin ise son homojen gruplarda yer alması dikkat çekicidir. Aynı yaş aralıklarında farklı yönlerde elde edilen Ga konsantrasyonları arasında 9 kattan fazla fark olabildiği belirlenmiştir

4.15 Zn Elementinin Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmada değerlendirilen, insan sağlığı açısından en zararlı elementlerden olan Zn elementinin konsantrasyonunun organ ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.15.1'da verilmiştir.

Tablo 4.15.1 Zn elementinin organ ve yöne bağlı değişimi

Organ	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
Dış Kabuk	13374,4 C	12841,0 C	8319,0 Ba	1230,9 Aa	595,7***
İç Kabuk	14795,3 B	10640,4 A	41904,6 Db	27271,2 Cb	4199,2***
Odun	21925,0	13157,8	20605,9 a	11767,8 a	4,4 ns
F Değeri	0,960 ns	0,118 ns	5,429**	7,207**	

Zn elementi konsantrasyonlarının organ ve yöne bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına göre odun kısmında yöne bağlı değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir. Bunun dışında güney ve batı yönlerde organ bazındaki değişim de istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı değildir.

Duncan testi sonuçlarına bakıldığında dış kabuk kısmında üç farklı homojen grup, iç kabuk kısmında dört farklı homojen grup oluştuğu görülmektedir. Tablo değerlerine göre en düşük Zn değerleri dış kabuk ve odun kısımlarında doğu yönünde (1230,9 ppm ve 11767,8 ppm), iç kabuk kısmında batı yönünde (10640,4 ppm) elde edildiği, en yüksek değerlerin ise iç kabuk ve odun kısımlarında kuzey yönünde (41904,6 ppm ve

20605,9 ppm), dış kabuk kısmında da güney yönünde (13374,4 ppm) elde edildiği belirlenmiştir. Odunlardaki Zn konsantrasyonunun yaş aralığı ve yöne bağlı olarak değişimi Tablo 4.15.2'de verilmiştir.

Tablo 4.15.2 Odunda Zn elementinin yaş aralığı ve yöne bağlı değişimi

Yaş Aralığı	Yönler				F Değeri
	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	
1	5843,5 Ca	4140,2 Bc	20180,5 Dd	3513,2 Ab	6202,6***
2	6992,4 Bb	3174,3Ab	13684,3Cc	33521,2Dh	2769,7***
3	32057,4 Di	5090,0 Bd	4410,4 Ab	13001,6 Ce	7666,8***
4	13450,4 Cc	11876,9 Ce	6215,4 Bb	2023,2 Aa	69,6***
5	14633,7 Cd	354,5 Aa	774,6 Aa	2493,6 Ba	496,6***
6	15307,6 Ce	16209,9 Df	12226,2 Bc	5139,4 Ac	1418,7***
7	17561,4 Bf	26744,0 Ci	28141,2 De	7309,3 Ad	1296,2***
8	21805,8 Cg	17136,1 Bg	29552,2 De	12511,6 Ae	1326,2***
9	22508,8 Bh	27393,1 Ci	32881,6 Df	13908,1 Af	74,5***
10	38991,1 Cj	20719,0 Bh	37783,0 Cg	17638,2 Ag	444,7***
11	52022,5 Dk	11898,4 Ae	40815,5 Ch	18386,2 Bg	6817,7***
F Değeri	8008,0***	1561,2***	364,5***	1149,3***	

Zn elementinin yaş aralığına bağlı olarak değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde en düşük değerlerin güney yönünde 1. yaş aralığında (5843,5 ppm), batı ve kuzey yönlerinde 5. yaş aralığında (354,5 ppm ve 774,6 ppm) doğu yönünde de 4. yaş aralığında (2023,2 ppm) olduğu en yüksek değerlerin ise güney ve kuzey yönlerinde 11. yaş aralığında (52022,5 ppm ve 40815,5 ppm) batı yönünde 9. yaş aralığında (27393,1 ppm), doğu yönünde de 2. yaş aralığında (33521,2 ppm) olduğu görülmektedir.

Zn konsantrasyonlarının yaş aralıkları bazında değişimini gösterir tablo değerlerine göre varyans analizi sonucunda tüm yaş aralıklarında yöne ve tüm yönlerde yaş aralıklarına bağlı değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Duncan testi sonuçları incelendiğinde 4., 5. ve 10. yaş aralıklarının üç farklı homojen grupta, diğer tüm yaş aralıklarının ise dört farklı homojen grupta toplandığı görülmektedir.

Tablo verileri incelendiğinde toplam 11 yaş aralığının 7 tanesinde elde edilen en düşük değerler doğu yönünde elde edilirken 3 tanesinde batı yönünde elde edilmiştir. En

yüksek değerler dikkate alındığında ise 4 tanesi kuzey yönünde tespit edilmiştir. Ayrıca bu yönde elde edilen 1 değer de en yüksek ikinci değerdir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda elementlerin organ bazındaki değişimin büyük oranda istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Sadece Fe elementinin güney ve kuzey, As elementinin kuzey, Ba elementinin güney, B elementinin doğu, Zn elementinin güney ve batı yönlerdeki değişimleri ile Ag ve Ga elementlerinin bütün yönlerde organ bazındaki değişimleri istatistiki olarak anlamlı düzeyde değildir. Bunun dışında Ga ve Ag elementlerinin güney yönünde kabuklardaki konsantrasyonları belirlenebilir limitlerin altında kalmıştır. Ca, Cr, Al ve P elementlerinde en düşük değerler odunlarda elde edilirken elementlerin çoğunda en yüksek değerler dış kabukta elde edilmiştir. Özellikle Cr, Zn, Fe gibi ağır metallerin trafiğin yoğun olduğu doğu ve kuzey yönlerdeki konsantrasyonlarının oldukça yüksek olması da dikkat çekmektedir.

Ağır metaller konusunda yapılan çalışmalarda organ bazında ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak konsantrasyonların büyük oranda farklılaştığı belirtilmektedir. Akarsu (2019), çalışmasında Al, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Ni, Pb ve Zn elementlerinin değişimini değerlendirilmiş ve hemen hemen bütün elementlerde en düşük konsantrasyonların odunda, en yüksek konsantrasyonlarının ise dış kabukta elde edildiğini belirlemiştir. Sevik vd., (2020b) Pb, Co ve Fe elementlerinde en yüksek konsantrasyonları dış kabukta, en düşük konsantrasyonları ise odunda elde etmişlerdir. Her iki çalışmada da dış kabukta trafiğin olmadığı yöne dönük kısımda elementlerin konsantrasyonları önemli seviyelerde değilken trafiğin olduğu yöne dönük kısımda en yüksek konsantrasyonlar dış kabukta elde edilmiştir.

Turkyilmaz vd., (2018b; 2019) iki ayrı çalışmada dış kabuktaki bazı ağır metal konsantrasyonlarının, diğer organlardakinden çok daha yüksek seviyelerde olduğunu belirtmektedir. Zhang vd., (2019) kabuk kısmında Pb birikiminin aşırı derecede yüksek olduğunu, bu durumun da Pb konsantrasyonlarının topraktan değil atmosferden doğru emildiğinin kanıtı olduğunu ileri sürmüşlerdir. Benzer şekilde ağaç yıllık halkalarındaki Hg'nın da büyük oranda atmosferik kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Chellman vd., 2020). Farklı çalışmalarda Pb, Cd, Cr ve Ni gibi ağır metal konsantrasyonlarının, kabuklarda odunlardakinden çok daha yüksek düzeyde

bulunması (Akarsu, 2019; Cesur, 2019; Sevik vd., 2020a) da bu tezi destekler niteliktedir. Nitekim pek çok çalışmada da trafiğin, sanayi tesisleri ile birlikte pek çok ağır metalin en önemli kaynağı durumunda olduğu belirtilmiştir (Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2020).

Dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının diğer organlardan daha yüksek seviyelerde olması ve bu durumun özellikle trafiğin yoğun olduğu yönden alınan örneklerde çok daha net bir şekilde görülmesinin sebebinin büyük oranda kabuğun pürüzlü yapısı ve bu yapıya yapışan ağır metaller ile kontamine olmuş partikül maddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan çalışmalarda havadaki ağır metallerin partikül maddeler üzerine yapışarak, partikül maddeleri ağır metaller ile enfekte ettiği ve bu partikül maddelerin de bitki organları üzerine yerleşmesi ile bu organlardaki ağır metal konsantrasyonlarının yükseldiğini belirlenmiştir (Mossi, 2018; Sevik vd., 2019d). Dış kabuğun pürüzlü yüzey yapısına sahip olması partikül maddelerin burada tutunmasını kolaylaştırmakta, özellikle trafiğin yoğun olduğu yöndeki kabuklarda ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olması da bu yöndeki partikül maddelerin trafik kaynaklı ağır metaller ile kontamine olmasıyla açıklanmaktadır (Akarsu, 2019). Zira trafik, en önemli ağır metal kaynaklarından birisidir (Shahid vd., 2017; Cetin vd., 2020).

Bitkilerin partikül madde ve dolayısıyla ağır metalleri tutma ve alma potansiyeli bitki türlerinin fizyolojik özellikleri yanında ağır metalin yapısı ile de doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla çalışma kapsamında bazı elementlerin konsantrasyonlarının trafiğin yoğun olduğu yönde daha yüksek konsantrasyonlarda olması, bazılarının ise yöne bağlı değişiminin anlamsız düzeyde olması, elementlerin birikiminin pek çok faktöre bağlı olarak değişmesi ile açıklanabilir. Çünkü ağır metallerin bitki bünyesine girmesini ve birikmesini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bitki türü, yağış ve rutubet miktarı, bitki habitusu, organın yapısı gibi bitki yapısı ve çevresel faktörlerin yanında, ağır metalin türü ve bitki ile etkileşimi de ağır metallerin bitki organlarında birikimini etkileyen önemli bir faktördür (Sevik vd., 2020c; Aricak vd., 2020).

Çalışma sonucunda elementlerin bütün yönlerde yıl bazında değişiminin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Ancak elementlerin farklı dönemlerdeki konsantrasyonları farklı düzeydedir. Bu durum yine ağır

metallerin bitki bünyesine girişini ve birikimini etkileyen çok sayıda faktör olması sebebiyle ortaya çıkmakla birlikte aynı zamanda ağır metallerin bitki bünyesinde, en azından odun kısmında, transferinin kısıtlı olduğunu göstermektedir. Bu sebeple de odunların oluştuğu dönemde atmosferdeki ağır metal konsantrasyonunun değişken olması, farklı yıllarda oluşan odunlardaki ağır metal konsantrasyonlarının da farklı düzeyde olmasına sebep olmaktadır.

Çalışmanın ana amaçlarından birisi, ağır metallerin bitki bünyesine girişinden itibaren bitki içerisinde hareketi yani yer değiştirmesi konusunda bilgi edinmektir. Çalışma sonucunda hem aynı yönde birbirine bitişik durumda olan dış kabuk, iç kabuk ve odunlar arasında, hem de aynı yıl oluşan ancak farklı yönlerde olan odunlar arasında element konsantrasyonları bakımından büyük farklılıklar olabildiği belirlenmiştir. Bu durum, çalışmaya konu elementlerin organlar arasında yer değiştirmesinin oldukça sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir. Ağır metallerin bitki bünyesine girişinden itibaren türleşmesi ve yer değiştirmesi konusunda bilgi düzeyi oldukça sınırlıdır (Shahid vd., 2017). Zhang vd., (2019) yıllık halkalarda Zn ve Pb konsantrasyonlarının belirli bir dereceye kadar yer değiştirdiğini, Cu konsantrasyonunun ise hiç yer değiştirmediği belirtmişlerdir.

6. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, çalışmaya konu elementlerin büyük çoğunluğunun ağacın gövdesindeki organlarda birikiminin farklı düzeyde olduğunu, özellikle insan ve çevre sağlığı açısından tehlikeli olan bazı elementlerde en yüksek konsantrasyonların dış kabukta elde edildiğini göstermektedir. Ancak, dış kabuğun ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olarak kullanılması önerilmemektedir. Bunun sebebi dış kabuğun pürüzlü yapısı dolayısıyla ağır metallerle kontamine partikül maddeleri fazlaca içermesi ve kabuğun yaşının ve dolayısıyla ağır metallere maruz kalma süresinin farklı olmasıdır.

Çalışma kapsamında elde edilen bir diğer önemli sonuç çalışmaya konu elementlerin büyük çoğunluğunun konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişiminin farklı düzeyde olmasıdır. Bu durumun çalışmaya konu tür ile elementlerin yapısının karşılıklı etkileşimi sonucunda ortaya çıkması muhtemeldir. Dolayısıyla her bir ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde en uygun türün ayrı ayrı belirlenmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Çalışmaya konu *Cedrus atlantica* yıllık halkalarının, birçok elementin değişiminin izlenmesi için son derece uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak, özellikle topraktan alınımı daha yüksek düzeyde olduğu bilinen ve aynı zamanda önemli besin elementlerinden olan P, Ca, K, Na gibi elementlerin havadaki konsantrasyonunlarının değişiminin izlenmesi amacıyla *Cedrus atlantica* yıllık halkalarının kullanılması önerilmemektedir.

Çalışma kapsamında kullanılan yöntem ile farklı ağaçlar üzerinde çalışmalar yapılarak havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi hakkında daha detaylı bilgiler elde edinilebilir. Özellikle çok daha yaşlı ağaçların yıllık halkaları kullanılarak geçmişten günümüze ağır metal kirliliğinin nasıl değiştiği, hatta sanayi devrimi ve kentleşme gibi uzun yıllar önce gerçekleşmeye başlayan ve uzun süreçler içerisinde meydana gelen değişimlerin, havadaki ağır metal kirliliği üzerine etkisi net bir şekilde belirlenebilir.

KAYNAKLAR

Akarsu, H. (2019). Determination of Heavy Metal Accumulation in Atmosphere by Being Aid of Annual Rings, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 71 pages

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.

Aljerf, L., & Choukaife, A. E. (2018). Review: Assessment of the Doable Utilisation of Dendrochronology as an Element Tracer Technology in Soils Artificially Contaminated with Heavy Metals. *Biodiversity Int J*, *2*(1), 00037.

Alkharam, A.S.A. (2019). The Opportunities of *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* (Asc. & Sint. ex Boiss.) Coode & Cullen Species for Usability as Biomonitor in Monitoring the Change of Heavy Metal Concentrations in Recent Past, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Biology, MsC Thesis, 61 pages

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

Ateya, T.A.A. (2020). The Availability of *Picea pungens* Engelm. Installation in Monitoring The Change of Heavy Metal Pollution in Urban Planning Studies, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Engineering Management, MsC Thesis, 79 pages

Badea, M., Luzardo, O. P., González-Antuña, A., Zumbado, M., Rogozea, L., Floroian, L., Alexandrescu, D., Moga, M., Gaman, L.,Radoi, M., Boada, L.D.

& Henríquez-Hernández, L. A. (2018). Body burden of toxic metals and rare earth elements in non-smokers, cigarette smokers and electronic cigarette users. *Environmental research*, *166*, 269-275.

Bayraktar, O. Y., Saglam-Citoglu, G., Belgin, C. M., & Cetin, M. (2019b). 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, O. Y., Saglam-Citoglu, G., Belgin, C. M., Cetin, S., & Cetin, M. (2019a). Investigation of effect of brick dust and silica fume on the properties of portland cement mortar. Fresenius Environmental Bulletin, 28(11), 7823-7832.

Bayraktar, O.Y. (2020a). Durability performance of concrete structures exposed to fire, International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 9(11), 70-81.

Bayraktar, O.Y. (2020b). Risk management in construction sector. World Journal of Advanced Research and Reviews, 8(2), 237-243.

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, (In press)

Beramendi-Orosco, L. E., Rodriguez-Estrada, M. L., Morton-Bermea, O., Romero, F. M., Gonzalez-Hernandez, G., & Hernandez-Alvarez, E. (2013). Correlations between metals in tree-rings of Prosopis julifora as indicators of sources of heavy metal contamination. *Applied geochemistry*, *39*, 78-84.

Bonanno, G., Borg, J. A., & Di Martino, V. (2017). Levels of heavy metals in wetland and marine vascular plants and their biomonitoring potential: a comparative assessment. *Science of the Total Environment*, *576*, 796-806.

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., & 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., Sevik, H., & Saat, A. (2017b). 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., 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.

Chellman, N., Csank, A., Gustin, M. S., Arienzo, M. M., Estrada, M. V., & McConnell, J. R. (2020). Comparison of co-located ice-core and tree-ring mercury records indicates potential radial translocation of mercury in whitebark pine. *Science of The Total Environment*, *743*, 140695.

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

Çetin, M. (2020). 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

Çobanoğlu, O. (2019). The Possibilities of Using Blue Spruce (*Picea pungens* Engelm) As a Bio-Monitor by Measuring The Recent Accumulation of Heavy Metals in its Leaves, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 62 pages

Dinis, L., Bégin, C., Savard, M. M., & Parent, M. (2021). Impacts of smelter atmospheric emissions on forest nutrient cycles: Evidence from soils and tree rings. *Science of The Total Environment*, *751*, 141427.

Edusei, G., Tandoh, J. B., Edziah, R. & Gyampo, O. (2020). Chronological studies of traffic pollution using elemental analysis of tree rings: Case Study of Haatso-atomic Road. *Pollution*, *6*(2), 377-386.

Eid, E. M., Shaltout, K. H., Al-Sodany, Y. M., Haroun, S. A., Galal, T. M., Ayed, H., ... & Jensen, K. (2020). Common reed (Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel) as a candidate for predicting heavy metal contamination in Lake Burullus, Egypt: A biomonitoring approach. *Ecological Engineering*, *148*, 105787.

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.

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.

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

Hmeer, A.I.A. (2020) Variation of Heavy Metal Concentrations Depending On Growing Environment in Some Plants, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Environmental Engineering, MsC Thesis, 62 pages

Hojdová, M., Navrátil, T., Rohovec, J., Žák, K., Vaněk, A., Chrastný, V., ... & Svoboda, M. (2011). Changes in mercury deposition in a mining and smelting region as recorded in tree rings. *Water, Air, & Soil Pollution*, *216*(1), 73-82.

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.

Hu, B., Xue, J., Zhou, Y., Shao, S., Fu, Z., Li, Y., ... & Shi, Z. (2020). Modelling bioaccumulation of heavy metals in soil-crop ecosystems and identifying its controlling factors using machine learning. *Environmental Pollution*, *262*, 114308.

Jia, X., Fu, T., Hu, B., Shi, Z., Zhou, L., & Zhu, Y. (2020). Identification of the potential risk areas for soil heavy metal pollution based on the source-sink theory. *Journal of hazardous materials*, *393*, 122424.

Jiang, H. H., Cai, L. M., Wen, H. H., Hu, G. C., Chen, L. G., & Luo, J. (2020). An integrated approach to quantifying ecological and human health risks from different sources of soil heavy metals. *Science of the Total Environment*, *701*, 134466.

Jo, J., Jo, B., Kim, J., Kim, S., & Han, W. (2020). Development of an iot-based indoor air quality monitoring platform. *Journal of Sensors*, *2020*.

Kaplan, G., Gulcan, A., Cagdas, B., Bayraktar, O. Y. (2021). Impact of recycled coarse aggregates obtained from waste concretes on the lightweight pervious concrete properties. Environmental Science and Pollution Research, DOI: 10.1007/s11356-020-11881-y (In press)

Karaçocuk, T. (2021). Changes in Heavy Metal Concentrations Depending on Traffic Density in Some Plants Grown in Samsun City Center. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 79 pages

Keçeci, H.B. (2019). Usability of blue spruce (picea pungens engelm) as biomonitor for monitoring some heavy metal. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 75 pages

Khalid, N., Masood, A., Noman, A., Aqeel, M., & Qasim, M. (2019). Study of the responses of two biomonitor plant species (Datura alba & Ricinus communis) to roadside air pollution. *Chemosphere*, *235*, 832-841.

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

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.

Kumar, M., Gupta, N., Ratn, A., Awasthi, Y., Prasad, R., Trivedi, A., & Trivedi, S. P. (2020). Biomonitoring of heavy metals in river ganga water, sediments, plant, and fishes of different trophic levels. *Biological trace element research*, *193*(2), 536-547.

Leonelli, G., Battipaglia, G., Cherubini, P., Morra di Cella, U., & Pelfini, M. (2011). Chemical elements and heavy metals in European larch tree rings from remote and polluted sites in the European Alps. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, *24*, 195-206.

Liu, Y., Ta, W., Cherubini, P., Liu, R., Wang, Y., & Sun, C. (2018). Elements content in tree rings from Xi'an, China and environmental variations in the past 30 years. *Science of the Total Environment*, *619*, 120-126.

Melek, T. (2020). Evaluation of Some Soil Characteristics in Devrekani Agricultural Soil With The Help of Geographical Information Systems, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 70 pages

Mihaljevič, M., Ettler, V., Šebek, O., Sracek, O., Kříbek, B., Kyncl, T., ... & Veselovský, F. (2011). Lead isotopic and metallic pollution record in tree rings from the Copperbelt mining–smelting area, Zambia. *Water, Air, & Soil Pollution*, *216*(1), 657-668.

Mossi, M.M.M (2018). Determination Of Heavy Metal Accumulation In Some Shrub Formed Landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Phd Thesis, 141 pages

Muñoz, A. A., Klock-Barría, K., Sheppard, P. R., Aguilera-Betti, I., Toledo-Guerrero, I., Christie, D. A., ... & Chávez, R. O. (2019). Multidecadal environmental pollution in a mega-industrial area in central Chile registered by tree rings. *Science of the Total Environment*, *696*, 133915.

Mutlu, E. (2019). Evaluation of spatio-temporal variations in water quality of Zerveli stream (northern Turkey) based on water quality index and multivariate statistical analyses. *Environmental monitoring and assessment*, *191*(6), 1-14.

Mutlu, E., & Güzel, A. E. (2019). Evaluation of Some Physicochemical Water Quality Parameters of Gümüşsuyu Pond (Sinop-Erfelek). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *7*(sp3), 72-77.

Mutlu, E., & Kurnaz, A. (2017). Determination of seasonal variations of heavy metals and physicochemical parameters in Sakiz Pond (Kastamonu-Turkey). *Fresen. Environ. Bull*, *26*(4), 2807-2816.

Mutlu, E., & Uncumusaoğlu, A. A. (2017). Investigation of the water quality of Alpsarı Pond (Korgun-Çankırı). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *17*(6), 1231-1243.

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.

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.

Ozturk, A., Yarci, C., & Ozyigit, I. I. (2017). Assessment of heavy metal pollution in Istanbul using plant (Celtis australis L.) and soil assays. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, *31*(5), 948-954.

Özgövercikli, F. (2020). Investigation of Soil Efficiency in Agricultural Areas of Kastamonu Province Devrekani District, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 65 pages

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

Saleh, E.A.A. (2018). Determination of Heavy Metal Accumulation in Some Landscape Plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Phd Thesis, 123 pages

Schneider, L., Allen, K., Walker, M., Morgan, C., & Haberle, S. (2019). Using tree rings to track atmospheric mercury pollution in Australia: The legacy of mining in Tasmania. *Environmental science & technology*, *53*(10), 5697-5706.

Sert, E. B., Turkmen, M., & Cetin, M. (2019). Heavy metal accumulation in rosemary leaves and stems exposed to traffic-related pollution near Adana-İskenderun

Highway (Hatay, Turkey). *Environmental monitoring and assessment*, *191*(9), 553.

Sevik, H., Yahyaoglu, Z., & Turna, I. (2012a). 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., & 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., 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. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020a). 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. (2020b). 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. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020c). 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., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2020d). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. Environment, Development and Sustainability, 1-13.

Sevik, H. (2021). Bazı Peyzaj Bitkilerinde Krom Konsantrasyonunun Tür, Organ ve Trafik Yoğunluğuna Bağlı Değişimi, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology (In Press).*

Shahid, M., Dumat, C., Khalid, S., Schreck, E., Xiong, T., & Niazi, 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.

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.

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.

Topacoglu, O., Şevik, H., Sivacioglu, A., & Ferhat, K. (2017). Genetic variations among and within the populations of Calabrian pine (Pinus brutia Ten.) in Turkey. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *17*(4), 691-702.

Tunçer, B. (2020) Change of Heavy Metal Concentrations in Some One Year Plants. Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, MsC Thesis, 92 pages

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.

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

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

Turna, İ., Şevik, H. ve Yahyaoğlu, Z., (2009) Uludağ Göknarı (Abies nordmanniana subsp. bornmülleriana mattf.) Populasyonlarında Morfolojik Özelliklere Bağlı Genetik Çeşitlilik, Bartın Orman Fakültesi Dergisi I.Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı, Özel Sayı, ISSN: 1302-0943, II, pp. 341-347

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., 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.

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.

Yigit, 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., 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.

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.

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.

Yucedag, C., Cetin, M., Ozel, H. B., Aisha, A. E. S. A., Alrabiti, O. B. M., & JAMA, A. M. O. A. (2021). The impacts of altitude and seed pretreatments on seedling emergence of Syrian juniper (Juniperus drupacea (Labill.) Ant. et Kotschy). *Ecological Processes*, *10*(1), 1-6.

Zhang, X. (2019). The history of pollution elements in Zhengzhou, China recorded by tree rings. *Dendrochronologia*, *54*, 71-77.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Duygu Seda SAVAŞ
Doğum Yeri ve Yılı : Kastamonu / 1992
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Daday Lisesi, 2010
Lisans : Bartın Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 2017

Mesleki Deneyim

İş Yeri : Bizim Çevre Hiz. Maden. Elekt. İnş. San. ve Tic. Ltd Şt., 2018