

**ATMOSFERDEKİ BAZI AĞIR METAL
KONSANTRASYONLARININ 180 YILLIK DEĞİŞİMİNİN *Corylus
colurna* YILLIK HALKALARI YARDIMIYLA BELİRLENMESİ**

KÜBRA KEY

**YÜKSEK LİSANS
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. ŞEMSETTİN KULAÇ**

DÜZCE, 2023

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ATMOSFERDEKİ BAZI AĞIR METAL
KONSANTRASYONLARININ 180 YILLIK DEĞİŞİMİNİN *Corylus*
***colurna* YILLIK HALKALARI YARDIMIYLA BELİRLENMESİ**

Kübra KEY tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Hakan ŞEVİK

Kastamonu Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi İsmail KOÇ

Düzce Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 08/06/2023

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

08 Haziran 2023

Kübra KEY



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bana inanıp, güvenen ve her türlü desteklerini eksik etmeyen öncelikle Doç. Dr. Hakan ŞEVİK hocama ve Prof.Dr. Burak ARICAK, Dr. Öğr. Üyesi İsmail KOÇ hocalarıma ayrıca çalışma arkadaşım Dr. Uğur CANTÜRK'e şükranlarımı sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen öncelikle canım abim Mehmet Önder KEY'e ve sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

08 Haziran 2023

Kübra KEY

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR.....	viii
SİMGELER	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. Literatür Özeti	3
2.1. AĞIR METALLER VE BİYOMONİTORLER KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	3
2.2. ÇALIŞMAYA KONU TÜRÜN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
4. BULGULAR.....	15
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	32
6. ÖNERİLER.....	38
7. KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	54

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. <i>Corylus colurna</i> 'nın yaprak ve meyvesi.....	11
Şekil 3.1. Örneğin alındığı nokta.....	12
Şekil 3.2. a) Türk fındık ağacı, b) çevresi, c) örneğin görünümü ve d) kütüğün kesiti.....	13



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. Pb (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	15
Çizelge 4.2. Odunda Pb (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	15
Çizelge 4.3. Cr (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	17
Çizelge 4.4. Odunda Cr (ppb) konsantrasyonlarının yaş ve yön bazında değişimi.....	17
Çizelge 4.5. Zn (ppm) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	18
Çizelge 4.6. Odunda Zn (ppm) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	19
Çizelge 4.7. Ni (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	20
Çizelge 4.8. Odunda Ni (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	20
Çizelge 4.9. Co (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	21
Çizelge 4.10. Odunda Co (ppb) konsantrasyonlarının yaş ve yön bazında değişimi.....	22
Çizelge 4.11. Mn (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	23
Çizelge 4.12. Odunda Mn (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	23
Çizelge 4.13. Cd (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	24
Çizelge 4.14. Yıllık halkalarda Cd konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	25
Çizelge 4.15. Fe (ppm) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	26
Çizelge 4.16. Yıllık halkalarda Fe konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	26
Çizelge 4.17. Al (ppm) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	27
Çizelge 4.18. Yıllık halkalarda Al konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	27
Çizelge 4.19. Ba (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	28
Çizelge 4.20. Odunda Ba (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	29
Çizelge 4.21. Li (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.....	30
Çizelge 4.22. Yıllık halkalarda Li konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.....	30

KISALTMALAR

Al	Alüminyum
As	Arsenik
ATSDR	Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıt Kurumu
Au	Altın
B	Bor
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Ga	Galyum
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
Hg	Cıva
HNO ₃	Nitrik Asit
ICP-OES	İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi
K	Potasyum
Li	Lityum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
Ni	Nikel
P	Fosfor
Pb	Kurşun
Ppb	Milyarda parçacık sayısı
Ppm	Milyonda parçacık sayısı
S	Kükürt
Se	Selenyum
SPSS	Sosyal Bilimler için İstatistik Programı
Sr	Stronsiyum
V	Vanadyum
Zn	Çinko

SİMGELER

°C	Santigrat derece
*	P<0,05
**	P<0,01
***	P<0,001
ns	p>0,05



ÖZET

ATMOSFERDEKİ BAZI AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ 180 YILLIK DEĞİŞİMİNİN *Corylus colurna* YILLIK HALKALARI YARDIMIYLA BELİRLENMESİ

Kübra KEY

Düzce Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Şemsettin KULAÇ

Haziran 2023, 53 sayfa

Son yüzyılda öncelikle trafik başta olmak üzere, sanayi faaliyetleri, madencilik ve kentleşme antropojenik etkiler sebebiyle atmosferdeki kirlilik oranı önemli ölçüde artmış, insan ve çevre sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmış, dünya genelinde en önemli sorunlardan birisi haline gelmiştir. Hava kirliliği bileşenleri içerisinde ağır metaller doğada kolay bozulmaz ve yok olmazlar, kaynağından çok uzak mesafelere taşınabilirler, canlı bünyelerinde biyobirikme eğilimindedirler ve bazıları düşük konsantrasyonlarda bile toksik, kanserojen ve ölümcül olabilirler. Bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi büyük önem taşımaktadır. Özellikle geçmişten günümüze atmosferdeki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesinde en etkili yöntemlerden birisi ağaçların yıllık halkalarını biyomonitör olarak kullanılmasıdır. Bu çalışmada da Kastamonu ilinde 2020 yılı sonunda kesilen *Corylus colurna* ağacının yıllık halkaları yardımıyla, insan ve çevre sağlığı açısından en zararlı ağır metallere olan bazı ağır metal konsantrasyonlarının son 180 yıllık süreçte değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca dış kabuk ve iç kabuktaki ağır metal konsantrasyonları odunlardaki ağır metal konsantrasyonu ile de karşılaştırılmış ve ağır metal konsantrasyonlarının yöne bağlı değişimi de değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda genel olarak odun ve kabuklar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) fark bulunduğu ve kabuklarda elde edilen konsantrasyonların odundaki konsantrasyonların çok üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yıllık halkalarda ise genel olarak birçok dönemde en yüksek değerler batı ve kuzey yönlerde elde edilmiş ayrıca, aynı dönemde yönler arasında büyük farklılıklar olabildiği belirlenmiştir. Belirlenen bu farklılıklar en yakın noktadaki karayolu ve demir çelik fabrikasının etkileri olarak açıklanabilmektedir. Çalışma sonuçları ayrıca *C. colurna* ve yöntemin ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi için oldukça uygun olduğunu, bu ağır metallerin organlar ve hücreler arasındaki transferinin oldukça sınırlı düzeyde olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Sözcükler: Ağır metal, *Corylus colurna*, Yıllık halka

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE 180-YEAR VARIATION OF CONCENTRATIONS OF SOME HEAVY METALS IN THE ATMOSPHERE USING ANNUAL RINGS OF *Corylus colurna*

Kübra KEY

Düzce University

Graduate School, Department of Forest Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şemsettin KULAÇ

June 2023, 53 pages

In the last century, anthropogenic effects, such as primarily due to traffic, industrial activities, mining, and urbanization, increased the rate of pollution in the atmosphere. Pollution has reached levels threatening human and environmental health and has become one of the most critical problems worldwide. Among the components of air pollution, heavy metals do not deteriorate and disappear quickly in nature; they can be transported far from their source, they tend to bioaccumulate in living organisms, and some can be toxic, carcinogenic, and deadly even at low concentrations. Therefore, monitoring the change of heavy metal concentrations in the air is essential. One of the most effective methods in determining the change of heavy metal concentrations in the atmosphere from the past to the present is the use of annual rings of trees as biomonitors. In this study, the change of some heavy metal concentrations, which are the most harmful heavy metals in terms of human and environmental health, in the last 180 years, with the help of the annual rings of the *Corylus colurna* tree, which was cut at the end of 2020 in Kastamonu province, was tried to be determined. In the study, the heavy metal concentrations in the outer bark and inner bark were also compared with the heavy metal concentrations in the woods, and the directional variation of the heavy metal concentrations was also evaluated. As a result, there was a statistically significant ($p < 0.001$) difference between wood and bark in general, and the concentrations obtained in the bark were much higher than in wood. In annual rings, the highest values were generally obtained in the west and north directions in many periods, and there could be significant differences between the directions in the same period. These determined differences can be explained as the effects of the nearest highway and iron and steel factory. The study's results also revealed that *C. colurna* and the method are very suitable for monitoring the change of heavy metal concentrations, and the transfer of these heavy metals between organs and cells was quite limited.

Keywords: *Corylus colurna*, Heavy metal, Tree rings

1. GİRİŞ

Küresel ekonominin hızlı gelişimi nedeniyle kimyasal kirliliğin türü ve miktarı sürekli olarak artmış, bu artış ekosistemler üzerinde endişe verici boyutlara ulaşmıştır (Liu vd., 2018). Kirliliği etkin bir şekilde kontrol etmek için, çevredeki kirletici unsurların varyasyonları hakkında bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Yang vd., 2018). Bu da kirlilik düzeyinin etkin bir şekilde izlenmesini daha da önemli ve zorunlu kılmaktadır. Oysa atmosfer, yüzey suyu, yeraltı suyu ve toprak için rutin izleme süreçlerinin sınırlamaları ve tekrarlanamaması nedeniyle, kontaminasyon geçmişini kaydetmek ve izlemek oldukça zordur (Liu vd., 2018).

Kirlilik etmenleri arasında ağır metaller büyük öneme sahiptirler. Çünkü düşük konsantrasyonlarda bile canlı organizmalar ve ekosistemler üzerinde önemli tahribatlara yol açabilirler (Ucun Ozel vd., 2019; Koç, 2021a). Canlı bünyeleri için temel yapıtaşlarından olan ağır metaller bile yüksek konsantrasyonlarda zararlı olabilirler. Pb, Cr, Ni, Hg gibi bazı ağır metaller insanlar için düşük konsantrasyonlarda toksik, kanserojen ve ölümcüldürler (Ghoma vd., 2022). Ağır metaller doğada kolayca bozulmaya uğramaz ve yok olmazlar (Turkyilmaz vd., 2018a,b; Ucun Ozel vd., 2020). Ayrıca kaynağından itibaren rüzgarlar ile havada çok uzak mesafelere taşınabilirler (Savas vd., 2021).

Özellikle havadaki ağır metal kirliliğinin değişiminin izlenmesi büyük önem taşır. Bununla birlikte doğrudan izleme yöntemlerinin zor ve pahalı olması, örnekleme zorluğu, kirletici miktarlarının çok düşük konsantrasyonlarda olması ve süreç içerisindeki değişim hakkında bilgi edinme zorluğu dolayısıyla, havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesi oldukça güçtür (Turkyilmaz vd., 2019; Sulhan vd., 2022).

Bu açıdan uzun yıllardır havadaki ağır metal kirliliğinin takibi konusunda etkin ve kolay uygulanabilir bir yöntem geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu süreçte Lepp (1974) dendrokimya kavramını ortaya atmış, dendrokimya alanında yapılan çalışmalar ile ağaç yıllık halkalarının kimyasal bileşiminin incelenmesi sonucunda kimyasal elementlerin kontaminasyon tarihi ve taşınması konularında bilgi edinilebileceği belirtilmiştir (Liu vd., 2018). Günümüze kadar da ağaç halkalarının kirlilik düzeyinin izlenmesinde

kullanılabilirliği konusunda çok sayıda çalışma bulunmaktadır. (Sevik vd., 2019a,b; Isinkaralar vd., 2022a).

Bu alanda yapılan dendrokimyasal çalışmalar, bir yıllık halkanın kimyasal bileşiminin, oluşumu sırasında çevresinin kimyasal bileşimini en azından kısmen yansıttığı varsayımına dayanmaktadır (Watmough, 1999). Birçok alışma, özellikle kimyasal kirliliğin izlenmesi konusunda ağaç yıllık halkalarının kullanılabilirliğini doğrulamış ve kirliliğ evre ve büyüme halkalarındaki element konsantrasyonları arasında bir korelasyon bulunduğu belirtilmiştir (Lageard vd, 2008; Mihaljevi vd, 2011; Lee vd, 2015). Ancak, dendrokimyanın ortamdaki kimyasal ve elementel değişiklikleri yansıtamayacağını belirten çalışmalar da mevcuttur (Watmough ve Hutchinson, 2003; Pearson vd., 2006). Yapılan bu çalışmalar, birbirinden farklı bitkilerin bazı ağır metalleri farklı organlarında depolama potansiyellerinin farklı düzeylerde olduğunu göstermektedir (Karacocuk vd., 2022). Bundan dolayı doğru ve uygun örnekleme stratejisinin belirlenmesi ve uygun ağaç türü seçilmesi şartıyla dendrokimya, hava kirliliğinin izlenmesinde kullanılabilecek güçlü bir araçtır (Liu vd., 2018).

Dendrokimya alanında yapılan çalışmaların sunduğu avantajlardan birisi de özellikle ağır metallerin kirliliğinin uzun süreç içerisindeki değişimi konusunda da bilgi verebilmesidir. Yüzlerce yıl yaşayabilen ağaçlar mevcuttur ve bu ağaçların yıllık halkalarında toplanan ağır metal konsantrasyonlarının teşhisi ile havadaki ağır metal konsantrasyonunun değişmesi hakkında bilgi verebilir (Key ve Kulaç, 2022). Bu çalışmada da 180 yaşında olduğu belirlenen bir Türk fındığı (*Corylus colurna* L.) ağacının yıllık halkalarında yapılan analizler ile insan ve evre sağlığı bakımından aşırı zararlı olan bazı ağır metal konsantrasyonlarının bu süre içerisindeki değişiminin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. AĞIR METALLER VE BİYOMONİTORLER KONUSUNDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bitkiler yetiştirildikleri ortamda çevre şartları ve genetik faktörlere bağlı olarak büyüyüp gelişmekte, dolayısıyla çevre şartları bitkinin bütün fenotipik karakterlerini etkilemektedir. Bu sebeple farklı ortamlarda yetiştirilen bitkilerin kimyasal yapısının ortama bağlı değişimi konusunda çok sayıda çalışma yapılmış ve bu çalışmalara her gün yenileri eklenmektedir. Özellikle son yıllarda, bitkilerin biyomonitor olarak kullanımları konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu bölümde konu ile ilgili yapılmış bazı çalışmalar özetlenmeye çalışılmıştır.

Hmeer (2020) Samsun'da yetişen ve peyzaj amaçlı kullanılan *Tilia tomentosa*, *Aesculus hippocastanum*, *Ligustrum vulgare* ve *Catalpa bignoides* türlerinin farklı trafik yoğunluğuna sahip alanlarda yetişen bireylerinde bazı element konsantrasyonlarının değişimlerini belirlemiştir. Alkharam (2019) Kastamonu ilinde yaptığı çalışmasında trafik yoğunluklarını baz alarak *Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani* dallarında yaşa bağlı olarak ibre, kabuk ve dal kısımlarında bazı ağır metal konsantrasyonlarının değişimini belirlemiştir.

Mossi (2018) Kastamonu'da *L. vulgare*, *E. japonica*, *B. sempervirens*, *E. japonica*, *J. sabina* ve *M. aquifolium* türlerinde bitkilerin yaprak ve meyvelerinde Pb, Cr, Fe, Mg, Cd, Al ve Ca konsantrasyonlarının tür, organ, yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna göre değişimleri değerlendirilmiştir. Özel (2019), Kastamonu da yetişen bazı meyve ağaçlarının yaprakları, dalları, kabukları ve meyvelerindeki Co, Ni, Mn, Cd, Pb ve Cr elementlerinin trafik yoğunluğuna bağlı olarak konsantrasyonlarının değişimini incelemiştir.

Sulhan vd. (2022), Ankara'da yetişen bir mavi ladin (*Picea pungens*) ibrelerinde Zn ve Cr konsantrasyonlarının yaşa bağlı değişimini incelemiştir. Aynı türün kullanıldığı bir başka çalışmada Ateya (2020) mavi ladin ibre ve dallarının, yakın geçmişteki ağır metal kirliliği değişiminin belirlenebilmesinde kullanılabilir olanaklarını araştırmıştır. Çalışma

kapsamında Ankara kent merkezinde, trafiğin oldukça yoğun olduğu bir otoyol kenarından temin edilen mavi ladin ibre ve dallarında toplam 17 elementin (Na, Ca, K, Fe, Al, Ba, Zn, Mg, P, As, Co, Mn, Cd, Cu, Cr, Ni ve Pb) yıl ve organ bazında değişimi değerlendirilmiştir.

Kuzmina vd. (2023), Rusya'da faaliyet gösteren bir magnezyum madeninin çevresinde 1 km, 3 km, 10 km ve 100 km mesafelerden toprak örnekleri almış ve bu noktalarda yetişen *Betula pendula* bireylerinden yaprak ve dal örnekleri toplamışlardır. Yapılan analizler sonucunda toprak ve *Betula pendula* organlarındaki Pb, Cr ve Fe konsantrasyonlarının toprak derinliği, organ türü, yıkama durumu ve organ yaşı bazında mesafeye bağlı olarak değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bütün mesafelerde organ bazında ve bütün organlarda mesafeye bağlı olarak element konsantrasyonlarının değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu, genel olarak ağır metallerin toprak içerisinde hareketinin oldukça sınırlı olduğu, özellikle Pb ve Cr konsantrasyonunun kısa bir mesafede taşınabildiği ancak, bu elementlerin hava yoluyla daha uzak mesafelere taşınabildiği belirlenmiştir. Gajbhiye vd. (2016), çalışmalarında *Cassia siamea* yapraklarında Cd, Pb ve Fe konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda *Cassia siamea*'nın yaprak kısmındaki Pb ve Cd'nin büyük ölçüde havadan kaynaklandığı belirtilmiştir.

Osma vd. (2017), Erzincan'da beş farklı lokasyondaki bitkilerden yapraklar toplamıştır. Bir yıkama işleminden sonra tüm yapraklar iki ana parçaya bölünmüş ve ICP-OES kullanılarak ağır metal analizleri gerçekleştirmiştir. Veriler istatistiksel olarak analiz edilmiş ve farklı lokasyonlardan toplanan bitkiler için önemli farklılıklar bulunmuştur. Matin vd. (2016), çalışmalarında bal arıları, propolis ve çam ağaçlarının yaprakları 2014 baharında İzmir-Türkiye sanayi ilinin beş farklı noktasından örneklemiştir. Bu numunelerde Cd, Pb, Hg ağır metaller belirlenmiştir.

Cakaj vd. (2023), bazı yabancı otlar ile bazı süs bitkilerinde ağır metallerin Cd, Pb, Cu ve Zn konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır. Bitkiler, Poznań şehrinde üç örnek alanda aynı toprak koşullarında maruz bırakılmış ve ağır metaller belirlenmiştir. Strese verilen fizyolojik cevaba göre artan düzeyde hidrojen peroksit saptanmıştır. Deneyden sonra, hemen hemen tüm örneklerde klorofil içeriğinde ve bağıl su içeriğinde bir azalma tespit edilmiş, ancak fotosentez parametrelerinin etkinliğinde: net fotosentez hızı, hücreler arası CO₂ konsantrasyonu ve stoma iletkenliği, nispeten iyi durumda olduğunu kanıtlayan artan değerler kaydedilmiştir.

Rasheed vd. (2018), Faisalabad'da *Ficus benjamina*, *Bougainvillea glabra* ve *Conocarpus erectus* yaprak örneklerini toplayarak Fe, Zn, Cd, Cu, Cr ve Mn analizleri yapmışlardır. En yüksek konsantrasyonlar Fe, Zn ve Cd'da *Conocarpus erectus*, Cu ve Cr'da *Ficus benjamina* ve Mn'da *Bougainvillea glabra*'da elde edilmiştir. Popek vd. (2017), Polonya'da beş şehirde *Tilia cordata* yapraklarında ağır metaller ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar dahil olmak üzere partikül madde birikimini araştırmışlardır.

Liu vd. (2022), Çin'in Pekin şehrinde karayolu kenarı boyunca *A. altissima*, *B. papyrifera*, *P. tabuliformis* ve *R. typhina*'da Pb, Cr, Mn, Cu ve Zn elementlerini değerlendirmişlerdir. 2021 yılı yazında ağaçların yaprak, gövde kabuğu ve dal yıllık segment kabuğundan numuneler alınmış ve ağır metal konsantrasyonları belirlenmiştir. Sonuçlar, toplam ağır metallerin en yüksek ortalama konsantrasyonunu *R. typhina* yapraklarında (23.724 mg/kg) ve kabuklarında (14.454 mg/kg) ortaya çıkardı. *B. papyrifera* yapraklarında (0.36) ve *P. tabuliformis* kabuklarında (0.21) Zn için maksimum biyo-konsantrasyon faktörü kaydedilmiştir. *B. papyrifera* yaprakları (0.225) ve *P. tabuliformis* kabuğu (0.108) için maksimum kapsamlı biyo-konsantrasyon indeksi gözlenmiştir. Maksimum metal birikme indeksi *R. typhina* yapraklarında (29.682) ve kabuğunda (12.407) ölçülmüştür. Hava kaynaklı metaller bazında *P. tabuliformis* en yüksek toz toplama kapasitesini göstermiştir. Genel olarak, *B. papyrifera* ve *P. tabuliformis*, çalışılan diğer türlere göre topraktan en yüksek emilim oranını sergilemiştir. *R. typhina*, havadaki ağır metal kirliliği için en güçlü fitoremediasyon yeteneğini göstermiştir. Ek olarak, sonuçlar, *P. tabuliformis*'in dal yıllık segment kabuğunun, bir kentsel alanda belirli bir zaman diliminde ağır metal kirliliğini izlemek için kullanılabilecek mükemmel bir biyomonitor olduğunu göstermiştir.

Liang vd. (2017), Şangay 'daki yedi farklı bölgeden topladıkları on iki bitki türünün yapraklarında Cu, Zn, Pb ve Cd konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Ayrıca, yaprakların stoma yoğunluğunu ve yapısını belirlemek için SEM kullanılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek Cu içeriği *Nerium indicum* ve *Platanus acerifolia*'da, en yüksek Zn içeriği *Pittosporum tobira*'da ve en yüksek Pb ve Cd içerikleri *Cedrus deodara*'da elde edilmiştir.

Ozyigit vd. (2018), Türkiye'de yaygın olarak kullanılan bazı tıbbi bitkilerde ağır metal seviyeleri ve mineral besin durumunu incelemişlerdir. İstanbul'un üç farklı ilçesindeki şifalı bitkilerden satın alınan 44 tıbbi bitkinin yapraklarında B, Cd, Ca, Cu, Cr, K, Fe, Mn, Mg, Ni, Na, Pb ve Zn bitki konsantrasyonları ICP-OES ile analiz edilmiştir.

Javanmardi vd. (2022), Güneybatı İran'da, Şiraz çimento fabrikası etrafında *Platanus occidentalis* L. (çınar), *Salix babylonica* (söğüt), *Acer* (akçaağaç) ve *Okaliptüs* (mersin)

yapraklarında biriken ağır metal konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Numuneler, 2014 ilkbahar ve yaz aylarında fabrikadan 1,0–3,0 km radyal mesafeler boyunca toplanmıştır. Pb, Cr, Cu, Zn, bitki yapraklarındaki Mn ve Cd ağır metaller için izin verilen limitleri aşmıştır. Analiz, ağır metal konsantrasyonlarının ilkbahardan yaza arttığını ve fabrikadan uzaklaştıkça azaldığını göstermiştir. Pb ve Cr'ye rağmen, Mn, Cu, Zn ve Cd konsantrasyonları, yağış, rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık ve evapotranspirasyondaki değişikliklerle güçlü bağımlılıklar göstermiştir. *P. occidentalis* L. (çınar) ve *Eucalyptus* (mersin), *S. babylonica* (söğüt) ve *Acer* (akçaağaç) ile karşılaştırıldığında en yüksek ağır metal birikim oranlarını göstermesine rağmen, bitkilerin kirliliği emme verimliliği büyük ölçüde hakim rüzgar yönüne ve uzaklığa bağlıdır. Çalışma sonucunda ağır metallerin büyük olasılıkla 3,0 km'den daha uzağa taşındığı belirlenmiştir. Bu araştırma, yaprak döken ormanları biyolojik olarak izlemenin ve bir yıllık büyüme sırasında ağır metallerin uzun vadeli biyolojik birikimini incelemenin avantajlarını vurgulamaktadır. Benzer bitki türleri arasında maruz kalma süresi ve absorpsiyon koşulları sabit olduğundan, ağır metal konsantrasyonlarındaki değişiklikler mesafe ve rüzgar yönünün etkisini yansıtmıştır.

Turkylmaz vd. (2018b), ibreleri ağaç üzerinde üç veya daha fazla yıl kalan çam, ladin, ve göknarlarda, farklı yaşlardaki ibrelerde ağır metal konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır. Böylece ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesinde, bu türlerin kullanılabilme potansiyelleri belirlenmeye çalışılmıştır. Turkylmaz vd. (2020), çalışmalarında, trafiğin farklı yoğunlukta olduğu alanlarda yetişen ve peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan *S. babylonica*, *S. japonica*, *R. pseudoacacia* ve *A. hippocastanum* yaprak örneklerinde Pb, Ca, Cu, Cd, Mg, Ni, Cr, Zn, Mn ve Fe konsantrasyonlarını değerlendirmişlerdir.

Sevik vd. (2019a), Kastamonu'da yetişen bazı bitkilerde, Ni, Cd ve Zn konsantrasyonlarındaki farklılıkları bitki türü, organı ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına dayanarak, biyomonitör olarak kullanılacak en uygun türün *Prunus cerasifera* olduğu belirtilmiştir. Sevik vd. (2019c), çalışmalarında, farklı trafik yoğunluğuna sahip alanlarda yetişen *A. altissima*, *B. orientalis*, *P. orientalis* ve *P. coccinea*'nın yaprak, tohum ve dallarındaki Ni, Pb ve Cd element konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimlerini incelemişlerdir.

Salazar-Rojas vd. (2022), Kosta Rika'nın Büyük Metropol Bölgesi'nde *Cupressus lusitanica* ve *Casuarina equisetifolia*'da yol tozu örnekleri ve yapraklarını iki farklı yıl boyunca eş zamanlı olarak örnekleyerek Fe, Cu, Cr, V ve Zn konsantrasyonlarını

değerlendirmişlerdir. Sevik vd. (2020a), Kastamonu'da yetişen *L. vulgare*, *E. japonica*, *B. orientalis*, *J. sabina*, *B. thunbergii*, *M. aquifolium* ve *B. sempervirens* bitkilerindeki ağır metallerin bitki türü, bitki organı, yıkama durumu ve trafiğe bağlı olarak değişimini incelemişlerdir.

Jiang vd. (2018), Çin'in Wuhan şehrinde farklı arazi kullanımına sahip kentsel alanlarda yetişen *Haplocladium angustifolium* *Cinnamomum bodinieri*, *Osmanthus fragrans* ve alt tabaka toprak örneklerinde Ag, Cd, As, Mo, Cr, Co, Mn, Cu, V, Ni, Zn ve Pb konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Üç türdeki ağır metal konsantrasyonunun farklılıkları, yosun türlerinin ağaç yapraklarından 3-5 kat daha fazla ağır metal biriktirme yeteneğine sahip olduğunu göstermiştir. Ancak yosunlar konusunda yapılan çalışmalarda yosunların ne kadar süre ile kirlilik etmenine maruz kaldığı bilinemediğinden uygun biyomonitörler olmadıkları belirtilmektedir (Şevik, 2021).

Arıcak vd. (2019 ve 2020), Sarıçam'ın (*Pinus sylvestris*) trafikle ilgili ağır metal konsantrasyonunun izlenmesinde kullanılabilirlik potansiyelini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında Ankara-İstanbul güzergahında Türkiye'nin en işlek karayollarından birisinde, yol ortasından, yol kenarlarından ve yola 3, 10, 30, 50 ve 100 m mesafelerdeki sarıçam bireylerinden örnekler almışlar ve iki ayrı çalışmada Cu, Cd, Pb (Arıcak vd. 2019), Ni, Cr ve Zn (Arıcak vd. 2020), konsantrasyonlarındaki değişimleri belirlemişlerdir.

Bozdoğan Sert vd. (2019), Adana'yı İskenderun'a (Hatay) bağlayan karayolu üzerinde *Rosmarinus officinalis*'de Al, Cd, Cu, Cr, Mn, Fe, Zn, Pb ve Ni birikimini değerlendirmişlerdir. Anagha vd. (2022), Güney Hindistan'daki Kerala ve Mannar Körfezi'nden toplanan yumuşakça ve ekinoderm türlerinde Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn konsantrasyonlarını, Arooj vd. (2022), *P. cristatus*'da Pb, Cd, Zn, Cr, Ni ve Co konsantrasyonlarını incelemişlerdir.

Ghoma vd. (2022 ve 2023), iki ayrı çalışmada iç mekan bitkilerinde Cd, Cr, Pb (Ghoma vd., 2022), Cu, Co ve Ni konsantrasyonlarının sigara içimine bağlı değişimini değerlendirmişlerdir. Cortes-Eslava vd. (2023), *Gnaphalium lavandulifolium*'da Al, Cd, As, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Mn, Zn, V ve Pb konsantrasyonlarını, Di Fiore vd. (2023), *Apis mellifera*'da Be, Cd ve V konsantrasyonlarını, Gallego-Cartegena vd., (2022) tarihi ve yeni yapıların cephelerinde doğal olarak büyüyen hava altı biyofilmlerinde Zn, Fe, Mn, Ni ve Ti konsantrasyonlarını, Iqbal vd. (2022), kentlerde yaşayan ev kargasında Pb, Zn,

Ni, Mn, Cd, Cr, Fe, Li ve Cu konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır.

Isınkaralar vd. (2022b), çalışmalarında, bu çalışmada olduğu gibi yıllık halkalar, iç kabuk ve dış kabukta ağır metal konsantrasyonlarını belirlemiştir. Çalışmalarında Pb ve Cd konsantrasyonlarının değişimini incelemişlerdir. Işınkaralar vd. (2022), başka bir çalışmada çeşitli peyzaj bitkilerinde yaprak, ağaç kabuğu ve odundaki Cu ve Fe konsantrasyonlarını incelemişler ve *Schinus molle* L. türünün Cu ve Fe birikiminde biyomonitör olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Javanmardi vd. (2022), *P. occidentalis* L. (çınar), *S. babylonica* (söğüt), *Acer* (akçaağaç) ve Okaliptüs (mersin) yapraklarında Pb, Cr, Cu, Zn, Mn ve Cd konsantrasyonlarını, Mao vd. (2022), *Taxiphyllum taxirameum*'da çeşitli kirlilik etmenlerini, Nekhoroshkov vd. (2022), Bulgaristan, Makedonya ve Norveç'ten gelen yosunlarda Al, V, Cr, Fe, Ni ve As seviyelerini, Ulah vd. (2022), *Xanthium strumarium*'da Pb, Cd, Zn ve Cu konsantrasyonlarını değerlendirmişlerdir.

Görüldüğü üzere özellikle farklı ortamlarda yetişen bitkilerin kimyasal yapısındaki değişimin belirlenmesi ve dolayısıyla ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesinde bitkilerin kullanılabilirliği konusunda çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Özellikle ağır metal konusunun bu kadar gündemde olması, değişen çevre şartlarının yarattığı olumsuz etkilerin fark edilmesi ve bu konunun insan sağlığını ve konforunu önemli ölçüde etkileyebilecek olması dolayısıyladır (Cesur vd., 2021; Elajail vd., 2022; Sevik vd., 2023; Istanbulu vd., 2023).

Çevre kirliliğinin bazı bölgelerde insan sağlığını tehdit edecek seviyede artması ve bu kirliliğin kentsel alanlarda yoğunlaşması küresel iklim değişikliğinin etkileri ile birleşince daha büyük sorunlara yol açmaya başlamıştır. Şöyle ki kentsel alanlarda insan faaliyetlerine bağlı olarak oluşan ısı adaları, insanların konfor şartlarını sağlayabilmek amacıyla iklimlendirme cihazlarını daha fazla kullanmalarına, bu kullanım enerji üretiminin, ısı adası etkisinin ve kirlilik düzeyinin daha da artmasına sebep olmuştur. Sonuç olarak da daha yüksek konfor ortamının sağlanması ve bu işlemin daha az enerji tüketimi ile gerçekleştirilebilmesi amacıyla konfor açısından uygun alanların belirlenmesi (Adiguzel vd., 2020; Gungor vd., 2020; Kaya vd., 2019; Kilicoglu vd., 2021; Ortakavak vd., 2020; Zeren Cetin ve Sevik, 2020), doğadan faydalanmayı gerektiren aktivitelerin planlanmasında sürdürülebilirlik ilkeleri (Yucedag vd., 2018), doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı azaltmak amacıyla geri dönüşümlü malzemelerin kullanımı (Alter

vd., 2019; Bayraktar, 2019; Bayraktar, 2020a,b,c,d), çevre ve özellikle hava kirliliğinin belirlenmesi, izlenmesi ve kirlilik düzeyinin azaltılabilmesi (Aydogdu ve Sevik, 2018; Cesur vd., 2022; Sert vd., 2019; Ateya vd., 2023), küresel iklim değişikliği (Varol vd., 2021; Koç, 2021b,c; Sargıncı ve Beyazyüz, 2022; Tekin vd., 2022; Varol vd., 2022a,b; Cetin vd., 2023; Dogan vd., 2023) ve kuraklığın türler üzerindeki morfolojik ve fizyolojik etkileri (Koç ve Nzokou, 2022; Koç vd., 2022; Yılmaz vd., 2022) konularında çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Bu çalışmalar esnasında özellikle bitkileri konu alan çalışmalar ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü dünyadaki canlı yaşamı bir şekilde bitkilere bağımlıdır (Şevik, 2011; Yiğit vd., 2016). Bitkilerin en önemli fonksiyonu gün ışığını kullanarak besin üretmeleridir (Şevik vd., 2013a,b; Varol vd., 2019a,b; Tandogan vd., 2023). Ancak buna ek olarak bitkiler hava kirliliğinin her türlüşünü azaltır (Ozel vd. 2021a,b,c), erozyonu önler, iklimi dengeler, insanlar üzerinde psikolojik olarak olumlu yönde etkiler yapar ve önemli birer ekonomik kaynaktırlar (Kesik vd., 2014; Şevik, 2005; Turna vd., 2009). Dolayısıyla bitkiler pek çok ekonomik (Sevik, 2012; Yigit vd., 2016a,b; Uyanık vd., 2022), ekolojik (Sevik ve Topacoglu, 2015; Sevik ve Cetin, 2016a,b; Varol vd., 2020) ve sosyal (Ertugrul vd., 2019; Ozkazanc vd., 2019), fonksiyonu yerine getirirler.

Ancak, bitkilerin bu fonksiyonları yerine getirmeleri, büyüme performansları ile ilişkilidir. Çünkü bitkiler diğer canlıların yapamadığı fotosentezi yaparak, besin ve oksijen üretirler (Yigit vd., 2018; Koç, 2021d,e,f; Koç, 2022a). Bu işlem esnasında da havadaki ve topraktaki çeşitli maddeleri kullanırlar (Kravkaz Kuscu vd., 2018a,b; Şevik vd., 2016; Shults vd., 2020). Dolayısıyla bitkilerin belirtilen fonksiyonları yerine getirmeleri fotosentez yapmalarına bağlı olup, bu süreç tamamen bitki genetik yapısı (Topacoglu vd., 2017; Turna vd., 2010) ile çevre şartlarının (Sevik, 2020; Ertugrul vd., 2021; Koç, 2022b,c; Koç ve Nzokou, 2023) etkisi ile şekillenmektedir. Bu esnada bitki gelişimi gübreleme, hormon uygulamaları (Guney vd., 2016a,b; Topacoglu vd., 2016a,b; Zamani vd. 2020), veya kuraklık (Sevik ve Ertürk, 2015; Sevik ve Cetin, 2015; Topacoglu vd. 2016b) ve don (Sevik ve Karaca, 2016; Koc ve Nzokou, 2018) gibi faktörlere de bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı bitkilerin, istenilen amaç doğrultusunda etkin kullanılabilmeleri için öncelikle hangi bitkinin hangi şartlarda büyüme ve gelişimi ile morfolojik, anatomik, fizyolojik karakterlerinin ve kimyasal yapısının nasıl şekillendiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Bundan dolayı bitkilerde bu karakterlerin nasıl değiştiği konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Sevik vd., 2019d; Yigit vd.,

2019), ve bu çalışmalara her gün yenileri eklenmektedir.

2.2. ÇALIŞMAYA KONU TÜRÜN GENEL ÖZELLİKLERİ

Fındık, sistematikte Fagales takımının Betulaceae familyasının, Coryleae alt familyasının, *Corylus* cinsine dâhil olup kuzey yarımkürenin ılıman bölgelerinde yetişmektedir. *Corylus* türü içerisinde 25'ten fazla tür tanımlanmıştır. Dünya üzerinde mevcut fındık türünden Adi Fındık (*Corylus avellana* L.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) ülkemizde doğal olarak yetişmektedir. Kültürü yapılan Lambert Fındığı (*Corylus maxima* Mill.) ise yerli türlerimizden değildir (Yaltırık, 1997). Bunlardan *Corylus avellana* L. ve *Corylus maxima* Mill. çalı ve ağaççık formunda iken *Corylus colurna* 15-25 metre boylarında tek gövdeli bir ağaçtır. Düzgün bir gövdeye sahip olan *Corylus colurna* bu özelliğinden dolayı, ağaç fındığı olarak da adlandırılmaktadır. *Corylus colurna* ülkemizde çok tanınmamaktadır.

Olgunluk döneminde piramit formunda, ileriki yaşlarda geniş tepeli bir ağaç görünümüne sahip olan *Corylus colurna*, kışın yapraklarını döker. Ağaç Fındığı, Türk Fındığı, Ayı Fındığı, Balkan Fındığı, Kaya Fındığı gibi adlarla ya da Gökbülak Fındığı, Budağan Fındığı örneğinde olduğu gibi yayılış gösterdiği yörelerin adıyla da anılan bu fındığın, koyu gri renkli olan kabuğu, yaşlı ağaçlarda kalın, mantarlı ve boyuna derin çatlaklıdır. Genç sürgünler soluk pas renginde ve sık tüylüdür (tüyler basit veya yapışkan bezelidir). Yapraklar yumurta, geniş yumurta, ender olarak ters yumurta biçiminde ve 7-14x5-11 cm boyutlarındadır. Yapraklar 7-10 çift yan damara sahip olup, sığ loplu, çift sıralı dişli veya dilimli dişlidir. Yaprakların uç kısmı birdenbire sivrileşir ve küçük bir damla ucu ile nihayetlenir; dip tarafları çarpık, yüreksi biçimlidir; üst yüzü koyu yeşil ve çıplak, alt yüzü ise soluk yeşil veya açık mavimsi-yeşildir ve çıplaktır. Ancak damarlar boyunca seyrek tüylüdür. Yaprak sapları 2,5-4 cm uzunluğunda, üzeri yumuşak ve siğilliyapışkan tüylüdür. Erkek çiçekler 6-8 (-12) cm. uzunluğundadır. 3-5 meyve bir arada bulunur. Meyve örtüsünün kenarları ince şeritler halinde düzensiz olarak yırtılmış, sivri uçarlı geriye doğru kıvrılmış bir haldedir ve üzeri yapışkan tüylerle kaplıdır. Meyve, 15-20x10-18 mm. boyutundadır. Üstten hafif basık, geniş yumurta şeklindedir. Perikarp, diğer fındık meyvelerine kıyasla, çok kalın kabukludur. Meyvenin örtüye bağlandığı dip taraftaki “mat kısım” fındığın hemen hemen yarı boyuna ulaşır ki, bu özellik Türk Fındığı için karakteristiktir (Yaltırık ve Efe. 2000;192). Şubat-Mart çiçeklenme, Ağustos-Eylül tohumun olgunlaşma, Eylül-Ekim ayları ise tohum toplama zamanıdır. İlk tohumu 10

yaşında iken tutar. Çok uzun yaşamaktadır. Nitekim 400 yıl yaşayan örnekleri Bolu'da anıt ağaç olarak tescillenmiştir. Kuraklığa dayanma kabiliyeti yüksektir. -5°C hatta -30°C soğuklara dayanabilir (Tosun, 2012;23).

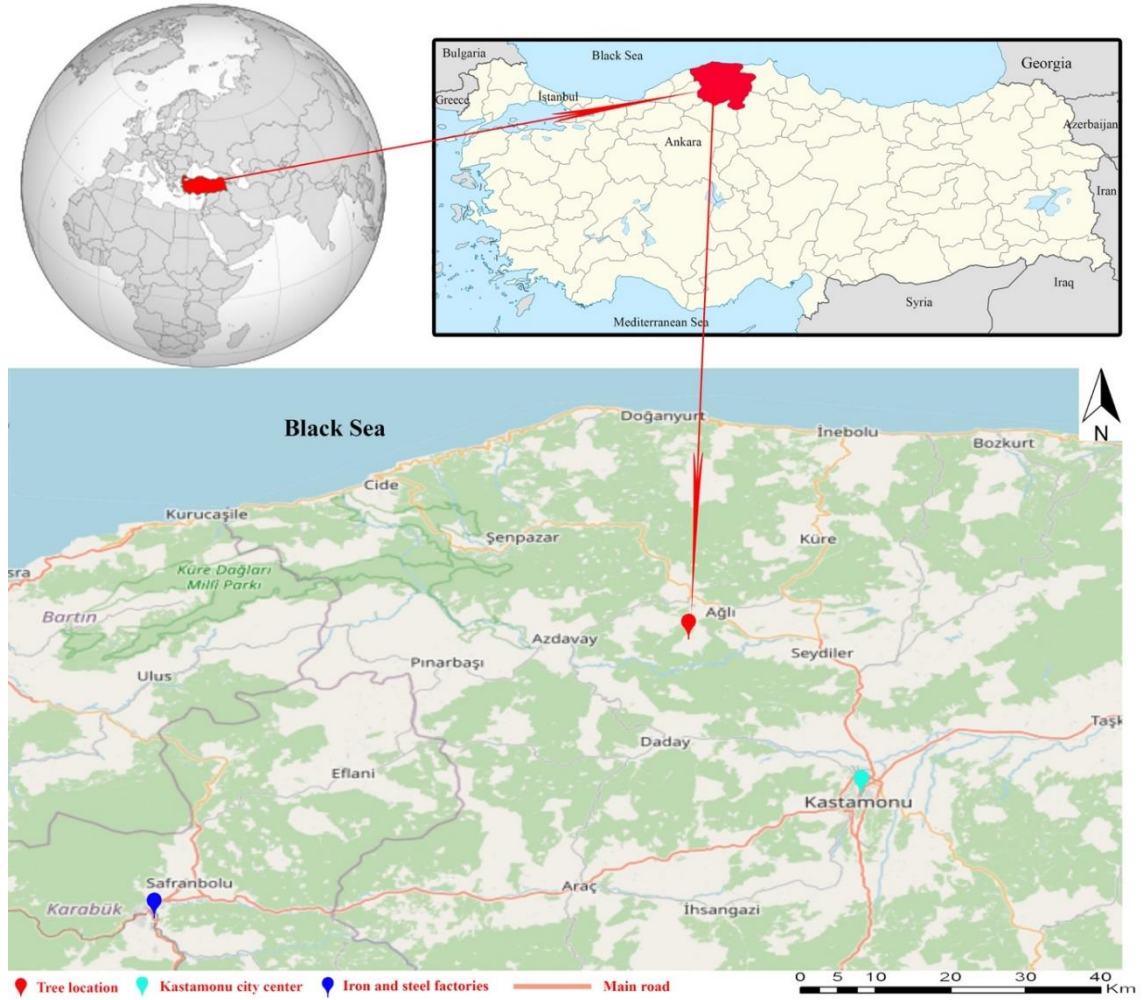
Ülkemizde 800-1700 m yükselteleri arasında yayılış gösterir. Türk Fındığı, yetişme ortamı isteği bakımından kanaatkârdır. Balçıklı toprakları sever, aşırı alkalileşen topraklara bile tahammülü yüksektir. Hem dikey ve hem de yatay yönde kuvvetli kök yapısı oluşturur. Fırtına ve kar kırmalarına karşı dirençli olup, kazık köke sahiptir. Taşkına, sele karşı da dayanıklıdır. Genel olarak bu bitkinin Karadeniz ikliminin hüküm sürdüğü yerlerde yayılış gösterdiği dikkati çeker. Sağlam, dayanıklı, ince tekstürlü, iyi cila kabul eden odunları kırmızı renklidir. Odunu mobilyacılıkta kıymetlidir. Orta ve Batı Karadeniz bölümlerindeki orman köylüleri tarafından hediyelik eşya yapımında kullanılmaktadır. Gövde çapı 170 cm'ye kadar gelişebilmektedir (Polat, 2014).



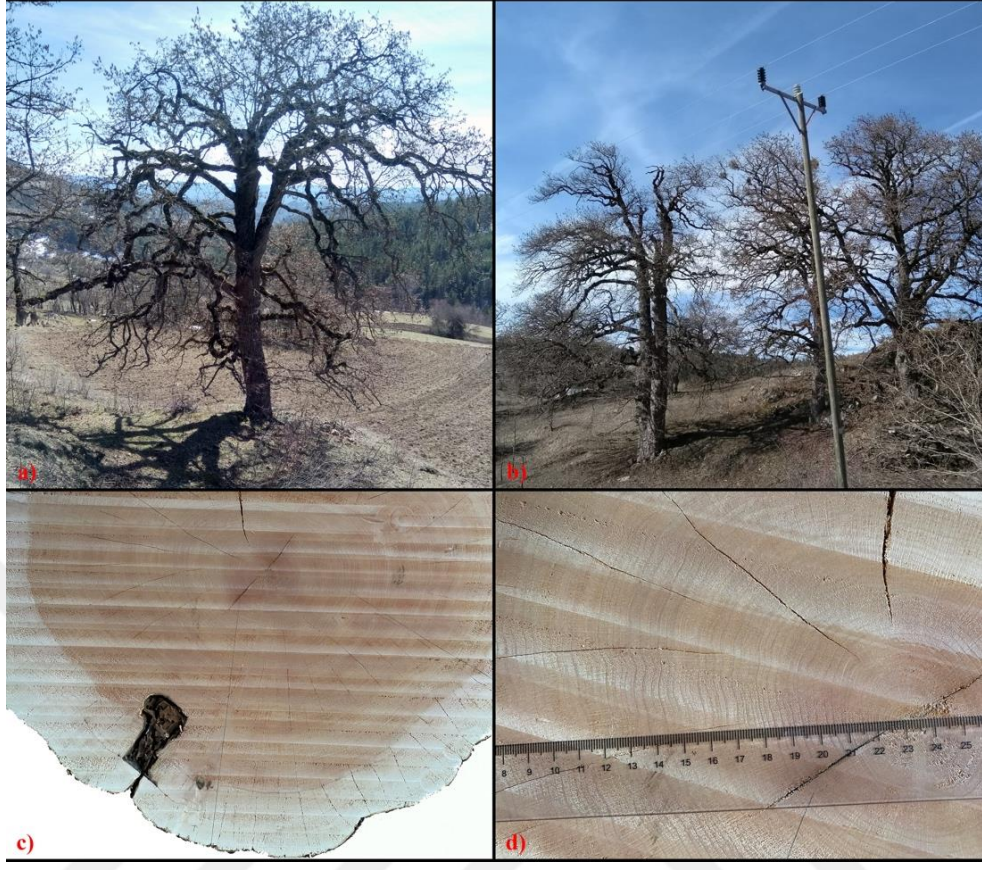
Şekil 2.1. *Corylus colurna*'nın yaprak ve meyvesi.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma Kastamonu ili Ağlı İlçesi Müsellimler Köyü sınırlarında yetişen bir *Corylus colurna* ağacının ana gövdesinden alınan örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya konu ana gövde, 2020 yılı sonunda vejetasyon mevsimi bittikten sonra alınmış, kesim gerçekleştirilmeden önce kütük üzerinde yön tayini yapılarak kuzey yönü işaretlenmiştir. Çalışmaya konu ağacın yetiştiği alanın etrafı tarım ve mera alanı ve sonrası ormanlık bir alan olup, büyük oranda terk edilmiş köyler dışında kuş uçuşu en az 5 km yakınında herhangi bir sanayi tesisi veya ağır metal kirlilik kaynağı bulunmamaktadır. Şekil 3.1’de ağacın yetiştiği alanın haritası, Şekil 3.2’de bölgede yetişen fındık ağaçları ve denemeye konu ağacın kesitleri verilmiştir.



Şekil 3.1. Örneğin alındığı nokta.



Şekil 3.2. a) Türk fındık ağacı, b) çevresi, c) örneğin görünümü ve d) kütüğün kesiti.

Yön işaretlemesi yapılarak yerden yaklaşık olarak 50 cm yükseklikten gövde kısmından kesilen 10 cm kadar kalınlığındaki kütük örneği, laboratuvara getirilerek yıllık halkaların daha anlaşılır bir şekilde görülebilmesi için pürüzsüz hale getirilmiştir. Yıllık halkaların sayılması ile 180 yaşında olduğu bulunan ağacın yıllık halkalarını, genişliklerini dikkate alarak onar yıllık olacak şekilde gruplandırılmış ve hangi periyodun hangi yıllara ait olduğu not edilmiştir. Daha sonra çelik matkap kullanarak dış kabuktan, iç kabuktan ve her yaş aralığındaki odundan belli miktarda örnekler alınarak cam petri kaplarına konulmuş, bu aşamalar sırasında çalışmaya konu metallere elde edilmiş aletlerin kullanılmamasına dikkat edilmiştir. Çalışma üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Alınan odun örnekleri parçalanarak talaş haline getirilmiş ve etiketlenerek cam petri kaplarına konulmuştur. Petriyer içerisinde 15 gün boyunca hava kurusu hale gelmeleri amacıyla ağızları açık şekilde bekletilmiştir. Daha sonra örnekler etüvde 45 °C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur. Kurutulmuş numunelerden 0,5 gr alınarak üzerine 6 ml %65'lik HNO₃ ve 2 ml %30'luk H₂O₂ eklenmiş ve söz konusu analizler için tasarlanmış

mikro dalga fırınına yerleştirilmiştir. Mikrodalga cihazının programı, 15 dk da 200 °C ye çıkıp 15 dk 200 °C de kalacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler yakıldıktan sonra, çözelti haline gelen numuneler balonlara alınıp ultra saf su ile 50 ml'ye tamamlanmış ve ICP-OES cihazı ile ağır metal analizleri yapılmıştır. Çalışmada bütün ölçümler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntem son yıllarda bitki organlarında ağır metal analizlerinin yapılabilmesi amacıyla en sık kullanılan yöntemlerdendir (Ozel vd., 2021d,e, Sulhan vd., 2022; Kuzmina vd., 2023).

Elde edilen verilere SPSS 21.0 paket program yardımıyla varyans analizi uygulanmış, istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde ($P<0,05$) anlamlı farklılıklar bulunduğu tespit edilen faktörler için Duncan testi uygulanarak homojen gruplar elde edilmiş ve veriler sadeleştirilip tablolaştırılarak yorumlanmıştır.

4. BULGULAR

Pb konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Pb (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	2917,3 ^B	4620,8 ^D	3602,6 ^{Bb}	1670,4 ^A	456,255 ^{***}
İç Kabuk	3938,1 ^C	3606,4 ^B	3725,0 ^{Cb}	1119,5 ^A	745,420 ^{***}
Odun	3359,3 ^B	4855,0 ^C	1792,2 ^{Aa}	1922,3 ^A	41,395 ^{***}
F Değeri	0,334 ns	0,409 ns	11,668 ^{***}	0,749 ns	

*= istatistiki olarak %95 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,05$). **= istatistiki olarak %99 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,01$). ***= istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı ($p<0,001$). ns = istatistiksel olarak önemsiz. Aynı harfler faktörler arasında bir farklılık olmadığını temsil ederken farklı harfler faktörler arasında istatistiki bir farklılığı temsil etmektedir. Büyük harfler yatay, küçük harfler dikey yöndeki faktörler arasındaki farklılıkları göstermektedir. Bu açıklamalar tüm tablolar için geçerlidir.

Varyans analizi sonucunda Pb elementinin bütün organlarda yön bazında değişiminin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Duncan testinin sonucunda en yüksek değerler dış kabuk ve odunda batı, iç kabukta ise güney yönde elde edilirken bütün organlarda en düşük değerler doğu yönünde elde edilmiştir. Organ bazında değişimler incelendiğinde ise kuzey dışındaki yönlerde Pb konsantrasyonunun organ bazındaki değişimi istatistiki olarak anlamsız ($p>0,05$) düzeyde bulunmuştur. Kuzey yönünde ise Pb konsantrasyonunun dış kabuk ve iç kabuktaki konsantrasyon değerleri benzer grupta yer almaktadır ve bu değerler odunda elde edilen değerlerin iki katından daha yüksektir. Odunda Pb konsantrasyonlarının dönem ve yön bakımından değişimi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Odunda Pb (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	2613,0 ^{Cd}	10979,8 ^{Dn}	302,9 ^{Aa}	1392,7 ^{Be}	6904,1 ^{***}
1851-1860	2405,9 ^{Cc}	3393,8 ^{Df}	1283,0 ^{Ac}	1623,6 ^{Bf}	532,6 ^{***}

Çizelge 4.2. (Devam) Odunda Pb (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

1861-1870	2658,9 ^{Cd}	2509,1 ^{Bcd}	1374,8 ^{Ac}	2859,0 ^{Dk}	379,2 ^{***}
1871-1880	2049,8 ^{Bb}	3142,2 ^{De}	1314,3 ^{Ac}	2933,9 ^{Cl}	1442,2 ^{***}
1881-1890	3042,6 ^{Bf}	6573,1 ^{Dk}	1591,1 ^{Ad}	5645,1 ^{Cm}	4865,0 ^{***}
1891-1900	2113,0 ^{Bb}	2227,4 ^{Ca}	1715,1 ^{Ae}	2147,6 ^{Bh}	116,6 ^{***}
1901-1910	4398,7 ^{Ci}	2229,2 ^{Ba}	1361,8 ^{Ac}	2285,6 ^{Bi}	1281,8 ^{***}
1911-1920	3173,5 ^{Dg}	2296,7 ^{Bab}	1308,4 ^{Ac}	2789,0 ^{Cj}	340,0 ^{***}
1921-1930	4013,5 ^{Ch}	5690,2 ^{Di}	1364,1 ^{Bc}	904,1 ^{Ab}	3822,8 ^{***}
1931-1940	5165,7 ^{Dj}	4579,1 ^{Cg}	1400,6 ^{Bc}	865,6 ^{Ab}	6189,4 ^{**}
1941-1950	2055,5 ^{Bb}	6219,4 ^{Dj}	1151,6 ^{Ab}	2781,1 ^{Cj}	5970,4 ^{****}
1951-1960	5886,8 ^{Dk}	2562,9 ^{Cd}	1119,1 ^{Ab}	1761,8 ^{Bg}	10285,0 ^{***}
1961-1970	2712,0 ^{Cde}	7548,6 ^{Di}	1330,8 ^{Bc}	1105,2 ^{Ac}	13765,1 ^{****}
1971-1980	3266,3 ^{Cg}	6156,8 ^{Dj}	2950,2 ^{Bg}	1785,2 ^{Ag}	5789,6 ^{***}
1981-1990	2791,6 ^{Be}	5640,3 ^{Di}	4162,4 ^{Ci}	860,8 ^{Ab}	6130,9 ^{***}
1991-2000	1932,8 ^{Ba}	5231,6 ^{Dh}	2664,3 ^{Cf}	1328,9 ^{Ad}	14281,662 ^{***}
2001-2010	8097,8 ^{Di}	7991,8 ^{Cm}	3304,1 ^{Bh}	760,2 ^{Aa}	25397,8 ^{***}
2011-2020	2090,0 ^{Bb}	2419,0 ^{Cbc}	2560,4 ^{Cf}	772,6 ^{Aa}	99,9 ^{***}
F Değeri	2195,1 ^{***}	3022,6 ^{***}	534,5 ^{***}	3363,8 ^{***}	

Yapılan varyans analizi sonucunda Pb konsantrasyonlarının bütün yönlerde dönemler arasında, bütün dönemlerde de yönler arasında istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) farklılaştığı belirlenmiştir. Değerlere bakıldığında en yüksek değer ilk dönemlerde batı yönünde elde edildiği, bunun dışında genel olarak 1921-1930 dönemlerinden sonra bir artış olduğu ancak, 2011 dönemi sonrasında önemli miktarda düşüş olduğu görülmektedir. Yön olarak incelendiğinde ise genel olarak birçok dönemde en yüksek değerlerin batı ve kuzey yönlerde elde edildiği, 1971-1980 döneminden itibaren ise kuzey yönde elde edilen değerlerde önemli ölçüde artış olduğu belirlenmiştir. Dikkat çeken bir başka nokta ise aynı dönemde yönler arasında büyük farklılıklar olabilmesidir. Örneğin 2001-2010 döneminde belirlenen Pb konsantrasyonları güney yönde 8097,8 ppb ve batı yönde 7991,8 ppb düzeyinde iken aynı dönemde doğu yönde belirlenen Pb konsantrasyonu sadece 760,2 ppb düzeyindedir.

Cr konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Cr (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	1030,2B	1582,4C	1047,6Bb	719,0A	664,752***
İç Kabuk	988,2B	1108,7C	1320,4Db	374,3A	2253,729***
Odun	1135,7C	1222,5C	635,9Aa	793,5B	29,141***
F Değeri	0,323 ns	0,127 ns	9,608***	1,440 ns	

Cr elementinin organ ve yön bazında değişimi incelendiğinde Pb'da olduğu gibi bütün organlarda yön bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir. Ortalama en yüksek değerler dış kabukta ve odunda batı, iç kabukta kuzey yönünde elde edilmiştir. En düşük değerler ise kabuklarda doğu, odunda kuzey yönde elde edilmiştir. Organ bazında ise varyans analizi sonucunda kuzey dışındaki yönlerde Cr konsantrasyonunun organ bazındaki değişimi istatistiki olarak anlamsız ($p > 0,05$) düzeyde bulunmuştur. Kuzey yönünde dış kabuk ve iç kabuktaki Cr konsantrasyonu değerleri aynı statüde yer almaktadır ve bu değerler odunda elde edilen değerden çok daha yüksek düzeydedir. Odunda Cr konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Cr konsantrasyonunun dönem ve yön bazında değişimi incelendiğinde bütün yönlerde dönem bazında, bütün dönemlerde de yön bazında değişimin istatistiki olarak anlamlı düzeyde (en az $p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde Cr konsantrasyonunun dalgalı bir seyir izlediği, 1951-1960 döneminden sonra hemen hemen bütün yönlerde artış eğiliminde olduğu ve son iki dönemde (2001-2020) düşüş eğiliminde olduğu ancak, son dönemde (2011-2020) güney yöndeki Cr konsantrasyonunun oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Yön olarak değişim incelendiğinde ise yine Pb konsantrasyonunda olduğu gibi genel olarak birçok dönemde en yüksek değerlerin batı ve kuzey yönlerde elde edildiği ve aynı dönemde yönler arasında büyük farklılıklar olabildiği görülmektedir.

Çizelge 4.4. Odunda Cr (ppb) konsantrasyonlarının yaş ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	975,2 ^{Ce}	1059,8 ^{Dde}	211,6 ^{Aa}	615,6 ^{Bg}	1624,8***
1851-1860	777,4 ^{Ca}	1244,8 ^{Dh}	431,8 ^{Abc}	540,1 ^{Be}	3863,0***
1861-1870	1303,8 ^{Ck}	2343,3 ^{Dm}	459,4 ^{Acd}	1258,0 ^{Bm}	60770,5***
1871-1880	873,6 ^{Bcd}	1065,2 ^{Cde}	415,7 ^{Ab}	1298,0 ^{Dn}	1648,1***
1881-1890	949,8 ^{Ce}	827,0 ^{Bb}	604,7 ^{Af}	1090,8 ^{Dk}	584,5***

Çizelge 4.4. (Devam) Odunda Cr (ppb) konsantrasyonlarının yaş ve yön bazında değişimi.

1891-1900	876,6 ^{Bcd}	989,8 ^{Dd}	551,9 ^{Ae}	917,3 ^{Cj}	2772,9 ^{***}
1901-1910	1071,0 ^{Bg}	1087,5 ^{Bef}	490,6 ^{Ad}	1119,4 ^{Bl}	267,2 ^{***}
1911-1920	1253,3 ^{Cij}	1031,2 ^{Bd}	426,4 ^{Abc}	2123,8 ^{Do}	4540,5 ^{***}
1921-1930	1282,8 ^{Djk}	1201,5 ^{Cg}	416,0 ^{Ab}	617,5 ^{Bg}	10029,4 ^{***}
1931-1940	977,1 ^{Ce}	1180,4 ^{Dg}	606,2 ^{Bf}	449,4 ^{Ac}	5143,2 ^{****}
1941-1950	844,8 ^{Cbc}	1099,9 ^{Df}	665,4 ^{Bg}	544,6 ^{Ae}	2020,8 ^{***}
1951-1960	1225,0 ^{Di}	907,8 ^{Cc}	406,8 ^{Ab}	469,6 ^{Bd}	5102,6 ^{***}
1961-1970	1749,0 ^{Di}	1280,2 ^{Ci}	405,7 ^{Ab}	470,9 ^{Bd}	21716,8 ^{***}
1971-1980	903,8 ^{Bd}	1424,0 ^{Dk}	1087,2 ^{Cj}	655,2 ^{Ah}	5419,6 ^{***}
1981-1990	1170,7 ^{Ch}	1315,7 ^{Dj}	810,8 ^{Bh}	586,5 ^{Af}	291,1 ^{***}
1991-2000	816,7 ^{Ab}	1923,5 ^{Cl}	1463,8 ^{Bk}	729,2 ^{Ai}	6410,9 ^{***}
2001-2010	1010,6 ^{Cf}	1254,4 ^{Dhi}	990,5 ^{Bi}	421,8 ^{Ab}	4409,9 ^{***}
2011-2020	2382,2 ^{Dm}	769,8 ^{Ba}	1001,8 ^{Ci}	375,0 ^{Aa}	3407,1 ^{***}
F Değeri	1334,7 ^{***}	1105,5 ^{***}	698,9 ^{***}	4500,3 ^{***}	

Zn konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Zn (ppm) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	3,2 ^A	8,8 ^D	7,9 ^{Cb}	4,3 ^B	15015,708 ^{***}
İç Kabuk	9,3 ^D	5,0 ^B	6,4 ^{Cb}	2,8 ^A	27201,497 ^{***}
Odun	15,2 ^C	8,2 ^B	2,7 ^{Aa}	4,7 ^{AB}	13,141 ^{***}
F Değeri	0,562 ns	0,751 ns	33,576 ^{***}	1,131 ns	

Zn elementinin organ ve yön bazında değişimi incelendiğinde Pb ve Cr’da olduğu gibi bütün organlarda yön bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir. Ortalama en yüksek değerler dış kabukta batı, iç kabuk ve odunda güney yönünde elde edilmiştir. Organ bazında ise varyans analizi sonucunda kuzey dışındaki yönlerde Zn konsantrasyonunun organ bazındaki değişimi istatistiki olarak anlamsız ($p > 0,05$) düzeyde bulunmuştur. Kuzey yönünde dış kabuk ve iç kabuktaki Zn konsantrasyonu değerleri aynı statüde yer almaktadır ve bu değerler odunda elde edilen değerlerin 2,5 katından daha yüksek düzeydedir. Odunda Zn konsantrasyonlarının dönem

ve yön açısından değişimi Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Odunda Zn (ppm) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	4,9 ^{Bc}	10,4 ^{DI}	1,5 ^{Ac}	5,7 ^{Ck}	15655,4***
1851-1860	3,2 ^{Bb}	6,0 ^{Dh}	1,5 ^{Ab}	4,3 ^{Ch}	10132,0***
1861-1870	4,8 ^{Bc}	7,2 ^{CI}	1,1 ^{Aa}	9,2 ^{Do}	198471,8***
1871-1880	6,0 ^{Dd}	4,7 ^{Cf}	1,4 ^{Ab}	3,3 ^{Bf}	26228,2***
1881-1890	9,3 ^{Di}	5,4 ^{Bg}	3,2 ^{Ai}	9,1 ^{Cn}	36559,4***
1891-1900	6,0 ^{Dd}	3,1 ^{Cd}	1,9 ^{Af}	2,2 ^{Ba}	44228,7***
1901-1910	10,6 ^{Dj}	2,4 ^{Cb}	1,9 ^{Ae}	2,2 ^{Ba}	39299,2***
1911-1920	23,5 ^{DI}	3,7 ^{Be}	1,5 ^{Ac}	7,7 ^{Cm}	64763,8***
1921-1930	86,8 ^{Dn}	9,8 ^{Ck}	1,5 ^{Ac}	2,5 ^{Bc}	559419,9***
1931-1940	60,0 ^{Dm}	7,8 ^{Cj}	1,8 ^{Ad}	2,3 ^{Bb}	115184,3***
1941-1950	2,4 ^{Aa}	16,4 ^{Dr}	2,8 ^{Bh}	6,3 ^{Cl}	13649,3***
1951-1960	8,3 ^{Dg}	2,1 ^{Aa}	2,1 ^{Bg}	4,2 ^{Ch}	39247,6***
1961-1970	7,2 ^{Cf}	15,2 ^{Dö}	2,8 ^{Ah}	4,6 ^{Bj}	22742,4***
1971-1980	8,9 ^{Ch}	12,7 ^{Do}	5,0 ^{Bm}	4,5 ^{Ai}	7462,7***
1981-1990	9,4 ^{CI}	11,0 ^{Dn}	5,3 ^{Bn}	3,2 ^{Ae}	25799,5***
1991-2000	4,8 ^{Bc}	15,6 ^{Dp}	4,5 ^{Al}	5,6 ^{Ck}	25213,0***
2001-2010	11,3 ^{Dk}	10,5 ^{Cm}	4,0 ^{Bj}	3,0 ^{Ad}	21855,8***
2011-2020	6,5 ^{De}	2,8 ^{Ac}	4,3 ^{Ck}	3,9 ^{Bg}	13274,6***
F Değeri	151452,7***	17971,5***	10090,5***	12154,4***	

Varyans analizi sonucunda Zn konsantrasyonunun da Pb ve Cr konsantrasyonlarında olduğu gibi bütün yönlerde dönemler arasında, bütün dönemlerde de yönler arası istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) farklılaştığı bulunmuştur. Değerlerin dönem bazında değişimi ele alındığında güney yönde 1911-1940 döneminde ortalamanın çok üzerinde değerler elde edildiği görülmektedir. Bunun dışında yine genel olarak birçok dönemde en yüksek değerler batı ve kuzey yönlerde elde edilmiştir. Pb ve Cr konsantrasyonlarında olduğu gibi aynı dönemde yönler arasında büyük farklılıklar olabildiği görülmektedir. Ni konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi Duncan testi sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ni (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	1122,4 ^B	1938,5 ^{Db}	1466,8 ^{Cb}	643,7 ^A	652,485****
İç Kabuk	1043,8 ^B	1413,8 ^{Ca}	1989,5 ^{Dc}	440,2 ^A	7967,368****
Odun	1454,0 ^B	1307,8 ^{Ba}	707,3 ^{Aa}	630,3 ^A	54,874****
F Değeri	1,324 ns	3,900*	29,737***	0,506 ns	

Varyans analizi sonucunda Ni konsantrasyonunun bütün organlarda yön bazında değişiminin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde ($p < 0,001$) anlamlı düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bütün organlarda doğu yönünde elde edilen değerler Duncan testi sonucunda ilk gruplarda yer alırken en yüksek değerler iç kabukta kuzey, dış kabukta ise batı yönde elde edilmiştir. Odunda elde edilen değerler iki grupta toplanmış, kuzey ve doğu yönde elde edilen değerler ilk grupta, güney ve batıda elde edilen değerler ikinci grupta yer almıştır.

Ni konsantrasyonunun organ bazında değişimlerinin ise sadece batı ve kuzey yönlerde istatistiksel olarak anlamlı (en az $p < 0,05$) düzeyde olduğu bulunmuştur. Batı yönde Duncan testi sonucu iç kabuk ile odunda bulunan değer ilk grupta, dış kabukta elde edilen değer ikinci grupta yer alırken kuzey yönde her organ ayrı bir grup oluşturmuş, en düşük değer odunda en yüksek değer ise iç kabukta elde edilmiştir. Odunlarda Ni konsantrasyonlarının dönem ve yön açısından değişimi Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Odunda Ni (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	1565,5 ^{Cgh}	1799,0 ^{Dn}	189,4 ^{Aa}	671,4 ^{Bh}	5855,6****
1851-1860	1555,9 ^{Cgh}	1078,4 ^{Bef}	514,2 ^{Acd}	503,7 ^{Ag}	5137,3****
1861-1870	913,1 ^{Ba}	1183,6 ^{Dh}	538,3 ^{Ade}	1020,9 ^{Cij}	1538,1****
1871-1880	1131,0 ^{Dc}	1082,6 ^{Cf}	577,5 ^{Aef}	1043,2 ^{Bj}	650,8****
1881-1890	3315,2 ^{Dj}	933,3 ^{Bb}	616,5 ^{Af}	1041,2 ^{Cj}	9475,6****
1891-1900	1497,9 ^{Cf}	993,6 ^{Bc}	674,8 ^{Ag}	1012,4 ^{Bi}	1099,0****
1901-1910	1119,2 ^{Cc}	1047,2 ^{Bd}	540,0 ^{Ade}	1113,8 ^{Ck}	1739,1****
1911-1920	1101,1 ^{Bc}	1217,2 ^{Ci}	529,4 ^{Ad}	1236,2 ^{Cl}	2077,5****
1921-1930	1540,6 ^{Dg}	1319,6 ^{Cj}	528,5 ^{Bd}	476,3 ^{Af}	1747,3****
1931-1940	1575,5 ^{Ch}	1669,2 ^{Dm}	519,5 ^{Bcd}	368,3 ^{Acd}	5947,4****
1941-1950	1037,0 ^{Cb}	1770,4 ^{Dn}	547,7 ^{Bde}	383,8 ^{Ad}	3918,6****
1951-1960	1222,1 ^{Dd}	981,2 ^{Cc}	462,9 ^{Bb}	348,8 ^{Abc}	3553,3****
1961-1970	1400,9 ^{De}	1362,8 ^{Ck}	481,8 ^{Bbc}	335,2 ^{Ab}	12191,5****

Çizelge 4.8. (Devam) Odunda Ni (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

1971-1980	1244,4 ^{Cd}	1116,0 ^{Bg}	1103,0 ^{Bh}	340,4 ^{Ab}	4233,2 ^{***}
1981-1990	1215,0 ^{Bd}	1623,5 ^{DI}	1292,5 ^{Cj}	419,6 ^{Ae}	1593,1 ^{***}
1991-2000	928,7 ^{Ba}	2434,4 ^{Do}	1390,8 ^{Ck}	393,0 ^{Dd}	2507,3 ^{***}
2001-2010	2243,6 ^{CI}	1051,4 ^{Bde}	1079,1 ^{Bh}	331,9 ^{Ab}	6244,7 ^{***}
2011-2020	1564,8 ^{Dgh}	876,6 ^{Ba}	1146,7 ^{CI}	306,2 ^{Aa}	498,8 ^{***}
F Değeri	2753,179 ^{***}	1574,634 ^{***}	537,931 ^{***}	1652,1 ^{***}	

Yapılan varyans analizi sonucunda Ni konsantrasyonlarının bütün yönlerde dönemler bazında, bütün dönemlerde de yönler bazında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) farklılaştığı belirlenmiştir. Değerlere bakıldığında genel olarak en yüksek değerlerin güney ve batı yönlerde elde edildiği görülmektedir. Doğu yönünde 1921-1930 dönemlerinden sonra önemli düzeyde bir azalma olduğu, bunun aksine kuzey yönde 1971-1980 döneminden sonra ciddi bir artış meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca aynı dönemde yönler arasında büyük farklılıklar olabildiği görülmektedir. Örneğin 1841-1950 döneminde Ni konsantrasyonunun batı yönde 1799,0 ppb, kuzey yönde 189,4 ppb olduğu, benzer şekilde 2001-2010 döneminde Ni konsantrasyonunun güney yönde 2243,6 ppb iken doğu yönde 331,9 ppb olduğu belirlenmiştir. Co konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Co (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	367,5 ^B	565,6 ^C	352,2 ^{Bab}	274,5 ^A	414,368 ^{***}
İç Kabuk	372,3 ^B	491,8 ^C	381,9 ^{Bb}	179,7 ^A	651,153 ^{***}
Odun	373,4 ^B	406,0 ^B	247,1 ^{Aa}	262,2 ^A	32,117 ^{***}
F Değeri	0,077 ns	2,051 ns	6,400 ^{**}	0,941 ns	

Co konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi incelendiğinde bütün organlarda yön bazında değişimin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda bütün organlarda doğu yönde elde edilen değerler ilk, batı yönde elde edilen değerler ise son grupta yer almıştır. Organ bazında değişimler incelendiğinde ise sadece kuzey yönde organlar arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p<0,01$)

fark bulunduğu belirlenmiş, Duncan testi sonucunda kuzey yönde odunda elde edilen değerler ilk grupta, kabuklarda elde edilen değerler ikinci grupta yer almıştır. Odunda Co konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi Çizelge 4.10’de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Odunda Co (ppb) konsantrasyonlarının yaş ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	420,1 ^{Cfg}	506,8 ^{Df}	182,5 ^{Aabc}	226,1 ^{Bd}	337,1 ^{***}
1851-1860	387,6 ^{Cde}	533,8 ^{Dg}	169,6 ^{Aa}	229,0 ^{Bd}	636,2 ^{***}
1861-1870	393,6 ^{Bde}	415,2 ^{Ce}	169,9 ^{Aa}	383,4 ^{Be}	725,0 ^{***}
1871-1880	388,2 ^{Cde}	360,7 ^{Bcd}	174,3 ^{Aab}	413,5 ^{Dg}	508,0 ^{***}
1881-1890	359,2 ^{Babc}	372,7 ^{Bd}	248,1 ^{Ae}	410,9 ^{Cg}	280,0 ^{***}
1891-1900	365,1 ^{Cbc}	348,4 ^{Babc}	195,6 ^{Ac}	397,2 ^{Df}	328,7 ^{***}
1901-1910	352,3 ^{Cab}	322,8 ^{Ba}	207,8 ^{Ad}	401,8 ^{Dfg}	409,3 ^{***}
1911-1920	341,1 ^{Ba}	337,7 ^{Babc}	189,9 ^{Abc}	447,4 ^{Ch}	258,6 ^{***}
1921-1930	347,6 ^{Cab}	358,0 ^{Dabcd}	188,8 ^{Bbc}	155,6 ^{Aa}	1322,1 ^{***}
1931-1940	362,0 ^{Dabc}	343,5 ^{Cabc}	210,3 ^{Bd}	181,8 ^{Ac}	323,5 ^{***}
1941-1950	349,0 ^{Cab}	341,0 ^{Cabc}	238,0 ^{Be}	163,7 ^{Aa}	655,6 ^{***}
1951-1960	378,4 ^{Ccd}	342,8 ^{Babc}	181,9 ^{Aabc}	190,7 ^{Ac}	277,9 ^{***}
1961-1970	361,0 ^{Cabc}	352,7 ^{Cabcd}	245,6 ^{Be}	186,4 ^{Ac}	318,6 ^{***}
1971-1980	365,0 ^{Bbc}	353,2 ^{Babcd}	354,2 ^{Bf}	187,2 ^{Ac}	222,8 ^{***}
1981-1990	366,2 ^{Bbc}	348,9 ^{Babc}	369,9 ^{Bg}	166,1 ^{Aab}	164,2 ^{***}
1991-2000	356,0 ^{Babc}	986,0 ^{Ch}	356,9 ^{Bfg}	221,3 ^{Ad}	1872,4 ^{***}
2001-2010	401,5 ^{Cef}	339,0 ^{Babc}	345,2 ^{Bf}	177,6 ^{Abc}	85,5 ^{***}
2011-2020	426,9 ^{Cg}	334,2 ^{Bab}	420,1 ^{Ch}	181,1 ^{Ac}	530,6 ^{***}
F Değeri	12,485 ^{***}	487,916 ^{***}	255,114 ^{***}	630,031 ^{***}	

Co konsantrasyonunun dönem ve yön bazında değişimi incelendiğinde bütün yönlerde dönem bazında, bütün dönemlerde de yön bazında değişimin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde Co konsantrasyonunun güney ve batı yönlerde düze yakın bir seyir izlediği görülmektedir. Kuzey yönde 1951-1960 dönemine kadar yine yataya yakın bir seyir izlerken bu dönemden sonra artış seyrine girmiştir. Doğu yönde ise 1911-1920 dönemine kadar en yüksek değerler elde edilmiş, bu dönemden sonra ise önemli oranda düşüş göstermiştir. Mn konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Mn (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	10647,9 ^{Bc}	18062,8 ^{Dc}	14400,2 ^{Cc}	9689,6 ^{Ac}	3361,077***
İç Kabuk	8137,2 ^{Bb}	8787,6 ^{Cb}	9749,9 ^{Db}	4816,3 ^{Ab}	17690,716***
Odun	1786,8 ^{Ba}	1722,3 ^{Ba}	1434,8 ^{Aa}	1507,3 ^{Aa}	7,444***
F Değeri	570,780***	1253,890***	3177,678***	2854,106***	

Mn konsantrasyonunun organ ve yön bazında değişimi incelendiğinde Ni ve Co'da olduğu gibi bütün organlarda yön bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) olduğu görülmektedir. Kabuklarda ortalama en düşük değerler doğu, en yüksek değerler ise kuzey ve batı yönlerde elde edilmiştir. Odunlarda elde edilen değerler ise iki grupta toplanmış, kuzey ve doğu yönünde elde edilen değerler ilk grupta, güney ve batıda elde edilen değerler ikinci grupta yer almıştır.

Organ bazında ise varyans analizi sonucunda bütün yönlerde Mn konsantrasyonunun değişimi istatistiksel olarak anlamlı ($p > 0,001$) düzeyde bulunmuştur. Bütün yönlerde en düşük değerler odunlarda, en yüksek değerler ise dış kabuklarda elde edilmiştir. Kuzey ve batı yönlerde dış kabukta edinilen değerler ile odunda edinilen değerler arasında on kat kadar fark olması dikkat çekmektedir. Odunlarda Mn konsantrasyonlarının dönem ve yön bakımından değişimi Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Odunda Mn (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	1260,5 ^{Ba}	1635,3 ^{Dg}	955,0 ^{Aa}	1323,3 ^{Cc}	1103,1***
1851-1860	1237,9 ^{Ca}	1289,2 ^{Dc}	1047,6 ^{Ab}	1181,0 ^{Ba}	389,5***
1861-1870	1287,2 ^{Cb}	1259,5 ^{Bb}	1161,0 ^{Ad}	1325,0 ^{Dc}	195,3***
1871-1880	1327,5 ^{Bc}	1414,6 ^{Ce}	1195,4 ^{Ae}	1598,4 ^{Di}	4051,7***
1881-1890	1514,0 ^{Ce}	1373,4 ^{Bd}	1358,0 ^{Ag}	1687,4 ^{Dk}	2224,0***
1891-1900	1433,6 ^{Cd}	1174,4 ^{Aa}	1192,1 ^{Be}	1474,7 ^{De}	1473,1***
1901-1910	1585,0 ^{Cg}	1247,0 ^{Bb}	1087,1 ^{Ac}	1723,4 ^{Di}	9766,8***
1911-1920	1827,4 ^{Bk}	1257,3 ^{Ab}	1220,5 ^{Af}	2012,0 ^{Cm}	582,9***
1921-1930	3343,3 ^{Do}	1480,1 ^{Af}	1388,7 ^{Bhi}	1633,8 ^{Cj}	153921,3***
1931-1940	1686,0 ^{Di}	1437,3 ^{Be}	1374,6 ^{Ah}	1543,0 ^{Cg}	1964,2***
1941-1950	1545,1 ^{Af}	1969,8 ^{Dj}	1610,4 ^{Cj}	1577,4 ^{Bh}	2540,1***
1951-1960	1717,0 ^{Cj}	1656,7 ^{Bg}	1395,9 ^{Ai}	1402,3 ^{Ad}	3469,6***
1961-1970	2301,4 ^{Dm}	1995,7 ^{Cj}	1382,2 ^{Bhi}	1284,6 ^{Ab}	21777,0***
1971-1980	1904,1 ^{Cl}	1881,3 ^{Ci}	1752,3 ^{Bl}	1643,1 ^{Aj}	42,4***

Çizelge 4.12. (Devamı) Odunda Mn (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

1981-1990	1718,2 ^{Cj}	2305,6 ^{DI}	1701,0 ^{Bk}	1513,0 ^{Af}	4980,6 ^{***}
1991-2000	1658,6 ^{Bh}	3833,6 ^{Dm}	1991,0 ^{Cm}	1598,7 ^{Ai}	31964,6 ^{***}
2001-2010	1922,1 ^{Bl}	2045,9 ^{Dk}	1980,8 ^{Cm}	1281,5 ^{Ab}	6135,9 ^{***}
2011-2020	2894,2 ^{Dn}	1745,2 ^{Bh}	2033,8 ^{Cn}	1329,6 ^{Ac}	17525,7 ^{***}
F Değeri	4670,323 ^{***}	4406,031 ^{***}	4116,517 ^{***}	1523,561 ^{***}	

Varyans analizi sonucunda Mn konsantrasyonunun da Ni ve Co konsantrasyonlarında olduğu gibi bütün yönlerde dönemler arasında, bütün dönemlerde de yönler arası istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p < 0,001$) farklılaştığı belirlenmiştir. Değerlerin dönem bazında değişimine bakıldığında doğu yönde dalgalı ve yataya yakın bir seyir izlediği, diğer yönlerde ise genel olarak bir artış eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu artışın güney ve batı yönlerde daha yüksek düzeyde olduğu söylenebilir. Cd konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin değerler ve istatistiksel sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Cd (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	South	West	North	East	F Değeri
Dış Kabuk	409,1 ^B	412,4 ^C	405,0 ^{Bb}	195,1 ^A	4540,1 ^{***}
İç Kabuk	418,8 ^D	392,5 ^B	401,0 ^{Cb}	188,4 ^A	3166,5 ^{***}
Odun	435,2 ^B	460,3 ^B	275,8 ^{Aa}	265,8 ^A	38,0 ^{***}
F Değeri	0,2 ns	0,3 ns	5,4 ^{**}	1,7 ns	

Tabloda görüldüğü üzere Cd konsantrasyonunun sadece kuzey yönde organ bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeydedir. Kuzey yönde organlar iki grupta toplanmış, odunda elde edilen değerler ilk grupta, kabuklarda elde edilen değerler ise ikinci grupta yer almıştır. Bütün organlarda Cd konsantrasyonunun yön bazında değişimi ise istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlıdır. Duncan testi sonuçları incelendiğinde doğu yönünde elde edilen değerlerin bütün organlarda ilk grupta yer aldığı görülmektedir. En yüksek değerler ise iç kabukta güney, odun ve dış kabukta batı yönlerde elde edilmiştir. Cd konsantrasyonlarının yıllık halkalarda dönem ve yön bazında değişimine ilişkin değerler ve istatistiki analiz sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Yıllık halkalarda Cd konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	South	West	North	East	F Değeri
1841-1850	393,6 ^{Cab}	1203,8 ^{Dk}	188,4 ^{Aa}	201,6 ^{Bb}	29237,3 ^{***}
1851-1860	396,3 ^{Bb}	423,6 ^{Ch}	224,5 ^{Ade}	217,6 ^{Ad}	2262,0 ^{***}
1861-1870	394,3 ^{Bab}	396,5 ^{Bcd}	222,6 ^{Ade}	395,3 ^{Be}	4871,5 ^{***}
1871-1880	392,6 ^{Bab}	402,2 ^{Cdef}	224,1 ^{Ade}	407,6 ^{Cf}	1756,1 ^{***}
1881-1890	406,4 ^{Bc}	456,8 ^{Di}	226,1 ^{Ae}	416,8 ^{Cg}	1839,0 ^{***}
1891-1900	397,6 ^{Cb}	386,2 ^{Ba}	223,4 ^{Ade}	393,2 ^{Ce}	1707,2 ^{***}
1901-1910	426,4 ^{Dgh}	385,3 ^{Ba}	220,6 ^{Acde}	395,5 ^{Ce}	2221,9 ^{***}
1911-1920	392,2 ^{Cab}	384,1 ^{Ba}	221,7 ^{Acde}	398,5 ^{Ce}	1426,9 ^{***}
1921-1930	417,0 ^{Def}	404,3 ^{Cef}	224,2 ^{Bde}	193,7 ^{Aa}	8100,0 ^{***}
1931-1940	452,6 ^{Di}	397,2 ^{Ccde}	223,0 ^{Bde}	191,2 ^{Aa}	5850,6 ^{***}
1941-1950	388,4 ^{Ca}	413,0 ^{Dg}	220,1 ^{Bcd}	197,5 ^{Aab}	2380,6 ^{***}
1951-1960	679,8 ^{Ck}	394,2 ^{Bbc}	217,1 ^{Abc}	211,6 ^{Ac}	7732,9 ^{***}
1961-1970	430,4 ^{Ch}	427,0 ^{Ch}	214,2 ^{Bb}	193,7 ^{Aa}	5112,2 ^{***}
1971-1980	418,2 ^{Bef}	412,0 ^{Bg}	414,9 ^{Bh}	197,0 ^{Aab}	2283,4 ^{***}
1981-1990	422,6 ^{Cfg}	404,9 ^{Bf}	436,4 ^{Di}	193,1 ^{Aa}	7381,1 ^{***}
1991-2000	414,0 ^{Cde}	388,8 ^{Bab}	409,8 ^{Cg}	196,6 ^{Aab}	3405,8 ^{***}
2001-2010	602,6 ^{Cj}	620,8 ^{Dj}	453,2 ^{Bj}	192,1 ^{Aa}	6658,7 ^{***}
2011-2020	408,9 ^{Dcd}	384,7 ^{Ba}	401,1 ^{Cf}	192,9 ^{Aa}	2461,4 ^{***}
F Değeri	1115,5 ^{***}	6689,6 ^{***}	3599,7 ^{***}	2598,7 ^{***}	

Yapılan varyans analizi sonucunda Cd konsantrasyonlarının bütün yönlerde dönemler bazında, bütün dönemlerde de yönler bazında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı belirlenmiştir. Değerler incelendiğinde en yüksek değer 1203,8 ppb ile en eski dönemde batı yönde elde edildiği ve bu değer diğer değerlerin çok üzerinde olduğu görülmektedir. Bir anomali olarak görülen bu değer değerlendirmeye alınmadan değişimler incelendiğinde genel olarak batı ve güney yönlerdeki Cd konsantrasyonlarının dar bir aralıkta değişim gösterdiği görülmektedir. Kuzey yönde ise 1970 yılına kadar dar bir aralıkta seyreden ve 226,1 ppb'yi aşmayan Cd konsantrasyonu 1971-1980 döneminden itibaren neredeyse iki katına çıkarak yatay seyretmeye başlamıştır. Tam tersi bir durum ise doğu yönde görülmektedir. 1861-1920 döneminde 393 ppb'nin altına düşmeyen Cd konsantrasyonu bu tarihten itibaren neredeyse yarısına düşmüş ve bu tarihten günümüze kadar da 200 ppb'yi aşmamıştır.

Fe konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin değerler ve istatistiki analiz sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Fe (ppm) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	South	West	North	East	F Değeri
Dış Kabuk	16,0 ^A	248,6 ^{Db}	30,4 ^{Ba}	123,9 ^{Cb}	9121,3***
İç Kabuk	23,6 ^B	147,4 ^{Cab}	200,6 ^{Db}	9,9 ^{Aa}	301126,3***
Odun	44,2 ^A	71,8 ^{Ba}	20,6 ^{Aa}	40,8 ^{Aa}	4,7**
F Değeri	0,665 ns	3,9*	91,8***	3,8*	

Fe konsantrasyonlarının değişimi incelendiğinde güney yönde organlar arasındaki değişimin istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, diğer bütün yönlerde organ ve bütün organlarda yön bazında değişimlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir. Duncan testi sonucunda bütün yönlerde odunda elde edilen değerler ilk grupta yer almıştır. En yüksek değerler ise doğu ve batı yönlerde dış kabukta, kuzeyde ise iç kabukta elde edilmiştir. Yön bazında ise odunda iki grup oluşmuş batı ilk grupta diğer yönler ikinci grupta yer almıştır. Dış kabukta en düşük değer güney, en yüksek değer batıda, iç kabukta ise en düşük değer doğu, en yüksek değer ise kuzeyde elde edilmiştir. Fe konsantrasyonlarının yıllık halkalarda dönem ve yön bazında değişimine ilişkin değerler ve istatistiki analiz sonuçları Çizelge 4.16’de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Yıllık halkalarda Fe konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	111,1 ^{Cl}	122,5 ^{Dk}	6,1 ^{Ad}	62,2 ^{Bn}	131576,8***
1851-1860	5,0 ^{Aa}	18,9 ^{Cef}	8,0 ^{Bh}	31,5 ^{Dk}	15849,9***
1861-1870	11,2 ^{Bc}	126,0 ^{DI}	7,1 ^{Afg}	13,6 ^{Ce}	165567,6***
1871-1880	119,2 ^{Cm}	19,5 ^{Bf}	3,3 ^{Aa}	148,4 ^{Do}	35911,9***
1881-1890	11,0 ^{Ac}	111,5 ^{Dj}	60,8 ^{Cö}	27,2 ^{Bj}	290652,4***
1891-1900	212,1 ^{Dn}	21,4 ^{Bg}	39,1 ^{Co}	16,2 ^{Af}	38433,4***
1901-1910	22,6 ^{De}	12,9 ^{Bb}	7,2 ^{Ag}	21,4 ^{Ch}	24464,6***
1911-1920	26,8 ^{Cg}	17,1 ^{Bd}	4,2 ^{Ab}	231,6 ^{Dö}	42569,1***
1921-1930	20,3 ^{Dd}	18,7 ^{Bef}	6,6 ^{Ae}	19,2 ^{Cg}	26390,8***
1931-1940	29,3 ^{Dh}	12,2 ^{Bb}	12,7 ^{Cj}	11,2 ^{Ad}	3860,6***
1941-1950	9,1 ^{Ab}	169,8 ^{Cm}	32,5 ^{Bn}	9,6 ^{Ac}	68943,0***
1951-1960	24,8 ^{Cf}	15,6 ^{Bc}	10,6 ^{Ai}	42,5 ^{Dm}	67828,0***
1961-1970	38,0 ^{Ci}	50,3 ^{Di}	23,5 ^{Am}	24,4 ^{Bi}	13221,1***
1971-1980	10,9 ^{Ac}	24,1 ^{Ch}	22,6 ^{Bl}	11,4 ^{Ad}	450,9***
1981-1990	26,9 ^{Dg}	19,2 ^{Cf}	5,4 ^{Ac}	7,1 ^{Bb}	31159,2***
1991-2000	20,2 ^{Ad}	17,9 ^{Cde}	20,6 ^{Ak}	40,9 ^{Bl}	118839,8***
2001-2010	54,7 ^{Dk}	510,4 ^{Cn}	6,7 ^{Aef}	10,0 ^{Bc}	15804,6***
2011-2020	42,5 ^{Cj}	4,5 ^{Aa}	93,5 ^{Dp}	5,9 ^{Ba}	30162,9***
F Değeri	3370,4***	91309,7***	33604,3***	51791,3***	

Fe konsantrasyonunun dönem ve yön bazında değişimi incelendiğinde yine bütün yönlerde dönem bazında, bütün dönemlerde de yön bazında değişimin istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Değişim incelendiğinde Fe konsantrasyonunun düzensiz bir değişim gösterdiği, zaman zaman (2001-2010 döneminde batı yönde, 1911-1920 döneminde doğu yönde, 1891-1900 döneminde doğu yönde vb) anormal derecede yükseldiği görülmektedir. Ancak Fe konsantrasyonunun hem dönem hem de yön bazında değişiminin düzenli olduğunu söylemek mümkün değildir.

Al konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin değerler ve istatistiki analiz sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Al (ppm) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	South	West	North	East	F Değeri
Dış Kabuk	7,1 ^{Ab}	199,8 ^{Dc}	17,4 ^{Bb}	77,5 ^{Cb}	116998,6***
İç Kabuk	6,1 ^{Bb}	31,1 ^{Cb}	4,9 ^{Aa}	5,0 ^{Aa}	90135,6***
Odun	3,7 ^{Aa}	8,5 ^{Ba}	5,2 ^{Aa}	8,8 ^{Ba}	5,227**
F Değeri	7,4**	2226,2***	5,4**	38,8***	

Al konsantrasyonlarının değişimi incelendiğinde bütün yönlerde organ ve bütün organlarda yön bazında değişimlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir. Duncan testi sonuçları dikkate alındığında genel olarak Al konsantrasyonunun değişiminin odun<iç kabuk<dış kabuk şeklinde olduğu söylenebilir. Yön bazında ise odunda iki grup oluşmuş batı ilk grupta diğer yönler ikinci grupta yer almıştır. Dış kabukta en düşük değer güney, en yüksek değer batıda, iç kabukta ise en düşük değerler kuzey ve doğu, en yüksek değer de batıda elde edilmiştir.

Al konsantrasyonlarının yıllık halkalarda dönem ve yön bazında değişimine ilişkin değerler ve istatistiki analiz sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Yıllık halkalarda Al konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	3,8 ^{Bj}	10,7 ^{Dj}	2,9 ^{Ad}	8,0 ^{Ci}	11296,4***
1851-1860	1,8 ^{Bb}	2,0 ^{Cb}	0,8 ^{Aa}	10,1 ^{Di}	9525,8***
1861-1870	2,0 ^{Ac}	5,5 ^{Ce}	2,6 ^{Bc}	11,4 ^{Dm}	72864,1***
1871-1880	2,5 ^{Be}	4,0 ^{Cd}	0,8 ^{Aa}	63,2 ^{Dn}	3260413,3***
1881-1890	2,1 ^{Ad}	3,0 ^{Bc}	26,4 ^{Dm}	10,1 ^{Cl}	414217,4***

Çizelge 4.18. (Devam) Yıllık halkalarda Al konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

1891-1900	2,6 ^{Bf}	15,2 ^{Dl}	9,8 ^{Ck}	1,9 ^{Aa}	68666,4***
1901-1910	4,6 ^{Cl}	1,8 ^{Ba}	0,9 ^{Aa}	8,6 ^{Dj}	44766,2***
1911-1920	4,5 ^{Bl}	12,8 ^{Dk}	3,8 ^{Ag}	9,9 ^{Ck}	13309,9***
1921-1930	8,9 ^{Dn}	7,4 ^{Cf}	0,8 ^{Aa}	3,8 ^{Bf}	79143,4***
1931-1940	3,4 ^{Bh}	8,9 ^{Dh}	4,6 ^{Ci}	2,6 ^{Ad}	3786,6***
1941-1950	1,6 ^{Aa}	10,7 ^{Cj}	17,2 ^{Dl}	6,9 ^{Bh}	4229,2***
1951-1960	4,3 ^{Ak}	7,3 ^{Di}	4,4 ^{Bh}	4,9 ^{Cg}	5893,6***
1961-1970	3,4 ^{Bh}	19,0 ^{Dn}	2,8 ^{Ad}	4,8 ^{Cg}	49049,8***
1971-1980	3,7 ^{Bi}	9,6 ^{Di}	5,1 ^{Cj}	3,4 ^{Ae}	9201,7***
1981-1990	3,8 ^{Cj}	8,4 ^{Dg}	3,5 ^{Bf}	2,0 ^{Ab}	24315,2***
1991-2000	4,6 ^{Cl}	16,9 ^{Dm}	3,3 ^{Be}	2,5 ^{Ad}	8285,8***
2001-2010	6,8 ^{Cm}	8,4 ^{Dg}	1,7 ^{Ab}	2,3 ^{Be}	79092,9***
2011-2020	2,8 ^{Dg}	2,1 ^{Bb}	1,7 ^{Ab}	2,1 ^{Cb}	3286,7***
F Değeri	3370,4***	14184,2***	18673,7***	222025,2***	

Varyans analizi sonucunda Al konsantrasyonunun da Cd ve Fe konsantrasyonlarında olduğu gibi bütün yönlerde dönem bazında, bütün dönemlerde de yön bazında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı belirlenmiştir. Değerlerin dönem bazında değişimi incelendiğinde genel olarak güney yönde dar bir aralıkta seyrettiği ve genellikle en düşük değerleri gösterdiği, doğu yönde de 1890 dönemine kadar nispeten yüksek değerler gösterirken bu tarihten sonra düştüğü ve yataya yakın bir seyir izlediği görülmektedir. Kuzey yönde 1881-1890 ve 1941-1950 dönemleri dışında 10 ppm'i aşmadığı ve dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Batı yönde ise yine genel olarak dalgalı bir seyir izlemekle birlikte özellikle 1891 döneminden sonra arttığı ve bu tarihten sonra genel olarak en yüksek değerlerin birçok dönemde batı yönünde elde edildiği dikkat çekmektedir.

Ba konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.19'de verilmiştir.

Çizelge 4.19. Ba (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	3522,2 ^{Ab}	7418,0 ^{Db}	5177,0 ^{Bc}	5928,1 ^{Cc}	11605,194***
İç Kabuk	3282,7 ^{Ab}	6966,6 ^{Db}	4165,3 ^{Cb}	4066,6 ^{Bb}	10621,205***
Odon	1155,0 ^a	1373,0 ^a	917,9 ^a	1303,9 ^a	2,641 ns
F Değeri	77,912***	60,912***	237,583***	31,744***	

Ba konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi incelendiğinde, bütün yönlerde organ bazında değişimlerin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde olduğu, bütün yönlerde en düşük konsantrasyonların odunda elde edildiği ve genel olarak Ba konsantrasyonunun odun<iç kabuk<dış kabuk şeklinde değiştiği belirlenmiştir. Bunun yanında iç kabuk ve dış kabukta Ba konsantrasyonunun yön bazında değişiminin de istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde olduğu ancak odunlarda (ortalama değerlere göre) yön bazında farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. İç ve dış kabuklarda en düşük konsantrasyonlar güney, en yüksek konsantrasyonlar ise batı yönde elde edilmiştir.

Odunlarda Ba konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimine ilişkin varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri, hata oranı, ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Odunda Ba (ppb) konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	851,6 ^{Bd}	1163,8 ^{Df}	1081,8 ^{Ch}	442,5 ^{Aa}	2544,139***
1851-1860	1065,4 ^{Cg}	6453,9 ^{DI}	609,4 ^{Ac}	995,5 ^{Bg}	166832,954***
1861-1870	819,5 ^{Bc}	1378,0 ^{CI}	459,2 ^{Ab}	3843,8 ^{Dk}	20053,167***
1871-1880	735,1 ^{Bb}	1579,6 ^{Dk}	660,2 ^{Ade}	901,0 ^{Ce}	4187,368***
1881-1890	935,3 ^{Be}	994,2 ^{Ce}	462,6 ^{Ab}	1062,9 ^{Dh}	1020,441***
1891-1900	759,0 ^{Bb}	899,2 ^{Cc}	672,6 ^{Ae}	1059,2 ^{Dh}	557,247***
1901-1910	1204,0 ^{CI}	770,4 ^{Bb}	647,7 ^{Ad}	1254,9 ^{DI}	1277,062***
1911-1920	1023,3 ^{Cf}	726,0 ^{Aa}	797,0 ^{Bf}	4877,8 ^{DI}	83071,324***
1921-1930	1449,8 ^{CI}	747,4 ^{Bab}	620,3 ^{Ac}	1971,5 ^{Dj}	12914,508***
1931-1940	917,8 ^{Be}	1383,7 ^{DI}	996,4 ^{Cg}	611,2 ^{Ac}	1388,534***
1941-1950	1909,6 ^{Dm}	872,4 ^{Cc}	464,1 ^{Ab}	575,9 ^{Bb}	11449,461***
1951-1960	1224,1 ^{CI}	1236,2 ^{Cg}	415,5 ^{Aa}	1081,0 ^{Bh}	4598,198***
1961-1970	1397,6 ^{Dk}	1277,4 ^{Ch}	1199,8 ^{BI}	584,2 ^{Ab}	1748,735***
1971-1980	1002,9 ^{Cf}	878,2 ^{Be}	1325,4 ^{Dj}	573,2 ^{Ab}	983,813***
1981-1990	1329,2 ^{Cj}	966,8 ^{Ad}	1696,0 ^{Dm}	1066,9 ^{Bh}	1750,588***
1991-2000	1174,2 ^{Bh}	1538,3 ^{Dj}	1403,4 ^{Ck}	701,9 ^{Ad}	1974,25***
2001-2010	585,7 ^{Aa}	881,8 ^{Bc}	1415,7 ^{Ck}	894,0 ^{Be}	1464,936***
2011-2020	2405,8 ^{Cn}	966,7 ^{Ad}	1595,8 ^{Bl}	972,7 ^{Af}	4822,464***
F Değeri	2296,2***	21191,3***	4555,7***	27688,5***	

Odunlarda Ba konsantrasyonunun bütün dönemlerde yön ve bütün yönlerde dönem bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Ancak ortalama değerler incelendiğinde Ba konsantrasyonunun süreç içerisinde

değişiminin düzensiz olduğu görülmektedir. 1860 yılına kadar en yüksek değerler batı yönünde elde edilirken bu tarihten sonra 1930 yılına kadar genel olarak en yüksek değerler doğu yönünde elde edilmiştir. Bununla birlikte 1940 yılına kadar en yüksek değerler bütün dönemlerde batı ve doğu yönlerde elde edilmiştir. 1851-1960 yılları arasında genel olarak en düşük değerler kuzey yönde elde edilirken bu tarihten sonra kuzey yöndeki konsantrasyonlarda büyük oranda artış olmuştur. Bunlara ek olarak dikkat çeken bir diğer nokta aynı dönemde farklı yönlerde elde edilen Ba konsantrasyonları arasında büyük farklılıklar olabilmesidir. Bu fark bazı dönemlerde 8 kattan fazladır.

Çizelge 4.21. Li (ppb) konsantrasyonlarının organ ve yön bazında değişimi.

Organ	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
Dış Kabuk	519,8 ^{Aa}	1700,1 ^{Bb}	1667,0 ^B	570,2 ^{Aa}	48,968***
İç Kabuk	880,4 ^{Aa}	1306,0 ^{Ba}	1646,0 ^B	640,5 ^{Aa}	13,896**
Odun	1769,5 ^{Bb}	2079,9 ^{Cc}	1467,3 ^A	1422,7 ^{Ab}	21,892***
F Değeri	35,521***	38,255***	0,331 ns	3,982*	

Yapılan varyans analizi sonucunda Li konsantrasyonlarının kuzey dışındaki bütün yönlerde dönemler bazında, bütün dönemlerde de yönler bazında istatistiki olarak en az %95 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı belirlenmiştir. Değerler incelendiğinde en yüksek değer 2079,9 ppb ile batı yönde odunda elde edildiği görülmektedir. En düşük değer ise 519,8 ppb ile dış kabukta güney yönde elde edilmiştir. Li konsantrasyonlarının yıllık halkalarda dönem ve yön bazında değişimine ilişkin değerler ve istatistiki analiz sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Yıllık halkalarda Li konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

Yıl Aralığı	Güney	Batı	Kuzey	Doğu	F Değeri
1841-1850	1786,6 ^{Ccde}	1993,7 ^C	520,4 ^{Aa}	1100,2 ^{Bcd}	82,496***
1851-1860	1831,0 ^{Cdef}	2142,0 ^C	1337,4 ^{Bdef}	989,9 ^{Aabc}	28,722***
1861-1870	1483,0 ^{Aabc}	2124,9 ^B	1273,1 ^{Acdef}	2093,2 ^{Be}	12,502**
1871-1880	1563,2 ^{Aabcd}	2049,0 ^B	1319,2 ^{Adef}	2284,0 ^{Bef}	18,801***
1881-1890	1565,6 ^{Aabcd}	1911,9 ^B	1362,2 ^{Aef}	2236,1 ^{Cef}	28,196***
1891-1900	1611,2 ^{Aabcde}	1870,0 ^B	1444,2 ^{Af}	2390,4 ^{Cfg}	29,998***
1901-1910	1607,4 ^{ABabcde}	1932,0 ^B	1343,9 ^{Adef}	2546,8 ^{Cgh}	17,608***
1911-1920	1915,6 ^{Befg}	2121,3 ^B	1155,6 ^{Abcde}	2634,2 ^{Ch}	65,689***
1921-1930	1750,1 ^{Bbcde}	2127,0 ^C	1072,5 ^{Abc}	935,0 ^{Aabc}	55,27***
1931-1940	1850,0 ^{Cdef}	2181,1 ^D	1131,5 ^{Bbcd}	904,3 ^{Aabc}	119,709***
1941-1950	1850,0 ^{Bdef}	2083,3 ^B	1063,0 ^{Abc}	1043,3 ^{Abcd}	47,25***
1951-1960	2162,0 ^{Bfgh}	2142,7 ^B	1066,7 ^{Abc}	862,2 ^{Aabc}	42,53***
1961-1970	2190,7 ^{Bgh}	2213,4 ^B	987,5 ^{Ab}	745,1 ^{Aa}	96,319***

Çizelge 4.22. (Devam) Yıllık halkalarda Li konsantrasyonlarının dönem ve yön bazında değişimi.

1971-1980	2376,5 ^{Bh}	2149,7 ^B	2129,4 ^{Bgh}	1255,5 ^{Ad}	34,836***
1981-1990	1943,0 ^{Befg}	2196,3 ^{BC}	2325,7 ^{Chi}	933,1 ^{Aabc}	64,907***
1991-2000	1556,7 ^{Babcd}	2049,8 ^C	2002,9 ^{Cg}	957,4 ^{Aabc}	43,892***
2001-2010	1387,0 ^{Ba}	2160,6 ^C	2359,8 ^{ci}	910,5 ^{Aabc}	55,265***
2011-2020	1421,0 ^{Bab}	1989,8 ^C	2517,2 ^{Di}	787,8 ^{Aab}	145,136***
F Değeri	7,189***	1,32 ns	62,618***	75,895***	

Varyans analizi sonucunda Li konsantrasyonunun bütün dönemlerde yön ve batı dışındaki bütün yönlerde de dönem bazında istatistiki olarak %99,9 güven düzeyinde anlamlı olmak üzere farklılaştığı belirlenmiştir. Değerlerin dönem bazında değişimi incelendiğinde genel olarak batı yönde diğer yönlerden yüksek değerler elde edildiği, doğu yönde elde edilen değerlerin ise oldukça değişken olduğu görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma sonucunda öncelikle çalışmaya konu edilen elementlerin bütün organların bütün yönlerinde belirlenebilir limitler dahilinde birikim yaptığı belirlenmiştir. Bu durum çalışmaya konu türün, çalışmaya konu ağır metalleri biriktirme potansiyelinin yüksek düzeyde olduğunun göstergesidir. Ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılacak olan türlerde aranan en önemli özellik, türün çalışmaya konu elementleri bünyesinde biriktirebilmesidir. Yapılan birçok çalışmada bazı türlerin bazı elementleri biriktirebilme potansiyellerinin farklı düzeyde olduğu belirlenmiştir (Karacocuk vd., 2022; Yayla vd., 2022).

Bundan dolayı hangi ağaçların yıllık halkalarının hangi metallerin süreç içerisindeki değişiminin izlenmesi için uygun olduğunun ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Bugüne kadar yapılan bazı çalışmalarda *Malus floribunda* Cd (Yigit, 2019), *Pinus halepensis* Pb, Hg ve Cd (Martin vd., 2018), *Populus* spp. Cd, Hg ve Pb (Bardule et al., 2020), *Quercus pubescens* Cu, Pb, Cr, Co, Ni, Tl, Hg, U, Mo W, V ve Zn (Perone et al., 2018), *Pinus montezumae* (Montezuma çamı) Pb ve Zn (Baieta vd., 2021), *Cupressus arizonica* Cd (Cesur vd., 2021), *Tilia platyphyllos* ve *Populus nigra* Pb ve Zn (Kiss et al., 2019), *Quercus* sp. Cd (Turkyilmaz vd., 2019), *Cedrus atlantica* (Atlas sediri) Cr ve Mn (Savas vd., 2021), *Populus bonatii* ve *Ailanthus altissima* Zn ve Cd (Liu et al., 2018) elementlerinin süreç içerisindeki değişiminin belirlenmesi amacıyla kullanılmıştır.

Ağır metaller, madencilik (Alaquori vd., 2020), trafik (Aricak vd., 2019) ve kentsel alanlar gibi farklı kirlilik kaynaklarıyla ilişkilidir (Isinkaralar vd., 2022a,b). Bu antropik aktiviteler, özellikle Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb ve Zn için önemli ağır metal kaynaklarıdır (Martin vd., 2018). Çalışmada kullanılan ağaç, ağır metal kaynaklarına nispeten uzak bir noktada bulunmaktadır ve bundan dolayı havadaki ağır metal konsantrasyonlarının nispeten daha düşük seviyelerde olduğu söylenebilir. Ayrıca yapılan çalışmalarda birçok türde organlar arasındaki en düşük konsantrasyonların genellikle odunlarda elde edildiği belirlenmiştir (Yayla vd., 2022). Dolayısıyla çalışmada kullanılan türün hem ağır metal kaynaklarına uzak bir noktada bulunması, hem de odunda ağır metal biriktirebilme potansiyelinde olması *Corylus colurna*'nın ağır metal kirliliğinin seyrinde iyi bir biyomonitor olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Bu özelliğinden dolayı

özellikle kent içerisinde yol kenarlarında alle ağacı olarak ve parklarda süs bitkisi olarak kullanılması şiddetle önerilebilir.

Çalışma kapsamında elde edilen bir diğer önemli sonuç, bütün ağır metallerde odun kısmında en yüksek konsantrasyonların genellikle güney ve batı yönlerde elde edilmiş olmasıdır. Örneğin Fe elementinde odun kısmında en yüksek değerler batı ve sonrasında güney yönde elde edilmiştir. Yine bütün organlarda elde edilen en yüksek değer (248,6 ppm) de yine batı yönündeki dış kabukta elde edilmiştir. Çalışma sonucunda bütün organlarda en yüksek Al konsantrasyonları batı yönde elde edilmiştir. Üstelik batı yönde dış kabukta elde edilen değer (199,8 ppm) diğer yönlerde elde edilen değerlerden oldukça yüksektir. Öyle ki dış kabukta batı yönünde ölçülen Al konsantrasyonu kuzey yönde ölçülen Al konsantrasyonunun 11 katından fazladır.

Çalışmaya konu tür, sanayii tesisleri, trafik ve kentsel alanlara nispeten uzak bir noktada bulunmakla birlikte türün güneybatı yönünde ve kuş uçuşu yaklaşık 88 km mesafede Türkiye'nin en büyük demir-çelik fabrikası yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda ağır metallerin rüzgar yardımıyla kaynağından yüzlerce km. uzaklara aktarılabilirdiği belirtilmektedir (Shahid vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2019). Ayrıca demir çelik fabrikalarının, çalışmaya konu ağır metallerin en önemli kaynaklarından olduğu belirtilmektedir. Yapılan bir çalışmada demir çelik fabrikasının yakınındaki partikül maddelerde baskın elementin Fe olduğu, ardından Pb ve Zn geldiği belirlenmiş, bu elementler ile birlikte Cr ve Mn'da demir-çelik üretim emisyonunun belirleyici unsurları olarak kabul edilmişlerdir (Dai vd., 2015). Bu sonuçlar çalışmada kullanılan ağacın güney ve batı yönlerinde Pb, Cr ve Zn gibi bazı ağır metal konsantrasyonlarının diğer yönlerden daha yüksek düzeyde çıkmasını açıklamaktadır. Dolayısıyla güney ve batı yönlerde odun kısmında ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek düzeyde çıkması söz konusu fabrika ile ilişkilendirilebilir.

Çalışma sonucunda elde edilen bir diğer önemli sonuç, genel olarak çalışmaya konu elementlerin çoğunda aynı dönemde oluşan farklı yönlerdeki organlarda ağır metal konsantrasyonları arasında büyük oranda fark çıkmış olmasıdır. Örneğin 1841-1950 döneminde Ni konsantrasyonunun batı yönde 1799,0 ppb, kuzey yönde 189,4 ppb olduğu, benzer şekilde 2001-2010 döneminde Ni konsantrasyonunun güney yönde 2243,6 ppb iken doğu yönde 331,9 ppb olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar çalışmaya konu elementlerin geneli için de elde edilmiştir. Bu durum söz konusu ağır metallerin genelinin organlar arasındaki geçişinin sınırlı olduğu şeklinde yorumlanabilir.

Ancak bu durumun aksi sonuçlar da mevcuttur. Çalışma sonucunda *Corylus colurna*'da Cd konsantrasyonunun hem organlarda hem de yıllık halkalarda dar bir aralıkta değişim gösterdiği belirlenmiştir. Farklı yönlerde dış kabuk, iç kabuk ve odunda elde edilen en düşük ve en yüksek değer aralarında iki kattan biraz fazla fark olduğu hesaplanmıştır. Bu durum Cd'un organlar arasında ve içinde transfer edilebildiği şeklinde yorumlanabilir. Cd bitkilerde oldukça hareketli olan, kök ve yaprak dokularında biriken bir elementtir (Kaur vd., 2021). Nitekim Martin vd. (2018), ağaç yıllık halkalarındaki Cd konsantrasyonlarının kaynağının toprak olduğunu, topraktan alınan Cd'un odun kısmından kabuğa doğru hareket ettiğini belirtmiştir. Seven vd. (2018) Cd elementinin suda çözünebilir olmasından dolayı da bitkilerde topraktan kolaylıkla sistemlerine alınabildiklerini ve biriktirilebildiklerini belirtmişlerdir.

Ağaçların yıllık halkalarının biyomonitor olarak kullanılabilirliğine ilişkin çalışmalar bir süredir yapılmakla birlikte, ağır metallerin bitki bünyesine girişlerinden itibaren bitki içerisindeki türleşmeleri ve organlar arasında geçişleri konusunda bilgi miktarı oldukça sınırlıdır (Shahid vd., 2017; Koç, 2021a). Örneğin Zhang (2019) *Cedrus deodora* (Himalaya sediri) yıllık halkalarında çinko ve kurşun konsantrasyonlarının belirli dereceye kadar yer değiştirdiğini, bakır konsantrasyonunun ise hiç yer değiştirmedeği belirlenmiştir (Koç, 2021a). *Cedrus atlantica* (Atlas sediri)'da Ni elementinin odun içerisinde aktarımının sınırlı olduğunu ve bundan dolayı süreç içerisindeki Ni konsantrasyonunun değişiminin izlenmesi için *C. atlantica* yıllık halkalarının uygun bir biyomonitor olduğunu ancak bu durumun Co için geçerli olmadığını belirtmektedir (Cesur vd., 2021). *Cupressus arizonica* yıllık halkalarının Cd ve Ni konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi için son derece uygun olduğunu ancak, Bi elementinin değişiminin izlenmesi için uygun olmadığını belirtmektedirler.

Çalışma sonucunda Pb, Cr, Zn ve Co gibi bazı elementlerde kuzey yönü dışında dış kabuk, iç kabuk ve odunlardaki konsantrasyonları arasında istatistiksel bakımdan anlamlı düzeyde ($p>0,05$) fark bulunmadığı belirlenmiştir. Oysa kuzey yönde odun ve kabuklar arasında istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) fark bulunmaktadır. Kabuklarda elde edilen konsantrasyonlar odundaki konsantrasyonların çok üzerindedir. Bu durumun kuzeyde kuş uçuşu yaklaşık 8-10 km mesafeden geçen ve Pınarbaşı, Azdavay, Şenpazar ve Cide ilçelerini Kastamonu merkeze bağlayan karayolu ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Nitekim taşıtlar ve trafik en önemli ağır metal kaynaklarıdır ve çalışmaya konu element konsantrasyonlarının trafik yoğunluğu ile ilişkisini ortaya koyan

çok sayıda çalışma mevcuttur (Yang vd., 2017; Turkyilmaz vd., 2018a,b,c; Sert vd., 2019; Sevik vd., 2020b; Uka vd., 2021).

Yapılan çalışmalarda dile getirildiği üzere sanayi tesisleri en önemli ağır metal kaynaklarından (Elajail ve Sevik, 2022; Erdem vd., 2023a,b) ve ağır metaller kaynağından ayrıldıktan sonra rüzgar yardımıyla kaynağından yüzlerce km. uzaklara taşınabilmektedir (Turkyilmaz vd., 2019). Ağır metallerin bu taşınımında partikül maddeler etkili olmaktadır. Partikül maddeler ağır metaller için bir yutak vazifesi görmekte, ağır metaller ile kontamine olan partikül maddeler de çok uzaklara taşınarak bitki dokularına yapışabilmektedir (Karacocuk vd., 2022). Kabuğun pürüzlü yapısı, ağır metaller ile kontamine olan partikül maddelerin kabuk yüzeyinde tutunmasını kolaylaştırmaktadır (Koç, 2021a; Isinkaralar vd., 2022a). Bu konuda yapılan çok sayıda çalışmada özellikle ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu alanlarda dış kabuktaki ağır metal konsantrasyonlarının çok yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Cesur vd., 2021; Isinkaralar vd., 2023). Kirlilik kaynağına yakın olan alanlarda havadaki ağır metaller partikül maddeler üzerine yapışarak, partikül maddeleri ağır metaller ile kontamine etmekte ve bu partikül maddeler de bitki organları üzerine yerleşerek bu organlardaki ağır metal konsantrasyonlarını artırmaktadır (Ateya vd., 2023; Turkyilmaz vd., 2019).

Çalışma kapsamında, Pb konsantrasyonu bakımından odunlarda genel olarak 1921-1930 dönemlerinden sonra bir artış olduğu ancak, 2011 dönemi sonrasında önemli miktarda düşüş olduğu görülmektedir. Bu durumun taşıtlarda kullanılan yakıtlar ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Atmosferdeki kurşunun %90'ının 1925'ten itibaren kurşunlu benzinin kullanımı sonucu oluştuğu belirtilmektedir (Çavuşoğlu ve Çakır Arıca, 2007; Yalçın ve Yalçın, 2013). Ülkemizde bu tarihlerden sonra taşıt sayısı sürekli artmış, özellikle 2000'li yıllardan sonra taşıt sayısı önemli ölçüde artarak 2020 yılında, 2000 yılındakinin yaklaşık üç katına ulaşmıştır (TUIK, 2020). Çalışma sonuçları Pb konsantrasyonunun son dönemde düştüğünü göstermektedir ki bu durumun da Pb içeriği yüksek olan normal benzinin yasaklanması ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesi pek çok açıdan oldukça zor ve masraflıdır (Isinkaralar vd., 2022b; Key vd., 2022). Bundan dolayı havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde genellikle biyomonitörler kullanılmaktadır. Ancak kullanılan biyomonitörler içerisinde en uygun olanının ağaç yıllık halkaları olduğu belirtilmektedir. Çünkü yıllık halkaların kullanımı öncelikle geçmişten günümüze ağır metal

konsantrasyonlarının değişimi hakkında önemli bilgiler sağlayabilir (Isinkaralar, 2022a,b,c). Ayrıca aynı bitki üzerinde çalışıldığından genetik yapıdan kaynaklı sapmaları engeller. Bitki gelişimi genetik yapı ile çevre koşullarının karşılıklı etkileşimi altında şekillendiğinden (Sevik vd., 2021a,b) çevre koşulları aynı dahi olsa genetik yapısı farklı bitkilerin fenotipik karakterleri farklı olabilmektedir. Bu durum da bitkilerin ağır metal biriktirme potansiyelini etkileyebilmektedir (Karacocuk vd., 2022).

Çalışmaya konu elementler genel olarak insan ve çevre sağlığı açısından önemli, düzeyde tehdit oluşturan elementlerdir. Örneğin Cd böbrek, mide, prostat ve akciğer kanserlerinin yanı sıra kardiyovasküler, solunum ve iskelet sistemi gibi birçok sağlık sorununa neden olan tehlikeli bir elementtir (US EPA, 2010; WHO, 2021). Ba'nın bütün bileşikleri zehirlidir (Jawed ve Cetin, 2022). Zn ise insanlar, hayvanlar ve bitkiler için mutlak gerekli bir element olmasına rağmen yüksek konsantrasyonlarda toksiktir (Mossi, 2018). Yaygın olarak bulunan ağır metaller arasında Al, Ag, As, Be, Ba, Co, Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Sr, Pd, Pu, Sb, Tl, V, Th, U ve Zn yüksek konsantrasyon değerlerinde canlılar için zehirli olmaları sebebiyle ATSDR kurumu tarafından öncelikli kirletici listesine eklenmiştir (Badea vd., 2018).

Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin süreç içerisindeki değişiminin izlenmesi büyük önem taşımaktadır ve ağır metal kirliliğinin izlenmesinde kullanılacak en uygun yöntemin ağaç yıllık halkaları olduğu belirtilmektedir (Koç, 2021a). Bu yöntemin uzun süre içerisindeki değişim hakkında bilgi verebilmesi, değişimin yıl bazında kıyaslamalı olarak değerlendirilebilmesi, farklı bitki türlerinin kullanımına bağlı olarak genetik yapı farklılığından kaynaklanabilecek hataları düşürmesi yöntemin en önemli avantajlarından (Sevik, 2021). Bundan dolayı ağaç yıllık halkaları havadaki ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesinde kullanılacak etkili enstrümanlardır. Ancak her bir ağır metal için hangi türlerin daha uygun olduğunun ayrı ayrı belirlenmesi gerekmektedir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, bu çalışmada konu edilen ağır metaller konusunda az sayıda çalışma yapılmıştır.

Ancak yapılan çalışmalarda elde edilen veriler henüz yeterli düzeyde değildir. Özellikle ağır metallerin bitki bünyesine girişleri ve bitki içerisindeki hareketi konusunda önemli bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bitki türü, organın yapısı (yüzey alanı, dokusu, yüzey yapısı vb.), ağır metalin yapısı, ağır metal ile bitkinin ve organın karşılıklı etkileşimi, ağır metallerle maruz kalma süresi, atmosferik koşullar (rutubet, yağış durumu, rüzgar vd.) gibi pek çok faktörün bitki bünyesine ağır metal girişini etkilediği çok sayıda çalışmada

belirtilmiş olmakla birlikte (Turkyilmaz vd., 2020), bu faktörlerin hangi düzeyde etkili olduğu konusunda yeterince bilgi bulunmamaktadır (Shahid vd., 2017; Karacocuk vd., 2022).

Önemli ölçüde bilgi eksikliği olduğu değerlendirilen bir diğer nokta da bitki habitusu ve metabolizması ile ağır metal ilişkisidir. Bitkilerin bütün fenotipik karakterleri genetik yapıları (Hrivnak vd., 2017; Kurz vd., 2023) ile çevre şartlarının (Ozel vd., 2021f; Yiğit vd., 2023) etkileşimi altında şekillenmektedir ve bu süreç bitkiye ağır metal girişini ve birikimini önemli ölçüde etkilemektedir (Ozel vd., 2021g; Key vd., 2022). Ancak bu konuda yapılmış çalışma sayısı da oldukça sınırlı düzeydedir.

6. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında 180 yıllık bir süreçte havadaki bazı ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesinde *Corylus colurna* ağacının yıllık halkalarının kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçları *Corylus colurna* yıllık halkalarının birçok ağır metal konsantrasyonlarının değişiminin takibinde oldukça uygun olduğunu görülmektedir. Benzer çalışmaların özellikle kent merkezleri, trafiğin yoğun olduğu alanlar, madencilik faaliyetlerinin yürütüldüğü alanlar ve kentsel alanlar gibi ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu alanlarda daha yaygın olarak yetiştirilen ağaçlar üzerinde de tekrarlanarak ağır metal kirliliğinin izlenmesi için en uygun türlerin her bir ağır metal için ayrı ayrı belirlenmesi önerilmektedir.

Çalışmaya konu yöntemde yıllık halkaların belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için en etkili yöntem ağacın kesilmesidir. Fakat, ağaçları kesmeden artım bulgusu kullanılarak da ihtiyaç duyulan örnekler alınabilir. Böylece farklı ağaçlar üzerinde çalışmalar yapılarak bölgenin ağır metal konsantrasyonlarının değişimi hakkında çok daha detaylı bilgiler elde edilebilir. Ayrıca yine ana gövdeden değil yan dallardan alınacak örnekler kullanılarak yakın geçmişteki ağır metal konsantrasyonunun değişimi hakkında önemli bilgiler sağlanabilir.

Çalışma sonucunda bazı elementlerinin havadaki konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesinde *Corylus colurna* yıllık halkalarının uygun olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında insan ve çevre sağlığı açısından oldukça zararlı olan ve bundan dolayı havadaki konsantrasyonlarının değişiminin izlenmesi son derece önemli olan başka elementler de bulunmaktadır. Bu elementlerin değişiminin izlenmesinde de *Corylus colurna* yıllık halkalarının uygun olup olmadığı araştırılmalıdır. Bu konuda yapılacak çalışmalarda önceliğin yüksek konsantrasyonlarda canlı organizmalar için toksik olmaları nedeniyle ATSDR tarafından öncelikli kirletici listesine dahil edilen Ag, As, Be, Hg, Pd, Pu, Sb, Se, Sr, Tl, Th, U ve V elementlerine verilmesi önerilmektedir.

Çalışma sonuçları özellikle kuzey yönde 1971 yılından itibaren bazı element konsantrasyonlarında belirgin bir yükseliş olduğunu göstermektedir. Bu yükselişin büyük ihtimalle bu yönde bulunan karayolu ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir. Bu durumda

havadaki bazı element konsantrasyonunun taşıt trafiğine bağı olarak önemli ölçüde arttığı söylenebilir. Bu elementler, insan ve çevre sağılığı bakımından son derece zararlı elementlerdendir ve günümüzde özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde bu elementlerin konsantrasyonlarının yüksek seviyede olması son derece tehlikelidir. Çalışma sonucunda *Corylus colurna* yıllık halkalarında belirlenen birçok element konsantrasyonlarının, benzer çalışmalarla kıyaslandığında, diğer ağaç türlerine göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Ağaçların biyokütlesinin büyük bölümünü odun kısmı oluşturmaktadır ve odun kısmında bu ağır metallerin yüksek düzeyde biriktirilebilmesi, çalışmaya konu ağacın, havadaki ağır metal konsantrasyonlarının azaltılması amacıyla da etkin şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bundan dolayı bu tür hem ağır metal kirliliğinin hem izlenmesinde hem de azaltılmasında aktif olarak kullanılabilir

7. KAYNAKLAR

- Adiguzel, F., Cetin, M., Kaya, E., Simsek, M., Gungor, S., & Sert, E. B. (2020). Defining suitable areas for bioclimatic comfort for landscape planning and landscape management in Hatay, Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 139(3-4), 1493-1503.
- Alaouri, H. A. A., Genc, C. O., Aricak, B., Kuzmina, N., Menshikov, S., & Cetin, M. (2020). The possibility of using Scots pine needles as biomonitor in determination of heavy metal accumulation. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 20273-20280.
- 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*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Biology, Kastamonu.
- Altera, A. Z. A., Bayraktar, O. Y., & Soylemez, H. (2019). investigation of the effects of modified bitumen on asphalt concrete performance by industrial waste. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 5(2), 93-100.
- Anagha, B., Athira, P. S., Anisha, P., Charles, P. E., Anandkumar, A., & Rajaram, R. (2022). Biomonitoring of heavy metals accumulation in molluscs and echinoderms collected from southern coastal India. *Marine Pollution Bulletin*, 184, 114169.
- 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.
- Arooj, S., Naz, S., Jabeen, F., & Sultana, T. (2022). Biomonitoring of heavy metals and their association with DNA damage in Indian peafowl (*Pavo cristatus*) under captivity. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), 38306-38318.
- Asri, F.Ö., Sönmez, S. (2006). Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi*, 23(2), 36- 45.
- Ateya, T. A. A., Bayraktar, O. Y., & Koç, İ. (2023). Havadaki metal kirliliğinin (Ca, M, Mn) tespitinde kent merkezindeki Mavi ladin (*Picea pungens*) ağacının yaprak ve dallarının biyomonitör olarak kullanılabilirliği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*. (In press).
- 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.*

- Aydodu, A., Sevik, H. (2018). The samples of Ilgarini and Mantar Caves. *Social Sciences Studies Journal*, 4(16), 1165-1176
- 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.
- Baieta, R., Mihaljevič, M., Ettlér, V., Vaněk, A., Penížek, V., Trubač, J., ... & Nyambe, I. (2021). Depicting the historical pollution in a Pb–Zn mining/smeltering site in Kabwe (Zambia) using tree rings. *Journal of African Earth Sciences*, 181, 104246.
- Bardule, A., Bertins, M., Busa, L., Lazdina, D., Viksna, A., Tvrdonova, M., ... & Vaculovic, T. (2020). Variation of major elements and heavy metals occurrence in hybrid aspen (*Populus tremuloides* Michx. × *P. tremula* L.) tree rings in marginal land. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 13(1), 24.
- Bayraktar, O. Y. (2020c). Use of geosynthetics in road construction. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 6(2), 107-113
- Bayraktar, O. Y. (2020d). The use of rice husk waste in foam concrete production. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, (In press)
- Bayraktar, O.Y. (2019). The possibility of fly ash and blast furnace slag disposal by using these environmental wastes as substitutes in portland cement. *Environmental monitoring and assessment*, 191(9), 560. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7741-4>.
- 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.
- Bozdogan Sert, E., 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, 1-12.
- Cakaj, A., Lisiak-Zielińska, M., Hanć, A., Małecka, A., Borowiak, K., & Drapikowska, M. (2023). Common weeds as heavy metal bioindicators: a new approach in biomonitoring. *Scientific Reports*, 13(1), 6926.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti, O. B. M., Aljama, A. M. O., Jawed, A. A., ... & Ozel, H. B. (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35642-35648.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Cetin, M., Sevik, H., Ozel, H.B. (2022). The Use of *Cupressus arizonica* as a Biomonitor of Li, Fe, and Cr Pollution in Kastamonu. *Water Air Soil Pollut.* 233(6), 193.

- Cetin, M., & Jawed, A. A. (2022). Variation of Ba concentrations in some plants grown in Pakistan depending on traffic density. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-7.
- Cetin, M., Aljama, A.M.O., Alrabiti, O.B.M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022a). Using Topsoil Analysis to Determine and Map Changes in Ni Co Pollution. *Water Air Soil Pollution*, 233, 293.
- Cetin, M., Aljama, A.M.O., Alrabiti, O.B.M., Adiguzel, F., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022b). Determination and Mapping of Regional Change of Pb and Cr Pollution in Ankara City Center. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(5), 1-10.
- Cetin, M., Sevik, H., & Cobanoglu, O. (2020). Ca, Cu, and Li in washed and unwashed specimens of needles, bark, and branches of the blue spruce (*Picea pungens*) in the city of Ankara. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-10.
- Cetin, M., Sevik, H., Koc, I., & Cetin, I. Z. (2023). The change in biocomfort zones in the area of Muğla province in near future due to the global climate change scenarios. *Journal of Thermal Biology*, 112, 103434.
- Cortés-Eslava, J., Gómez-Arroyo, S., Cortés, P. A. M., Jiménez-García, L. F., Lara-Martínez, R., Arenas-Huertero, F., ... & Testillano, P. S. (2023). The wild plant *Gnaphalium lavandulifolium* as a sentinel for biomonitoring the effects of environmental heavy metals in the metropolitan area of México Valley. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(1), 195.
- Çavuşoğlu, K., & Çakır Arıca, Ş. (2007). *Pinus nigra* (Arnold) subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) rehder türünün yapraklarında kurşun birikiminin araştırılması. *SAÜ. Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 42-46
- Dai, Q. L., Bi, X. H., Wu, J. H., Zhang, Y. F., Wang, J., Xu, H., ... & Feng, Y. C. (2015). Characterization and source identification of heavy metals in ambient PM10 and PM2.5 in an integrated iron and steel industry zone compared with a background site. *Aerosol and Air Quality Research*, 15(3), 875-887.
- Di Fiore, C., De Cristofaro, A., Nuzzo, A., Notardonato, I., Ganassi, S., Iafigliola, L., ... & Avino, P. (2023). Biomonitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons, heavy metals, and plasticizers residues: role of bees and honey as bioindicators of environmental contamination. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-17.
- Dogan, S., Kilicoglu, C., Akinci, H., Sevik, H., & Cetin, M. (2023). Determining the suitable settlement areas in Alanya with GIS-based site selection analyses. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(11), 29180-29189.
- Elajail, I. S. I., & Sevik, H. (2022) Assessing the Co, Bi, and Mg contents of some mineral concrete additives in terms of environmental effects. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(2), 128-134.
- Elajail, I.S.I., Sevik, H., Ozel, H.B., Isik, B. (2022). Examining the chemical compositions of mineral concrete agents in terms of their environmental effects. *Feb-fresenius environmental bulletin*, 31(9), 9784-9790
- Erdem, R., Arıcak, B., Çetin, M., & Sevik, H. (2023a). Change in some heavy metal concentrations in forest trees by species, organ, and soil depth. *Forestist* (InPress).
- Erdem, R., Çetin, M., Arıcak, B., & Sevik, H. (2023b). The change of the concentrations of boron and sodium in some forest soils depending on plant species. *Forestist*

(InPress)

- 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.
- Gajbhiye, T., Pandey, S. K., Kim, K. H., Szulejko, J. E., & Prasad, S. (2016). Airborne foliar transfer of PM bound heavy metals in *Cassia siamea*: a less common route of heavy metal accumulation. *Science of the Total Environment*, 573, 123-130.
- Gallego-Cartagena, E., Morillas, H., Morgado-Gamero, W., Fuentes-Gandara, F., Vacca-Jimeno, V., Salcedo, I., ... & Maguregui, M. (2022). Elemental imaging approach to assess the ability of subaerial biofilms growing on constructions located in tropical climates as potential biomonitors of atmospheric heavy metals pollution. *Chemosphere*, 309, 136743.
- Ghoma, W. E. O., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Comparison of the rate of certain trace metals accumulation in indoor plants for smoking and non-smoking areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Ghoma, W., Sevik, H. & Isinkaralar, K. (2022). Using indoor plants as biomonitors for detection of toxic metals by tobacco smoke. *Air Qual Atmos Health* 15, 415-424 <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01146-z>
- 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. S. Araújo ve A. Balestrazzi (Eds.), *New Challenges in Seed Biology-Basic and Translational Research Driving Seed Technology*, Croatia: InTech, 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
- Gungor, S., Cetin, M., & Adiguzel, F. (2020). Calculation of comfortable thermal conditions for Mersin urban city planning in Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 1-8.
- Hmeer, A.I.A. (2020). *Variation of Heavy Metal Concentrations Depending On Growing Environment in Some Plants*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Environmental Engineering, Kastamonu.
- 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.
- Iqbal, F., Wilson, R., Ayub, Q., Song, B. K., Krzeminska-Ahmedzai, U., Talei, A., ... & Rahman, S. (2022). Biomonitoring of heavy metals in the feathers of House crow (*Corvus splendens*) from some metropolitans of Asia and Africa. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-12.
- Isinkaralar, K. (2022a). Some atmospheric trace metals deposition in selected trees as a possible biomonitor. *Romanian Biotechnological Letters*, 27(1), 3227-3236.

- Isinkaralar, K. (2022b). The large-scale period of atmospheric trace metal deposition to urban landscape trees as a biomonitor. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-10.
- Isinkaralar, K. (2022c). Atmospheric deposition of Pb and Cd in the *Cedrus atlantica* for environmental biomonitoring. *Landscape and Ecological Engineering*, 18(3), 341-350.
- Isinkaralar, K., Gullu, G., Turkyilmaz, A., Dogan, M., & Turhan, O. (2022). Activated carbon production from horse chestnut shells for hydrogen storage. *International Journal of Global Warming*, 26(4), 361-373.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, O., Koç, İ., Özel, H. B., & Şevik, H. (2023). Assessing the possibility of airborne bismuth accumulation and spatial distribution in an urban area by tree bark: A case study in Düzce, Türkiye. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12.
- Isinkaralar, K., Koc, I., Erdem, R., & Sevik, H. (2022). Atmospheric Cd, Cr, and Zn deposition in several landscape plants in Mersin, Türkiye. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(4), 120.
- Istanbulu, S. N., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Isinkaralar, O. (2023). Spatial Distribution of Heavy Metal Contamination in Road Dust Samples from an Urban Environment in Samsun, Türkiye. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 110(4), 78.
- Isinkaralar, K., Isinkaralar, Ö., & Şevik, H. (2022). Usability of some landscape plants in biomonitoring technique: an analysis with special regard to heavy metals. *Kent Akademisi*, 15(3), 1413-1421.
- Javanmardi, E., Javanmardi, M., & Berton, R. (2022). Biomonitoring efforts to evaluate the extent of heavy metals pollution induced by cement industry in Shiraz, Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(12), 11711-11728.
- Jiang, Y., Fan, M., Hu, R., Zhao, J., & Wu, Y. (2018). Mosses are better than leaves of vascular plants in monitoring atmospheric heavy metal pollution in urban areas. *International journal of environmental research and public health*, 15(6), 1105.
- Karacocuk, T., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2022). The change of Cr and Mn concentrations in selected plants in Samsun city center depending on traffic density. *Landscape and Ecological Engineering*, 1-9.
- Kaur, M., Bhatti, S. S., Katnoria, J. K., & Nagpal, A. K. (2021). Investigation of metal concentrations in roadside soils and plants in urban areas of Amritsar, Punjab, India, under different traffic densities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 1-20.
- Kaya, E., Agca, M., Adiguzel, F., & Cetin, M. (2019). Spatial data analysis with R programming for environment. *Human and ecological risk assessment: An International Journal*, 25(6), 1521-1530.
- Kesik, H. I., Korkut, S., Hiziroglu, S., & Sevik, H. (2014). An evaluation of properties of four heat treated Odun species. *Industrial Crops and Products*, 60, 60-65.
- Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air*

Quality, Atmosphere & Health, 15(9), 1623-1633.

- Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year Change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 1-13.
- 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. *Theoretical and Applied Climatology*, 143(1-2), 379–388.
- Kiss, T., Fekete, I., & Tápai, I. (2019). Environmental status of a city based on heavy metal content of the tree-rings of urban trees: case study at Szeged, Hungary. *Journal of Environmental Geography*, 12(1-2), 13-22.
- Koc, I., & Nzokou, P. (2018). Effects of water stress and cold treatments on the germination of two conifers (*Pinus nigra* and *Pinus brutia*) species from Turkey. *Hortscience*, 53(9), 259-259.
- Koç, İ. (2021a). Using *Cedrus atlantica*'s annual rings as a biomonitor in observing the changes of Ni and Co concentrations in the atmosphere. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35880-35886.
- Koç, İ. (2021b). Changes that may occur in temperature, rain, and climate types due to global climate change: The example of Düzce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(8), 1545-1554.
- Koç, İ. (2021c). Küresel iklim değişikliğinin Bolu'da bazı iklim parametreleri ve iklim tiplerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 23(2), 706-719.
- Koç, İ. (2021d). Examination of gas exchange parameters of *Abies balsamea* (L) Mill. and *Abies concolor* saplings, grown under various water regime, exposed to extreme drought stress at the end of the growing season. *Turkish Journal of Forest Science*, 5(2), 592-605
- Koç, İ. (2021e). Examining of seed germination rate and seedlings gas exchange performances of Anatolian black pine under water stress. **International Karabakh Applied Science Conference**. 17-19 June. Khazar: Khazar Univeristy.
- Koç, İ. (2021f). Examining seed germination rate and seedlings gas exchange performances of some Turkish red pine provenances under water stress. *Düzce University Journal of Science and Technology*, 9(3), 48-60.
- Koç, İ. (2022a). Comparison of the gas exchange parameters of two maple species (*Acer negundo* and *Acer pseudoplatanus*) seedlings under drought stress. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 24(1), 65-76.
- Koç, İ. (2022b). Determining the near-future biocomfort zones in Samsun province by the global climate change scenarios. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 22(2), 181-192.
- Koç, İ. (2022c). Determining the biocomfort zones in near future under global climate change scenarios in Antalya. *Kastamonu University Journal of Engineering and Sciences*, 8(1), 6-17.
- Koç, İ., Nzokou, P. (2022). Do various conifers respond differently to water stress? A comparative study of white pine, concolor and balsam fir. *Kastamonu University Journal of Forest Faculty*, 22(1), 1-16.

- Koç, İ., Nzokou, P. (2023). Combined effects of water stress and fertilization on the morphology and gas exchange parameters of 3-year-old *Abies fraseri* (Pursh) Poir. *Acta Physiologiae Plantarum*, 45(49), 1-12.
- Koç, İ., Nzokou, P., Cregg, B. (2022b). Biomass allocation and nutrient use efficiency in response to water stress: insight from experimental manipulation of balsam fir, concolor fir and white pine transplants. *New Forests*, 53(5), 915-933.
- Kravkaz Kuscı, I. S., Cetin, M., Yigit, N., Savacı, 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-Kuscı, I. S., Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savacı, G. (2018b). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1613-1617.
- Kurz, M., Koelz, A., Gorges, J., Carmona, B. P., Brang, P., Vitasse, Y., ... & Csillery, K. (2023). Tracing the origin of Oriental beech stands across Western Europe and reporting hybridization with European beech—Implications for assisted gene flow. *Forest Ecology and Management*, 531, 120801.
- Kuzmina, N., Menshchikov, S., Mohnachev, P., Zavyalov, K., Petrova, I., Ozel, H. B., Arıcak, B., Onat, S. M., ve Sevik, H. (2023). Change of aluminum concentrations in specific plants by species, organ, washing, and traffic density, *BioResources* 18(1), 792-803.
- Lageard, J. G. A., Howell, J. A., Rothwell, J. J., Drew, I. B. (2008). The utility of *Pinus sylvestris* L. in dendrochemical investigations: pollution impact of lead mining and smelting in Darley Dale, Derbyshire, UK. *Environmental Pollution*, 153(2), 284–294.
- Lee, K. H., Luong, T. H., Jang, K. S., Choi, W. J., Park, G. S., Ohga, S., Oga, S. (2015). Analysis of tree-ring chemistry to interpret variations in tree-ring growth of *Larix leptolepis* and *Cryptomeria japonica* in relation to atmospheric environmental changes in Southern Korea. *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 60, 33–42.
- Lepp, N. W. (1975). The potential of tree-ring analysis for monitoring heavy metal pollution patterns. *Environmental Pollution*, 9(1), 49-61.
- Liang, J., Fang, H. L., Zhang, T. L., Wang, X. X., & Liu, Y. D. (2017). Heavy metal in leaves of twelve plant species from seven different areas in Shanghai, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, 27, 390-398.
- 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.
- Liu, Z., Fei, Y., Shi, H., Mo, L., & Qi, J. (2022). Prediction of high-risk areas of soil heavy metal pollution with multiple factors on a large scale in industrial agglomeration areas. *Science of The Total Environment*, 808, 151874.
- Mao, H. T., Wang, X. M., Wu, N., Chen, L. X., Yuan, M., Hu, J. C., & Chen, Y. E. (2022). Temporal and spatial biomonitoring of atmospheric heavy metal pollution using moss bags in Xichang. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 239, 113688.
- Martin, J. A. R., Gutiérrez, C., Torrijos, M., & Nanos, N. (2018). Odun and bark of *Pinus halepensis* as archives of heavy metal pollution in the Mediterranean

- Region. *Environmental Pollution*, 239, 438-447.
- Matin, G., Kargar, N., & Buyukisik, H. B. (2016). Bio-monitoring of cadmium, lead, arsenic and mercury in industrial districts of Izmir, Turkey by using honey bees, propolis and pine tree leaves. *Ecological Engineering*, 90, 331-335.
- Mihaljevič, M., Ettler, V., Šebek, O., Sracek, O., Křibek, 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, 657-668.
- Mossi, M.M.M (2018). *Determination Of Heavy Metal Accumulation In Some Shrub Formed Landscape Plants*, Yayınlanmamış doktora tezi, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, Kastamonu.
- Nekhoroshkov, P., Peshkova, A., Zinicovscaia, I., Vergel, K., & Kravtsova, A. (2022). Assessment of the atmospheric deposition of heavy metals and other elements in the mountain Crimea using moss biomonitoring technique. *Atmosphere*, 13(4), 573.
- Ortakavak, Z., Çabuk, S. N., Cetin, M., Kurkcuoglu, M. A. S., & Cabuk, A. (2020). Determination of the nighttime light imagery for urban city population using DMSP-OLS methods in Istanbul. *Environmental monitoring and assessment*, 192(12), 1-17.
- Osma, E., Elveren, M., & Karakoyun, G. (2017). Heavy metal accumulation affects growth of Scots pine by causing oxidative damage. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 10, 85-92.
- Ozel H.B., Varol, T., Emir, T., Sevik, H. (2021a). Effects of Extraction from Compartment on Soil Enzymes. *American Journal of Engineering Research*. 10(2), 115-121.
- Ozel, H. B., Abo Aisha, A. E. S., Cetin, M., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2021). The effects of increased exposure time to UV-B radiation on germination and seedling development of Anatolian black pine seeds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(7), 388.
- Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Varol, T., Isik, B., & Yaman, B. (2021). The effects of base station as an electromagnetic radiation source on flower and cone yield and germination percentage in *Pinus brutia* Ten. *Biologia Futura*, 72, 359-365.
- Ozel, H. B., Donduran, V., Şevik, H., Bilir, N., & Varol, T. (2021c). Investigation on sand-dune afforestation by Eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill) in Patara-Antalya region. *Theoretical and Applied Forestry*, 1(1), 34-39.
- Ozel, H. B., Sen, M., Sevik, H. (2021d) Change of Ba concentration by species and organ in several fruits grown in city centers. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(03), 143–150, DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.3.0681>
- Ozel, H. B., Varol, H.N., Sevik, H. (2021e) Change of Mg concentration in several plants depending on plant species, washing status, and traffic density. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 12(01), 447–453, DOI: <https://doi.org/10.30574/wjarr.2021.12.1.0551>
- Ozel, H.B., Varol, H.N., Sevik, H. (2021g) The Change of Mn Concentration by Organ and Species in Several Edible Plants. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)*, 29(2), 474-480

- 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 Balıkdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 645.
- Ozyigit, I. I., Yalcin, B., Turan, S., Saracoglu, I. A., Karadeniz, S., Yalcin, I. E., & Demir, G. (2018). Investigation of heavy metal level and mineral nutrient status in widely used medicinal plants' leaves in Turkey: Insights into health implications. *Biological trace element research*, 182, 387-406.
- Özel, S. (2019). *The Variation of Heavy Metal Accumulation in Some Fruit Tree Organelles Due to Traffic Density*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Kastamonu University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources, Kastamonu.
- Pearson, C. L., Manning, S. W., Coleman, M., Jarvis, K. (2006). A dendrochemical study of *Pinus sylvestris* from siljansfors experimental forest, central Sweden. *Journal of Applied Geochemistry*, 21(10), 1681–1691
- Perone, A., Coccozza, 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.
- Polat, S. (2014). A new distribution area of Turkish filbert (*Corylus colurna*) in Turkey. *Marmara Coğrafya Dergisi* , 136-149
- Popek, R., Łukowski, A., Bates, C., & Oleksyn, J. (2017). Accumulation of particulate matter, heavy metals, and polycyclic aromatic hydrocarbons on the leaves of *Tilia cordata* Mill. in five Polish cities with different levels of air pollution. *International journal of phytoremediation*, 19(12), 1134-1141.
- Rasheed, M. N., Saeed, M., & Saeed, T. (2018). Environmental pollution in urban areas and its control through ornamental plants. *Journal of Agricultural Research (03681157)*, 56(3).
- Salazar-Rojas, T., Cejudo-Ruiz, F. R., & Calvo-Brenes, G. (2022). Comparison between machine linear regression (MLR) and support vector machine (SVM) as model generators for heavy metal assessment captured in biomonitors and road dust. *Environmental Pollution*, 314, 120227.
- Sargıncı, M., & Beyazyüz, F. (2022). İklim değişikliğinin ormanlar üzerindeki etkisi: İklim akılcı ormancılık bakış açısı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 142-149.
- Savas, D. S., Sevik, H., Isinkaralar, K., Turkyilmaz, A., & Cetin, M. (2021). The potential of using *Cedrus atlantica* as a biomonitor in the concentrations of Cr and Mn. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(39), 55446-55453.
- 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), 1-12.
- Seven, T., Büşra, C. A. N., Darende, B. N., & Sevda, O. C. A. K. (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Sevik, H. (2012). Variation in seedling morphology of Turkish fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf). *African Journal of Biotechnology*, 11(23), 6389-

6395.

- 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. (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. (2015). Effects of water stress on seed germination for select landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(2), 689-693.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2016a). Effects of some hormone applications on germination and morphological characters of endangered plant species *Lilium artvinense* L. onion scales. *Bulgarian Chemical Communications*, 48(2), 256-260.
- Sevik, H., & Cetin, M. (2016b). Evaluation of topiary applications and problems: A case study of Kastamonu. *International Journal of Multidisciplinary Thought*, 5(5), 45-50.
- 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., & 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., & Topacoglu, O. (2015). Variation and inheritance pattern in cone and seed characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) for evaluation of genetic diversity. *Journal of Environmental Biology*, 36(5), 1125.
- Sevik, H., 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., Ozel, H. B., Erbek, A., & Cetin, I. Z. (2021a). The effect of climate on leaf micromorphological characteristics in some broad-leaved species. *Environment, Development and Sustainability*, 23(4), 6395-6407.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Ozel, S., & Cetin, I. Z. (2020a). 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. (2020b). 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., 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., 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., Cetin, M., Yigit, N., Aricak, B., Ozturk, S., Onac, A. K., & Kuscu, I. S. K.

- (2021b). The effect of shadow conditions on stomatal characters of several plants used in landscape design. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 9(3), 109-115. DOI: 10.30574/wjarr.2021.9.3.0086
- Sevik, H., Ozel, H. B., & Ozdemir, M. (2023). Availability of Cedrus atlantica annual rings in monitoring the change in airborne sulfur pollution. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 18(1), 227-234.
- 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.
- 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.
- Shults, P., Nzokou, P., & Koc, I. (2020). Nitrogen contributions of alley cropped *Trifolium pratense* may sustain short rotation woody crop yields on marginal lands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 117(2), 261-272.
- Sulhan, O. F., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2023). Assessment of Cr and Zn deposition on Picea pungens Engelm. in urban air of Ankara, Türkiye. *Environment, Development and Sustainability*, 25(5), 4365-4384.
- Şevik, H., Topaçoğlu O, Umur R, Çiftçioğlu S, (2013b). Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. bornmülleriana Mattf.)'nda 2+1 yaşlı fidan morfolojik özellikleri bakımından populasyonlar arası farklılıklar, *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 3(9), 91-102
- Şevik, H. (2005). *Batı Karadeniz Bölgesi Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Tohum Meşcerelerinde Populasyonlar Arası Farklılıklar*, Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Şevik, H. (2011). Dallanma Karakterleri Bakımından Noel Ağacı Üretimine Uygun Uludağ Göknaarı Populasyonlarının Belirlenmesi. *Journal of Forestry Faculty of Kastamonu University*, 11(1).
- Şevik, H. (2021). The variation of chrome consantration in some landscape plants due to species, organ and traffic density. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 9(3), 595-600.
- Şevik, H., Çetin, M., & Işınkaralar, K. (2016). Bazı iç mekan süs bitkilerinin kapalı mekanlarda karbondioksit miktarına etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), 493-500
- Şevik, H., Karakaş, H., Karaca, U (2013a). Color - Chlorophyll relationship of some indoor ornamental plant, *International Journal of Engineering Science & Research Technology*, 2 (7), 1706-1712
- Tandoğan, M., Özel, H. B., Gözet, F. T., and Şevik, H. (2023). Determining the taxol contents of yew tree populations in western Black Sea and Marmara regions and analyzing some forest stand characteristics. *BioResources*, 18(2), 3496-3508.
- Tekin, O., Cetin, M., Varol, T., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Altitudinal migration of species of Fir (*Abies* spp.) in adaptation to climate change. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 385.

- Topacoglu, O., Sevik, H., & Akkuzu, E. (2016b). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. seeds. *Pakistan Journal of Botany*, 48(2), 447-453.
- Topacoglu, O., Sevik, H., Guney, K., Unal, C., Akkuzu, E., & Sivacioglu, A. (2016a). Effect of rooting hormones on the rooting capability of *Ficus benjamina* L. cuttings. *Şumarski 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.
- 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. (2018). The use of perennial needles as biomonitors for recently accumulated heavy metals. *Landscape and Ecological Engineering*, 14, 115-120.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmida Saleh, E. A. (2018). Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(5).
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M. (2018a). Using *Acer platanoides* annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental Monitoring and Assessment*, 19, 578.
- Turna, İ., Şevik, H. ve Yahyaoğlu, Z., (2009). Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* mattf.) Populasyonlarında Morfolojik Özelliklere Bağlı Genetik Çeşitlilik. **I.Ulusal Batı Karadeniz Ormanlık Kongresi Bildiriler Kitabı**. 5-7 KASIM 2009. Bartın:Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 341-347
- Turna, İ., Şevik, H., Yahyaoğlu, Z., (2010). Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) Populasyonlarında Tohum Özelliklerine Bağlı Genetik Çeşitlilik. **III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi Bildiriler Kitabı**. 20-22 Mayıs 2010, Artvin: Zafer Ofset 733-740,
- 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 Bartın 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 Bartın River. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(9), 594.
- Uka, U. N., Belford, E. J., & Elebe, F. A. (2021). Effects of road traffic on photosynthetic pigments and heavy metal accumulation in tree species of Kumasi Metropolis, Ghana. *SN Applied Sciences*, 3(1), 1-12.
- Ullah, R., & Khan, N. (2022). *Xanthium strumarium* L. an alien invasive species in Khyber Pakhtunkhwa (Pakistan): a tool for biomonitoring and environmental risk assessment of heavy metal pollutants. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(1), 255-267.

- US EPA, (2010). www.epa.gov.
- Uyanık, E. G., Kulaç, Ş., & Beyazyüz, F. (2022). Effect of grafting method and time on grafting success in Anatolian chestnut (*Castanea sativa* Mill.). *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(10), 1972-1981.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., & Sevik, H. (2021). Impacts of climate change scenarios on European ash tree (*Fraxinus excelsior* L.) in Turkey. *Forest Ecology and Management*, 491, 119199.
- Varol, T., Canturk, U., Cetin, M., Ozel, H. B., Sevik, H., & Zeren Cetin, I. (2022). Identifying the suitable habitats for Anatolian boxwood (*Buxus sempervirens* L.) for the future regarding the climate change. *Theoretical and Applied Climatology*, 150(1-2), 637-647.
- Varol, T., Cetin, M., Ozel, H.B., Sevik, H., Zeren Cetin, I. (2022a). The effects of climate change scenarios on *Carpinus betulus* and *Carpinus orientalis* in Europe. *Water, Air, and Soil Pollution*, 233, 45. <https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w>
- Varol, T., Emir, T., Akgul, M., Ozel, H. B., Acar, H. H., & Cetin, M. (2020). Impacts of small-scale mechanized logging equipment on soil compaction in Forests. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-11.
- Varol, T., Ertuğrul, M., Özel, H. B., Emir, T., & Çetin, M. (2019b). The effects of rill erosion on unpaved forest road. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(1), 825-839.
- Varol, T., Gormus, S., Cengiz, S., Ozel, H. B., & Cetin, M. (2019a). Determining potential planting areas in urban regions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(3), 1-14.
- Watmough, S. A. (1999). Monitoring historical changes in soil and atmospheric trace metal levels by dendrochemical analysis. *Environmental Pollution*, 106(3), 391-403.
- Watmough, S. A., Hutchinson, T. C. (2003). A comparison of temporal patterns in trace metal concentration in tree rings of four common European tree species adjacent to a Cu-Cd refinery. *Water, Air, and Soil Pollution*, 146(1), 225–241.
- WHO (2021). “Air pollution”. August 21, 2021. https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.
- Yalçın, A. Z., & Yalçın, A. (2013). Potansiyel bir çevre vergisi olarak motorlu taşıtlar vergisi: avrupa birliği ve türkiye arasında karşılaştırmalı bir analiz. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(2), 141-158.
- Yang, L., Wen, K. S., Ruan, X., Zhao, Y. X., Wei, F., & Wang, Q. (2018). Response of plant secondary metabolites to environmental factors. *Molecules*, 23(4), 762.
- Yang, P., Ge, J., & Yang, M. (2017). Identification of heavy metal pollution derived from traffic in roadside soil using magnetic susceptibility. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 98(6), 837-844.
- Yayla, E. E., Sevik, H., & Isinkaralar, K. (2022). Detection of landscape species as a low-cost biomonitoring study: Cr, Mn, and Zn pollution in an urban air quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(10), 1-10.
- Yılmaz, Ç., Kulaç, Ş., & Beyazyüz, F. (2022). Kuraklık stresi uygulanan kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) fidanlarında morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal

- değişimlerin araştırılması. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 18(2), 169-190.
- 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). Variation 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. (2016b). Clonal variation in chemical Odun 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. (2016a). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.
- Yiğit, N., Öztürk, A., Şevik, H., Özel, H. B., Kshkush, F. E. R., & Işık, B. (2023). Clonal variation based on some morphological and micromorphological characteristics in the Boyabat (Sinop/Turkey) black pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *BioResources*, 18(3), 4850-4865.
- Yucedag, C., Kaya, L. G., & Cetin, M. (2018). Identifying and assessing environmental awareness of hotel and restaurant employees' attitudes in the Amasra District of Bartın. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(2), 60.
- Zamani, S., Naderi, M. R., Soleymani, A., & Nasiri, B. M. (2020). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) biochemical properties and seed components affected by potassium fertilization under drought conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110017.
- Zeren Cetin, I. & Sevik, H. (2020). Investigation of the relationship between bioclimatic comfort and land use by using GIS and RS techniques in Trabzon. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(2), 71.
- Zhang X (2019) The history of pollution elements in Zhengzhou, China recorded by tree rings. *Dendrochronologia*, 54, 71-77

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kübra KEY

Yabancı Dili : İngilizce

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Orman Müh.	Düzce Üniversitesi	2023
Lisans	Orman Müh.	KSÜ Üniversitesi	2016
Lise		Neşet Yalçın Lisesi	2010

YAYINLAR

Key, K., Kulaç, Ş., Koç, İ., & Sevik, H. (2022). Determining the 180-year change of Cd, Fe, and Al concentrations in the air by using annual rings of *Corylus colurna* L. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(7), 244.

Key, K., & Kulaç, Ş. (2022). Proof of concept to characterize historical heavy metal concentrations from annual rings of *Corylus colurna*: determining the changes of Pb, Cr, and Zn concentrations in atmosphere in 180 years in North Turkey. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(9), 1623-1633.

Kulaç, Ş., Key, K. (2021). Determination of the variation of gallium concentration in the atmosphere over 180 years with using of *Corylus colurna* tree annual rings. *6nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'21)*, November 26-27-28, 2021, Cappadocia /TURKEY. p. 505.

Key, K., Koç, İ., Kulaç, Ş., Şevik, H. (2021) Determination of the Air Pb Pollution in Kastamonu With The Help of *Picea pungens* Needles, *6nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'21)*, November 26-27-28, 2021, Cappadocia /TURKEY. p. 497

Key, K., Kulaç, Ş. (2021). Determination of 180 years variation of Ba concentration in the atmosphere with the help of annual rings of *Corylus colurna* tree. *9h Global Conference on Environmental Studies (CENVISU-2021)*. October 14-16, 2021. Antalya, Turkey.