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

BAZI BİTKİLERDE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ YETİŞME ORTAMINA BAĞLI DEĞİŞİMİ

ABDUSALAM IMHMED AHMED HMEER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

EYLÜL - 2020
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Abdusalam Imhmed Ahmed HMEER tarafından hazırlanan "**Bazı Bitkilerde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yetişme Ortamına Bağlı Değişimi**" adlı tez çalışmasının savunma sınavı **11.09.2020** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Çevre Mühendisliği Ana Bilim DalıYüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL Bartın Üniversitesi	.....
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Mehmet ÇETİN Kastamonu Üniversitesi	.....

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

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

TAAHHÜTNAME

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

Abdusalam Imhmed Ahmed HMEER

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZI BİTKİLERDE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ YETİŞME ORTAMINA BAĞLI DEĞİŞİMİ

ABDUSALAM IMHMED AHMED HMEER

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Günümüzde insan ve çevre sağlığını tehdit eden en önemli problemlerin başında hava kirliliği gelmektedir. Özellikle son yüzyılda sanayi faaliyetleri ve nüfus artışına ek olarak, kırsaldan kentsel alanlara göç, özellikle büyük şehirlerde hava kirliliğinin büyük bir sorun haline gelmesine sebep olmuştur.

Hava kirliliğinin pek çok bileşeni bulunmakla birlikte, bunlar arasında ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Bunun sebebi ağır metallerin bazılarının düşük konsantrasyonlarda bile toksik olmaları, canlılar için besin elementi olan birçok ağır metalin bile yüksek konsantrasyonlarda zararlı olmaları, canlı bünyesinde biyobirikme eğiliminde olmaları, doğada kolay kolay bozulmamaları ve bunlara ek olarak sanayi ve trafik kaynaklı olarak havadaki konsantrasyonlarının sürekli artmasıdır. Bundan dolayı özellikle trafiğin yoğun olduğu, sanayi faaliyetlerinin yürütüldüğü ve nüfusun yoğun olduğu alanlar gibi riskli alanlarda havadaki ağır metal konsantrasyonlarının izlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Havadaki ağır metal kirliliğinin izlenmesinde farklı yöntemler kullanılmakla birlikte en yaygın kullanılan yöntem biyomonitorlerdir. Biyomonitorler ağır metalleri bünyesinde biriktiren canlılar olup, özellikle çok yıllık bitkiler oldukça uygun biyomonitorlerdir. Ancak, hem havadaki ağır metal kirliliğinin konsantrasyonundaki değişimin izlenmesi, hem de havadaki ağır metal konsantrasyonunun azaltılabilmesi için en uygun bitkilerin tespiti açısından, bünyesinde ağır metali en fazla tutan bitkilerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada da Samsun kent merkezinde yetiştirilen ve peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan; *Tilia tomentosa, Aesculus hippocastanum, Ligustrum vulgare* ve *Catalpa bignoides* türlerinin, trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve hemen hemen hiç olmadığı alanlarda yetişen bireylerinde bazı ağır metal konsatrasyonlarının değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında bitkilerden yaprak, kabuk ve odun örnekleri toplanmış, kabuk ve yapraklarda ayrıca yıkama işlemi uygulaması da yapılmıştır.

Çalışma sonucunda, çalışmaya konu türlerde, Ba, Sr, Fe, Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının tür bazında önemli ölçüde ($p<0,05$) değiştiği, Zn konsantrasyonunun tür bazında değişiminin ise istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Duncan testi sonuçlarına göre bütün elementlerde *Catalpa bignoides*'in ilk homojen gruplarda, *Tilia tomentosa*'nın ise Ba, Sr, Fe, Na ve Ca bakımından son homojen gruplarda yer aldığı

belirlenmiştir. Ayrıca çalışmaya konu ağır metal konsatrasyonları her türde organ, trafik yoğunluğu ve yıkama durumuna bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Ağır Metal, Biyomonitor, Bitki

Eylül 2020, 53 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

VARIATION OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS DEPENDING ON GROWING ENVIRONMENT IN SOME PLANTS

ABDUSALAM IMHBED AHMED HMEER

KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPAERTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

SUPERVISOR: DOÇ. DR. HAKAN ŞEVİK

Today, air pollution is one of the most important problems that threaten human and environmental health. In addition to industrial activities and population growth, especially in the last century, migration from rural to urban areas causes air pollution to become a major problem, especially in large cities.

Although there are many components of air pollution, heavy metals are of particular importance. The reason for this is that some of the heavy metals are pure toxic at low concentrations, many heavy metals that are nutrients for living beings are harmful at high costs in bile, live biodegradation process, they are not easily degraded in nature and are used in addition to them. For this reason, it is of great importance to monitor the heavy metal concentrations in the air, especially in risky conditions such as traffic processing, industrial activities and populated areas.

Although different methods are used to monitor heavy metal pollution in the air, the most widely used method is biomonitor. Biomonitors are living things that accumulate heavy metals, especially perennial plants are very suitable biomonitors. However, in order to determine the most suitable plants for both monitoring the change in the concentration of heavy metal pollution in the air and reducing the concentration of heavy metal in the air, it is necessary to determine the plants that hold the most heavy metal in its body.

In this study, it is grown in Samsun city center and frequently used in landscape studies; Tilia tomentosa, Aesculus hippocastanum, Ligustrum vulgare and Catalpa bignoides species have been tried to determine the changes of some heavy metal concentrations in individuals grown in areas where traffic is heavy, less dense and almost none. Within the scope of the study, leaf, bark and wood samples were collected from the plants, and washing operations were also carried out on the bark and leaves.

As a result of the study, Ba, Sr, Fe, Na, Ca, K and Al concentrations in the species subject to the study changed significantly ($p < 0.05$) on the basis of species, and the

change of Zn concentration on the basis of species was not statistically significant (p> 0, 05) has been determined. According to the results of Duncan test, it was determined that Catalpa bignoides was in the first homogeneous groups in all elements and Tilia tomentosa was in the last homogeneous groups in terms of Ba, Sr, Fe, Na and Ca. In addition, heavy metal concentrations subject to the study vary significantly depending on all types of organs, traffic density and washing conditions.

KEYWORDS: Heavy Metal, Biomonitor, Plant

September 2020, 53 Page

TEŞEKKÜR

Tez içeriğinin oluşturulmasında, okunmasında ve düzeltmelerde desteğini eksik etmeyen, bilgi ve deneyimi ile her zaman destek olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Hakan ŞEVİK'e çok teşekkür ederim. Eğitim hayatım boyunca emeği geçen tüm kıymetli hocalarıma ve aileme de teşekkürü bir borç bilirim.

Abdusalam Imhmed Ahmed HMEER

Kastamonu, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAYI ..... **ii**
TAAHHÜTNAME ..... **iii**
ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **x**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **xi**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR TARAMASI **5**
2.1 Ağır Metal Birikiminin İzlenmesinde Bitkilerin Kullanımı 5
2.2 Çalışmaya Konu Bitkilerin Genel Özellikleri 10
2.2.1 Aesculus hippocastanum 10
2.2.2 Tilia tomentosa 11
2.2.3 Catalpa bignanioides 13
2.2.4 Ligustrum vulgare 14
3. MATERYAL VE YÖNTEM **16**
3.1 Materyal 16
3.2 Yöntem 16
4. BULGULAR **18**
5. SONUÇ VE TARTIŞMA **33**
6. ÖNERİLER **39**
KAYNAKLAR **41**
ÖZGEÇMİŞ **53**

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Farklı kaynaklardan gelen kirleticilerin yayılımı 7
Şekil 2.2 *Aesculus hippocastanum* genel görünümü 11
Şekil 2.3 *Aesculus hippocastanum* çiçekleri 11
Şekil 2.4 *Tilia tomentosa* genel görünümü 12
Şekil 2.5 *Tilia tomentosa* yaprakları 12
Şekil 2.6 *Tilia tomentosa* çiçekleri 13
Şekil 2.7 *Catalpa bignonioides* çiçekleri 14
Şekil 2.8 *Catalpa bignonioides* genel görünümü 14
Şekil 2.9 *Ligustrum vulgare* çiçek ve yaprakları 15
Şekil 2.10 *Ligustrum vulgare*'nin canlı çit bitkisi olarak kullanımı 15

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 4.1 Zn, Ba, Sr, ve Fe konsantrasyonlarının tür bazında değişimi 18
Tablo 4.2 Na, Ca, K Ve Al konsantrasyonlarının tür bazında değişimi 19
Tablo 4.3 Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi 19
Tablo 4.4 Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi 20
Tablo 4.5 Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonlarının organ bazında değişimi 20
Tablo 4.6 Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının organ bazında değişimi..... 21
Tablo 4.7 Zn konsatrasyonunun değişimi 22
Tablo 4.8 Ba konsantrasyonunun değişimi 23
Tablo 4.9 Sr konsantrasyonunun değişimi 24
Tablo 4.10 Fe konsantrasyonunun değişimi..... 26
Tablo 4.11 Na konsantrasyonunun değişimi..... 27
Tablo 4.12 Ca konsantrasyonunun değişimi 28
Tablo 4.13 K konsantrasyonunun değişimi..... 30
Tablo 4.14 Al konsantrasyonunun değişimi..... 31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

PSI **:** Pounds per square inch (basınç birimi)
SPSS **:** Sosyal birimler için istatistik proğramı
Sr **:** Stronsiyum
Fe **:** Demir
AH **:** Aesculus hippocastonum
TT **:** Tilia tomentosa
CB **:** Catalpa bignonioides
LV **:** Ligustrum vulgare
Na **:** Sodyum
Ca **:** Kalsiyum
K **:** Potasyum
Al **:** Alüminyum
Pb **:** Kurşun
Cd **:** Kadmiyum
Cu **:** Bakır
Cr **:** Krom
Ni **:** Nikel
Zn **:** Çinko
Ba **:** Baryum
Ppm **:** Milyonda bir
Ppb **:** Miryarda bir

1. GİRİŞ

Dünyadaki endüstriyel gelişime paralel olarak artan çevre kirliliği, endüstriyel, evsel vb. atıklar, günümüzde önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir (Ozel vd., 2019; Çetin vd., 2019; Kilicoglu vd., 2020a,b). Öyle ki bu kirlilik dünya gezegeni için tehlike oluşturmaktadır ve ağır metaller başta olmak üzere yüksek yoğunluklu birçok zehirli madde çevreye karşı tehdit unsuru haline gelmiştir (Beisyev vd., 2013; Sing ve Kumar, 2017; Turkyilmaz vd., 2018a). Bu tehlikenin kaynağını genelde farklı endüstriyel ve tarımsal alanlardaki (insan atığı, araba egzozu, fabrikalar, tuğla fırınları) aşırı insan aktivite ve faaliyetleri oluşturmaktadır (Tepanosyan vd., 2017; Bayraktar vd., 2019a,b; Zeren Cetin ve Sevik, 2020).

Son yıllarda, yoğun trafik hareketi nedeniyle ağır metallerden kaynaklı olarak kentsel alanlarda ve bazı fabrikalara yakın bölgelerde hava kirliliğinin arttığı görülmektedir (Aenab vd., 2013; Şevik vd., 2017; Cetin vd., 2017a,b). Çevre kirliliğine neden olan bahsi geçen bu etkenler büyük oranda endişeye neden olmaktadır. Çünkü bunlar; öncelikle karbon oksit ve nitrik oksitler ikinci olarak da havada uçuşan kükürt oksit, hidrokarbonlar ve ağır metallerden oluşan kirliliğe neden olan gazlardır (Alyemeni ve Almohisen, 2014).

Hava kirliliği konusu, araştırmacıların çok ilgisini çekmektedir. Çünkü bu durum insan ve çevre için doğrudan tehlike oluşturan problemlerden birisidir (Elfantazi vd., 2018a,b; Sevik, 2020). Ağır elementlerin birbirinden farklı şekillerde sıvı ve katı moleküller halinde havaya salınması bu problemi oluşturmaktadır. Bu da fabrika ve diğer alanlarda kullanılan yakıtların tam yakılmamasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle birbirinden farklı boyutlara ve kimyasal bileşimlere sahipbahsi geçen bu cisimler havada direk yayılmaktadır (Sawidis vd., 2011; Kocic vd., 2014; Alaqouri vd., 2020a,b).

Ağır elementlerin toksisitesi iki ana nedene dayanır. Enzimlerdeki ağır metaller, fonksiyonel gruplarla stabil olarak bağlanarak ve trofik reaksiyonlar oluşturan moleküllerin bozulmasına yol açan komplekslerin gıda reaksiyonları oluşturması

şeklinde gerçekleşir. Aynı zamanda iyonların ve yaşam için önemli olan organik maddelerin taşınmasını engelleyerek hücre zarının yapısal bileşimini değiştirir (Aqeel ve Arhoom, 2019).

Bu nedenle, araçlardan çıkan egzoz gazları ve fabrika atıklarından kaynaklı ağır metal kirliliği, en tehlikeli ve en hızlı yayılan kirlilik türü olarak değerlendirilir (Shi vd., 2011; Aricak vd., 2019). Çünkü bu türlü gazlar solunum yoluyla doğrudan havadan veya yenen besinler yoluyla yutularak alınır. Bu da çocuklarda solunum ve alerji gibi birçok hastalığa yol açar. Ağır metallere daha fazla maruz kalınması durumunda ise astım ve tansiyon hastalıklarına maruz kalma riski yükselir. Aynı zamanda merkezi sinir sistemini ve böbrekleri olumsuz etkilemekle beraber kemiklerin zarar görmesine de neden olmasının yanında ölüme götürücü sonuçları da olabilir (Liu vd., 2018; Weerusundara vd., 2018; Liu vd., 2019; Sevik vd., 2019a). Bu bağlamda Dünya Sağlık Örgütü, hava kirliliği nedeniyle kentsel alanlarda her yıl iki milyondan fazla ölüm gerçekleştiğini açıklamıştır (Jiries vd., 2018).

Ortamdaki ağır metallerin konsantrasyonunun artması nedeniyle bitki örtüsü de zarar görmektedir. Sükroz ve nişastanın hidrolizinin yanında sükrozunun taşınması gibi birçok biyolojik sürecin önlenmesi azot metabolizmasında başka hasarların oluşmasına neden olur (Sawidis vd., 2012).

Ağır metaller, temelde hafif konsantrasyonlarda doğada bulunan elementlerdir. Fakat bu oran 5g/cm^3'den (Arévalo vd., 2017) fazla olması halinde gerçekten bu durum çok zararlı bir hal almaya başlar ve ayrıştırılamazlar. Zira çinko, bakır, arsenik, kurşun ve krom gibi maddeler doğada/çevrede uzun süre kalıcı olurlar (Fauziah vd., 2010). Araştırmacı ve bilim insanları, ağır metallerin neden olduğu kirlilik peoblemini çözme adına çözümler üretmeye çalışmışlar ve bazı bitkilerin dokularında mineral biriktirebildiklerini keşfetmişlerdir (Aricak vd., 2020; Turkyilmaz vd., 2020).

Bitkiler ekosistemin temel bileşenlerinden birisi olup, kentsel çevrede rüzgâr hızını azaltmak, erozyonu önlemek, ekonomik kaynak sağlamak gibi pek çok fonksiyonu yerine getirirler (Sevik vd., 2012; Cetin vd., 2018a,b; Ertugrul vd., 2019; Ozkazanc

vd., 2019). Buna ek olarak bitkiler, hava kirliliğini temizleme görevini de yerine getirirler (Cetin ve Sevik, 2016a,b; Khauaranga ve Khalid, 2019; Hu vd., 2019).

Bitkiler, dokularında, çoğu bitki türünde bulunan doğal fizyolojik gereksinimlerin ve seviyelerin ötesinde, büyüdükleri ortamdaki bir konsantrasyondan daha yüksek ağır element konsantrasyonuna sahip olma gücüne sahiptir. Bu durum, birikim süreci olarak adlandırılır. Bitkilerde ağır element birikiminin ilk olgusu 1865 yılında Sachs kitabında bahsedilmiştir (Al-Wahaibi, 2007; Ashraf vd., 2010).

Kimyasal, biyolojik veya fizyolojik açıdan birikim mekanizmasını anlamak için, topraktaki elementlerin hareketini ve kökler aracılığıyla emilimini, bunların bitkisel sisteme geçişini ve minerallerin yapraklardaki dağılımını dikkate almak gerekir. Bitkilerde, minerallere karşı dayanıklılık mekanizmasının bulunduğunu savunanlar vardır. Bu uzaklaşma ve birikim mekanizması olarak değerlendirilir. Uzaklaşma mekanizmasında bitkiler aşırı ağır metalleri emmekten kaçınır. Birikimde ise; bitkiler büyük miktarda element alır ve onları dallarına dağıtarak izole eder. Böylece organik ve inorganik moleküller ve proteinlerle, hücre içi bölünme yoluyla onları tolere ederler (Boomınathan, 2002).

Ağaçların yaprakları, havadaki gaz kirliliğini emerek, prosüller ve partiküller ise yaprak yüzeyinde kalarak elimine edilir (Karmaker ve Padhy, 2019). Öyle ki bunlar, hava kirliliğine neden olan elementleri azaltmak adına onları avlayan bir avcı gibi çalışır. Çalışmalar, bu işlemler aracılığıyla hava kirliliğine neden olan elementlerin %9,1 oranında azaldığını göstermiştir. Kentsel alanlardaki hava kirliliği göstergelerini klorofil, askorbik asit ve PH ekstraktı içerikleri ile hesaplamak da mümkündür (Nadgórska vd., 2017).

Hem havadaki ağır metal kirliliğinin konsantrasyonundaki değişimin izlenmesi, hem de havadaki ağır metal konsantrasyonunun azaltılabilmesi için en uygun bitkilerin tespiti açısından, bünyesinde ağır metali en fazla tutan bitkilerin belirlenmesi gerekmektedir (Sevik vd., 2018; Cetin vd., 2020). Bu çalışmada da Samsun kent merkezinde yetiştirilen bazı bitkilerde ağır metal konsantrasyonlarının bitki türü, organı, yıkanma durumu ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin belirlenmesi

amaçlanmıştır. Böylece hangi ağır metallerin trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişim gösterdiği, hangi bitkilerin hangi organlarının biyomonitor olarak ve havadaki ağır metal kirliliğini uzaklaştırmak amacıyla kullanılmalarının daha uygun olacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Ağır Metal Birikiminin İzlenmesinde Bitkilerin Kullanımı

Çevre kirliliği günümüzün en önemli problemlerinin başında gelmektedir. Bunun başlıca sebepleri çevre kirliliğinin insan sağlığı ve canlı yaşamını doğrudan etkilemesi yanında son yıllarda ciddi tehdit boyutlarına ulaşmış olmasıdır (Sevik vd., 2015; Aydogdu ve Sevik, 2018; Bayraktar, 2019; Ozel vd., 2019).

Çevre kirliliğinin pek çok bileşeni bulunmaktadır (Aydogdu ve Sevik, 2015; Cetin vd., 2019a). Bu bileşenler içerisinde ağır metaller ayrı bir öneme sahiptir. Ağır metaller insan ve çevre üzerinde büyük tehlike oluşturmaya başlamıştır. En kolay araçlarla bunlardan kurtulma bir zaruret haline gelmiştir. Çevreyi, izolasyon, mekanik ayıklama ve kimyasal arıtma gibi yollarla, kirleticilerinden temizlemede, geleneksel teknolojiler başarı göstermesine rağmen bunlar çok pahalıya mal olmaktadır. Bu nedenle daha az maliyetli başka araçlara gereksinim duyulmaktadır (Shahid vd., 2017; Bayraktar vd., 2019c,d).

Son yıllarda yeni bir yöntem bulunmuştur. Bu yöntem, bitkilerin kullanılmasıdır. Bu bitkiler ortamdaki metalleri emmektedirler. Örneğin suda çözünmüş metalleri ayırmak için iki yöntem vardır. İlk yöntem, metal iyonlarının, biyokütlenin hücre duvarına bağlanması yoluyla gerçekleşir. İkinci yöntem, dış hücre duvarından hücrenin hücre duvarına kütle aktarımı ile gerçekleşir (Axtell, 2003).

Algların, hayati besinlerin, organik ve inorganik kirleticilerin temizlenmesindeki rolü son zamanlarda artmıştır. Öyle ki bazı algların, tolerans mekanizmalarının bir sonucu olarak metalleri biriktirme güç ve kabiliyetinin yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca birçok algın, biyokütle üretimini artırma avantajına sahip olduğu görülmüştür ve bu durum metallerin yüksek emilimine yol açmaktadır (Chekroun ve Baghour, 2013).

Hindistan'da 2016 yılında (Singh vd., 2016) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, kirli alanlarda doğal olarak yetişen bitki ve alglerde bulunan arsenik

ve diğer bazı metallerin konsantrasyonunu belirlemektir. Bu çalışma, 5 adet büyük alg üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu algler, bazı faktörlerin anlaşılması adına 9 farklı bölgeden seçilmiştir. Bu çalışmada plazma kütle spektrometresi kullanmıştır. Çalışma, bazı alg türlerinin metalleri çok yüksek konsantrasyonlarda biriktirebilme yeteneğine sahip olduklarını göstermiştir.

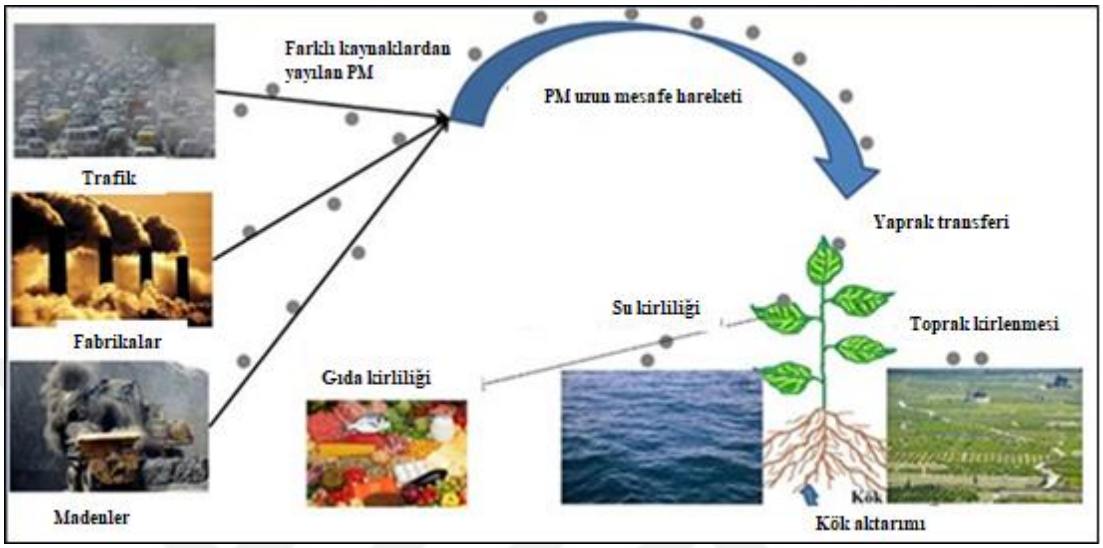
Ayrıca, son çalışmalar, likenlerin havada bulunan metalleri biriktirme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Deneylerle incelenen, metallerin emilim mekanizması, hücre dışı ve hücre içi emilim göstermiştir. Metal birikimi, emisyon kaynağının tipi ve yoğunluğu ek olarak likenlerin morfolojik özelliklerine bağlıdır (Garty, 2001).

Likenler, 2006 yılında yapılan bir çalışmada kullanılmıştır. (Ng vd., 2016) tarafından Singapur'da yapılan çalışma, havayı kirleten birkaç ağır metalin biyolojik birikimi olarak gerçekleştirilmiştir. Liken türleri 6 bölgeden toplanmış ve bir plazma kütle spektrometresi kullanılarak analiz edilmiştir. Liken ve topraktaki metal seviyeleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı ve likenlerde biriken metallerin atmosferden emildiği kanıtlanmıştır. Petrol endüstrisi, nakliye ve trafiğin yoğun bulunduğu bölgelerdeki likenlerde yüksek çinko, bakır ve kurşun konsantrasyonları bulunmuştur.

Aynı zamanda, ağır metallerden kurtulmak için bitkilerin kullanılması ağırlık kazanmıştır. Çünkü bitkiler, ağır metal kirlenmesini azaltmada alglar ve likenlerden daha yüksek etki ve tamir gücüne sahiptir. Bunun yanında bitkiler, alglar ve likenlerden daha fazla alan kaplamaktadır. Bitkiler, sadece büyüdükleri bölgedeki ağır metallerin kirlenmesini azaltmakla kalmaz aynı zamanda gürültü gibi diğer kirlilik türlerini azaltır ve birçok hayvan için yiyecek ve barınak imkânı sağlar (Gardeatorresdey vd., 2005).

Çevre bilimcileri tarafından önceki çalışmalar incelenmiş ve ağır metallerin bitkiler tarafından emilme süreciyle ilgili gerekli koşulları belirlemek için çalışmalar yapılmıştır (LeCoultre, 2001). Bu çalışmalar neticesinde, arsenik, krom, bakır, çinko, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metalleri bünyesinde biriktirme yeteneğine sahip birçok bitki bulunmuştur (Sasmaz ve Yaman, 2006).

Şekil 2.1, birkaç farklı kaynaktan gelen kirleticilerin yayılmasını, bunların uzun mesafelere aktarılmalarını, bitkilerin yüzeyindeki sedimantasyonlarını ve besin zincirine girme olasılığını göstermektedir.



Şekil 2.1 Farklı kaynaklardan gelen kirleticilerin yayılımı

Ağır elementlerin bitkilerde birikmesine dair ilk olgu 1825 yılında Sachs'ın Kitabında belirtilmiştir. Bu, thlaspi caerulesscens bitkilerinde gerçekleşen bir olgu idi. Öyle ki bu bitkinin %17 oranında çinko içerdiği belirlenmiştir. Bu alanda ilk çalışma 1934 yılında S. Part tarafından yapılmıştır (Al-Wahaibi, 2007).

Bunun ardından çalışmalar ve araştırmalar devam etmiştir. 2008 yılında (Grant vd., 2008) tarafından bir çalışma yapımışı ve bu çalışmada, temel ve ikincil derecede ağır elementlerin bitkiler tarafından emilimi ve bitki türleri arasındaki dağılım farklılıkları ortaya konulmuştur. Ayrıca, bitki yetiştirmenin, arzu edilen ağır elementlerin konsantrasyonunu arttırma ve kadmiyum gibi zararlı elementleri azaltma adına hayati bir araç olduğunu keşfetmişlerdir.

Aynı şekilde Ji vd., (2018), Çin'deki bir nehir üzerinde yetiştirilen lahana ve sarımsak türünü seçerek, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini ve 24 farklı yerden toplanan sebzelerde biriken ağır elementleri analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda kirlilik seviyelerinin çok yüksek olduğu bölgelerde yetişen bitkilerde metal birikiminin olduğu ortaya çıkmıştır.

Allevato vd., (2019), arseniklerin bitkiler tarafından emilme mekanizması üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada; arsenikin her yerde bulunan toksik bir madde olduğu ve zararlı etkilerinin kimyasal yapısıyla ilişkili olduğu ve mahsuller tarafından emilmesi yoluyla gıda zincirine girdiği görülmüştür. Arsenik, kökler tarafından fosfat taşıyıcılar yoluyla yutulmasından ve emilmesinin hemen ardından aynı vektörler aracığıyla dağıtılır ve sonuçta duvar, sap, yaprak ve çekirdeklerde birikir.

Arévalo vd., (2017), dünyadaki en önemli kakao çekirdeği kaynağı olarak kabul edilen Peru'da bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada metallerin kakao yapraklarındaki dağılımını ve birikimini araştırdılar. Çalışma, kakao ekiminin yapıldığı üç ana bölgede gerçekleştirilmiş ve 71 çiftlikte bulunan ağaçların yapraklarından numuneler alınmıştır. Atomik absorpsiyon spektrometresi aracılığıyla, yapraklarda kadmiyum, krom, bakır, manganez, nikel, kurşun ve çinko gibi ağır elementlerin yoğunlaştığı bulgusuna erişilmiştir. Sonuçlar, kritik sınırın altında çıkmıştır.

Sevik vd., (2019b), halka açık alanlarda yetiştirilen bazı bitkilerin yaprak, dal ve tohumlarındaki nikel, kurşun ve kadmiyum gibi elementlerin konsantrasyon farklılığında, trafik yoğunluğunun etkisinin belirlenmesi amaçlamıştır. Çalışma, *Ailanthus altissima, Biota orientalis, Platanus orientalis, Pyracantha coccinea*'dan oluşan dört bitki türünde yapılmıştır. Trafik yoğunluğunun artması ile birlikte nikel, kurşun ve kadmiyum konsantrasyonlarının arttığı görülmüştür. Nikel *Biota orientalis* bitkisinde özellikle dal ve çekirdeklerinde çok yüksektir. Kurşun ve kadmiyum kirliliği ile alakalı ise*Ailanthus altissima*bitkisinin yaprakları bu tür kirliliğin izlenmesi için çok uygundur.

Turkyilmaz vd., (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, doğal görünümlü bazı bitkilerde trafik yoğunluğuna bağlı olarak ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. *Salix babylanica, Robinia pseudoacacia, Sopahora japonica, Aesculus hippocastanu*'ndan oluşan dört çeşit bitkiden, trafiğin yüksek ve orta yoğunlukta olduğu ve trafiğin olmadığı ortamlarda yetişenlerden numuneler alınmıştır. Kalsiyum, nikel, kurşun, çinko, bakır, demir, krom, manganez, çinko ve magnezyum gibi çeşitli metaller tespit edilmiştir. Analizden sonra; trafiğin orta yoğunlukta bulunduğu bölgede yer alan *Aesculus hippocastanu* bitkisinde kurşun ve manganez, *Sopahora japonica*

bitkisinde diğer elementlerin değerleri daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Trafiğin yüksek yoğunlukta bulunduğu bölgede yer alan *Salix babylanica* bitkisinde kadmiyum, çinko ve nikel, *Sopahora japonica* bitkisinde elde edilen en yüksek metaller bakır, magnezyum, krom, demir ve manganezdir. Kurşun, *Aesculus hippocastanu* bitkisinde, kalsiyum ise *Robinia pseudoacacia* bitkisinde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur.

Midhat vd., (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, topraktaki metal kirliliği ve bunun bitki türlerinde birikme potansiyelini değerlendirmiştir. Farklı bölgelerde yetişen bitkilerden örnekler alınmış ve bunlardaki bakır, çinko ve kurşun oranları analiz edilmiştir. Sonuçta, bitki türlerindeki mineral birikiminin farklı oranlarda bulunduğunu göstermiştir. 46 tür arasında aşağıda verilen sekiz bitki türünün, metalleri tomurcuklarında ve çekirdeklerinde biriktirme kabiliyetinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu bitkiler: *Hirschfeldia incana* (L.) Lagr.-Foss), *Citrullus vulgaris* (L.) Schradi), *Portulaca oleracea* L., *Stipa capensis* Thunb, *Lactuca viminea* L., *Forsskaolea tenacissima* L, *Lycium intricatum* Boiss ve *Hammada scoparia* (Pomel) Iljin bitkileridir.

Irak'ın Musul şehrinde yetişen bazı vejetatif bitkilerde kurşun birikimi üzerine Abdalaziz vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada, çalışma alanına dağılmış kene otu, zakkum, defne, zeytin ve narenciyeden oluşan beş tür bitki tespit edilmiştir. Kurutma ve sindirim işleminin ardından, kurşun emilimi ölçülmüştür. Sonuçlar, incelenen bitkilerin yapraklarında bulunan kurşun konsantrasyonunun, dallarda daha fazla olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda nüfus yoğunluğunun yüksek ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde yetişen bitkilerde konsantrasyonun yükseldiği gözlemlenmiştir. Zeytin yaprağı ve dallarındaki kurşun konsantrasyonu sırasıyla 30,54 kg / gm'ye ulaşmıştır.

2.2 Çalışmaya Konu Bitkilerin Genel Özellikleri

Bu çalışma, *Tilia tomentosa* (TT), *Aesculus hippocastanum* (AH), *Ligustrum vulgare* (LV), *Catalpa bignoides* (CB) olmak üzere dört bitki türü üzerinde yapılmıştır. Bu bölümde bu bitkiler hakkında kısaca bilgiler verilmiştir.

2.2.1 Aesculus hippocastanum

Bu ağaç türü, farklı iklim türlerinin bulunduğu alanlarda yaşar. Doğal olarak yetişen bu bitkinin ana yaşam alanı Balkan Yarımadası olup Yunanistan ve Arnavutluk'ta da yetişir (Μαστρογιάννη ve Εργασία, 2015).

Bu bitkiler sıcak iklimin hâkim olduğu ormanlarda yetişir. Özellikle vadilerde yaşar ve ateşe çok duyarlıdır. Faydaları arasında beyaz kan hücrelerinin birikmesini önleyen asken maddesi içerir (Caudullo ve deRigo, 2016). *Aesculus hippocastanum* bitkisi için uygun olan toprak türü, güçlü, düz bir kök sistemi üretmesine yardımcı olan kalsiyum karbonat içeren verimli, derin, ipeksi topraktır (Thomas vd., 2019).

Bu tür bitkiler, gölgesi için kentsel alanlarda yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu nedenle piknik alanlarında, umumi parklarda ve yol kenarında dikilir. Bunlar, güzel çiçek ve geniş yapraklar içerdikleri için süs bitkileri olarak kabul edilirler. Uzun süre yaşayan bu ağaçların boyları 20 ile 30 m arasında değişen uzunluklara sahip olabilir (Şekil 2.2, Şekil 2.3) (Yigit vd., 2018a).

Bahsedilen fonksiyonlara ek olarak, partikül maddeleri biriktirmede en etkili bitkilerden biri olduğu belirtilmektedir (Chonova vd., 2019). Özellikle yüksek trafik yoğunluğuna sahip kentsel alanlarda ağır metal birikimi için biyomonitor olarak kullanılmaktadır (Turkyilmaz vd., 2018b).



Şekil 2.2 *Aesculus hippocastanum* çiçekleri



Şekil 2.3 *Aesculus hippocastanum* genel görünümü

2.2.2 Tilia tomentosa

Bu bitki türünün, Avrupa, Amerika ve Asya'nın ılıman bölgelerine yayılmış yaklaşık otuz türü bulunmaktadır. Bu türler genellikle şehir içlerinde bahçelerde ve yol boylarında yetiştirilir. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi estetik değere sahip bu bitkiler düzgün şekilli, bol çiçekli ve boyları birkaç metredir (Ion vd., 2018).



Şekil 2.4 *Tilia tomentosa* genel görünümü

Bu ağaçlar yaprak döken türler arasında sayılırlar. Yaprakları basit ve tekrar yetişebilen türden olup bitkisel çay olarak kullanımları yaygındır (Fitsiou vd., 2007). Sinir sistemi üzerinde yatıştırıcı etkisi vardır (Allio vd., 2015). Yapraklarının genel görünümü Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.5 *Tilia tomentosa* yaprakları

Bitkinin tüm organları, bitkiyi çeşitli çevresel faktörlerden koruyan mumsu bir tabaka ile kaplıdır. Bu tabaka, terleme işleminin yapraklarındaki gözenekler aracılığıyla gaz değişimini kontrol etmesi için gereklidir (Gülz vd., 1991).

Bilinen yaygın ismine ek olarak, Avrupa'da arı ağacı olarak isimlendirilir. Çok çiçekli olmaları nedeniyle bu ağaçlar arıcılık için çok değerlidir, özellikle haziran ve temmuz aylarında bol çiçek açarlar (Şekil 2.6) (Jacquemart vd., 2018).



Şekil 2.6 *Tilia tomentosa* çiçekleri

Bu tür, çevre ve sağlıktaki önemli rolüne ek olarak, dekoratif değeri ile de ilgi görmektedir (Ivanov vd., 2014). Genel olarak biyotik ve abiyotik olarak çok dirençli oldukları kabul edilir. Özellikle trafik yoğunluğu olan bölgelerde ağır metalleri uzaklaştırmak için kullanılabilir. (Ţenche-Constantınescu vd., 2015)

2.2.3 Catalpa bignanioides

Bu ağacın yaygın adı Hint baklası olup *Bignonioides* familyasına aittir. Bu ağacın boyu 15 – 18 metreye kadar ulaşır, birçok toprak türünde yetişebilen bu ağaç açık alanlardan uzak durur. Geniş ve yeşilimsi yapraklara sahip olan bu bitki türü çiçekli ağaçlardan sayılır. Çiçekleri büyük fasulye şeklinde olup koyu beyaz renktedir (Şekil 2.7) (Bittencourt vd., 2011).



Şekil 2.7 *Catalpa bignonioides* çiçekleri

Yaygın adı Hint baklası olmasına rağmen asıl memleketi Güneydoğu Amerika'dır. Bahçelerde ve sokaklarda en yaygın kullanılan ağaç türlerinden biridir (Olsen ve Kirkbride., 2017; Latinović vd., 2019). Bu bitki türünün sakinleştirici özelliğinin yanı sıra, anestezik bir etkiye sahiptir ve çocuklarda boğmaca, astım ve spastik öksürük hastalıklarının tedavisinde kullanılır (De Abreu vd., 2014). Genel görünümü Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8 *Catalpa bignonioides* genel görünümü

2.2.4 Ligustrum vulgare

Yaprak dökmeyen, sürekli yeşil kalan ve *Oleaceae* familyasına üye bir türdür. Boyu 3 – 5 metreye ulaşan çok dallı bir ağaçtır. Gri benekli kahverengi renkte sert bir yapıya

sahiptir. Genellikle açık yeşil renkli 7 cm uzunluğunda yapraklara sahiptir (Şekil 2.9). Çiçekleri beyaz renklidir. Piramidal deltoid şeklinde tatlı bir kokusu vardır. Siyah duta benzeyen küçük parlak meyveleri vardır. Genellikle orta Avrupa, Kuzey Afrika ve Güneybatı Asya'da yetişir ve genellikle süs bitkisi olarak yetiştirilir (Ćurčić vd., 2012; Rocchetti vd., 2019).



Şekil 2.9 *Ligustrum vulgare* çiçek ve yaprakları

Bu ağaç, kumlu ve killi topraklarda yetişir. Rahat yetişmesi için güneş ışığına ihtiyaç vardır, fakat aynı zamanda gerekli gıda ve besinleri elde ettiği gölgeli ortamlarda da yetişebilir. Kuraklığa dayanıklı bir tür olarak kabul edilir. Bu tür, istenmeyen diğer bitkilerin üstesinden hızla gelme gücüne sahiptir (Enescu vd., 2015). Ayrıca, bu bitkiler dokularında kirletici maddeleri toplama ve metalleri biriktirme özelliğine sahiptir (Kutbay vd., 2011). Peyzaj çalışmalarında canlı çit bitkisi olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 *Ligustrum vulgare'*nin canlı çit bitkisi olarak kullanımı

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışma Samsun ilinde yürütülmüştür. Samsun'da, trafiğin en yoğun olduğu bölge kent merkezidir. Çalışma kapsamında örnekler trafiğin yoğun olduğu, az yoğun olduğu ve hemen hemen hiç trafik olmayan, en az 50 m yakınında araç yolu bulunmayan bölgelerden toplanmıştır. Bu bağlamda trafiğin yoğun olduğu bölge olarak Samsun kent merkezi, trafiğin az yoğun olduğu bölge olarak 19 Mayıs ilçesi ve trafiğin olmadığı alan olarak da 19 Mayıs ilçesinin kenar mahallelerinden örnekler toplanmıştır.

Çalışma kapsamında, peyzaj çalışmalarında sıklıkla kullanılan; *Tilia tomentosa, Aesculus hippocastanum, Ligustrum vulgare* ve *Catalpa bignoides* olmak üzere dört bitki türünden örnekler toplanmıştır. Örnekler son yıl sürgününden yani bir yaşındaki kısımdan alınmıştır. Örnekler 2019 yılı vejetasyon mevsimi sonuna doğru, Ekim ayı sonlarında toplanmış ve poşetlenip etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir.

3.2 Yöntem

Toplanıp etiketlenerek laboratuvara getirilen örnekler kartonlar üzerine serilerek ayırma işlemine tabi tutulmuştur. Yapraklar, dallar ve kabuklar ayrılıp gruplandırılmıştır. Daha sonra dallar, daha rahat kuruyabilmesi için kırılarak parçalanmış, kabuklar ise ezilmiştir. Kabukların ezilme işlemi mermer parçaları ile yapılmış, metal bir alet kullanılmamıştır. Hazırlanan numuneler cam petri kapları içerisine yerleştirilmiş ve tekrar etiketlenmiştir. Bu şekilde hazırlanan numuneler 15 gün oda kurusu hale gelmesi için bekletilmiş, bu süreç içerisinde laboratuar her gün havalandırılmıştır. Hava kurusu hale gelen numuneler, tamamen kuruyabilmeleri amacıyla etüvde 45^{o}C'de bir hafta boyunca kurutulmuştur.

Sonraki aşamada bitki örnekleri öğütülerek toz haline getirilmiş ve 0,5 g tartılarak mikrodalga için tasarlanmış tüplere konulmuştur. Örneklerin üzerine 10 mL %65'lik HNO_3 ilave edilmiştir. Bu işlemler esnasında çekerocakta çalışılmıştır. Hazırlanan

örnekler daha sonra mikrodalga cihazında 280 PSI basınçta ve 180 ºC'de 20 dakika yakılmıştır. Tüpler işlemler tamamlandıktan sonra mikrodalgadan çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örnekler üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler filtre kağıdından süzüldükten sonra ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur.

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

4. BULGULAR

Çalışma kapsamında dört farklı türde bazı ağır metal konsantrasyonlarının değişimi, bitki organı ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmaya konu türlerde, Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonlarının tür bazında değişimi ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1 Zn, Ba, Sr, ve Fe konsantrasyonlarının tür bazında değişimi

Tür	Zn (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Fe (ppm)
AH	28,61	10,06b	44,412a	55,170ab
TT	25,83	12,33bc	78,653c	80,222b
CB	20,41	5,85a	30,384a	36,817a
LV	28,01	13,47c	48,808b	80,856b
F	1,913	10,624	14,546	3,866
Hata	0,129	0,000	0,000	0,010

Tablo 4.1'in değerleri incelendiğinde Zn konsantrasyonunun tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamsız olduğu ($p>0,05$), Ba, Sr ($p<0,001$) ve Fe konsantrasyonunun ($p<0,05$) tür bazında değişiminin ise istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir. Ortalama değerler incelendiğinde ise CB'de elde edilen değerlerin en düşük değerler olduğu görülmektedir. TT'de elde edilen değerler ise Duncan testi sonuçlarına göre son homojen gruplarda yer almaktadır. Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının tür bazında değişimi ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir.

Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının tür bazında değişiminin gösterir tablo değerleri incelendiğinde bütün elementlerin tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) düzeyde olduğu görülmektedir. CB'de elde edilen değerler bütün elementlerde ilk homojen gruplarda yer alırken en yüksek Na konsantrasyonları AH ve TT, en yüksek K konsantrasyonları AH ve LV, en yüksek Al konsantrasyonları AH

ve CB türlerinde elde edilmiş, en yüksek Ca konsantrasyonu ise TT türünde elde edilmiştir.

Tablo 4.2 Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının tür bazında değişimi

Tür	Na (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)
AH	288,13b	5 864,66a	7 367,85b	131,82b
TT	296,82b	8 688,09b	5 043,38a	65,30a
CB	196,85a	4 121,28a	4 847,79a	93,06ab
LV	210,35a	5 517,51a	6 583,69b	61,45a
F	5,027	9,998	8,833	3,764
Hata	0,002	0,000	0,000	0,12

Çalışmaya konu elementlerden Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.3 Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Trafik	Zn (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Fe (ppm)
Yok	24,08	11,34b	46,15a	55,04
Az	26,96	8,42a	44,11a	57,12
Yoğun	26,96	11,52b	61,42b	77,63
F	0,394	3,336	3,524	1,701
Hata	0,675	0,038	0,032	0,185

Tablo'da görüldüğü üzere Zn ve Fe konsantrasyonunlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamsız olduğu ($p>0,05$), Ba ve Sr konsantrasyonunlarının ise trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) düzeyde olduğu görülmektedir. Ortalama değerler incelendiğinde ise en yüksek Ba konsantrasyonlarının trafiğin olmadığı ve yoğun olduğu alanlarda elde edildiği, en yüksek Sr konsantrasyonunun ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edildiği görülmektedir. Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4 Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimi

Trafik	Na (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)
Yok	222,79a	5 166,92a	6 237,37	64,52
Az	224,60a	5 856,10ab	6 127,66	90,74
Yoğun	296,72b	7 120,64b	5 517,00	114,88
F	4,329	3,178	1,058	2,904
Hata	0,015	0,044	0,349	0,58

Çalışmaya konu elementlerden Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde Na ve Ca konsantrasyonlarının değişiminin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,05$) düzeyde olduğu, K ve Al konsantrasyonlarının değişiminin ise istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) görülmektedir. Na ve Ca konsantrasyonlarının genel olarak trafik yoğunluğu ile birlikte arttığı görülmektedir. Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonlarının organ bazında değişimi ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.5'de verilmiştir.

Tablo 4.5 Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonlarının organ bazında değişimi

Organ	Zn (ppm)	Ba (ppm)	Sr (ppm)	Fe (ppm)
Yaprak	30,88b	12,62b	62,84b	77,65b
Kabuk	24,58b	10,36b	45,54a	65,99b
Odun	17,72a	6,17a	36,04a	29,03a
F	6,864	9,842	6,900	5,463
Hata	0,001	0,000	0,001	0,005

Tablo değerleri incelendiğinde Zn, Ba, Sr ve Fe konsantrasyonunun tür bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir. Ortalama değerler incelendiğinde ise bütün elementlerde en düşük değerlerin odunda elde edildiği görülmektedir. Bütün elementlerde en yüksek değerler ise yaprakta elde edilmiştir. Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının organ bazında değişimi ve istatistiki analiz sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.6 Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının organ bazında değişimi

Organ	Na (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Al (ppm)
Yaprak	254,61	7 459,87b	6 155,05	121,39b
Kabuk	246,22	5 482,02a	6 357,27	87,23b
Odun	238,51	4 355,66a	4 778,74	30,93a
F	0,128	7,627	3,886	0,002
Hata	0,880	0,001	8,247	0,000

Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarının organ bazında değişiminin gösterir tablo değerleri incelendiğinde sadece Ca ($p<0,01$) ve Al ($p<0,001$) elementlerinin konsantrasyonlarının organ bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olduğu görülmektedir. Bu elementlerin konsantrasyonunun da en düşük odunda ve en yüksek yaprakta olduğu görülmektedir.

Çalışma kapsamında sekiz adet elementin dört farklı türün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı konsantrasyonlarının değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca yaprak ve kabuk organlarında yıkama işlemi de uygulanmış ve bu işlemler sonucunda element konsantrasyonlarının değişimi ayrı ayrı belirlenmiştir. Zn konsantrasyonunun değişimine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.7'de verilmiştir.

Zn konsantrasyonunun değişimini gösterir tablo değerleri incelendiğinde varyans analizi sonucunda hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişimin hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı değişimlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmalar ve ortalama değerler incelendiğinde ise Zn konsantrasyonunun 1,36 ppm (az yoğun trafik, yıkanmış AH yaprak) ile 106,83 ppm (az yoğun trafik, yıkanmış TT yaprak) arasında değiştiği görülmektedir. Bütün değerler içerisinde en düşük ve en yüksek değerlerin trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilmiş olması dikkat çekmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda ise değerler 4,10 ppm (yıkanmamış CB yaprak) ile 65,29 ppm (yıkanmamış AH yaprak)

arasında, trafiğin yoğun olduğu alanlarda ise 3,27 ppm (LV odun) ile 55,21 ppm (Yıkanmış AH kabuk) arasında değişmektedir.

Tablo 4.7 Zn konsatrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	13,42 Bcd	**1,32 Aa**	26,19 Chi	7 380,69	0,000
		-	**65,29 Cn**	13,52 Ad	51,16 Bm	477,07	0,000
	Kabuk	+	12,86 Ac	16,54 Be	**55,21 Cn**	9 988,16	0,000
		-	16,54 Af	25,61 Ch	24,74 Bg	745,25	0,000
	Odun		24,87 Ai	39,47 Bk	42,53 Cl	2 218,98	0,000
TT	Yaprak	+	9,26 Ab	**106,82 Co**	12,53 Bc	3 922,00	0,000
		-	41,53 B l	44,07 Bm	22,24 Af	122,72	0,000
	Kabuk	+	19,29 Bg	23,47 Cg	17,53 Ae	543,95	0,000
		-	15,38 Bde	29,47 Cj	12,19 Ac	1 530,68	0,000
	Odun		15,95 Cef	12,96 Bd	4,84 Ab	502,14	0,000
CB	Yaprak	+	17,51 Aefg	50,24 Cn	26,97 Bi	257,28	0,000
		-	**4,10 Aa**	10,06 Bc	15,94 Cd	798,71	0,000
	Kabuk	+	15,79 Bef	42,25 Cl	4,65 Ab	37 217,14	0,000
		-	17,70 Afg	27,69 Bi	39,17 Ck	10 553,31	0,000
	Odun		12,25 Bc	9,00 Ac	12,87 Cc	805,99	0,000
LV	Yaprak	+	44,34 Bm	30,46 Aj	55,17 Cn	395,00	0,000
		-	37,22 Ak	6,29 Ab	34,81 Bj	349,82	0,000
	Kabuk	+	45,64 Cm	21,04 Af	25,09 Bgh	908,72	0,000
		-	30,99 Bj	15,94 Ae	35,21 Cj	334,70	0,000
	Odun		21,64 Ch	13,04 Bd	**3,27 Aa**	1 386,25	0,000
F Değeri			477,54	1 762,83	1 435,33		
Hata			0,000	0,000	0,000		

* Yk: Yıkama durumu, +; Yıkanmış, -; Yıkanmamış

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişim incelendiğinde ise tür bazında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Örneğin LV'de odun dışında en düşük değerler trafiğin az yoğun olduğu ortamlarda elde edilirken, TT'de yıkanmamış yaprak dışında bütün organlarda en düşük değerler trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. CB'de ise genel olarak en düşük değerlerin trafiğin olmadığı, en yüksek değerlerin ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edildiği söylenebilir. Ba konsantrasyonunun değişimine ilişkin veriler Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8 Ba konsantrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	4,71 Bg	2,87 Ae	10,19 Ch	108 778,361	0,000
		-	25,64 Cp	8,16Aj	11,97 BL	14 613,62	0,000
	Kabuk	+	8,96 Ch	4,20 Bf	3,45 Ae	9 688,00	0,000
		-	4,20 Af	11,11 Ck	8,05 Bg	12 066,46	0,000
	Odun		**25,75 Cp**	2,19 Ac	19,40 Bp	117 303,66	0,000
TT	Yaprak	+	16,12 Bk	12,86 Al	**22,95 Cn**	29 687,97	0,000
		-	23,35 Co	16,76 An	17,86 Bn	2 081,02	0,000
	Kabuk	+	3,88 Ae	15,88 Bm	21,45 CL	10 828,25	0,000
		-	2,55 Ab	6,38 Bi	11,33 Ci	248 948,04	0,000
	Odun		2,62 Ab	5,54 Bg	5,43 Bf	1 193,91	0,000
CB	Yaprak	+	9,22 Bi	6,43 Ai	11,83 Ck	26 574,60	0,000
		-	2,99 Cc	2,90 Be	2,82 Ad	25,46	0,001
	Kabuk	+	3,58 Bd	5,90 Ch	**1,47 Aa**	15 995,61	0,000
		-	10,21 Bj	4,18 Af	18,05 Co	13 125,87	0,000
	Odun		4,48 Cf	**1,13 Aa**	2,55 Bc	3 526,79	0,000
LV	Yaprak	+	17,42 Bl	19,31 Cp	11,67 Aj	4 740,48	0,000
		-	21,45 Bm	2,42 Ad	21,11 Bq	10 433,04	0,000
	Kabuk	+	22,19 Cn	**21,57 Bo**	14,93 Am	7 009,05	0,000
		-	16,16 Bk	17,13 Co	11,77 Ajk	862,67	0,000
	Odun		**1,32 Aa**	1,55 Bb	2,13 Cb	2 798,11	0,000
F Değeri			23 842,96	15 590,60	28 070,56		
Hata			0,000	0,000	0,000		

Tablo 4.8 değerleri incelendiğinde Ba konsantrasyonunun değişiminin de hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin (yıkanmamış CB yaprak için $p<0,01$) hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı değişimlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde ise Ba konsantrasyonunun 1,13 ppm (az yoğun trafik CB odun) ile 25,75 ppm (trafiğin olmadığı alanlardaki AH odun) arasında değiştiği görülmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda en düşük değer 1,32 ppm ile LV odunda elde edilirken trafiğin az yoğun olduğu alandaki en yüksek Ba konsantrasyonu 21,57 ppm ile yıkanmış LV kabukta elde edilmiştir. Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Ba konsantrasyonu ise 1,47 ppm (yıkanmış CB kabuk) ile 22,95 ppm (yıkanmış TT yaprak) arasında değişmektedir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişim incelendiğinde ise yine tür bazında önemli ölçüde değişiklik olduğu görülmektedir. TT kabukları ve odunları ile LV odunları gibi bazı organlarda Ba konsantrasyonu trafik yoğunluğu ile birlikte artarken, yıkanmış AH kabukları ile yıkanmamış CB yaprakları gibi bazı organlarda trafik yoğunluğu arttıkça Ba konsantrasyonunun azaldığı görülmektedir. AH yaprakları ve odunu gibi bazı organlarda ise en düşük değerler az yoğun trafikte elde edilmiştir. Çalışmaya konu numunelerde Sr konsantrasyonunun değişimi Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9 Sr konsantrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	16,46 Bb	15,65 Ad	19,12 Cc	824,35	0,000
		-	100,04 Ck	40,31 Bh	21,78 Ad	34 418,88	0,000
	Kabuk	+	39,04 Cf	28,16 Be	17,53 Ab	1 723,41	0,000
		-	28,16 Ae	57,28 Ck	43,59 Bh	2 924,77	0,000
	Odun		**110,03 Bl**	**8,69 Aa**	120,31 Cn	18 354,07	0,000
TT	Yaprak	+	78,38 Ai	78,93 Am	155,24 Bp	9 352,01	0,000
		-	109,45 Al	**125,55 Bp**	138,59 Co	495,27	0,000
	Kabuk	+	31,68 Ae	80,10 Bn	**173,73 Cq**	11 724,69	0,000
		-	18,37 Ac	34,25 Bg	64,29 Cj	81 244,01	0,000
	Odun		18,68 Ac	41,49 Ci	31,04 Be	4 077,29	0,000
CB	Yaprak	+	12,67 Ab	58,74 Bl	83,56 Ck	31 129,40	0,000
		-	**9,95 Aa**	11.10 Bb	12,23 Ca	240,43	0,000
	Kabuk	+	10,37 Aa	40,22 Ch	**11,26 Ba**	25 409,23	0,000
		-	22,82 Ad	29,88 Bf	93,19 Cm	30 849,02	0,000
	Odun		22,46 Cd	10,47 Ab	17,80 Bb	751,04	0,000
LV	Yaprak	+	70,81 Bh	83,42 Co	50,36 Ai	1 241,50	0,000
		-	90,44 Cj	30,12 Af	86,35 Bl	1 891,15	0,000
	Kabuk	+	64,78 Cg	51,38 Bj	38,05 Ag	3 023,53	0,000
		-	40,03 Bf	42,15 Ci	32,68 Af	803,80	0,000
	Odun		19,44 Cc	14,41 Ac	17,65 Bb	371,63	0,000
F Değeri			8 070,47	14 089,77	15 193,68		
Hata			0,000	0,000	0,000		

Tablo 4.9'da görüldüğü üzere Sr konsantrasyonunun değişimi de hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı olarak hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) farklılaşmaktadır. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçlarına göre Sr konsantrasyonunun 8,69 ppm

(az yoğun trafik AH odun) ile 173,73 ppm (trafiğin yoğun olduğu alanlardaki yıkanmış TT kabuk) arasında değiştiği belirlenmiştir. Trafiğin olmadığı alanlardaki Sr konsantrasyonunun 9,95 ppm (yıkanmamış CB yaprak) ile 110,03 ppm (AH odun) arasında değiştiği belirlenmiştir. Trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki Sr konsantrasyonu 8,69 ppm ile 125,55 ppm (yıkanmamış TT yaprak) arasında değişirken trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Sr konsantrasyonu 11,26 ppm (yıkanmış CB kabuk) ile 173,73 ppm arasında değişmektedir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişim incelendiğinde ise yine tür bazında önemli ölçüde değişiklik olmakla birlikte TT ve CB türlerinde yaprak ve kabuklarda (yıkanmamış CB kabukları hariç) Sr konsantrasyonunun trafik yoğunluğu ile birlikte arttığı görülmektedir. Bunun dışında yine trafiğin yoğun olduğu alanlardaki en yüksek 3 konsantrasyonun TT yaprak ve kabuklarında elde edilmiş olması, çalışmaya konu türler arasında TT'nin, Sr konsantrasyonunun değişiminde kullanılabilecek en uygun biyomonitor olduğu şeklinde yorumlanabilir. Çalışmaya konu numunelerde Fe konsantrasyonunun değişimi Tablo 4.10'da verilmiştir.

Fe konsantrasyonunun değişimini gösteren tablo 4.10 değerleri incelendiğinde Fe konsantrasyonunun da hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı olarak hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) farklılaştığı görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde bütün değerler arasında en düşük Fe konsantrasyonunun 5,57 ppm ile trafiğin yoğun olduğu alanlardaki yıkanmış CB kabuklarında elde edildiği, en yüksek değerin ise 366,63 ppm ile trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki yıkanmış TT yapraklarında elde edildiği görülmektedir. Trafiğin olmadığı alanlarda Fe konsantrasyonu 5,73 ppm (yıkanmamış CB yaprak) ile 344,36 ppm (yıkanmamış LV kabuk) arasında değişirken trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki Fe konsantrasyonunun 8,22 ppm (LV odun) ile 366,63 ppm (yıkanmış TT yaprak) arasında değiştiği belirlenmiştir. Trafiğin yoğun olduğu alanlardaki Fe konsantrasyonu ise 5,57 ppm (yıkanmış CB kabuk) ile 228,91 ppm (yıkanmamış LV yaprak) arasında değişmektedir.

Tablo 4.10 Fe konsantrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	25,76 Bg	16,14 Ad	60,54 Ch	21 205,55	0,000
		-	150,21 Cl	27,92 Ah	71,74 Bj	56 471,05	0,000
	Kabuk	+	20,57 Bf	16,40 Ade	38,51 Cf	2 669,90	0,000
		-	16,40 Ad	97,72 Cm	65,03 Bi	19 823,94	0,000
	Odun		83,69 Bn	27,16 Ah	109,28Cm	12 896,21	0,000
TT	Yaprak	+	37,90 Ah	**366,63 Cp**	57,03 Bg	75 879,32	0,000
		-	57,46 Am	190,12Co	179,93 Bo	44 953,76	0,000
	Kabuk	+	39,25 Bi	23,16 Ag	140,70 Cn	99 768,00	0,000
		-	16,77 Bd	11,40 Ab	37,80 Cf	26 325,55	0,000
	Odun		15,68 Bd	16,13 Bd	13,33 Ac	68,45	0,000
CB	Yaprak	+	57,01 Cm	42,43 Bk	31,41 Ae	8 074,34	0,000
		-	**5,73 Aa**	18,23 Bf	30,69 Ce	614,11	0,000
	Kabuk	+	7,51 Bb	112,41 Cn	**5,57 Aa**	21 822,36	0,000
		-	58,05 Am	57,95 Al	72,18 Bj	1228,07	0,000
	Odun		19,00 Be	14,72 Ac	19,31 Bd	220,07	0,000
LV	Yaprak	+	43,47 Bk	17,10 Ae	95,00 Ck	11 118,44	0,000
		-	41,27 Bj	11,01 Ab	**228,91 Cq**	47 279,15	0,000
	Kabuk	+	46,52 Bl	38,18 Aj	181,97 Cp	60 813,33	0,000
		-	**344,36 Co**	28,87 Ai	106,56 Bl	50 691,33	0,000
	Odun		14,30 Cc	**8,22 Ba**	7,05 Ab	1 379,68	0,000
F Değeri			40 804,40	77 727,02	31 569,53		
Hata			0,000	0,000	0,000		

Fe konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişimi incelendiğinde ise trafik yoğunluğuna bağlı olarak Fe konsantrasyonunun değişiminin her tür ve organda farklı olduğu ve Fe konsantrasyonu ile trafik yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığı söylenebilir. Örneğin trafiğin olmadığı alanlarda elde edilen değerlerin sadece 5 tanesi (toplam 20 organ içerisinde) ilk homojen grupta yer alırken trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edilen değerlerin 4 tanesi ilk homojen grupta yer almaktadır. Bazı organlarda trafik yoğunluğu ile Fe konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki görülürken bazı organlarda tam tersi bir ilişki görülmektedir. Bazı organlarda ise en yüksek Fe konsantrasyonu trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilmiştir. Dolayısıyla Fe konsantrasyonu ile trafik yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu söylemek oldukça zordur. Çalışmaya konu numunelerde Na konsantrasyonunun değişimi Tablo 4.11'de verilmiştir.

Na konsantrasyonunun değişimini gösterir tablo 4.11 değerleri incelendiğinde de varyans analizi sonucunda Sr ve Fe elementlerinde olduğu gibi Na konsantrasyonunun da hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.11 Na konsantrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	103,53 Bb	**35,59 Aa**	282,26 Ch	16 876,03	0,000
		-	266,13 Al	301,06 Bl	773,46 Cm	5 401,00	0,000
	Kabuk	+	198,60 Ah	195,33 Ag	256,40 Bg	263,26	0,000
		-	195,33 Ah	421,46 Co	236,90 Bf	6 282,00	0,000
	Odun		249,73 Aj	401,80 Bn	404,40 Bl	1 062,08	0,000
TT	Yaprak	+	317,36 Bm	351,46 Cm	249,86 Ag	1 592,48	0,000
		-	406,00 Bn	276,00 Ak	**917,06 Cn**	17 275,06	0,000
	Kabuk	+	208,06 Ai	247,20 Bi	390,73 Ck	4 182,04	0,000
		-	174,96 Bg	47,46 Ab	226,40 Ce	3 318,38	0,000
	Odun		139,86 Ae	262,93 Cj	236,93 Bf	1 711,80	0,000
CB	Yaprak	+	**511,73 Co**	156,53 Bf	139,06 Ac	2 609,68	0,000
		-	**93,96 Aa**	99,66 Bd	105,33 Cb	60,69	0,000
	Kabuk	+	149,06 Bf	247,00 Ci	103,30 Ab	2 212,38	0,000
		-	256,80 Bk	404,13 Cn	194,79 Ad	7 931,04	0,000
	Odun		200,06 Bh	97,93 Ad	193,40 Bd	543,88	0,000
LV	Yaprak	+	152,63 Cf	37,73 Ba	**22,93 Aa**	962,34	0,000
		-	132,10 Bd	75,93 Ac	303,33 Ci	10 040,77	0,000
	Kabuk	+	401,59 Bn	**489,86 Cp**	250,66 Ag	2 755,63	0,000
		-	121,86 Ac	206,26 Bh	285,20 Ch	3 115,03	0,000
	Odun		176,36 Bg	136,73 Ae	362,06 Cj	28 815,39	0,000
F Değeri			5 086,85	7 865,91	5 592,82		
Hata			0,000	0,000	0,000		

Duncan testi sonucunda oluşan gruplaşmalar ve ortalama değerler incelendiğinde ise Na konsantrasyonunun hem en düşük (22,93 ppm) hem de en yüksek (917,06 ppm) konsantrasyonlarının trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edildiği görülmektedir. En düşük Na konsantrasyonu yıkanmış LV yapraklarında elde edilirken en yüksek Na konsantrasyonu yıkanmamış TT yapraklarında elde edilmiştir. Trafiğin olmadığı alanlarda ise ilginç bir durum göze çarpmaktadır. Bu alanlarda en düşük Na konsantrasyonu (93,96 ppm) ve en yüksek Na konsantrasyonu (511,73 ppm) CB

yapraklarında elde edilmiştir. Yıkanmış CB yapraklarında elde edilen Na konsantrasyonu yıkanmamış CB yapraklarında elde edilen Na konsantrasyonunun 5 katından fazladır. Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda ise en düşük değer 35,59 ppm ile yıkanmış AH yapraklarında elde edilirken en yüksek değer 489,86 ppm ile yıkanmış LV kabuklarında elde edilmiştir.

Na konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak organ bazında nasıl değiştiği incelendiğinde ise toplam 20 organda en düşük değerlerin 7 tanesinin trafiğin olmadığı, 7 tanesinin trafiğin az yoğun olduğu, 6 tanesinin ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre Na konsantrasyonu ile trafik yoğunluğu arasında bir ilişki olduğunu söylemek mümkün değildir. Ca konsantrasyonunun değişimine ilişkin veriler Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12 Ca konsantrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	2 436,06 Ad	3 135,60 Be	3 466,79 Cd	2 666,67	0,000
		-	**14 688,53Cn**	7 175,00 Al	11 084,66 Bl	10 670,71	0,000
	Kabuk	+	3 393,00 g	3 463,23 f	3 415,53 d	2,28	0,183
		-	3 463,23 Ag	7 186,26 Cl	3 480,70 Bd	1 006 372,83	0,000
	Odun		14 601,59 Cm	1 302,00 Aa	5 677,80 Bh	20 605,31	0,000
TT	Yaprak	+	1 591,46 Ac	14 640,26 Cp	13 971,73 Bo	1 617 573,16	0,000
		-	14 048,00 Al	14 176,93 Bo	14 707,86 Cp	7 597,35	0,000
	Kabuk	+	7 241,00 Cj	7 118,46 Bk	6 625,86 Aj	99,88	0,000
		-	3 674,60 Ah	7 356,13 Bn	12 531,33 Cn	13 117,33	0,000
	Odun		3 674,23 Bh	3 531,43 Ag	5 432,13 Cg	1 882,99	0,000
CB	Yaprak	+	2 726,66 Ae	**14 666,00Cp**	6 880,66 Bk	1 520 055,55	0,000
		-	1 119,80 Ab	1 644,83 Bb	2 169,79 Cb	2 390,24	0,000
	Kabuk	+	**1 051,33 Aa**	6 981,20 Cj	**1 814,43 Ba**	124 992,78	0,000
		-	3 001,86Af	4 773,00 Bi	6 862,93 Ck	18 216,20	0,000
	Odun		3 677,50 Ch	**1 287,16 Aa**	3 162,00 Bc	863,06	0,000
LV	Yaprak	+	1 588,13 Ac	1 748,86 Bc	11 384,00Cm	16 004,00	0,000
		-	1 586,53 Ac	3 687,63 Bh	**14 711,06 Cp**	5 991 642,57	0,000
	Kabuk	+	7 078,53 Bi	7 280,53 Cm	5 956,53 Ai	2 417,83	0,000
		-	9 035,06 Ck	3 657,46 Ah	5 126,26 Bf	8 747,71	0,000
	Odun		3 661,23 Bh	2 310,16 Ad	3 950,73 Ce	10 772,67	0,000
F Değeri			272 487,48	102 268,50	11 287,96		
Hata			0,000	0,000	0,000		

Tablo 4.12 değerleri incelendiğinde Ca konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin yıkanmış AH kabuklarında istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) görülmektedir. Bunun dışında hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişimin hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı değişimlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde ise hem en düşük Ca konsantrasyonunun (1 051,33 ppm) hem de en yüksek Ca konsantrasyonunun (14 688,53 ppm) trafiğin olmadığı alanlardaki numunelerde elde edildiği görülmektedir. En düşük Ca konsantrasyonu yıkanmış CB kabuklarında elde edilirken en yüksek Ca konsantrasyonu yıkanmamış AH yapraklarında elde edilmiştir.

Trafiğin az yoğun olduğu alanlarda en düşük Ca konsantrasyonu 1 287,16 ppm ile CB odunlarında elde edilirken en yüksek Ca konsantrasyonu 14 666,00 ppm ile yine CB türünde yıkanmış yapraklarda elde edilmiştir. Trafiğin yoğun olduğu alanlarda ise en düşük Ca konsantrasyonu yıkanmış CB kabuklarında (1 814,43 ppm), en yüksek Ca konsantrasyonu ise yıkanmamış LV yapraklarında (14 711,06 ppm) elde edilmiştir.

Trafik yoğunluğuna bağlı olarak Ca konsantrasyonunun değişimi incelendiğinde ise yine tür ve organ bazında önemli ölçüde değişiklik olduğu görülmektedir. Yıkanmış AH yaprakları, yıkanmamış TT yaprakları ve yıkanmamış CB kabukları gibi bazı organlarda trafik yoğunluğu ile birlikte Ca konsantrasyonunun arttığı ancak, yıkanmış TT kabukları gibi bazı organlarda ise trafik yoğunluğu ile birlikte Ca konsantrasyonunun azaldığı görülmektedir. Çalışmaya konu numunelerde K konsantrasyonunun değişimi Tablo 4.13'de verilmiştir.

Çalışmaya konu elementlerden K konsantrasyonunun değişimini gösterir Tablo 4.13 değerleri incelendiğinde K konsantrasyonunun değişiminin de hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin (yıkanmamış CB yaprak için $p<0,05$) hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı değişimlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir.

Tablo 4.13 K konsantrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	3 016,73 Ad	7 033,66 Bk	8 173,86 Cr	17 735,22	0,000
		-	9 592,93 Ao	**10 992,86 Cq**	**10 875,86 Bt**	978,10	0,000
	Kabuk	+	6 728,23 Cj	6 078,26 Bj	3 984,73 Ag	1 565,53	0,000
		-	6 078,26 B	10 315,93 Cp	5 429,73 Ai	8 113,70	0,000
	Odun		8 480,80 Bl	3 885,66 Ah	9 850,19 Cs	98 013,94	0,000
TT	Yaprak	+	4 594,76 Bh	10 121,86 Co	2 952,80 Af	78 619,87	0,000
		-	6 331,06 Bi	6 998,80 Ck	5 661,86 Aj	2 447,75	0,000
	Kabuk	+	**11 160,00 Cq**	3 502,73 Aef	6 904,59 Bn	36 397,35	0,000
		-	4 398,30 Cg	**2 099,46 Ba**	2 031,73 Ac	6 964,55	0,000
	Odun		3 743,16 Cf	3 435,60 Be	1 714,06 Ab	1 828,09	0,000
CB	Yaprak	+	8 495,46 Cl	3 738,26 Ag	6 216,66 Bk	42 169,77	0,000
		-	2 272,90 Ab	2 316,20ABb	2 359,46 Be	9,26	0,015
	Kabuk	+	**1 469,46 Ba**	5 667,13 Ci	**778,66 Aa**	37 819,67	0,000
		-	8 754,00 Cm	7 631,53 Al	7 783,66 Bq	1 169,61	0,000
	Odun		10 494,76 Cp	2 583,40 Bc	2 155,36 Ad	15 468,69	0,000
LV	Yaprak	+	6 672,00 Bj	9 597,33 Cm	6 443,20 Al	9 493,95	0.000
		-	3 412,56Be	3 033,33 Ad	6 816,93 Cm	14 214,42	0,000
	Kabuk	+	7 640,80 Ak	10 192,06 Bo	7 556,26 Ao	3 706,36	0,000
		-	8 979,19 Bn	9 755,93 Cn	7 653,86 Ap	551,18	0,000
	Odun		2 432,06 Ac	3 573,26 Bf	4 996,53 Ch	22 801,84	0,000
F Değeri			20 448,79	12 644,50	24 227,17		
Hata			0,000	0,000	0,000		

Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları incelendiğinde ise trafiğin olmadığı alanlardaki en düşük K konsantrasyonu (1 469,46 ppm) ile trafiğin yoğun olduğu alanlardaki en düşük K konsantrasyonunun (778,66 ppm) yıkanmış CB kabuklarında elde edildiği görülmektedir. Trafiğin az yoğun olduğu ortamlardaki en yüksek K konsantrasyonu (10 992,86 ppm) ile trafiğin yoğun olduğu alanlardaki en yüksek K konsantrasyonu (10 875,86 ppm) ise yıkanmamış AH yapraklarında elde edilmiştir. Bunların dışında trafiğin olmadığı alanlardaki en yüksek K konsantrasyonu (11 160,00 ppm) yıkanmış TT kabuklarında, trafiğin az yoğun olduğu alanlardaki en düşük K konsantrasyonu ise (2 099,46 ppm) yıkanmamış TT kabuklarında elde edilmiştir.

Bunun dışında K konsantrasyonunun gerek tür gerek organ ve gerekse yıkama durumu bakımından trafik yoğunluğuna bağlı olarak değişiminin anlamlı düzeyde olmadığı

söylenebilir. Diğer elementlerde olduğu gibi bazı organlarda trafik yoğunluğuna bağlı olarak K konsantrasyonu artarken bazı organlarda azalmakta, bazı organlarda da en yüksek konsantrasyonlar trafiğin az yoğun olduğu alanlarda elde edilmektedir. Çalışmaya konu numunelerde Al konsantrasyonunun değişimi Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14 Al konsantrasyonunun değişimi

Tür	Organ	Yk.	Trafik Yoğunluğu			F Değeri	Hata
			Yok	Az	Yoğun		
AH	Yaprak	+	**2,42 Aa**	10,30 Bcd	359,30 Cn	405 214,19	0,000
		-	152,94 Al	246,13 Bn	451,80 Co	24 949,75	0,000
	Kabuk	+	175,13 Cm	125,16 Bk	12,72 Ac	2 151,58	0,000
		-	125,16 Ckl	97,23 Bj	39,01 Af	3 148,01	0,000
	Odun		90,22 Cj	32,15Af	57,54 Bg	29 437,24	0,000
TT	Yaprak	+	28,84 Af	**328,26 Cp**	39,79 Bf	36 415,46	0,000
		-	58,72 Ai	134,00 Cl	104,93 Bl	21 896,72	0,000
	Kabuk	+	5,20 Ab	22,40 Be	93,00 Ck	71 868,94	0,000
		-	4,34ab	-	-	-	-
	Odun		4,95 Ab	13,23 Cd	11,19 Bb	731,59	0,000
CB	Yaprak	+	57,65 Ai	326,26 Co	169,13 Bm	102 077,17	0,000
		-	5,30 Ab	11,33 Bc	17,38 Ce	564,38	0,000
	Kabuk	+	13,61 Bd	92,97 Ci	**2,32 Aa**	37 888,97	0,000
		-	54,56 Bh	50,51 Ah	**466,73 Cp**	880 038,17	0,000
	Odun		110,03 Ck	**6,06 Aa**	12,05 Bbc	116 033,58	0,000
LV	Yaprak	+	33,60Ag	153,63 Bm	-	17 476,01	0,000
		-	20,70 Be	8,23 Ab	71,33 Ci	5 330,20	0,000
	Kabuk	+	34,62 Ag	34,91 Ag	81,33 Bj	30 518,10	0,000
		-	**302,70 Cn**	22,10 Ae	63,43 Bh	267 154,39	0,000
	Odun		9,74 Bc	9,14 Abc	14,88 Cd	2 139,56	0,000
F Değeri			12 453,47	32 954,98	94 495,39		
Hata			0,000	0,000	0,000		

Al konsantrasyonunun değişimini gösterir tablo 4.14 değerleri incelendiğinde de varyans analizi sonucunda hem bütün türlerin bütün organlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin hem de bütün trafik yoğunluklarında organlara bağlı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde ($p<0,001$) olduğu görülmektedir. Ancak Al konsantrasyonunun değişiminde diğer türlerin aksine oldukça büyük farklar görülmektedir. Öncelikle ilk dikkat çeken nokta trafiğin az yoğun olduğu ortamlardaki yıkanmamış TT kabukları ile trafiğin yoğun olduğu ortamlardaki yıkanmamış TT

kabuk ve yıkanmış LV yapraklarındaki Al konsantrasyonunun belirlenebilir limitlerin altında kalmış olmasıdır.

Tablo 4.14 değerleri incelendiğinde dikkat çeken bir diğer husus en düşük ve en yüksek değerler arasındaki farktır. En düşük değer (2,32 ppm) ile en yüksek değer (466,73 ppm) arasında 200 kattan fazla fark bulunmaktadır. Üstelik bu iki değer de trafiğin yoğun olduğu alanlardaki CB kabuklarında elde edilmiştir. Kısaca trafiğin yoğun olduğu alanlarda yıkanmamış CB kabuklarında elde edilen Al konsantrasyonu, yıkanmış CB kabuklarında elde edilen Al konsantrasyonunun 200 katından daha yüksektir.

Tablo 4.14 değerleri incelendiğinde dikkat çeken bir diğer husus bazı istisnalar dışında genel olarak odunda elde edilen konsantrasyonların diğer organlardaki konsantrasyonlardan daha düşük seviyelerde olmasıdır.

Al konsantrasyonunun trafik yoğunluğuna bağlı olarak organ bazında nasıl değiştiği incelendiğinde ise toplam 18 organda en düşük değerlerin 9 tanesinin trafiğin olmadığı, 7 tanesinin trafiğin az yoğun olduğu, 3 tanesinin ise trafiğin yoğun olduğu alanlarda elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlara göre kısmen Al konsantrasyonu ile trafik yoğunluğu arasında bir ilişki olduğu söylenebilir. Ancak en doğru yargı Al konsantrasyonunun da diğer birçok elementte olduğu gibi tür ve organ bazında önemli ölçüde değiştiği şeklindedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma kapsamında dört farklı türde bazı ağır metal konsantrasyonlarının değişimi, bitki organı ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmaya konu türlerde, Zn, Ba, Sr, Fe, Na, Ca, K ve Al konsantrasyonlarından sadece Zn konsantrasyonunun tür bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeyde değildir ($p>0,05$). Diğer elementlerin tamamının tür bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı düzeydedir (en az $p<0,05$). Ancak, farklı elementlerin tür bazındaki konsantrasyonları önemli düzeyde değişiklik göstermektedir. Örneğin en yüksek Na ve Ca konsantrasyonları TT'de elde edilirken en yüksek K ve Al konsantrasyonları AH'de elde edilmiştir. Ancak, tür bazında en dikkat çekici sonuç Duncan testi sonuçlarına göre bütün elementlerde CB'nin ilk homojen gruplarda, TT'nin ise Ba, Sr, Fe, Na ve Ca bakımından son homojen gruplarda yer almasıdır.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda ağır metal veya element konsantrasyonlarının değişiminde en etkili faktörlerden birisinin bitki türü olduğu belirlenmiştir. Bu konuda yapılan çok sayıda çalışmada benzer sonuçlar alınmıştır. Sevik vd., (2019a) çalışmalarında *Prunusceracifera, Aesculus hippocastanum, Tilia tomentosa, Fraxinus excelsior* ve *Acer platanoides* türlerinde türler arasında büyük oranda fark bulunduğunu örneğin Ni konsantrasyonunun trafiğin yoğun olduğu alanlarda *Acer platanoides* yapraklarında 1 050,6 ppb iken *Aesculus hippocastanum* yapraklarında 36 845,6 ppb seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir.

Sevik vd., (2019b) *Ailanthus altissima, Biota orientalis, Platanus orientalis* ve *Pyracantha coccinea* üzerinde yaptıkları çalışmada trafiğin yoğun olduğu alanlarda Biota *orientalis* dallarında 270 ppb olan Ni konsantrasyonunun *Platanus orientalis* dallarında 2 347 ppb seviyesinde olduğunu belirlemişlerdir. Turkyilmaz vd., (2019) *Salix babylonica, Robiniapseudoacacia, Sophora japonica* ve *Aesculus hippocastanum* üzerinde yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar almışlar ve ortalama Zn konsantrasyonunun *Aesculus hippocastanum* yapraklarında 1 540 ppm seviyesinde iken *Salix babylonica* yapraklarında 14 084 ppm seviyesinde olduğunu belirtmişlerdir.

Benzer sonuçlar konu ile ilgili çok sayıda çalışmada elde edilmiş ve aynı ortamda yetişen türlerin aynı organlarındaki ağır metal konsantrasyonları arasında onlarca kat fark olabildiği belirlenmiştir (Mossi, 2018; Saleh, 2018; Kardel vd., 2018; Sevik vd., 2020a).

Farklı bitkilerin farklı ağır metalleri biriktirme potansiyellerinin farklı düzeyde olması, hangi ağır metalin havadaki konsantrasyonunun değişiminin izlenmesi için en uygun türlerin neler olduğu sorusuna odaklanılmasına sebep olmuştur. Ancak aynı anda çok sayıda türün karşılaştırılması emek, zaman ve maliyet açısından çok büyük bir yük oluşturduğundan bu konudaki çalışmalar az sayıda tür ile sınırlanmak zorunda kalmıştır. Bununla birlikte farklı türlerin biyomonitor olarak kullanılabilirliğini belirlemeyi amaçlayan çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Bu konuda yapılmış çalışmalarda Khalid vd., (2017) *Calotropis procera, Datura alba, Parthenium hysterophorus, Cenchrus ciliaris* ve *Ricinus communis* türlerinde Pb, Sevik vd., (2020a) *Ligustrum vulgare, Euonymus japonica, Biota orientalis Juniperus sabina, Berberis thunbergii, Mahonia aquifolium* ve *Buxus sempervirens* türlerinde Pb ve Mg, Bing vd., (2016) *Salix rehderiana, Populus purdomii, Betula albosinensis, Abies fabri* ve *Picea brachytyla* türlerinde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn, Solgi vd., (2020) *Fraxinus excelsior* ve *Pinus eldarica* türlerinde Cu, Pb ve Zn, Sevik vd., (2019c) *Prunus ceracifera, Aesculus hippocastanum, Tilia tomentosa, Fraxinus excelsior* ve *Acer platanoides* türlerinde Pb, Cr ve Cu elementlerinin konsantrasyonlarını karşılaştırdıkları çalışmalar örnek olarak verilebilir.

Çalışmaya konu elementlerin organ bazında değişimleri değerlendirildiğinde ise Na ve K konsantrasyonlarının organ bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Diğer elementlerde ise genel olarak en düşük değerler odunda, en yüksek değerler ise yaprakta elde edilmiştir.

Ağır metal konsantrasyonlarının aynı bitkinin farklı organlarında farklı düzeylerde birikim yaptığı da çok sayıda çalışmada ortaya konulmuştur. Hatta yapılan çalışmalarda organlar arasındaki farklılıkların çok yüksek düzeylerde olabildiği belirlenmiştir. Özellikle odundaki element konsantrasyonlarının daha düşük seviyelerde olduğu belirtilmektedir. Sevik vd., (2020b) iç kabuk, dış kabuk ve

odundaki konsantrasyonları karşılaştırdıkları çalışma sonucunda, bu organlardaki ağır metal konsantrasyonlarının onlarca kat farklı olabildiğini belirtmişlerdir. Örneğin Fe konsantrasyonunun yola bakan tarafta odunda 18,6 ppm seviyesinde iken bu rakamın iç kabukta 28,5 ppm ve dış kabukta 154,8 ppm seviyesine ulaştığı belirtilmektedir (Sevik vd., 2020b).

Ağır metal konsantrasyonlarının organ bazında değişimi çok sayıda çalışmada ele alınmıştır. Sevik vd., (2020c) vişne, erik, dut ve elmanın trafiğin olmadığı az yoğun olduğu ve yoğun olduğu alanlardan toplanan yaprak, dal, kabuk ve meyvelerinde Ni, Co ve Mn konsantrasyonlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçları hem aynı bitkinin farklı organlarındaki hem de farklı bitkinin aynı organlarındaki konsantrasyonların önemli ölçüde değiştiğini ortaya koymuştur. Örneğin trafiğin yoğun olduğu alanlardan toplanan elma ağacı örneklerindeki Ni konsantrasyonu meyvelerde 419,00 ppb iken kabuklarda 8 539,33 ppb seviyesine çıkmaktadır. Benzer şekilde aynı alandan toplanan dut meyvelerinde ise 2 988 ppb olarak hesaplanmıştır. Benzer sonuçlar farklı türlerin farklı organları üzerinde yapılan çok sayıda çalışmada da elde edilmiştir (Pınar, 2018; Özel, 2019; Cetin vd., 2019b).

Çalışmanın ana amaçlarından birisi çalışmaya konu elementlerin konsantrasyonlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin belirlenmesidir. Çalışma sonuçları Zn, Fe, K ve Al konsantrasyonunlarının trafik yoğunluğuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamsız düzeyde olduğu ($p>0,05$), Sr, Na ve Ca konsantrasyonlarının ise trafik yoğunluğu ile birlikte arttığı belirlenmiştir. Bugüne kadar trafik yoğunluğuna bağlı olarak farklı ağır metallerin bitkilerdeki konsantrasyonunun belirlendiği çok sayıda çalışmada, ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğu ile birlikte arttığı belirlenmiştir. Örneğin Sevik vd., (2019a), *Aesculus hippocastanum* yapraklarında Ni konsantrasyonunun trafiğin olmadığı alanlarda 923,6 ppb seviyesinde iken trafiğin az yoğun olduğu alanlarda 1656,3 ppb seviyesine ve trafiğin yoğun olduğu alanlarda da 36 845,6 ppb seviyesine yükseldiğini belirlemişlerdir.

Trafik yoğunluğu ve endüstriyel faaliyetler en önemli ağır metal kaynakları olarak gösterilmektedir (Shahid vd., 2017). Bundan dolayı bitkilerde ağır metal konsantrasyonlarının trafik yoğunluğu ile ilişkisini belirlemeye yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır (Turkyilmaz vd., 2018b; Aricak vd., 2019). Bu çalışmalarda

genellikle birçok ağır metal konsantrasyonunun trafik yoğunluğu ile birlikte arttığı belirlenmiştir. Örneğin *Pinus sylvestris* ibrelerinde Ni, Cr, Zn, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarının yola olan mesafeye bağlı olarak konsantrasyonlarının değişimi incelenmiş ve çalışma sonucunda Cd ve Cr konsantrasyonunlarının yola olan mesafe ile ters orantılı olarak değiştiği yani yoldan uzaklaştıkça bu elementlerin konsantrasyonlarının azaldığı belirlenmiştir (Aricak vd., 2019; Çömeten, 2019; Aricak vd., 2020).

Çalışma kapsamında çalışmaya konu Zn, Ba, Sr, Fe, Na, Ca, K ve Al elementlerinin konsantrasyonlarınınhem türlerin organlarında trafik yoğunluğuna bağlı değişimi, hem de trafik yoğunluklarında organlara bağlı değişimleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları bu faktörlere bağlı olarak element konsantrasyonlarının neredeyse tamamının istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılaştığını göstermektedir. Ancak hemen hemen hiçbir elementte organ veya trafik yoğunluğu bazında doğrusal bir değişim, net bir şekilde belirlenememiştir.

Bu durum bitki bünyesine ağır metal girişini ve birikimini etkileyen faktörlerin fazlalığı ile açıklanabilir. Şöyle ki bitki bünyesinde ağır metalin birikebilmesi için öncelikle ağır metalin bitki bünyesine girmesi gerekmektedir. Bitki bünyesine ağır metal girişi oldukça karmaşık ve henüz tam olarak çözülememiş bir mekanizmanın sonucudur (Alaqouri vd., 2020a,b).

Bitki bünyesine ağır metal girişi topraktan veya havadan olabilmektedir. Bitkiler tarafından ağır metallerin alımı ve birikimini konu edinen çalışmalar, büyük oranda kök sistemi ile olan metal birikimini incelemiştir (Niazi ve Burton, 2016; Chen vd., 2017; Rizvi ve Khan, 2018). Bunun nedeni ağır metallerin büyük kısmının toprak sisteminde var olması ve bitkilerin kök sistemi tarafından emilmesidir (Shahid vd., 2017).

Ancak bitkilerin ağır metalleri bünyelerine alabilmeleri için öncelikle ortamda ağır metallerin bulunması gerekmektedir. Bu durumda ağır metallerin kaynağı son derece önemlidir. Metaller atmosfere hem antropojenik hem de doğal kaynaklardan salınabilmektedirler ancak, antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan atmosfere ağır metal salımı doğal salıma göre birkaç kez daha yüksektir (Chmielewska vd., 2003).

Antropojenik kaynaklar içerisinde ise en önemli ağır metal kaynakları endüstri faaliyetleri ve taşıtlar olarak gösterilmektedir (Turkyilmaz vd., 2019). Ancak, ağır metallerin kaynağından yüzlerce kilometre uzaklara taşınabildiği de bilinmektedir (Shahid vd., 2017). Bununla birlikte yapılan çalışmalarda ağır metal kaynakları doğal kaynaklar (toprak yapısından kaynaklanan) ve antropojenik kaynaklar olarak ayrılmakla birlikte birçok çalışmada antropojenik kaynaklar da endüstriyel kaynaklar ve trafik kaynakları olarak ayrılmaktadır. Pan vd., (2017) Çin'de yaptıkları çalışmada ağır metal kirliliğinde trafiğin %53,4'lük pay ile ana kaynak olduğunu, doğal kaynakların katkısının %26,5, diğer antropojenik kaynakların katkısının ise %20,1 düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir. Chen ve Lu (2018) ise yine Çin'de yaptıkları çalışmada doğal kaynakların ağır metal kirliliğine katkı oranını %25,04 olarak hesaplarken, trafiğin katkı oranı %24,71, endüstriyel kaynakların katkı oranı %25,26 ve karma kaynakların katkı oranı %24,99 olarak hesaplanmıştır.

Topraktaki ağır metaller bitki kökleri vasıtasıyla bitki bünyesine alınırken, havadaki ağır metaller yerçekimi etkisi ile toprak yüzeyine inmekte veya partikül maddelere tutunabilmektedirler. Ağır metaller ile kontamine olmuş partikül maddeler bitki bünyesine yapışabilmekte ve bu şekilde bitki bünyesine girişleri kolaylaşmaktadır (Mossi, 2018; Turkyilmaz vd., 2018c). Bu durum bitkilerin meyvelerinde belirlenen yüksek ağır metal konsantrasyonunu açıklamaktadır (Özel, 2019; Gültekin, 2020).

Ancak, ağır metallerin bitki bünyesine girişleri pek çok faktörün etkisi altında şekillenmektedir. Bu faktörlerin başlıcaları bitki türü, yağış ve rutubet miktarı, bitki habitusu, organ veya organelin yapısı, ağır metalin türü ve bitki ile etkileşimi olarak sayılabilir (Sevik vd., 2020; Aricak vd., 2020).

Bu faktörler ise pek çok alt bileşenden oluşmaktadır. Örneğin bitki türüağır metal alımını ve bitki bünyesinde birikimini etkileyen en önemli faktörlerdendir ve yapılan çalışmalar aynı ortamda yetişen bitkilerin aynı organlarındaki ağır metal konsantrasyonları arasında çok yüksek düzeyde farklılık olduğunu ortaya koymaktadır (Saleh, 2018; Pınar, 2019).

Nitekim bu çalışmada da benzer sonuçlar alınmıştır. Bu durum bitki metabolizması ile yakından ilgilidir ve bitki metabolizması da bitki genetik yapısı ile çevre koşullarının

karşılıklı etkileşimi altındadır (Hrivnak vd., 2017; Sevik vd., 2018d,e; Cetin vd., 2018a). Dolayısıyla öncelikle bitki genetik yapısını etkileyen bütün bileşenler (bitki orijini, bitki alt türü, bitki varyetesi vb.) bitki metabolizmasını etkilemektedir (Sevik ve Topacoglu, 2015; Yigit vd., 2016a; Hrivnak vd., 2017; Yucedag vd., 2019). Bitki ağır metal emilimi, bitki metabolizması ile doğrudan ilişkili olduğundan, bu faktörlerin de bitkide ağır metal birikimini etkilemesi olasıdır (Pınar, 2019; Özel, 2019).

Bitki metabolizması, bitki genetik yapısı yanında çevresel koşulların etkisi altında şekillenmektedir. Bundan dolayı bitkinin stres düzeyi (Sevik ve Cetin, 2015; Sevik ve Karaca, 2016; Yigit vd., 2016b), hormon uygulamaları (Sevik vd., 2015; Guney vd., 2016a,b; Topacoglu vd., 2016a,b), iklim (Cetin vd., 2018b; Yigit vd., 2018a,b; Ozel vd., 2020), toprak (Kravkaz Kuscu vd., 2018a,b) gibi pek çok faktörün bitki metabolizmasını ve dolayısıyla bitkinin ağır metal emilimini etkilemesi kaçınılmazdır. Sonuç olarak ağır metallerin bitki bünyesine girişi ve bitkilerde ağır metal birikimi, birçok faktörün etkisi altında şekillenen son derece kompleks bir mekanizmanın etkisindedir. Ancak, bitkilerde ağır metal konsantrasyonunun birikimini etkileyen faktörler ve etki düzeyleri henüz tam olarak belirlenebilmiş değildir.

6. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında dört farklı bitki türünün yıkanmış ve yıkanmamış yaprak ve kabukları ile odunlarındaki bazı ağır metal konsantrasyonlarının bitki organı ve trafik yoğunluğuna bağlı değişimi belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Duncan testi sonuçlarına göre bütün elementlerde CB'nin ilk homojen gruplarda, TT'nin ise Ba, Sr, Fe, Na ve Ca bakımından son homojen gruplarda yer aldığı belirlenmiştir.

Çalışmaya konu türlerden Ba ve Sr insan sağlığı açısından son derece telikeli ve bundan dolayı da atmosferdeki konsantrasyonu takip edilmesi gereken ağır metallerdendir. Çalışma sonucunda TT'nin bu elementleri diğer türlere göre daha yüksek düzeyde bünyesine aldığı belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre bu elementlerin konsantrasyonlarının izlenmesinde TT'nin kullanılması önerilebilir.

Bir türün organlarında herhangi bir ağır metal konsantrasyonunun yüksek düzeyde belirlenmesi, o türün söz konusu ağır metali bünyesine fazla düzeyde aldığının göstergesidir. Dolayısıyla söz konusu ağır metalin havadan temizlenmesi amacıyla bu türün kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Bundan dolayı Ba ve Sr kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu alanlarda TT'nin yetiştirilmesi, havadaki Ba ve Sr kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olabilir.

Çalışma sonucunda organ bazında genel olarak en yüksek konsantrasyonlar yapraklarda elde edilmiştir. Bu durumda yapraklardaki ağır metal içeriği oldukça fazladır. Bundan dolayı özellikle sanayi bölgeleri ve trafiğin yoğun olduğu alanlardan toplanan yaprakların belirli bölgelerde toplanması ve kesinlikle yakılmaması önerilebilir. Yaprakların yakılması durumunda, yaprak içerisindeki ağır metallerin tekrar havaya karışması ihtimaline karşı yapraklar yakılmamalıdır.

Çalışma sonucunda organ ve trafik yoğunluğu bakımından çalışmaya konu ağır metaller kıyaslandığında, trafik yoğunluğu ile ağır metal konsantrasyonu değişimleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığı görülmektedir. Bu durum bitkilerde ağır metal konsantrasyonunu etkileyen çok sayıda faktör bulunması ve bu faktörlerin ağır metal emilimine etkisinin net bir şekilde ortaya konulmamış olmasına bağlıdır. Dolayısıyla

bitkide ağır metal konsantrasyonunu etkileyen faktörler konusundaki çalışmalar yeterli düzeyde değildir. Bu konudaki çalışmaların artırılması önerilmektedir.

Ağır metal konsantrasyonlarının bitki bünyesinde birikmeleri konusunda çalışmalar yeterli düzeyde değildir ve bu konuda önemli düzeyde bilgi eksikliği bulunmaktadır. Bu konu ile ilgili daha çok bilgi edinilebilmesi amacıyla konu ile ilgili çalışmaların kontrollü ortamlarda yapılması önerilebilir.

Çalışma kapsamında sadece beş tür değerlendirilebilmiştir. Oysa literatür verileri ile kıyaslandığında, farklı türlerde elde edilen sonuçlar ile çalışma kapsamında değerlendirilen türler için elde edilen sonuçlar arasında bazı ağır metaller bakımından önemli düzeyde fark bulunduğu görülmektedir. Bu durumda daha sağlıklı sonuçlar alınabilmesi amacıyla aynı ortamda yetiştirilen çok sayıda türün karşılaştırılması gerekmektedir. Bu tarz çalışmalar ise oldukça maliyetli çalışmalar olup mutlaka kamu kurumlarınca desteklenmelidir.

KAYNAKLAR

Abdel-Aziz Younis Talei Al-Safawi, Faiza Aziz Mahmoud Al-Qadhli, & Khaled Saeed Al-Sayegh. (2014). Bioaccumulation of lead in the vegetative group of some plants growing in Mosul, Iraq. Tikrit Journal of Agricultural Sciences, 14 (issue for the Third Special Conference / Plant Production), 61-70.

Aenab, A. M., Singh, S. K., & Lafta, A. J. (2013). Critical assessment of air pollution by ANOVA test and human health effects. *Atmospheric Environment*, *71*, 84-91.

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

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

Allevato, E., Stazi, S. R., Marabottini, R., & D'Annibale, A. (2019). Mechanisms of arsenic assimilation by plants and countermeasures to attenuate its accumulation in crops other than rice. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *185*, 109701.

Allio, A., Calorio, C., Franchino, C., Gavello, D., Carbone, E., & Marcantoni, A. (2015). Bud extracts from Tilia tomentosa Moench inhibit hippocampal neuronal firing through GABAA and benzodiazepine receptors activation. *Journal of ethnopharmacology*, *172*, 288-296.

Alyemeni, M. N., & Almohisen, I. A. (2014). Traffic and industrial activities around Riyadh cause the accumulation of heavy metals in legumes: a case study. *Saudi journal of biological sciences*, *21*(2), 167-172.

Aqeel.m, Marhoom, A, I. (2019). "Study the susceptibility of some plants in removing the toxicity of heavy elements from the soil"Submitted to the Council of the College of Science / University of AL-Qadisiya in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Of Bachelor Of Science in Biology

Arévalo-Gardini, E., Arévalo-Hernández, C. O., Baligar, V. C., & He, Z. L. (2017). Heavy metal accumulation in leaves and beans of cacao (Theobroma cacao L.) in major cacao growing regions in Peru. *Science of the Total Environment*, *605*, 792-800.

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)

Ashraf, M. A., Maah, M. J., Yusoff, I., & Gharibreza, M. M. (2010, September). Heavy metals accumulation and tolerance in plants growing on ex-mining area, Bestari Jaya, Kuala Selangor, Peninsular Malaysia. In *2010 International Conference on Environmental Engineering and Applications* (267-271). IEEE.

Axtell, N. R., Sternberg, S. P., & Claussen, K. (2003). Lead and nickel removal using Microspora and Lemna minor. *Bioresource technology*, *89*(1), 41-48.

Aydogdu, A., Sevik, H. (2015). Indoor Air Quality: The Samples of Ilgarini and Mantar Caves, I. Eurasia International Tourism Congress: Current Issues, Trends, and Indicators (EITOC-2015), 95-104

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

Bayraktar, O. Y., Saglam-Citoglu, G., & Abo Aisha, A. E. S. (2019c). The use of scrap tires in the construction sector. International Journal of Trend in Research and Development, 6(1), 253–256.

Bayraktar, O. Y., Saglam-Citoglu, G., & Abo Aisha, A. E. S. (2019d). Performance research of lime based mortars. International Journal of Trend in Research and Development, 6(1), 257–259.

Bayraktar, O. Y., Saglam-Citoglu, G., Belgin, C. M., & Cetin, M. (2019b). Investigation of the mechanical properties of marble dust and silica fume substituted portland cement samples under high temperature effect. Fresenius Environmental Bulletin, 28(5), 3865–3875.

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

Bayraktar, O.Y. (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.

Beiseyeva, G., & Abuduwali, J. (2013). Migration and accumulation of heavy metals in disturbed landscapes in developing ore deposits, East Kazakhstan. *Journal of Arid Land*, *5*(2), 180-187.

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

Bittencourt Jr, N. S., Pereira Jr, E. J., de Souza São-Thiago, P., & Semir, J. (2011). The reproductive biology of Cybistax antisyphilitica (Bignoniaceae), a characteristic tree of the South American savannah-like "Cerrado" vegetation. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, *206*(10), 872-886.

Boominathan, R. (1977). Study of heavy metal tolerance, accumulation and recovery in hyperaccumulator plant species.

Borlea, G. F. (2015). Tilia sp.-Urban Trees for Future. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *43*(1), 259-264.

Caudullo, G., & de Rigo, D. (2016). Acer platanoides in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species. Publ. Off. EU, Luxembourg. pp. e019159*.

Cetin, M., & Sevik, H. (2016a). Measuring the Impact of Selected Plants on Indoor CO2 Concentrations. *Polish Journal of Environmental Studies*, *25*(3): 973-979

Cetin, M., & Sevik, H. (2016b). Indoor quality analysis of CO2 for Kastamonu University. In *Conference of the International Journal of Arts & Sciences* 9(3); 71-76

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

Cetin, M., Sevik, H., & 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., & Isinkaralar, K. (2017b). Changes in the particulate matter and CO2 concentrations based on the time and weather conditions: the case of Kastamonu. *Oxidation Communications*, *40*(1-II), 477-485.

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

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

Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Ozturk, A., Ozer Genc, C. Aisha, A.E.S.A, Jawed, A.A., Aljama, A.M.O., &Alrabiti, O.B.M., (2019b). The Investigation of the

Change in Concentrations of Some Heavy Metals in Seeds, Leaves, and Branches because of Traffic Density: a Case Study of *Acer platanoides* L., *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *5*(2): 83-92

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

Chekroun, K. B., & Baghour, M. (2013). The role of algae in phytoremediation of heavy metals: a review. *J Mater Environ Sci*, *4*(6), 873-880.

Chen, Y. T., Wang, Y., & Yeh, K. C. (2017). Role of root exudates in metal acquisition and tolerance. *Current opinion in plant biology*, *39*, 66-72.

Chonova, P., Gecheva, G. M., & Gribacheva, N. P. (2019). Air Pollution Biomonitoring in Urban Ecosystems with Aesculus hippocastanum. *Ecologia Balkanica*, *11*(1).

Ćurčić, M. G., Stanković, M. S., Mrkalić, E. M., Matović, Z. D., Banković, D. D., Cvetković, D. M., ... & Marković, S. D. (2012). Antiproliferative and proapoptotic activities of methanolic extracts from Ligustrum vulgare L. as an individual treatment and in combination with palladium complex. *International journal of molecular sciences*, *13*(2), 2521-2534.

Çetin, M., Altera, A. Z. A., & Bayraktar, O. Y. (2019a). Advanced Road Materials Highway Infrastructure and Features. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, *5*(1), 36-42.

De Abreu, M. B., Temraz, A., Vassallo, A., Braca, A., & De Tommasi, N. (2014). Phenolic glycosides from Tabebuia argentea and Catalpa bignonioides. *Phytochemistry Letters*, *7*, 85-88.

Elfantazi, M. F. M., Aricak, B., & Baba, F. A. M. (2018a). Changes in concentration of some heavy metals in leaves and branches of Acer pseudoplatanus due to traffic density. *International Journal of Trend in Research and Development*, *5*(2), 704-707.

Elfantazi, M. F. M., Aricak, B., & Ozer Genc, C. (2018b). Concentrations in Morus alba L. leaves and branches due to traffic density. *International Journal of Current Research*, *10*(05), 68904-68907.

Enescu, C. M., Loghin, C. C., & Ştefan, V. (2015). Wild privet (Ligustrum vulgare L.): A Multipurpose Species with an important role in Forest Land Reclamation. *JOURNAL of Horticulture, Forestry and Biotechnology*, *19*(1), 70-73.

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 Çanakkale region. *Environmental monitoring and assessment*, *191*(12), 737.

Fauziah, S. H., NurHajar, W. S., & Agamuthu, P. (2010, June). Heavy Metal Accumulation in Plants: A Case Study of Ipomoea reptans and Helianthus annuus. In *2010 4th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering* (pp. 1-4). IEEE.

Fitsiou, L., Tzakou, O., Hancianu, M., & Poiata, A. (2007). Volatile constituents and antimicrobial activity of Tilia tomentosa Moench and Tilia cordata Miller oils. *Journal of Essential Oil Research*, *19*(2), 183-185.

Gardea-Torresdey, J. L., Peralta-Videa, J. R., De La Rosa, G., & Parsons, J. G. (2005). Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. *Coordination chemistry reviews*, *249*(17-18), 1797-1810.

Garty, J. (2001). Biomonitoring atmospheric heavy metals with lichens: theory and application. *Critical reviews in plant sciences*, *20*(4), 309-371.

Grant, C. A., Clarke, J. M., Duguid, S., & Chaney, R. L. (2008). Selection and breeding of plant cultivars to minimize cadmium accumulation. *Science of the total environment*, *390*(2-3), 301-310.

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

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

Gülz, P. G., Müller, E., & Prasad, R. B. N. (1991). Developmental and seasonal variations in the epicuticular waxes of Tilia tomentosa leaves. *Phytochemistry*, *30*(3), 769-773.

Hrivnák M, Paule L, Krajmerová D, Kulac S, Sevik H, Turna I, Tvauri I, Gömöry D (2017) Genetic variation in tertiary relics: the case of eastern-Mediterranean Abies (Pinaceae). Ecol Evol 7(23):10018–10030

Hu, Y., Wang, D., Wei, L., Zhang, X., & Song, B. (2014). Bioaccumulation of heavy metals in plant leaves from Yan′ an city of the Loess Plateau, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *110*, 82-88.

Ion, N., Coman, R., & Ion, V. (2018). Melliferous Potential Of Silver Linden Trees (Tilia tomentosa Moench.) Growing in The Forests From South Romania. *Scientific papers-series a-agronomy*, *61*, 474-480.

Ivanov, P., Loghin, C., & Enescu, C. M. (2014). Morphological differentiation between Romanian lime species (Tilia spp.): A case study. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II*, *7*(1), 21.

Jacquemart, A. L., Moquet, L., Ouvrard, P., Quetin-Leclercq, J., Hérent, M. F., & Quinet, M. (2018). Tilia trees: toxic or valuable resources for pollinators?. *Apidologie*, *49*(5), 538-550.

Ji, Y., Wu, P., Zhang, J., Zhang, J., Zhou, Y., Peng, Y., ... & Gao, G. (2018). Heavy metal accumulation, risk assessment and integrated biomarker responses of local vegetables: a case study along the Le'an river. *Chemosphere*, *199*, 361-371.

Jiries, A., Ziadat, A. H., & Al-Atwi, R. (2018). Atmospheric pollution with heavy metals at Tabouk City-KSA. In *2018 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences (ASET)* (pp. 1-5). IEEE.

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

Karmakar, D.,& Padhy, P. K. (2019). Air pollution tolerance, anticipated performance, and metal accumulation indices of plant species for greenbelt development in urban industrial area. *Chemosphere*, *237*, 124522.

Khalid, N., Hussain, M., Young, H. S., Ashraf, M., Hameed, M., & Ahmad, R. (2018). Lead concentrations in soils and some wild plant species along two busy roads in Pakistan. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, *100*(2), 250-258.

Kilicoglu, C., Cetin, M., Arıcak, B. ve Sevik, H. (2020). Çok kriterli teknik kullanılarak yer seçimi - Bafra, Türkiye'den bir örnek olay. *Çevresel izleme ve değerlendirme* , *192* (9), 1-12.

Kilicoglu, C., Cetin, M., Arıcak, B. ve Sevik, H. (2020). Samsun, Atakum ilçesinde CBS temelli bir yerleşim alanı için çok ölçütlü karar verme analizini entegre etmek. *Teorik ve Uygulamalı Klimatoloji* , 1-10.

Khalid, S. (2019). Phytomonitoring of air pollution around brick kilns in Balochistan province Pakistan through air pollution index and metal accumulation index. *Journal of Cleaner Production*, *229*, 727-738.

Kocić, K., Spasić, T., Urošević, M. A., & Tomašević, M. (2014). Trees as natural barriers against heavy metal pollution and their role in the protection of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, *15*(3), 227-233.

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

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

Kutbay, A. D. H. G.,Kılıc, D., Bilgin, A., &Hüseyınova, R. (2011). Heavy metal accumulation in some natural and exotic plants in Samsun City. *Ekoloji*, *20*(79), 1-11.

Latinović, J., Latinović, N., Jakše, J., & Radišek, S. (2019). First report of Erysiphe elevata causing powdery mildew on Catalpa bignonioides in Montenegro. *Phytopathologia Mediterranea*, *58*(3), 693-698.

LeCoultre, T. D. (2001). A Meta-Analysis and Risk Assessment of Heavy Metal Uptake in Common Garden Vegetables.

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, J., Liu, Y. J., Liu, Y., Liu, Z., & Zhang, A. N. (2018). Quantitative contributions of the major sources of heavy metals in soils to ecosystem and human health risks: A case study of Yulin, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, *164*, 261-269.

Liu, X., Ouyang, W., Shu, Y., Tian, Y., Feng, Y., Zhang, T., & Chen, W. (2019). Incorporating bioaccessibility into health risk assessment of heavy metals in particulate matter originated from different sources of atmospheric pollution. *Environmental Pollution*, *254*, 113113.

Midhat, L., Ouazzani, N., Hejjaj, A., Ouhammou, A., & Mandi, L. (2019). Accumulation of heavy metals in metallophytes from three mining sites (Southern Centre Morocco) and evaluation of their phytoremediation potential. *Ecotoxicology and environmental safety*, *169*, 150-160.

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

Μαστρογιάννη, Ά.,& Εργασία, Μ. Δ. (2015). *Διερεύνηση των συναθροίσεων ξυλωδών ειδών και της μοριακής ποικιλότητας του υπολειμματικού είδους Aesculus hippocastanum* (No. GRI-2016-17473). Aristotle University of Thessaloniki.

Nadgórska–Socha, A., Kandziora-Ciupa, M., Trzęsicki, M., & Barczyk, G. (2017). Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant species from urban biotopes. *Chemosphere*, *183*, 471-482.

Ng, O. H., Tan, B. C., & Obbard, J. P. (2006). Lichens as bioindicators of atmospheric heavy metal pollution in Singapore. *Environmental monitoring and Assessment*, *123*(1-3), 63-74.

Olsen, R. T.,& Kirkbride, J. H. (2017). Taxonomic revision of the genus Catalpa (Bignoniaceae). *Brittonia*, *69*(3), 387-421

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

Ozel, H.B., Donduran, B., Cakmakli, E., Sevik, H. (2020). Factors affecting success in natural regeneration works of cedar (Cedrus libani A. RICH.) In Kas region of Antalya. World Journal of Advanced Research and Reviews, 6(2), 54-59.

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

Rizvi, A.,& Khan, M. S. (2018). Heavy metal induced oxidative damage and root morphology alterations of maize (Zea mays L.) plants and stress mitigation by metal tolerant nitrogen fixing Azotobacter chroococcum. *Ecotoxicology and environmental safety*, *157*, 9-20.

Rocchetti, G., Senizza, B., Zengin, G., Senkardes, I., Sadeer, N. B., Mahomoodally, M. F., & Lucini, L. (2019). Metabolomics-based profiling with chemometric approach to delineate the bio-pharmaceutical properties of fruit extracts from Ligustrum vulgare L. *Industrial Crops and Products*, *140*, 111635.

Saleh, E.A.A. (2018). Determination of heavy metal accumulation in some landscape plants, Kastamonu University Institute of Science Department of Forest Engineering, PhD. Thesis

Sasmaz, A.,& Yaman, M. (2006). Distribution of chromium, nickel, and cobalt in different parts of plant species and soil in mining area of Keban, Turkey. *Communications in soil science and plant analysis*, *37*(13-14), 1845-1857.

Sawidis, T., Breuste, J., Mitrovic, M., Pavlovic, P., & Tsigaridas, K. (2011). Trees as bioindicator of heavy metal pollution in three European cities. *Environmental pollution*, *159*(12), 3560-3570.

Sawidis, T., Krystallidis, P., Veros, D., & Chettri, M. (2012). A study of air pollution with heavy metals in Athens city and Attica basin using evergreen trees as biological indicators. *Biological trace element research*, *148*(3), 396-408.

Sevik H, Cetin M, Isinkaralar K (2015) Effects of some indoor ornamental plants on the amount of indoor carbondioxide. Duzce University. J Sci Technol 4(2):493–500

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

Sevik, H., Cetin, M., (2015), Effects of Water Stress on Seed Germination for Select Landscape Plants, Pol.J.Environ.Stud., 24(2), 689-69

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

Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2020a). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.

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

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

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

Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T (2018). Determination Of Changes İn Heavy Metal Accumulation Depending On Plant Species, Plant Organism, And Traffic Density İn Some Landscape Plants. Air Quality, Atmosphere & Health, 1-7.

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

Sevik, H., 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), 1125-1130

Sevik, H., Yahyaoglu Z, Turna I. (2012). Determination of Genetic Variation Between Populations of *Abies nordmanniana* subsp. *bornmulleriana* Mattf According to some Seed Characteristics, Genetic Diversity in Plants, ISBN 978-953-51-0185-7, Chapter 12, p:231-248, InTech, March, 2012

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

Shi, Z., Zhang, W., Liu, Y., Wu, F., Dong, M., Su, H., & Ming, Q. (2011, July). Heavy metal pollution and the ecological risk assessment of urban street dust in Kunming, China. In *2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium* (pp. 2169-2172). IEEE.

Singh, N. K., Raghubanshi, A. S., Upadhyay, A. K., & Rai, U. N. (2016). Arsenic and other heavy metal accumulation in plants and algae growing naturally in contaminated area of West Bengal, India. *Ecotoxicology and environmental safety*, *130*, 224-233.

Singh, U. K.,& Kumar, B. (2017). Pathways of heavy metals contamination and associated human health risk in Ajay River basin, India. *Chemosphere*, *174*, 183-199.

Solgi, E., Keramaty, M., & Solgi, M. (2020). Biomonitoring of airborne Cu, Pb, and Zn in an urban area employing a broad leaved and a conifer tree species. *Journal of Geochemical Exploration*, *208*, 106400.

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

Ţenche-Constantinescu, A. M., Chira, D., Madoşa, E., Hernea, C., Ţenche-Constantinescu, R. V., Lalescu, D., &Borlea, G. F. (2015). Tilia sp.-Urban Trees for Future. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, *43*(1), 259-264.

Tepanosyan, G., Sahakyan, L., Belyaeva, O., Maghakyan, N., & Saghatelyan, A. (2017). Human health risk assessment and riskiest heavy metal origin identification in urban soils of Yerevan, Armenia. *Chemosphere*, *184*, 1230-1240.

Thomas, P. A., Alhamd, O., Iszkuło, G., Dering, M., & Mukassabi, T. A. (2019). Biological Flora of the British Isles: Aesculus hippocastanum. *Journal of Ecology*, *107*(2), 992-1030.

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

Turkyilmaz A, Cetin M, Sevik H,Isinkaralar K, Ahmaida Saleh EA (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, Cetin M (2018a) The use of perennial needles as bio-monitors forrecently accumulated heavy metals. Landsc Ecol Eng 14(1):115–120.

Turkyilmaz A, Sevik H, Cetin M, Ahmaida Saleh EA (2018b) Changes inheavy metal accumulation depending on traffic density in somelandscape plants. Pol J Environ Stud 27(5):2277–2284.

Turkyilmaz A, Sevik H, Isinkaralar K, Cetin M (2018c) Using Acerplatanoides annual rings to monitor the amount of heavy metalsaccumulated in air. Environ Monit Assess 190(10):578. https://doi.org/10.1007/s10661-018-6956-0

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.

Weerasundara, L., Magana-Arachchi, D. N., Ziyath, A. M., Goonetilleke, A., & Vithanage, M. (2018). Health risk assessment of heavy metals in atmospheric deposition in a congested city environment in a developing country: Kandy City, Sri Lanka. *Journal of environmental management*, *220*, 198-206.

Yigit, N., Cetin, M., & Sevik, H. (2018b). The Change in Some Leaf Micromorphological Characters of Prunus laurocerasus L. Species by Their

Habitat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, *6*(11), 1517-1521.

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

Yigit, N., Cetin, M., Sevik, H., & Aricak, B. (2018a). Variation of some micro-morphological characters of leaves of Aesculus hippocastanum based on growing environment. *Emergent Life Sciences Research*, *4*, 45-52.

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

Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., Gul, L., (2016a). Clonal Variation in Chemical Wood Characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun Black Pine (Pinus nigra Arnold. subsp. pallasiana (Lamb.) Holmboe) Seed Orchard. Journal of Sustainable Forestry, 35(7): 515-526

Yucedag, C., Ozel, H.B., Cetin, M., Sevik, H., (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five Euonymus japonicus cultivars. Environmental Monitoring and Assessment. 191:285.

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.

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı	: Abdusalam Imhmed Ahmed HMEER
Doğum Yeri ve Yılı	: 1987 Zliten-Libya
Medeni Hali	: Evli
Yabancı Dili	: Arapça ve İngilizce
E-posta	: abdohemmer@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise	: Khalij Altahadiy
Lisans	: Elmergib Üniversitesi

Mesleki Deneyim

İş Yeri	: Alasmarya Üniversitesi