



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ATIK ELEKTRİK VE ELEKTRONİK (AEE) İŞLEME TESİSLERİ KAYNAKLI
ATMOSFERİK TOZ ÖRNEKLERİNDE AĞIR METALLERİN
BELİRLENMESİ VE İNSAN MARUZİYET RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Özge KORKUSUZ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

OCAK 2024

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ATIK ELEKTRİK ELEKTRONİK (AEE) İŞLEME TESİSLERİ KAYNAKLI
ATMOSFERİK TOZ ÖRNEKLERİNDE AĞIR METALLERİN
BELİRLENMESİ VE İNSAN MARUZİYET RİSK DEĞERLENDİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Özge KORKUSUZ
(20278033032)
ORCID: 0000-0001-7830-5232**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Perihan Binnur KURT KARAKUŞ
ORCID: 0000-0001-6737-3475**

OCAK 2024

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 20278033032 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Özge KORKUSUZ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ATIK ELEKTRİK ELEKTRONİK (AEE) İŞLEME TESİSLERİ KAYNAKLI ATMOSFERİK TOZ ÖRNEKLERİNDE AĞIR METALLERİN BELİRLENMESİ VE İNSAN MARUZİYET RİSK DEĞERLENDİRMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Perihan Binnur KURT KARAKUŞ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğretim Üyesi Saadet HACISALİHOĞLU**
Bursa Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Nezih Kamil SALİHOĞLU
Uludağ Üniversitesi

Teslim Tarihi :/...../2024
Savunma Tarihi : 29 OCAK 2024



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, 118Y216 numaralı TÜBİTAK projesi ile desteklenmiştir.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Özge KORKUSUZ

İmzası:

[Handwritten signature of Özge Korkusuz]



Aileme ve tüm sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Bu çalışma Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde hazırlanmıştır.

Tezin yürütülmesi esnasında bilgi, birikim ve tecrübesini paylaşan, değerli zamanını bana ayıran ve öğrettikleri ile bir adım daha ileriye gitmemi destekleyen tez danışmanım Sayın Hocam Prof. Dr. Perihan Binnur KURT KARAKUŞ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen örnekleme ve analizler 118Y216 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiş olup, sağlamış olduğu maddi destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmamın her aşamasında benimle birlikte olan, bilgisini benimle paylaşan ve desteğini her daim hissettiğim sevgili hocam Dr. Öğretim Üyesi Hatice Kübra GÜL'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez sürecimde bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sevgili hocam Dr. Merve ÖZKALELİ AKÇETİN'e, laboratuvar çalışmaları esnasında beraber görev aldığım arkadaşım Sena ÇELİK'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatım boyunca desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, hayatımın her anına sevgiyle dokunan ve hakettiğim yerlerde olmam için elinden gelen her şeyi yapan sevgili aileme; canım babam Mustafa KORKUSUZ'a, canım annem Emine KORKUSUZ'a ve canım kardeşim Gözde KORKUSUZ'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatım boyunca hep yanımda olan, yakın zamanda kaybettiğim fakat beni gururla izlediğini bildiğim canım anneannem Miyase Gürkan'a teşekkürlerimi sunuyorum. Bu tezi, omzumda ellerini her zaman hissettiğim aileme ve sevdiklerime ithaf ediyorum.

Ocak 2024

Özge KORKUSUZ
(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xiv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	4
1.2 Literatür Araştırması	4
1.2.1 Atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar	4
1.2.2 Elektronik atıkların kimyasal kompozisyonu ve mevcut tez kapsamında incelenen kirleticiler	8
1.3 Pasif Örnekleme Yöntemi	12
1.4 Elektronik Atıklara ve Elektronik Bünyesinde Bulunan Kirleticilere Yönelik Yasal Düzenlemeler	15
1.5 Hipotez	15
2. MATERYAL VE METOD.....	17
2.1 Kullanılan Kimyasallar ve Malzemeler.....	17
2.2 Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Örnekleme Stratejisi	17
2.2.1 Örnekleme noktalarının seçilmesi.....	17
2.2.2 Örnekleme stratejisi	19
2.3 Pasif Hava Örnekleme Tekniği İle Partikül Fazda Bulunan Ağır Metallerin Örnekleme	19
2.4 Örneklerin Cihaz Analizine Hazır Hale Getirilmesi	20
2.5 Enstrümental Analiz.....	21
2.6 Kalite Kontrol/Kalite Güvencesi (KK/KG).....	21
2.6.1 Kontrol numuneleri (şahit numune).....	21
2.6.2 Metod belirleme limiti (MDL) ve cihaz belirleme limiti (IDL).....	21
2.6.3 Şahit numune konsantrasyonlarının, MDL ve IDL değerlerinin hesaplamalara yansıtılması	22
2.6.4 Sertifikalı referans madde (SRM) analizi	22
2.7 İstatistiksel Analizler.....	22
2.8 AEEE Tesislerinin Çevresel Ortamlar için Kirletici Kaynak Teşkil Etme Durumunun Belirlenmesi	23
2.9 Sağlık Riski Değerlendirmesi.....	23
2.9.1 Yutma, soluma ve deriye temas yoluyla maruziyet değerlendirme	23
2.9.2 Kanserojen olmayan sağlık riski değerlendirme	25
2.9.3 Kanserojen sağlık riski değerlendirme	26

3. BULGULAR	28
3.1 Kalite Kontrol/Kalite Güvence Hususunda Elde Edilen Sonuçlar	28
3.1.1 Kontrol numuneleri (şahit numune)	28
3.1.2 Sertifikalı madde analizi	28
3.1.3 Metod belirleme limiti (MDL) ve cihaz belirleme limiti (IDL).....	29
3.2 Partikül Faz Ağır Metal Elementler ile İlgili Tespitler ve Çökelme Akılarının Değerlendirmesi	30
3.3 Örnekleme Yapılan Tesislerinin Partikül Faz Ağır Metaller Açısından T/G Oranı.....	35
3.4 Soluma, Yutma ve Dermal Temas Yollarıyla Maruziyet Değerlendirmesi	39
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	40
KAYNAKLAR	42
EKLER	54
ÖZGEÇMİŞ	85



KISALTMALAR

AEEE	: Atık Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlar
Al	: Alüminyum
AMNet	: Küresel İzleme Ağı
As	: Arsenik
ATSDR	: Amerika-Toksik Maddeler ve Hastalık Kayıtları Kurumu
Be	: Berilyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
EEE	: Elektrikli ve Elektronik Eşya
EEEE	: Eski Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlar
EPA	: Environmental Protection Agency/ Çevre Koruma Ajansı
Hg	: Cıva
MDI	: Ortalama Günlük Alım
Ni	: Nikel
NPRI	: Ulusal Kirlilik Salımı Envanteri
PAS	: Pasif Hava Örnekleiyici
Pb	: Kurşun
RSD	: Göreceli Standart Sapma
TDI	: Tolere Edilebilir Günlük Alım
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
Zn	: Çinko

SEMBOLLER

vb.	: Ve Benzeri
%	: Yüzde
µg/kg	: Mikrogram/kilogram
ng m³	: Nanogram metreküp
m³ gün¹	: Metreküp gün
kg/yıl	: Kilogram/yıl
<	: Küçüktür
>	: Büyüktür
°C	: Derece
EF	: Maruziyet faktörü
HQ	: Tehlike katsayısı
HI	: Tehlike indeksi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Örnekleme dönemleri	19
Çizelge 2.2 : Bu çalışmada sağlık etki değerlendirmesi hesaplamalarında kullanılan parametrelerin özeti	24
Çizelge 2.3 : Tez kapsamında incelenen ve literatürde referans doz değerler, verilen ağır metallerin RFD_{ing} , RFD_{inh} ve RFD_{derm} değerleri (mg/kg.gün)	26
Çizelge 2.4 : Tez kapsamında incelenen ve literatürde kanser eğim faktörleri verilen ağır metallerin SF_{ing} , SF_{inh} ve SF_{derm} değerleri (kg.gün/mg)... ..	27
Çizelge 2.4 : Ağır metal analizi yapılan partikül madde ile işleme tabi tutulan şahit numunelerde hedef element konsantrasyonları.... ..	28
Çizelge 3.1 : Tez kapsamında incelenen ve literatürde kanser eğim faktörleri verilen ağır metallerin SF_{ing} , SF_{inh} ve SF_{derm} değerleri (kg.gün/mg)... ..	27
Çizelge 3.2 : SRM 1648a bünyesinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları ve raporlanan sertifika konsantrasyonu ile uyumu (%).	29
Çizelge 3.3 : Cihaz belirleme (IDL) ve metod belirleme (MDL) limit değerleri (mg/kg).	29
Çizelge A.1 : E- atıkla ilgili dikkate değer çok taraflı uluslararası mevzuat örnekleri.....	54
Çizelge B.1 : Örnekleme noktaları.... ..	56
Çizelge C.1 : Örnekleme saha çalışmasına yönelik detaylar.....	66
Çizelge D.1 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Pb akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$).....	70
Çizelge D.2 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cr akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$).....	71
Çizelge D.3 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan As akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$)... ..	72
Çizelge D.4 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Zn akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$	74
Çizelge D.5 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cd akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$).... ..	75
Çizelge D.6 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cu akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$).... ..	77
Çizelge D.7 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Ni akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$).....	78
Çizelge D.8 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Be akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$).... ..	80
Çizelge D.9 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Al akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$	81
Çizelge D.10 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Co akı miktarı (F , $\mu g/m^2 /gün$	83

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : E-atıkta bulunan malzemelerin tipik bir bileşimi.	6
Şekil 1.2 : Küresel ölçekte ortaya çıkan E-atık miktarı, geri dönüşüm oranı ve kayıtdışı e-atık vasıtası ile ortaya çıkan kirletici miktarları	6
Şekil 1.3 : E-atık türleri ve yaygın örnekler	7
Şekil 1.4 : DD-PAS Örnekleyici.....	14
Şekil 2.1 : Örnekleme noktaları : 1-İstanbul; 2- Kocaeli; 3- Bursa; 4- Manisa; 5- Eskişehir; 6- Ankara; 7- Kırıkkale; 8- Niğde	18
Şekil 2.2 : Pasif örnekleyiciye ait görseller (a: partikül örneklerinin toplandığı cam elyaf filtre; b ve c) filtrenin örnekleyiciye yerleştirilmesi ; d ve e) DD-PAS örnekleyicinin montajı; f) örnekleme bölgesinde yerleştirilmiş DD-PAS örnekleyici.....	20
Şekil 2.3 : Partikül ve toprak örneklerinde ağır metal analizi ve ICP-MS analizine hazırlanması aşamaları	20
Şekil 3.1 : Ağır metal kirleticilere ait akı (F) grafikleri.....	32
Şekil 3.2 : Partikül fazda belirlenen ağır metaller için hesaplanmış T/G Oranı (her bir şekil üzerindeki mavi çizgi, T/G=1 temsil etmektedir).	36

ATIK ELEKTRİK ELEKTRONİK (AEE) İŞLEME TESİSLERİ KAYNAKLI ATMOSFERİK TOZ ÖRNEKLERİNDE AĞIR METALLERİN BELİRLENMESİ VE İNSAN MARUZİYET RİSK DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Teknolojinin hızla güncellenmesi ve elektronik sanayi pazarının sürekli genişlemesi sebebi ile elektronik atık (e-atık) günümüzde ciddi bir küresel sorun haline gelmiştir. Birleşmiş Milletler Çevre Programı dünyada her yıl 50 milyon tondan fazla e-atık üretildiğini tahmin etmektedir. Elektronik atık bünyesinde metaller, metaloidler, nadir elementler, ateşe mukavim kimyasalları ve diğer katkı maddelerini içeren plastikleri barındıran heterojen bir karışımdır. E-atık bünyesinde bulunan tehlikeli kimyasallar, özellikle e-atığın düzenli ve kontrollü bir şekilde geri dönüştürülmemesi/bertaraf edilememesi durumunda çevresel ortamlara karışabilir.

İşçiler veya makineler tarafından yapılan demontaj, kırma gibi aktiviteler e-atık geri dönüşüm tesislerinde uygulanan en genel işlemlerdir. Söz konusu bu uygulamalar neticesinde, geri dönüşüm alanlarına ve tesisler etrafındaki çevresel ortamlara büyük büyük miktarda kirletici salınımı potansiyeli mevcuttur. E-atık bünyesinde bulunan kirleticiler kırma işlemi esnasında ilk önce e-atık bünyesindeki toza veya tesis içerisinde bulunan toza geçerler. Daha sonra, kirleticiler e-atık kırma alanlarından tüm tesise ve hatta tesisi çevreleyen tüm alanlara hava ve kuru/yaş çökeltme mekanizmaları ile yayılırlar. Noktasal kaynağın kendisini çevreleyen alanlar için kirletici kaynak teşkil etmesine ve bu alanları kirletmesine “hale etkisi” denir.

Mevcut tez çalışmasında, Türkiye’de Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile yapılan görüşmeler sonucunda lisanslı geri dönüşüm tesisleri belirlenerek, tesislerde işlenen atık türleri baz alınmış (İstanbul, Kocaeli, Ankara, Kırıkkale, Manisa, Niğde, Bursa ve Eskişehir) toplam 8 ilde atık elektrikli ve elektronik dönüşüm tesisleri yakınlarında 28 noktada, pasif örnekleme tekniği kullanılarak ağır metal kirliliği incelenmiş ve insan maruziyeti belirlenmiştir.

Çalışmanın temel hedefi elektronik atıkların geri dönüşümünden kaynaklı ağır metal kirlilik seviyelerini belirlemek, diğer ülkelerde belirlenen seviyelerle karşılaştırmak, literatür özeti araştırmak ve soluma yoluyla insan maruziyetinin değerlendirilmesidir.

Diğer ülkelerde e-atık geri dönüşüm tesisleri kaynaklı kirletici salınımları ve bu tesislerin çevresel ortamlarda belirlenebilen belirli kirleticilerin mevcudiyetine katkısına dair çalışmalar mevcut olmakla birlikte, mevcut bilgilere göre, ülkemizde bu konuda herhangi bir çalışma bulunmamaktadır.

Çalışma bölgesinde pasif örnekleme yöntemi ile ağır metal örnekleme yapılmıştır. Atmosferik partiküllere tutunmuş halde bulunan ağır metal kirleticilerin belirlenmesi için örnekleme DD-PAS örnekleyciler kullanılarak yapılmıştır. Örnekleme materyali olarak cam elyaf filtre kullanılmış ve sonuçlar ICP-MS cihazı kullanılarak analiz edilmiştir.

Yapılan çalışma ÷lkemizde pasif örnekleme yöntemi kullanılarak, atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar geri dönüşüm tesislerinin yakınlarında ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve maruziyetinin değerlendirilmesine yönelik ilk çalışma olup, gelecekte yapılacak çalışmalara altlık oluşturması açısından önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, Atık elektrik-elektronik işleme tesisleri (AEEE tesisi), Hava, Kuru çökelme partikül.



DETERMINATION OF HEAVY METALS IN ATMOSPHERIC DUST SAMPLES FROM WASTE ELECTRICAL ELECTRONICS (WEE) PROCESSING PLANTS AND HUMAN EXPOSURE RISK ASSESSMENT

SUMMARY

Due to the rapid updating of technology and the constant expansion of the electronic industry market, electronic waste (e-waste) has become a serious global problem today. The United Nations Environment Program estimates that more than 50 million tons of e-waste is produced around the world every year. E-waste is a heterogeneous mixture containing plastics containing metals, metalloids, rare elements, fire-resistant chemicals and other additives. Hazardous chemicals contained in e-waste may enter the environment, especially if e-waste is not recycled/disposed of in a regular and controlled manner.

Activities such as disassembly and breaking performed by workers or machines are the most common operations applied in e-waste recycling facilities. As a result of these practices, there is the potential to release large amounts of pollutants to recycling areas and the environmental environment around the facilities. During the crushing process, the pollutants contained in e-waste first pass into the dust within the e-waste or into the dust within the facility. Then, the contaminants spread from the e-waste crushing areas to the entire facility and even to all areas surrounding the facility via air and dry/wet sedimentation mechanisms. The fact that a point source constitutes a pollutant source for the areas surrounding it and pollutes these areas is called the "halo effect".

In the current thesis study, licensed recycling facilities were determined as a result of negotiations with the Ministry of Environment and Urbanization in Turkey, and waste electrical and waste recycling facilities were collected in a total of 8 provinces (Istanbul, Kocaeli, Ankara, Kırıkkale, Manisa, Niğde, Bursa and Eskişehir) based on the waste types processed in the facilities. Heavy metal pollution was examined using passive sampling technique at 28 points near electronic conversion facilities and human exposure was determined.

The main objective of the study is to determine the levels of heavy metal pollution resulting from the recycling of electronic waste, compare it with the levels determined in other countries, research the literature summary and evaluate human exposure through inhalation.

Although there are studies on pollutant emissions from e-waste recycling facilities in other countries and the contribution of these facilities to the presence of certain pollutants that can be detected in environmental environments, according to available information, there are no studies on this subject in our country.

Heavy metal sampling was carried out in the study area using the passive sampling method. Particulate matter sampling was performed using DD-PAS samplers to determine particulate phase and heavy metal pollutants. The sampling material was glass fiber filtered and the results were analyzed using the ICP-MS.

The study conducted is the first study in our country to determine heavy metal pollution and evaluate exposure near waste electrical and electronic equipment recycling facilities using the passive sampling method, and it is important in terms of providing a basis for future studies.

Keywords: Heavy metals, Air, Dry sedimentation particulate, Waste electrical-electronic processing facilities (WEEE facility).



1. GİRİŞ

İnsanların yaşamlarını sürdürebilmeleri için sağlık, beslenme, barınma gibi ihtiyaçları dünya nüfusundaki hızlı artışla aynı oranda artmaktadır. Dolayısıyla çevre, artan ihtiyaçlarla aynı oranda kirlenmektedir. Çevre kirliliği iki şekilde meydana gelmektedir. Bunlardan ilki doğal kirlilik yani insan dışındaki tüm canlıların israfı ve doğrudan insanın israfıdır. Çevrenin doğal kirlenmesinde; doğanın geri dönüşüm mekanizması sayesinde kısa sürede kendini temizleyip eski haline dönebilmektedir (Cesur ve diğ, 2021). Fakat insan kaynaklı kirlilik, özellikle endüstriyel faaliyetler, ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlar ve araç trafiğinden kaynaklanan egzoz emisyon gazları gibi kirlilik kaynakları, doğada uzun süre kaldığından canlıların yaşaması için gerekli olan hava, toprak ve suyu kirlettiği için insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Turkyilmaz ve diğ, 2018). Atmosfer, oksijen (O₂), nitrojen (N₂) ve karbondioksitten (CO₂) oluşmaktadır. Ancak, yaklaşık son 40 yıldır yaşanan hızlı ekonomik gelişmeler, şehirleşme ve sanayileşme süreçleri atmosfere çeşitli kirleticilerin yayılmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak, hava kalitesi önemli ölçüde bozulmuştur. Atmosfer kirliliği çok ciddi boyutlara ulaştığından her yıl 6,5 milyondan fazla insanın hava kirliliği sebebiyle hayatını kaybettiği bilinmektedir (Cesur ve diğ, 2021).

Teknoloji, 21. Yüzyıl için başlıca gelişme ölçütü olarak gösterilmektedir. Dünya çapındaki bu teknolojik patlama, tüketici yaşam tarzlarında buna karşılık gelen değişiklikler başlatmıştır. Bu değişiklikler, e-atık olarak bilinen, ömrünü tamamlamış büyük miktarda elektronik eşyanın üretilmesiyle sonuçlanmıştır. Sürekli yeni elektronik ekipmanın piyasaya sürülmesinin bir sonucu olarak, mevcut ekipman, çevre üzerinde ciddi etkiler yaratma potansiyeli ile hızla elektronik atık (e-atık) haline gelmektedir. Özellikle tüketiciler yeni elektronik cihazlar satın aldıklarında, mevcut cihazlarını genellikle eskimiş olarak görürler; bu cihazların uygun şekilde yeniden kullanımı ve geri dönüşüm süreçleri izlenmediği takdirde atık haline geldiği anlamına gelmektedir (Ogunseitan ve diğ, 2009). Çoğumuz, atıldıklarında ve yükseltildiklerinde bu araçlara ne olacağını önemsemiyoruz. Elektrikli ve elektronik ekipmanlar, ağır

metaller (örneğin kadmiyum, kurşun vb.), alev geciktiriciler (örneğin, pentabromofenol, polibromlu difenil eterler (PBDE'ler), tetrabromobisfenol-A (TBBPA)) dahil olmak üzere birçok zararlı kirleticilerin salınmasından dolayı küresel bir çevre ve sağlık sorunudur (Mowla ve diğ, 2021). Bu maddelerin varlığı nedeniyle, atıklar genellikle tehlikeli atık olarak kabul edilir ve atık toplama sistemine atılmadığında veya uygun geri dönüşüm teknolojileri uygulanmadığında insan ve çevre sağlığı sorunlarına neden olabilmektedir (Tsydenova ve Bengtsson, 2011). İlaveten, lisanslı veya yasa dışı atık elektrik elektronik ekipman (AEEE) işleme tesisleri bu tehlikeli kirleticiler için bir kirlilik noktası haline gelebilir. AEEE'nin geri dönüşüm süreçleri sırasında, başta havaya olmak üzere diğer çevresel ortamlara salınmaları muhtemeldir. Bu bağlamda AEEE'nin içerdiği tehlikeli kimyasalların hava, toprak, su, tortu ve gıdaları kirlettiğini gösteren çalışmalar mevcuttur (Tzoraki ve Lasithiotakis, 2018; Weldeclassie ve diğ, 2018; Vaccari ve diğ, 2019).

20. yüzyılın ikinci yarısı, tüketiciye dayalı bir küresel ekonominin yükselişi çevresel sürdürülebilirlik için büyüyen bir tehdide yol açmıştır. Elektrikli ve elektronik ekipman (EEE) kullanımının dünya çapında hızla artması, kullanılmış olan EEE'lerin kullanım ömrünü kısaltmış ve daha kısa sürede atık elektrikli ve elektronik ekipman haline gelmesine sebep olmuştur. 2010 yılında sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde meydana getirilen bir çalışmada dahi, 28,5 milyon televizyon ve 51,9 milyon masaüstü ve dizüstü bilgisayar, 35,8 milyon monitör (düz panel ve tüp) ve cep telefonları, kişisel dijital yardımcılar (PDA'lar), akıllı telefonlar ve çağrı cihazları, yazıcılar, fotokopi makineleri, tarayıcılar dahil milyonlarca basılı cihaz , hepsi bir arada yazıcılar ve faks makineleri elektronik atık olarak sayılmıştır (Coalition, 2008). Elektronik atıkların işlenmesinde kullanılan en yaygın yöntem, kütleyi azaltmak ve malzeme fraksiyonlarını ayırmak için uygulanan mekanik işlemlerdir. Elektronik atık geri dönüşüm tesislerinde uygulanan en geniş işlemler, işçiler veya makineler tarafından yapılan demontaj ve kırma gibi aktivitelerdir. Mekanik işlemler, elle sökme, çekiçli değirmende ezme, hava ile ayırma, titreşimli eleme, santrifüjle ayırma ve manyetik ayırma gibi işlemleri kapsamaktadır. Demir, alüminyum ve plastik bileşenler, eritme, kesme, kırma gibi işlemler uygulandıktan sonra hurda olarak satılmaktadır (Sahu ve Agrawal, 2008; Al Razi, 2016). Geri dönüşüm alanlarına ve tesislerin yakınında bulunan çevresel ortamlara, elektronik atıklara uygulanan bu işlemlerin sonucunda ciddi miktarda kirletici salınımı gerçekleşmektedir. Uygulanan kırma işlemi

esnasında, elektronik atıkların içerdiği kirleticiler en başta e-atık bünyesinde bulunan toza veya tesis içerisinde bulunan toza geçerler. Bu kirleticiler, daha sonradan hava ve kuru/yaş çökeltme ile kırma alanlarında tesisin tamamına ve tesisi çevreleyen bütün alanlara yayılma eğilimi gösterirler. Noktasal kaynağın kendisini çevreleyen alanlar için kirletici kaynak teşkil etmesine ve bu alanları kirletmesine “hale etkisi” denir. Daha önceden yapılmış olan çalışmalara göre, e-atık geri dönüşüm kaynaklı PBDE’lerin e-atık işleme tesisinden atmosfere difüze olarak hale etkisi ile tesis etrafında 74 km çaplı bir alanı kirletebildiği bildirilmektedir (Zhao ve diğ, 2009). Çoğu elektronik atıklar bünyesinde metal ve toksik madde bulundurmaz. Bu nedenle, elektronik atıkların yönetimi dünyanın en önemli zorlukları arasındadır (Shittu ve diğ, 2021).

Bu tehlikeli kimyasallar, birincil ve ikincil kirleticiler şeklinde Cayumil ve diğ. (2016) tarafından iki gruba ayrılmıştır. Birincil kirleticiler, bakır, kadmiyum, kurşun, nikel ve çinko gibi metalleri, antimon (Sb) gibi metaloidleri; çok klorlu bifeniller (PCB'ler), çok bromlu difenil eterler (PBDEler) gibi organik bileşikler içeren en önemli bileşenlerdir. EEE imalatının başlangıcını kapsamaktadır. İkincil kirleticiler ise, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'ler), poliklorlu dibenzodiyoksinler ve dibenzofuranlar (PCDD/F'ler) gibi yan ürünler olup elektronik atıkların uygun olmayan şekilde geri dönüştürülmesinden ve değerli atıkların geri kazanımı sırasında oluşan kirleticilerdir (Cayumil ve diğ, 2016).

Kadmiyum (Cd), çinko (Zn), arsenik (As), gümüş (Ag), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe) ve platin (Pt) gibi bileşenleri ve çevreyi etkileyen daha yoğun ve daha yüksek atom kütlelerine sahip olan elementlere ağır metal denir (Zaynab ve diğ, 2022). Ağır metaller, doğal koşullar altında bozunmaya karşı dirençleri nedeniyle çevrede oldukça kalıcı kirleticilerdir (Ra ve diğ, 2013). İnsan kaynaklı aktiviteler, bazı ağır metallerin doğal biyojeokimyasal döngüsünü ve dengesini büyük ölçüde değiştirebilir. Ağır metallerin ana kaynakları, lisanssız ve kontrolsüz atık geri dönüşümü, madenler, izabe tesisleri ve dökümhaneler gibi endüstriyel nokta kaynakları ve araç emisyonları ve fosil yakıt yakma gibi yaygın kaynakları içerir (Tripathi ve Dwivedi, 2010). Ağır metal seviyeleri literatürde izin verilen sınırları aştığında toksik hale gelirler. Belirli çevresel koşullar altında ağır metaller toksik konsantrasyonlarda birikebilir ve sadece çevreyi değil insan sağlığını da etkiler (He ve diğ, 2017). Devam eden kentleşme ve sanayileşme ile birlikte insan faaliyetleri, özellikle endüstriyel faaliyetler, kentsel atmosferdeki toz ve

ağır metal seviyelerinde önemli bir artışa yol açmıştır (Wang ve diğ, 2018). Ağır metal partikülleri, yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu insanlar için ciddi şekilde toksik ve kanserojen olabilirler (Gharaibeh ve diğ, 2010). Atmosferik tozda bulunan ağır metallerden arsenik ve kadmiyumun kanserojen etkisi olduğu bilindiğinden insan vücudu için çok zararlıdır (Wang ve diğ, 2018).

Türkiye’de atık elektrik elektronik ekipman geri dönüşüm tesisleri (AEEE tesisi) kaynaklı kirleticilerin çevresel ortamlarda mevcudiyetine yönelik herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda, mevcut tezde hedef kirleticiler olarak ağır metaller seçilmiştir. Elde edilen sonuçlar AEEE tesisleri yakınında gerçekleştirilen ilk çalışma olma niteliğindedir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar gelecekte yapılacak araştırmalar ve kanun koyucuların da kullanabileceği önemli bir veri altlığı olacaktır.

1.1 Tezin Amacı

Kadmiyum (Cd), çinko (Zn), arsenik (As), gümüş (Ag), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe) ve platin (Pt) gibi ağır metaller havada suda ve toprakta bulunan doğal elementlerdir. Doğal koşullar altında bozunmaya dirençli olduklarında çevresel olarak kalıcı kirleticilerdir. Küçük miktarları bile sağlığa zararlıdır ve insan maruziyeti açısından çok tehlikeli kimyasallardandır. AEEE’ler arasına katılan floresan tüpler, telefonlar, oyun konsolları, yazıcılar, buzdolapları, video kameralar vb. ürünlerin yapısında ağır metal bulunmaktadır (Pahari ve Dubey, 2019).

Mevcut tez çalışmasının amacı AEEE geri dönüşüm/işleme tesislerin yakınında kuru çökeltme toz örneklerinde ağır metal mevcudiyetinin belirlenerek oluşan tesis kaynaklı emisyon ve insan maruziyeti durumunun değerlendirilmesidir. Bu amaçla ülkemizde farklı illerde lisanslı olarak işletilen 20 adet AEEE tesisi yakınında pasif örnekleme tekniği ile ağır metal konsantrasyonları belirlenerek, emisyon ve insan maruziyeti hesaplanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

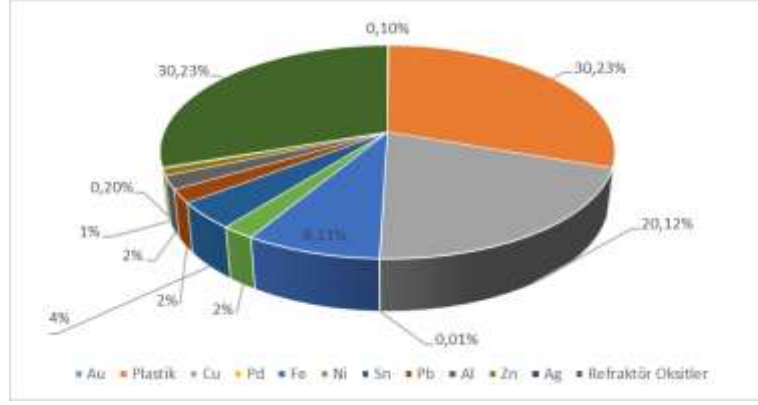
1.2.1 Atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar

Genellikle e- atık olarak adlandırılan elektronik atık, artık kullanılmayan, çalışmayan veya eskimiş, pili veya fişi olan cihazların atılmasıdır. AEEE Direktifinde, elektrikli ve elektronik ekipman, çalışması için elektrik akımına veya elektromanyetik alana

bağlı ekipman ve bu tür akımların ve alanların üretilmesi, aktarılması veya ölçülmesi için ekipman olarak tanımlanır. AEEE Direktifi on elektrikli ve elektronik ekipman kategorisine sahiptir ve bunlar Şekil 1.3.'teki gibi sınıflandırılmaktadır (Shahabuddin ve diğ, 2023).

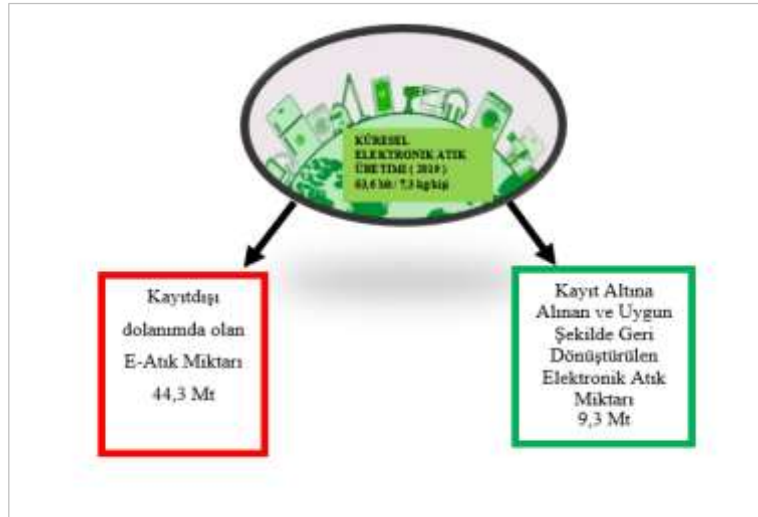
Ağırlığına göre, elektrikli süpürge, mikrodalga fırın ve su ısıtıcısı gibi küçük ekipmanlar, üretilen elektronik atığın büyük çoğunluğunu oluşturmaktadır. Elektronik atıklar, AEEE'nin bileşimi büyük ölçüde ekipmanın tipine ve yaşına bağlıdır. Örneğin, BT ve telekomünikasyon sistemlerinden kaynaklanan AEEE, ev aletlerinden çıkan hurdalardan daha yüksek miktarda değerli metal içerir. Daha eski cihazlarda değerli metallerin içeriği daha yüksektir, ancak aynı zamanda tehlikeli maddelerin içeriği de yeni cihazlara göre daha yüksektir. Genel olarak, AEEE metal (%40), plastik (%30) ve dayanıklı oksitlerden (%30) oluşur. Şekil 1.1' de gösterildiği gibi tipik metal hurdası bakır (%20), demir (%8), kalay (%4), nikel (%2), kurşun (%2), çinko (%1), gümüş (%0,02), altın(%0,1) ve paladyumdan (%0,005) oluşur. Polietilen, polipropilen, polyesterler ve polikarbonatlar tipik plastik bileşenlerdir. AEEE'nin arıtılmasındaki en önemli sorunlardan biri ağır metallerdir (Shahabuddin ve diğ, 2023).

Elektronik eşyaların, kullanıcılar tarafından artan miktarda talep edilmesi, eski elektronik ekipmanların atık akışının katlanarak büyüyerek dünya çapında bir kirlilik ve kaynak sorunu haline gelmesini sağlamıştır. Elektrikli ve elektronik atıklar heterojen bir cam, plastik (alev geciktiriciler ve diğer katkı maddeleri dahil), metaller, metaloid karışımından oluşur. Elektronik atık konusu karmaşık ve çok yönlüdür. Zayıf çevresel faktörler, sağlık ve güvenlik düzenlemeleri, teknoloji eksikliği, yetersiz atık arıtma yapısı ve yaygın yasa dışı sevkیاتlar nedeniyle gelişmekte olan ülkelerdeki kayıt dışı geri dönüşüm birincil endişe kaynağı olarak belirlenmiştir. Elektronik ekipman çeşitliliği, teknolojinin hızlı büyümesi, bilgi ve iletişim araçlarının gelişmesi elektronik atık miktarında artışa yol açan sebeplerdendir. Bünyelerinde bulundurdıkları toksik ve değerli malzemeler, elektronik atık konusunun dünya çapında bir problem olmasına sebep olmuştur. Son yıllarda, elektrik ve elektronik ekipmanların küresel pazarı ve son teknolojiye uygunluğu giderek gelişirken, kullanım ömrünü ise azaltmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesi, elektronik ürünlerin kullanım ömrünü iki ila üç yıla indirmişti (Dagan ve diğ, 2007; EPA, 2008; Karn ve diğ, 2011). Öyle görünüyor ki, 2030 yılında elektronik atık üretimi ~%50 artacak (2010'da 33,8 Mt'dan 2030'da 74,7 Mt'a) (Chakraborty ve diğ, 2022).

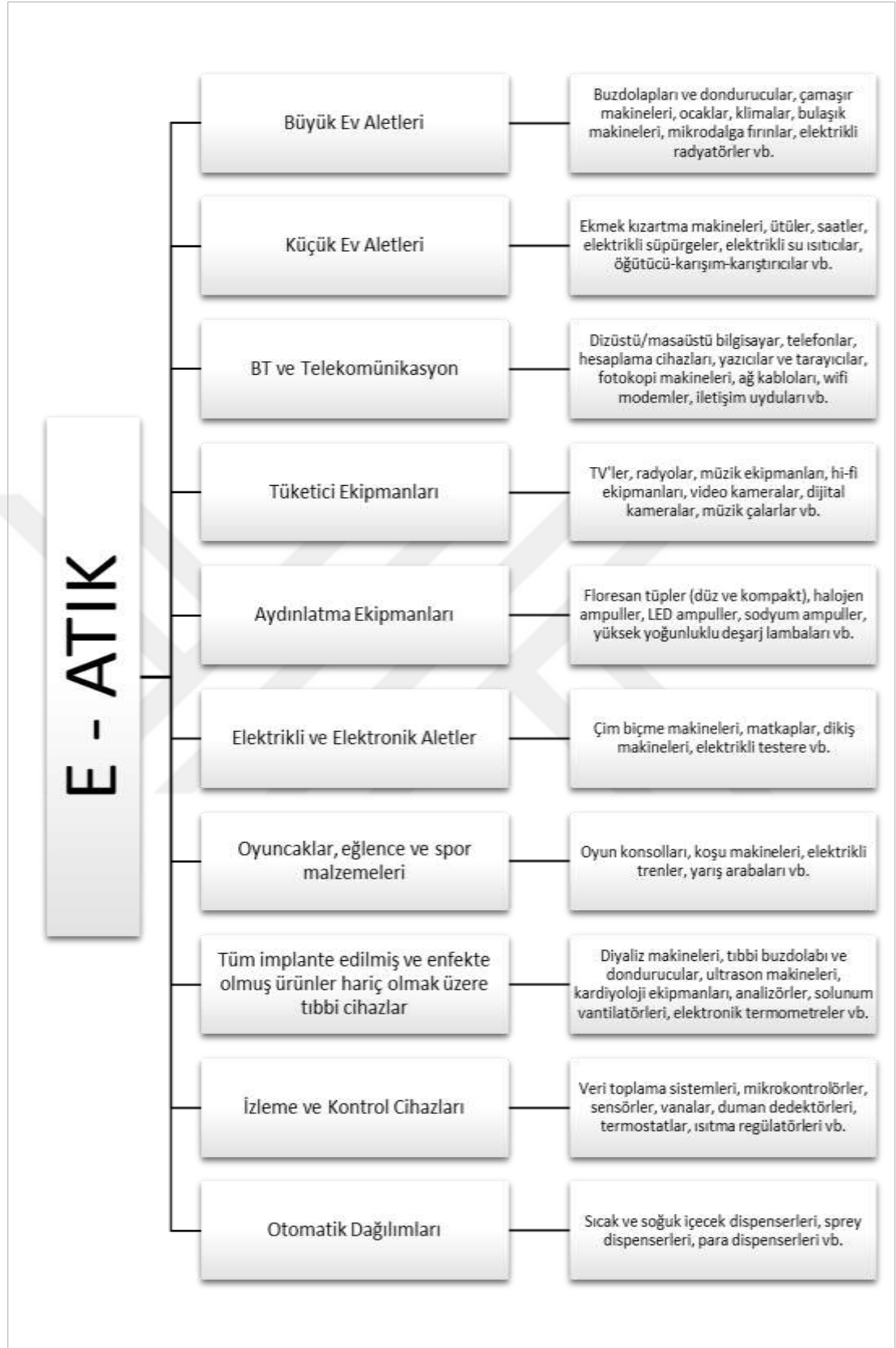


Şekil 1.1 : E-atıkta bulunan malzemelerin tipik bir bileşimi (Ilankoon ve diğ, 2018).

Uluslararası Katı Atık Birliği'ne göre, 2019 yılında dünya çapında yaklaşık 53,6 metrik ton elektronik atık üretimi olmuştur. Elektronik atık üretimi, Asya için 24,9 Mt, Amerika için 13,1 Mt, Avrupa için 12 Mt kadardır. Amerika ve Avrupa, dünyada elektronik atık üretimine en büyük katkı sağlayan ülkelerdendir. 2020 yılında yayınlanmış olan Küresel Elektronik Atık İzleme Raporu'na göre, ülkemiz Asya ülkeleri arasında sınıflandırılmıştır. Bu grupta Çin (10129 kt), Hindistan (3230 kt), Japonya (2569 kt) ve Endonezya'nın (1618 kt) ardından 847 kt ile dördüncü sırada yer almakta, kişi başı elektronik atık üretim miktarı 9,6 kg olup, üretilen e-atığın sadece % 6'sı uygun şekilde toplanıp bertaraf edilebilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde önümüzdeki yıllarda, kullanıma uygun olmayan kişisel bilgisayarların birimleri 400-700 metrik ton, gelişmiş ülkelerde ise 200-300 Mt artacaktır.



Şekil 1.2 : Küresel ölçekte ortaya çıkan e-atık miktarı, geri dönüşüm oranı ve kayıtdışı e-atık vasıtası ile ortaya çıkan kirletici miktarları (Forti ve diğ, 2020).



Şekil 1.3 : E-atık türleri ve yaygın örnekler (Health and E. Safety, 2013).

1.2.2 Elektronik atıkların kimyasal kompozisyonu ve mevcut tez kapsamında incelenen kirleticiler

E-atık bünyesinde metaller, metaloidler, nadir toprak elementleri (REE'ler), cam, plastik, alev geciktiriciler ve diğer katkı maddeleri bulunmaktadır. Devam eden teknolojik gelişmeler nedeniyle, e-atıkların kesin kompozisyonu sürekli değişir, bu da elektronik atıkları diğer atık akışlarından farklı kılar (Ladou ve Lovegrove, 2008; Liu ve diğ, 2008).

Çevre, bir organizmayı veya organizma grubunu çevreleyen koşulların tamamı, özellikle organizmaların büyümesini, gelişmesini ve hayatta kalmasını etkileyen birleşimdir. Kirleticiler, çevrede sakıncalı etkilere neden olan, çevrenin refahını bozan, yaşam kalitesini düşüren ve sonunda ölüme neden olabilen herhangi bir madde olarak tanımlanır. Kirleticiler, çevrede kabul edilebilir sınırın üzerinde bulunmamalıdır. Dolayısıyla çevre kirliliği, zehirli veya toksik olabilen ve hava, su ve toprak gibi kirlenmiş ortamda canlılara zarar verebilecek şekilde kirleticinin bulunmasıdır (Ahluwalia, 2005).

Ağır metaller, yer kabuğunun doğal bileşenleridir ve bozunmadıkları veya yok edilemedikleri için kalıcı çevresel kirleticilerdir. Ağır metaller terimi, nispeten yüksek yoğunluğa sahip olan ve düşük konsantrasyonda bile toksik veya zehirli herhangi bir metalik elementi ifade etmektedir. Ağır metaller, atomik yoğunluğu 4 g/cm^3 ten fazla veya sudan 5 kat veya daha fazla olan metaller ve metaloidler grubu için geçerli olan bir terimdir. Ağır metaller doğada bulunurlar. Yaşam için gerekli olmalarına rağmen organizmalarda birikerek toksik halde gelebilirler. Çevre kirliliğine en fazla katkıda bulunan ağır metaller arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb), cıva (Hg) gibi ağır metallerdir.

Dökümhane, izabe tesisleri, petrol rafinerileri, petrokimya tesisleri, pestisit üretimi gibi endüstriyel üretim yapılan yerler, arıtılmamış kanalizasyon çamuru ve metal borular, trafik, kömür yakan elektrik santrallerinden gelen yanmanın sonucunda oluşan yan ürünler ve madencilik sektörü ağır metal kaynakları arasındadır. Elektronik atıklar, toksik özellik gösteren binden fazla farklı materyal içerdiklerinden, elektronik atıkların yönetimi ve bertarafı küresel bir sorun olmasını sağlamıştır (UNEP-GPA, 2006). Elektronik atıkların içeriğinde bulunan toksik maddelere maruziyetin sağlığa etkileri maruz kalınan maddeye, konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine göre

değişir (Vetrivel, 2012). Örneğin Pb karaciğer, böbrek ve sinir sistemini etkileyebilir ve bilişsel gelişimi bozabilir (Bellinger, 2008; Harari ve diğ, 2018; Obeng-Gyasi ve diğ, 2018). Cr (VI), solunum yolu tahrişine, böbrek ve karaciğer hasarına, zayıflamış bağışıklık sistemlerine ve burun, sinüs veya akciğer kanserine neden olabilir (ATSDR, 2012). Hg maruziyeti hafıza kaybına, bağışıklık toksisitesine ve kas güçsüzlüğüne neden olabilir (Xu ve diğ, 2015). Ni dermatit ve bronşiyal astıma katkıda bulunabilir (Moira ve LAM, 1986).

Elektronik atıklarda bulunan zehirli maddeler çevremize salınabilir ve su, yeraltı suyu, toprak ve havaya karışabilir. Bu durum, insanları ve karada ve denizde yaşayan canlıları etkileyebilir (Frazzoli ve diğ, 2010; Needhidasan ve diğ, 2014). Civa maruziyeti, duyu bozukluğu, dermatit, hafıza kaybı ve kas zayıflığı dahil olmak üzere çeşitli olumsuz sağlık etkilerine yol açabilir. Utero maruziyet, motor fonksiyon, dikkat ve sözel alanlarda fetal kusurlara neden olabilmektedir (Ross ve diğ, 2015).

Ağır metal olmanın yoğunlukla değil kimyasal özelliklerle ilgisi vardır. Bu çalışmada incelenen ağır metaller;

Arsenik (As): Arsenik, doğası gereği yarı metaliktir ve en önemli ağır metallerden biridir. Yeryüzünde en bol bulunan yirminci element olduğundan ve arsenit ve arsenat bileşikleri gibi inorganik formlarda hem çevreye hem de canlılara öldürücü etkisi vardır (Kapaj ve diğ, 2006). İnsanlar arsenik ile doğal kaynaklar, endüstriyel kaynaklar veya kasıtsız kaynaklarda karşılaşabilirler. İçme suyu, arsenikli pestisitlerin kullanımı, yaygın mineral birikintileri veya arsenikli kimyasalların uygunsuz transferi ile kirlenebilir (Casado-Martinez ve diğ, 2010). Arsenik kirliliği, doğal jeolojik süreçler ve insan yapımı faaliyetlerin bir sonucu olarak yeryüzünde meydana gelir. Arseniğin insan faaliyetlerini içeren kaynakları madencilik ve cevherlerin işlenmesidir. Eski ve yeni bir süreç olan eritme işlemi, arseniği havaya ve toprağa bırakabilir (Matschullat, 2000).

Kurşun (Pb) : Kurşun oldukça zehirli bir metaldir ve rutin kullanımı dünyanın birçok yerinde aşırı çevresel kirlenmeye ve sağlıkla ilgili sorunlara neden olmuştur (Needleman, 2004). Rutin olarak kurşun (Pb), depolama pilleri, mühimmat, kablo kaplamaları, sıhhi tesisat, nükleer reaktörler, boyalar ve tetraetil Pb üretimi, X-ışını ekipmanı etrafındaki radyasyon ekipmanları için kullanılır. Bunun yanı sıra, ince kristal cam ve çakmaktaşı cam, lehim ve böcek ilacı üretiminde kurşun oksit kullanılır.

Kurşuna maruz kalmanın ana kaynağı, endüstriyel prosesler, yiyecek ve sigara, içme suyu ve evsel kaynaklardır (Gidlow, 2004).

Kadmiyum (Cd) : Kadmiyum çinko oluşumunun bir yan ürünüdür, insanlar veya hayvanlar bu metale çalışma saatlerinde veya çevresel ortamlarda maruz kalabilir ve insan vücuduna bir kez girdiğinde yaşam boyunca insan vücudunda birikecektir (Valko ve diğ, 2005). İnsanlar bu toksik ağır metale öncelikle soluma ve yutma yoluyla maruz kalabilir ve akut ila kronik zehirlenmelere neden olabilir (Zhang ve diğ, 2004). Çevreye yayılan kadmiyum onlarca yıldır toprakta ve çökeltilerde kalabilir, bitkiler besin zinciri boyunca biriken metalleri yavaş yavaş alır ve sonuçta insan vücuduna ulaşır, kadmiyum ağırlıklı olarak meyve ve sebzelerde bulunur (Bernard, 2008).

Krom (Cr) : Krom, ağırlıklı olarak elektrokaplama, metalurji, boya ve pigment oluşumları, tabaklama, ahşap koruma, kimyasal, kağıt hamuru ve kağıt üretimi gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Tüm bu endüstriyel faaliyetler, biyolojik ve ekolojik türler üzerinde olumsuz etkisi olan krom kirliliğine katkıda bulunmaktadır (Kimbrough ve diğ, 1999).

Bakır (Cu) : Bakır doğadaki en yaygın bulunan maddelerden biridir. Bakır, endüstride, basınçlı sistemlerde, borularda, vanalarda, otomotiv sektöründe kullanılabilir. Boya, metal endüstrilerinden ve taşıtlardan havaya karışmaktadır. Ayrıca, fosil yakıtların yanması sonucu olarakta bakır atmosfere karışır. Tarımsal alanlarda ortalama havadaki konsantrasyonu 5–50 ng/m³'dür. Metalurjik faaliyetlerin sonucunda da atmosfere yayılabilmektedir. Havadaki bakır tozları sınır değeri iş yerleri için 1 mg/m³'dür. Bakır tozuna maruz kalmak karaciğere, böbreklere ve beyine zarar verir (Özkan, 2009).

Çinko (Zn) : Çinko, sıklıkla metalik kaplama ve alaşımlarında bulunur. Dünyada tüketilen metaller içerisinde dördüncü sırada yer almaktadır (Fe, Al, Cu). Fiber üretimi, çelik sanayi, ipek ipliği üretimi ve metal proses atık sularında karşımıza çıkmaktadır (Önder, 2012). Enzim faaliyetlerinde rol oynadığı ve enzimlerin yapısında yer aldığı için insanlar, hayvanlar ve bitkilerin yaşamını sürdürebilmesi için çinko gerekli bir elementtir (Karaçağıl, 2013).

Cıva (Hg) : Cıva uçucu bir elementtir ve oda sıcaklığında sürekli olarak buharlaşır. Buharlaştığı çevrede zehirli bir etki yaratır. Tarımda, kağıt ve selüloz üretiminde, elektrik malzemelerinde iletken olarak, ampüllerde, termometrelerde kullanımı

karşımıza çıkmaktadır (Seven ve diğ, 2018). Ortalama olarak yer kabuğunda 0,08 ppm, deniz suyunda ise 3×10^{-5} ppm cıva bulunmaktadır. Cıva ile ilgili endüstrilerde, cıva içeren atıkların bulunduğu alanlarda çalışan kişilerin ve termik santrallerde çalışan ve bu tür santrallerin yakınında yaşayan kişilerin ve vücutlarındaki cıva miktarları tehlikeli sınırlar üzerine çıkabilir. Yapılan çalışmalarda, vücuda alınan cıvanın beyin ve böbrekler üzerinde ciddi hasarlar yarattığı bilinmektedir (Soydemir, 2013).

Nikel (Ni) : Nikel, doğada çok az seviyede bulunur (Seven ve diğ, 2018). Çalışma koşullarında toz olarak havada müsaade edilen değerler nikel bazında 0,015 mg/m³ iken nikelkarbonil için 0,007 mg/m³'tür. Nikel esas olarak paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşımların üretiminde kullanılır. Havadaki nikel uzun süre maruz kalmak insan sağlığını olumsuz etkiler. Nikel yakıtların yakılmasından, madencilikten ve belediye katı atıklarının yakılmasından atmosfere yayılır (Özkan, 2009). Solunum sistemi kanserleri nikel maruz kalmanın sonucu oluşmaktadır. Astım gibi sağlık sorunlarına ek olarak, nikel ile çalışan kişilerde burun ve boğaz kanseri de gelişebilir (Seven ve diğ, 2018).

Berilyum (Be) : Berilyum elementi yer kabuğunda yaklaşık olarak 2-6 mg/g bulunmaktadır (Bhat ve Pillai, 1997). Berilyum ve bileşikleri, fosil yakıtlar, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler ve doğal süreçlerle çevreye yayılabilir (Vaessen ve Szeke, 2000). Berilyum ve bileşikleri canlılar ve ekosistemler üzerinde tehlikeli ve toksik etkileri olan kimyasal maddelerdir. Berilyumun sebep olduğu en yaygın ve kötü hastalık 'beril hastalığı'dır. Berilyum bileşikleri kanserojen kimyasallardır ve vücutta üst hava yolu ve akciğerlerde toplanırlar. Berilyumla çalışan kişilerin bulunduğu alanlarda, soluma miktarı 2 µg/m³'ü ve 30 dakikalık süre içinde 25 µg/m³'ü geçmemelidir (Habashi, 1997).

Alüminyum (Al) : Yer kabuğunun en yaygın üçüncü metali olan alüminyum, çevrede yalnızca tek bir oksidasyon durumunda (Al³⁺) bulunur. Doğal olarak gıdalarda bulunur ve aynı zamanda çevrede silikatlar, oksitler ve hidroksitler halinde bulunur. Alüminyum ve bileşikleri sindirim ve soluma yoluyla zayıf bir şekilde emilir, ancak emilim oranları henüz bilinmemektedir (Jaishankar ve diğ, 2014; Okechukwu, 2020). Bu metalin vücuda ulaşma yolları yutma, soluma, deri teması veya ilaçlardır (Zenk, 1996; Wei ve Yang, 2010; Fu ve Wang, 2011). İnsan maruziyeti, içme suyu, alüminyum içeriği yüksek yiyecek ve içeceklerin tüketimi, bu metalin yüksek düzeyde olduğu ortamlarda çalışma, hemodiyaliz, uzun süreli damar içi beslenme, kozmetik

ürünler, alüminyum içeren mutfak eşyaları ve ilaçlar, tozlu ortamlar yoluyla gerçekleşmektedir (Zenk, 1996; Fu ve Wang, 2011; Kim ve diğ, 2019).

Kobalt (Co) : Havadaki kobalt kaynakları hem doğal hem de antropojeniktir. Doğal kaynaklar erozyon, volkanik patlamalar, orman yangınları, deniz suyu spreyi, antropojenik kaynaklar ise fosil yakıt yakımı, motor emisyonları, kanalizasyon çamuru, fosfatlı gübreler ve kobalt içeren alaşımların işlenmesinden kaynaklanmaktadır (Barceloux ve Barceloux, 1999; Anjos, 2015). Ortam havasındaki kobalt konsantrasyonu, parçacıkların rüzgarla toprağa dağılmasına bağlıdır (IARC, 1991). Havadaki ortalama kobalt konsantrasyonu kentsel alanlarda küçüktür (yaklaşık 1-2 ng Co/m³), uzak bölgelerde ise biraz daha azdır (Tabor ve Warren, 1958; Raton, 1997). Yoğun sanayileşmiş şehirlerde, ortam havasında nokta kaynakların yakınında 10 ng Co/m³'ü aşan konsantrasyonlar meydana gelebilmektedir ve endüstriyel kaynakların yakınındaki konsantrasyonlar 600 ng Co/m³'e kadar çıkabilmektedir.

1.3 Pasif Örnekleme Yöntemi

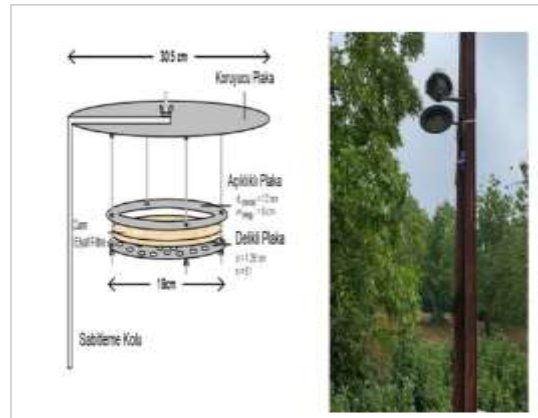
Hava ortamında kirleticilerin izlenmesinde örnekleme çalışması aktif yöntem ve pasif yöntem kullanılarak yapılabilir. Günümüze dek süregelen çalışmalarda, gaz ve partikül fazda bulunan kirleticilerin örneklenmesinde elektrikli bir pompanın kullanıldığı aktif örnekleme tekniği en yaygın kullanılan örnekleme uygulamasıdır (Bohlin ve diğ, 2008). Diğer kirleticilerde olduğu gibi ağır metallerin kirlilik düzeyinin belirlenmesinde, coğrafi kapsamın genişlemesini sınırlayan en önemli faktör, aktif örnekleme sistemlerinde uzun çalışma saatlerine uygun pompaların elektriğe bağlı oluşu ve örnekleme cihazlarının ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olmasıdır (Pirrone ve diğ, 2013; Huang ve diğ, 2014; McLagan ve diğ, 2016). Diğer taraftan, pasif örnekleyciler, aktif örnekleycilerin sunduğu yüksek hassasiyetli zamansal varyasyon çözünürlüğü sağlamazken, elektrik gücü gerektirmemeleri, düşük işletim maliyetlerine sahip olmaları, arazide uygulanmasının kolay olması ve aynı anda birden fazla noktadan numune toplamaya elverişli olması nedeniyle önemli bir alternatif örnekleme tekniğidir, böylece zaman içinde bütünleşik uzamsal konsantrasyon değişimi hakkında hassas veriler sağlar. Dolayısı ile, özellikle gaz faz organik kirleticilerin (Tørseth ve diğ, 2012) ve inorganik kirleticilerin (McLagan ve diğ, 2016; McLagan ve diğ, 2018; Gaga ve diğ, 2019; McLagan ve diğ, 2019; Szponar ve diğ, 2020) hava ortamında örneklemede pasif örnekleme tekniklerinin kullanılması da

yaygınlaşmaya başlamıştır. Öte yandan, hava ortamında partiküllere bağlı inorganik veya organik kirleticilerin örneklenmesinde pasif örnekleme tekniğinin uygulandığı çalışmalar çok sınırlıdır. Pasif örnekleme uygulamaları, birden fazla örnekleme istasyonunda eş zamanlı örnekleme gerektiğinde küresel ve bölgesel ölçekte kullanılabilecek güvenilir ve sağlam bir araçtır ve yarı uçucu organik kirleticilerin (SVOC) hava ortamında (Klánová ve Harner, 2013; Rauert ve diğ, 2016; Herkert ve diğ, 2018; Saini ve diğ, 2020) su ortamında (EU, 2009; Lohmann ve Muir, 2010) izlenmesinin yanı sıra inorganik kirleticileri izleme çalışmalarında (McLagan ve diğ, 2016; McLagan ve diğ, 2018; Gaga ve diğ, 2019; McLagan ve diğ, 2019; Szponar ve diğ, 2020) da uygulanmaktadır.

Atmosfer, gazların ve parçacıkların girdiği, değiştiği ve çıktığı dinamik bir sistemdir. Atmosferik çökeltme, kirleticilerin atmosferde çeşitli işlemlerden geçtikten sonra yüzeye geri dönmesidir. Bu sistemde, doğal bileşenlere ek olarak, dünya yüzeyinden salınan doğal olarak oluşan ve insanlığının neden olduğu hava kirleticileri ile de yüklüdür. Atmosferik kirleticiler, temelde iki ana grupta toplanır. Bunlar birincil ve ikincil kirleticilerdir. Birincil kirleticiler; direk olarak kirletici kaynaktan atıldıkları halde atmosferde bulunurlar. İkincil kirleticiler ise; birincil kimyasalların havada bulunan diğer türlerle reaksiyona girmesi sonucu oluşan türlerdir. Çeşitli kaynaklarla yayılan kirleticiler, meteorolojik koşullara bağlı seyrelmekte veya kimyasal reaksiyonlarla farklı kirletici oluşumuna sebep olmaktadır. Kirleticiler farklı sürelerde atmosferde kaldıktan sonra kuru ve ıslak çökeltme mekanizmaları ile atmosferden ayrılmaktadırlar (Bayraktar ve TURALIOĞLU, 2004) . Islak çökeltme, hava kirleticilerinin yağmur, kar gibi hidrometeorlar tarafından atmosferden uzaklaştırılmasıdır (Wesely ve Hicks, 2000). Islak çökeltme, atmosferik hava kirleticilerinin atmosferden ayrılmasında en etkili mekanizmadır. Araştırmalar, kirleticilerin ıslak çökeltmenin kuru çökeltmeye oranının iki kattan daha fazla olduğunu göstermiştir (Asman, 2001). Kuru çökeltme, atmosferik eser kimyasal maddelerin hava hareketi ile yeryüzüne aktarıldığı süreçtir. Yerçekimi ile çökeltme, özellikle birkaç mikrometreden daha büyük bir çapa sahip parçacıkların birikmesini etkiler. Kuru çökeltme işlemi, yüzeylerin fiziksel, biyolojik ve kimyasal özelliklerinin karmaşıklığı ve değişkenliğinden ve maddelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin çeşitliliğinden etkilenir. Bu yüzden, ilgilenilen bölgelerdeki dağınık alanlardaki oranları tahmin etmek için sürekli ölçümler yapmak gerekebilir. Bunun yanı sıra, atmosferik bütçeler

oluşturmanın birincil aracı, kuru çökelme modellerini veya modüllerini içeren sayısal meteoroloji ve atmosferik kimya modellerinin kullanılmasıdır (Wesely ve Hicks, 2000). DD-PAS örnekleyicinin şematik bir şekli Şekil 1.4’da verilmiştir.

Pasif kuru çökelme örnekleyicisi (DD-PAS), ulaşımı zor, elektrik kaynağı gerektiren ve olmayan ortamlarda kuru çökelme toz örneklerinin toplanabilmesi için Eng ve diğ. (2013) tarafından çalışılmaya başlanmıştır. DD-PAS, örnekleme ortamı olarak iki paralel düz plaka ve bir cam elyaf filtre içermektedir. Filtre açık plakanın altına yerleştirilir ve delikli bir destek ile yerinde tutulur. Açık plakanın kenarları, minimum türbülans ile iki plaka arasında engelsiz hava akışını destekler (Davidson ve diğ, 1985). Partikül fazında biriken bileşikler filtre üzerinde depolanır. Üst kapak plakasının daha büyük çapı, bazı hedef analitler için bozunmayı artırabilecek ıslak çökelmeden ve doğrudan güneş ışığından filtrenin korunmasını sağlar (Bartkow ve diğ, 2006). DD-PAS örnekleyiciler ağır metallerin örnekleme ortamında kullanılmıştır (Gaga ve diğ, 2019). Yapılan kalibrasyon çalışmaları, 35 DD-PAS örnekleyicilerin günlük hava örnekleme miktarının $\sim 9 \text{ m}^3$ olduğunu göstermiştir (Gaga ve diğ, 2019). PUF-PAS ile karşılaştırıldığında DD-PAS için gözlemlenen daha yüksek örnekleme oranları, eser elementlerin farklı partikül boyutu fraksiyonları ile ilişkisindeki farklılıklara bağlanmıştır (Gaga ve diğ, 2019). Daha büyük partiküllerde daha bol bulunan eser metallerin daha yüksek birikme oranlarına ve dolayısıyla DD-PAS için daha yüksek örnekleme oranlarına sahip olması beklenmektedir (McKenna ve diğ, 2008).



Şekil 1.4 : DD-PAS örnekleyici.

1.4 Elektronik Atıklara ve Elektronik Bünyesinde Bulunan Kirleticilere Yönelik Yasal Düzenlemeler

Elektronik atıkların ve zararlı kimyasalların düzenlenmesiyle ilgili olarak Avrupa Birliği içinde ve küresel düzeyde birçok uluslararası düzenleme bulunmaktadır (Çizelge E.1.). Bunun yanı sıra, mevzuatta bulunan boşluklar, elektronik atıkların sınır ötesi hareketini yasaklayan Basel Sözleşmesine rağmen gelişmekte olan ülkelere ihraç edilmesine neden olmuştur (Perkins ve diğ., 2014). Ülkemizde atık elektrikli ve elektronik atıklar, Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği (RG., 2012) ile düzenlenmektedir. Avrupa Birliği Komisyonu tarafından ise 13 Haziran 2000 tarihinde e-atık ve elektrik ve elektronik ekipmanların içerdiği bazı maddelerin kullanılmasının sınırlandırılması ile ilgili yayınlanan taslak direktif, 27 Ocak 2003 tarihinde Elektrikli ve Elektronik Ekipman Atıkları Direktifi (WEEE-2002/96/EC Waste Electrical and Electronic Equipment Directive) (EU, 2003b) ve Elektrikli ve Elektronik Ekipmanlarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanılmasının Sınırlandırılması Direktifi (RoHS-2002/95/EC The Restriction of The Use of Certain Hazardous in Electrical and Electronic Equipment) (EU, 2003c) olarak yayınlanmıştır. Avrupa’da revize AEEE direktifi 2018 yılında (WEEE 2012/19/EU) (EU, 2012) yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde ise 30 Mayıs 2008 tarihinde 26891 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik” (RG, 2008) 1 yıl sonra yürürlüğe girmiştir. 22 Mayıs 2012 tarihli yayınlanan 28300 sayılı Resmi Gazetede ise “Atık Elektrikli Ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği” (RG, 2012) yayınlanmış olup, yönetmeliğin tüm maddelerinin yürürlüğe girmesi 1 yıl sonra olmuştur.

1.5 Hipotez

Son dönemlerde yapılan çalışmalarda özellikle katı atık deponi sahaları, AEEE tesisi vb. yerlerde daha yüksek konsantrasyonda ağır metal bulunduğu bildirilmektedir. Bununla birlikte, söz konusu tez çalışmasını gerçekleştiren lisansüstü öğrenci ve tez danışmanının mevcut bilgisine göre ülkemizde konu ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu bağlamda aşağıdaki hipotezler ortaya konulmuştur;

- Ülkemizde Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın izni ile lisanslı olarak hizmet vermekte olan AEEE işleme/dönüşüm tesisleri ağır metal açısından kaynak teşkil edebilir
- Söz konusu tesisler civarında belirlenen ağır metal konsantrasyonları geri plan alanlarda belirlenen konsantrasyonlardan farklılık gösterebilir
- Ağır metaller solunum yoluyla insan maruziyeti durumu risk oluşturabilir.



2. MATERYAL VE METOD

2.1 Kullanılan Kimyasallar ve Malzemeler

Tez çalışmasında kullanılan 105 mm çaplı cam elyaf filtreler (GF/F) Whatman (Maidstone, UK)'dan, her ikisi de suprapur saflıkta olan hidroklorik asit (HCl, %30) ve nitrik asit (HNO₃, %65) Merck ((Darmstadt, Germany)'den temin edilmiştir. Ultra saf su, PURELAB Flex 3-4 (Elga LabWater, UK) su arıtma sistemi kullanılarak hazırlanmıştır. 0,45 µm gözenek boyutlu politetrafluoroetilen (PTFE) şırınga filtresi, ISOLAB'dan (Almanya) satın alınmıştır. Tez kapsamında Be, As, Cd, Cr, Ni, Co, Cu, Al, Pb, Zn elementleri incelenmiştir.

2.2 Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Örnekleme Stratejisi

2.2.1 Örnekleme noktalarının seçilmesi

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'ndan alınan bilgilere göre lisanslı olarak faaliyet gösteren geri dönüşüm tesisleri listesi oluşturulmuş ve AEEE tesislerinde işlenen atık türleri dikkate alınarak çalışmanın yapılacağı tesisler kararlaştırılmıştır. Bu bağlamda, toplam 20 adet (İstanbul (x3), Kocaeli (x4) Ankara (x6), Kırıkkale (x1), Manisa (x1), Niğde (x1), Bursa (x2) ve Eskişehir (x2)) tesis seçilmiştir (Şekil 2.1 ve Çizelge E.2). İlaveten, her şehirde 1 er adet geri plan örnekleme noktası belirlenerek üçer aylık dönemler halinde 1 yıl boyunca 4 örnekleme gerçekleştirilerek her örnekleme döneminde toplam 28 adet örnek toplanmıştır. Örnekleme, tesislerden 20-50 m mesafede, hakim rüzgâr yönünde olacak şekilde yapılmıştır. Geri plan alanlar ise herhangi bir kirlilik etkisinde bulunmayan, o bölgenin tipik kirleticisi seviyelerini temsil edecek yerler olacak şekilde belirlenmiştir.



Şekil 2.1 : Örnekleme noktaları : 1-İstanbul; 2- Kocaeli; 3- Bursa; 4- Manisa; 5- Eskişehir; 6- Ankara; 7- Kırıkkale; 8- Niğde.

2.2.2 Örneklem stratejisi

Örneklem çalışması 2021-2022 yıllarında mevsimsel olarak (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimlerinde gerçekleştirilmiştir) planlanmış olup, örneklem sezonlarının belirlenmesinde takvimsel döngü baz alınmıştır (Çizelge 2.1). Örnekleyiciler örneklem noktalarında yaklaşık 3 ay kalmıştır. Örneklem sezonlarına ait detaylar Çizelge 2.1’de mevcuttur.

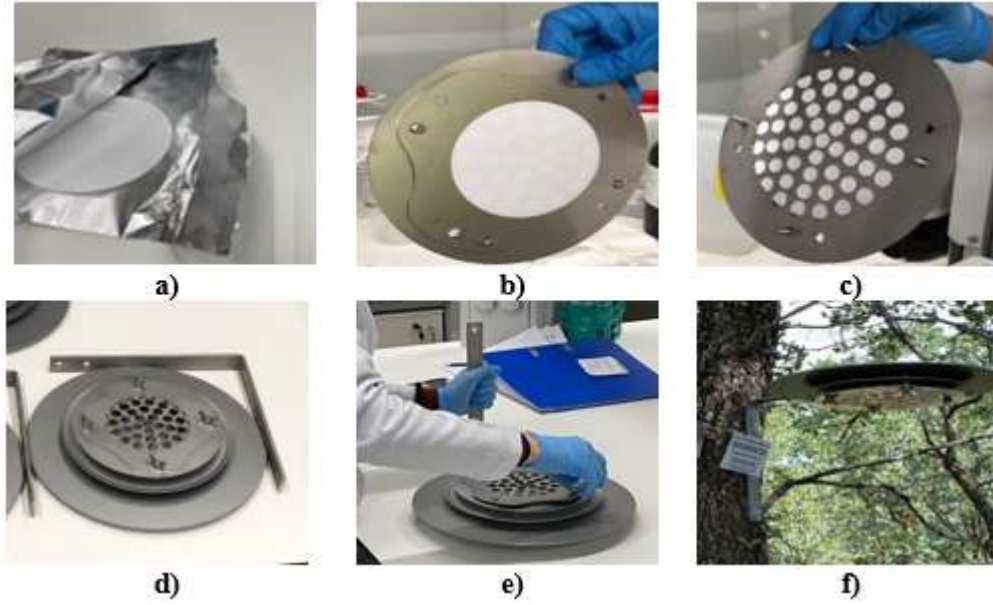
Çizelge 2.1 : Örneklem dönemleri.

2021						2022					
Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
YAZ SEZONU			SONBAHAR			KIŞ			İLKBAHAR		
SEZON 1			SEZON 2			SEZON 3			SEZON 4		

2.3 Pasif Hava Örneklemesi Tekniği İle Partikül Fazda Bulunan Ağır Metallerin Örneklemesi

Partikül fazda bulunan ağır metal kirleticilerin belirlenmesi için partikül madde örneklemesi DD-PAS örnekleyiciler kullanılarak yapılmıştır. Örneklem materyali olarak cam elyaf filtre kullanılmıştır. DD-PAS, örneklem ortamı olarak iki paralel düz plaka ve bir cam elyaf filtre içermektedir. Filtre açık plakanın altına yerleştirilmiş ve delikli bir destek ile yerinde sabitlenmiştir. Açık plakanın kenarları, minimum turbülans ile iki plaka arasında engelsiz hava akışını desteklemektedir (Davidson ve diğ, 1985). Hava ortamında bulunan partikül maddeler filtre üzerinde depolanır. Üst kapak plakasının daha büyük çapı, bazı hedef analitler için bozunmayı artırabilecek ıslak çökelmeden ve doğrudan güneş ışığından filtrenin korunmasını sağlamaktadır (Bartkow ve diğ, 2006; Gaga ve diğ, 2019).

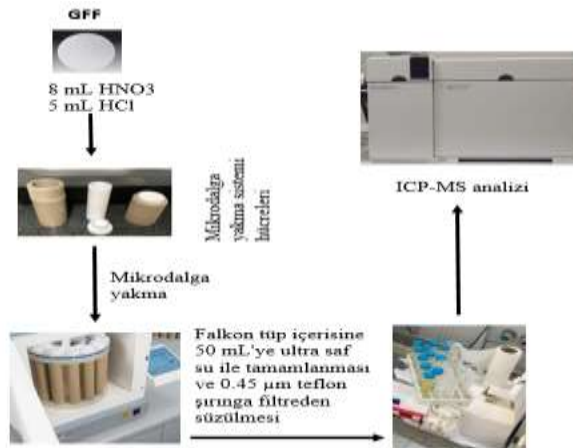
DD-PAS örnekleyiciler, Kanada Çevre ve İklim Değişikliği Bakanlığı (Environment and Climate Change Canada) bünyesinde uzman araştırmacı olarak çalışmakta olan Dr. Tom Harner ve ekibi tarafından geliştirilmiş olup, daha önce farklı bilimsel çalışmalarda inorganik Gaga ve diğ. (2019) ve organik Eng ve diğ. (2013) kirleticilerin partikül fazda bulunan konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 2.2 : Pasif örnekleyciye ait görseller (a: partikül örneklerinin toplandığı cam elyaf filtre; b ve c) filtrenin örnekleyciye yerleştirilmesi ; d ve e) DD-PAS örnekleycisinin montajı; f) örnekleme bölgesinde yerleştirilmiş DD-PAS örnekleycisi).

2.4 Örneklerin Cihaz Analizine Hazır Hale Getirilmesi

Toplanan kuru çökeltme toz örneklerinin ağır metal analizine hazır hale getirilmesi aşamaları Şekil 2.3’de akış diagramı halinde verilmiştir. Örneklerin asitle sindirme işlemleri Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü araştırma laboratuvarında bulunan mikrodalga yakma (MARS 5, CEM Corp.), sisteminde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.3 : Partikül ve toprak örneklerinde ağır metal analizi ve ICP-MS analizine hazırlanması aşamaları.

2.5 Enstrümental Analiz

Hedef kirlenici olarak belirlenen ağır metallerin enstrümental analizi Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarında bulunan Agilent 7700x (HMI, High Matrix Introduction modüllü) model endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihaz işletim şartları şu şekilde uygulanmıştır: RF gücü 1550 W; taşıyıcı gaz akış hızı: 0,90 L/dk; plazma gazı akış hızı: 15 L/dk; plazma örnekleme derinliği: 8 mm; nebulizer akış oranı: 1,01 L/dk; ekstraktör lensi potansiyeli: -160 V; konik spray odası sıcaklığı: 2 °C; nebulizer pompası: 0,10 devir/saniye; nebulizer tipi: mikromist; iyon lensleri modeli: x-lens

2.6 Kalite Kontrol/Kalite Güvencesi (KK/KG)

Deneyler sırasında, analitik yöntemlerin farklı aşamalarında numune, ekipman ve kimyasallar gibi her türlü malzemenin kullanımı sıkı kalite kontrol önlemleri ile kontrol edilmiştir. Ağır metal analizlerinde kullanılan malzemeler yüksek kalite plastik veya teflon olarak tercih edilmiştir. Kirli malzemelerin temizliği ise musluk suyu ile yıkama, deiyonize su ile yıkama, sentetik deterjanda (Alconox) bekletme, kromik asitte bekletme, musluk suyu ile durulama ve bunu takiben deiyonize su ile durulama ve kurutma kağıdı üzerinde kurutma şeklinde yapılmıştır.

2.6.1 Kontrol numuneleri (şahit numune)

Deneyler sırasında olası bir kirlilik girişiminin olup olmadığını kontrol etmek için şahit numuneler hazırlanmıştır.

a) Laboratuvar ortamı şahit numunesi: İki türlü hazırlanmıştır

- 450 °C’de fırınlanmış kuvars filtre;
- yüksek saflıkta HNO₃ ve HCl

b) Arazi şahit numunesi: 450 °C’de fırınlanmış kuvars filtre

2.6.2 Metod belirleme limiti (MDL) ve cihaz belirleme limiti (IDL)

Metod belirleme limiti (MDL), kontrol numunelerinde hedef kimyasal ölçüldüğünde, kontrol numunelerinin ortalama konsantrasyonuna standart sapmanın (ortalama + 3 x SD) 3 katı eklenerek hesaplanmıştır. Kontrol numunelerinde hedef kimyasalın bulunmaması durumunda, cihaz belirleme limiti (Instrument Detection Limit, IDL)

MDL olarak kabul edilmiştir. IDL, kalibrasyon çözeltileri setinde cihazın belirleyebildiği en düşük kalibrasyon seviyesine ait konsantrasyon değerinin yarısı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Konsantrasyon değerlerinin MDL ve IDL değerlerinden düşük olup olmadığı kontrol edilmiştir.

2.6.3 Şahit numune konsantrasyonlarının, MDL ve IDL değerlerinin hesaplamalara yansıtılması

Bu çalışmada aşağıdaki uygulamalar yapılmıştır.

- Örneklere dair elde edilen ham verilerden şahit numune ortalama konsantrasyon değeri çıkarılmıştır.
- Bu nedenle MDL değeri 3 x şahit numune standart sapması (SD) olarak alınmıştır.
- Analizde herhangi bir modelleme çalışması gerçekleştirmediğinden dolayı <MDL konsantrasyona sahip analitlerin konsantrasyonu ilgili analitin MDL değerinin yarısı ile değiştirilmesi (US EPA, 2000) şeklinde uygulama veri setine uygulanmamıştır.

2.6.4 Sertifikalı referans madde (SRM) analizi

Analizlerin güvenilirliğinin değerlendirilmesi amacı ile National Institute of Standards & Technology (NIST) Standart Reference Material 1648a (Urban particulate matter) sertifikalı referans madde olarak analiz edilmiştir.

2.7 İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizler Microsoft Excel yazılımında gömülü yazılım olarak çalışan Systat yazılımı (Systat Software, Inc, USA) (Versiyon 2014.5.3) kullanılarak yapılmıştır.

Herhangi bir kirletici için akı, birim zaman başına birim alan başına kütle olarak temsil edilen bir kaynak alandan kirleticilerin konsantrasyonunun ve akışının ölçümüdür. Diğer bir ifade ile birim zamanda birim alana düşen kirletici miktarıdır. Kütleli akı, vektörel bir miktar olup kütle/zaman/alan olarak ifade edilir (örneğin $\mu\text{g}/\text{gün}/\text{m}^2$).

$$Akı (F) = \frac{m}{t * A} \quad (2.1)$$

Burada; m= Filtre örneğinde belirlenen ağır metal miktarı (µg), t= örnekleyicinin sahada toplam kalış süresi (gün), A=DD-PAS örnekleyicide partiküllerin çökelediği toplam alan (m²) (DD-PAS örnekleyiciler için bu alan 0,0087 m² (d=10,5 cm) olarak belirlenmiştir).

2.8 AEEE Tesislerinin Çevresel Ortamlar için Kirletici Kaynak Teşkil Etme Durumunun Belirlenmesi

İç ortamların dış ortamlar için bir kirletici kaynak olup olmadığının değerlendirilmesinde I/O oranının (iç ortam konsantrasyonu/dış ortam konsantrasyonu) kullanışlı bir indikatör parametre olduğu bildirilmiştir (Bohlin ve diğ, 2008; Chen ve diğ, 2014). I/O >1 ise iç ortam havasının dış ortam havası için bir kaynak olabileceği, I/O<1 ise dış hava ortamının iç ortam havası için bir kaynak olabileceği bildirilmektedir. I/O oranına benzer bir şekilde, T/G (tesis yakınında belirlenen toplam ağır metal konsantrasyonu (mg/kg) (10 adet ağır metal) / geri plan yakınında belirlenen toplam ağır metal konsantrasyonu (mg/kg) (10 adet ağır metal) oranı belirlenmiş ve çalışma kapsamında incelenen AEEE tesislerinin kendisini çevreleyen yakın mesafedeki atmosferik ortam için bir kaynak oluşturup oluşturmadığı değerlendirilmiştir. T/G>1, tesisin bir emisyon kaynağı olabileceğini, T/G<1 ise tesisin bir emisyon kaynağı olmadığını göstermektedir.

2.9 Sağlık Riski Değerlendirmesi

2.9.1 Yutma, soluma ve deriye temas yoluyla maruziyet değerlendirme

Sağlık riski değerlendirme, kimyasal toksik maddelere maruz kalmanın tetiklediği insan sağlığı risklerini değerlendirmek için Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından önerilen bir yöntemdir (Yu ve diğ, 2022). İnsanlar toksik maddelere genellikle üç yolla maruz kalırlar: soluma, deri teması ve yutma (Miletić ve diğ, 2023). Bahsedilen üç maruz kalma yolunun uzun vadeli günlük ortalama maruziyetlerini ve kanserojen ağır metallerle maruz kalma miktarını hesaplamak için aşağıdaki denklemler kullanılabilir (Xia ve diğ, 2020).

$$CDI_{ing} = C_{UCL} \times \frac{R_{ing} \times F_{exp} \times T_{exp}}{ABW \times T_{avg}} \times 10^{-6} \quad (2.2)$$

$$CDI_{inh} = C_{UCL} \times \frac{R_{inh} \times F_{exp} \times T_{exp}}{PEF \times ABW \times T_{avg}} \quad (2.3)$$

$$CDI_{dermal} = C_{UCL} \times \frac{SAF \times A_{skin} \times DAF \times F_{exp} \times T_{exp}}{ABW \times T_{avg}} \times 10^{-6} \quad (2.4)$$

$$UCL_{1-\alpha} = \bar{X} + \left(z_{\alpha} + \frac{\beta}{6\sqrt{n}} (1 + 2 z_{\alpha}^2) \right) S / \sqrt{n} \quad (2.5)$$

Burada; C_{UCL} = Maruz kalma noktası üst güvenli sınır içeriği ($\mu\text{g kg}^{-1}$), $\bar{X}$ = Aritmetik Ortalama, S = Standart Sapma, β = Çarpıklık, n = Örnek sayısı, α = Tip I hata yapma olasılığını (yanlış pozitif), Z_{α} = Standart normal dağılımın $(1-\alpha)$ 'nci niceliğini ifade eder. %95 güven düzeyi için $Z_{\alpha}=1,645$. Çizelge 2.2 bu çalışmada kullanılan parametrelerin bir özetini göstermektedir.

Çizelge 2.2 : Bu çalışmada sağlık etki değerlendirmesi hesaplamalarında kullanılan parametrelerin özeti.

Parametre	Birim	Çocuk	Yetişkin	Referans
Yutma yolu ile maruz kalınan ağır metal miktarı (CDI_{ing})	mg/ kg gün	-	-	
Solunum yolu ile maruz kalınan ağır metal miktarı (CDI_{inh})	mg/ kg gün	-	-	Mevcut Tez çalışması
Dermal temas yolu ile maruz kalınan ağır metal miktarı (CDI_{der})	mg/ kg gün	-	-	
Vücut ağırlığı (ABW)	kg	15	70	(Radomirović ve diğ, 2021)
Maruz kalma sıklığı (F_{exp})	gün/yıl	180	180	(Kumar ve diğ, 2020)
Maruz kalma süresi (T_{exp})	yıl	6	24	(Marković ve diğ, 2016)
Yutma hızı (R_{ing})	mg/gün	200	100	(Kumar ve diğ, 2020; Yu ve diğ, 2022)
Solunum hızı (R_{inh})	m ³ /gün	10	20	(Amin ve diğ, 2021)
Cilt yüzey alanı (A_{skin})	cm ²	2800	5700	(Kumar ve diğ, 2020)
Dermal emilim faktörü (DAF)	birimsiz	0,001		(Sadeghi ve diğ, 2021)
Cilde yapışma faktörü (SAF)	mg (cm ²) ⁻¹ sa ⁻¹	0,2		(Rahman ve diğ, 2019)
Partikül emisyon faktörü(PEF)	m ³ /kg	1,36 * 10 ⁹	1,36 * 10 ⁹	(Kumar ve diğ, 2020)
Dönüşüm faktörü (CF)	kg/mg	1 * 10 ⁻⁶	1 * 10 ⁻⁶	(El-Alfy ve diğ, 2021)
Ortalama süre (T_{avg}):	gün			
kanserojenler için;		365 * 70	365 * 70	(Kumar ve diğ, 2020)
kanseron olmayanlar için;		365 * ED	365 * ED	(Radomirović ve diğ, 2021)

2.9.2 Kanserojen olmayan sağlık riski değerlendirmesi

Kanserojen olmayan riskin hesaplanması, toprak ve tortudaki ağır metallerin insanlarda kanserojen olmayan etkiler üzerindeki etkisinin belirlenmesini temsil eder. Tehlike bölümü (HQ) ve tehlike indeksi (HI) bu amaç için kullanılır. HQ_i, Denklemlerde gösterildiği gibi, tüm maruz kalma yolları (ing=yutma; inh=soluma; derm= dermal temas) için bir ağır metal için ortalama günlük doz ve referans dozunun oranını temsil eder.

$$HQ_{ing} = \frac{CDI_{ing}}{RfD_{ing}} \quad (2.6)$$

$$HQ_{inh} = \frac{CDI_{inh}}{RfD_{inh}} \quad (2.7)$$

$$HQ_{derm} = \frac{CDI_{derm}}{RfD_{derm}} \quad (2.8)$$

$$HQ_{toplam} = HQ_{ing} + HQ_{inh} + HQ_{derm} \quad (2.9)$$

Belirli bir numunedeki her ağır metal için tüm HQ_i değerleri, analiz edilen bir numunedeki tüm maruz kalma yolları boyunca belirlenen her ağır metal için tehlike bölümünün toplamını temsil eden HI'yı elde etmek üzere toplanır:

$$HI = \sum HQ \quad (2.10)$$

HI değeri, kirlenmiş toprak ve tortuya maruz kalmanın sağlık üzerinde potansiyel kanserojen olmayan etkileri olup olmadığını gösterir. Kirliliğin en sık ve yaygın olarak uygulanan sınıflandırması, değere göre sınıflandırmadır. HI veya HQ birden büyükse (HI > 1), ağır metallerin sağlığa zararlı etkisi olabileceğine dair şüphedir; bu değer birden küçükse (HI < 1), ağır metallerin etkisi önemsizdir.

Referans dozu (RfD), yaşam boyu insan sağlığı üzerinde zararlı bir etkisi olmayan ağır metallerin günlük maruziyetinin bir tahminini temsil eder. Her ağır metalin farklı bir RfD değeri vardır. RfD, kanserojen olmayan riskin hesaplanması için gereklidir ve birimleri mg.kg⁻¹.gün⁻¹ cinsinden kullanan çalışmalar olmasına rağmen, CDI ile aynı birimlerle, yani mg.kg⁻¹.gün⁻¹ cinsinden ifade edilir. Bazı araştırmacılar inhalasyon CDI'si ve dolayısıyla inhalasyon RfD'si (mg.m⁻³) için birimleri farklılaştırmıştır. CDI formüllerinde olduğu gibi, üç maruz kalma yolunun (yutma, soluma ve cilt teması)

tümü için ayrı RfD değerleri vardır. Tez kapsamında incelenen ve literatürde referans doz değerler, verilen ağır metallerin RfD_{ing}, RfD_{inh} ve RfD_{derm} değerleri Çizelge 2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Tez kapsamında incelenen ve literatürde referans doz değerler, verilen ağır metallerin RfD_{ing}, RfD_{inh} ve RfD_{derm} değerleri (mg/kg.gün).

Ağır Metal	RfD _{ing}	RfD _{inh}	RfD _{derm}
Cd ^{1,2,3,4,5,6,7,8}	1×10 ⁻³	1×10 ⁻⁵	1×10 ⁻⁵
Cr (III) ^{9,10,11,12,13,14,15,16}	3×10 ⁻³	2,86×10 ⁻⁵	6×10 ⁻⁵
Cu ^{14,17,18}	4,02×10 ⁻³	4,02×10 ⁻²	1,2×10 ⁻²
Ni ^{19,20,6,21,12,22,16,10}	2 ×10 ⁻²	2,06×10 ⁻²	5,4×10 ⁻³
Pb ^{1, 19,23,9,22,8,3}	3,5×10 ⁻³	3,52×10 ⁻³	5,25×10 ⁻⁴
Zn ^{12,6,10,23,3}	3×10 ⁻¹	3×10 ⁻¹	6×10 ⁻²
As ^{24,25,14,26,9,27,28}	3×10 ⁻⁴	3×10 ⁻⁴	1,23×10 ⁻⁴
Hg (II) ^{1,29,16,2,15,10,28}	3×10 ⁻⁴	8,6 ×10 ⁻⁴	2,1×10 ⁻⁵
Co ^{30,31,9,12,13,27}	2×10 ⁻²	5,71×10 ⁻⁶	1,6×10 ⁻²
V ^{32,33,20,27}	7×10 ⁻³	7×10 ⁻³	7×10 ⁻⁵

¹(Gui ve diğ, 2023); ²(Yu ve diğ, 2022); ³(She ve diğ, 2022); ⁴(Wu ve diğ, 2023); ⁵(Taghavi ve diğ, 2023); ⁶(Sarim ve diğ, 2022); ⁷(Wang ve diğ, 2022); ⁸(Battsengel ve diğ, 2020); ⁹(Heidari ve diğ, 2021); ¹⁰(Pecina ve diğ, 2021); ¹¹(Kusin ve diğ, 2018); ¹²(Bai ve Zhao, 2020); ¹³(Taghavi ve diğ, 2023); ¹⁴(Yu ve diğ, 2022); ¹⁵(Zhang ve diğ, 2021); ¹⁶(Shen ve diğ, 2021); ¹⁷(Huang ve diğ, 2019); ¹⁸(Zhang ve diğ, 2021); ¹⁹(Xia ve diğ, 2020); ²⁰(Alsafran ve diğ, 2021); ²¹(Xue ve diğ, 2023); ²²(Adimalla, 2020); ²³(Hou ve diğ, 2019); ²⁴(Doležalová Weissmannová ve diğ, 2019); ²⁵(Zhou ve diğ, 2018); ²⁶(Raj ve diğ, 2022); ²⁷(Wang ve diğ, 2019); ²⁸(Wu ve diğ, 2020); ²⁹(Zhang ve diğ, 2020); ³⁰(ur Rehman ve diğ, 2018); ³¹(Chen ve diğ, 2020); ³²(Chu ve diğ, 2022); ³³(USEPA, 2023)

2.9.3 Kanserojen sağlık riski değerlendirmesi

Kanserojen etki gösteren ağır metaller için kanserojenik risk değerlendirmesi yapılmıştır. Kanserojen risk, toprak ve tortudaki ağır metallerin insanlar üzerindeki kanserojen etkisi üzerindeki etkisini ölçer. Bu amaçla iki parametre kullanılmaktadır: kanserojen risk (CR) ve toplam kanserojen risk (TCR).

As, Cd, Cr, Ni gibi potansiyel kanserojen tehlike taşıyan ağır metaller için çocukların yaşam boyu ortalama günlük dozu (LADD), Denklem (2.10) kullanılarak hesaplanmıştır (Zgłobicki ve diğ, 2021);

$$LADD = C \times \frac{EF}{AT \times PEF} \times \frac{CR_{child} \times ED_{child}}{BW_{child}} \quad (2.11)$$

Kanserojen risk (CR) değerleri, kanserojen bileşikler için LADD ($LADD_{ing}+LADD_{inh}+LADD_{der}$) değerlerinin eğim faktörleri (SF) ile çarpılmasıyla belirlenir (USEPA, 2011).

$$CR = SF \times LADD \quad (2.12)$$

Belirli bir numunedeki her bir ağır metal için tüm CR değerleri, analiz edilen bir numunedeki üç maruz kalma yolunun tamamı boyunca, analiz edilen her ağır metal için kanserojen riskin toplamını temsil eden TCR'yi elde etmek üzere toplanır:

$$TCR = \sum CR \quad (2.13)$$

TCR değeri, ağır metal kontaminasyonunun insan sağlığı üzerindeki potansiyel kanserojen etkileri hakkında fikir verir. Kabul edilebilir veya tolere edilebilir kanserojen riskler 1×10^{-6} ila 1×10^{-4} aralığındadır. TCR veya CR 10^{-6} 'nın altında ise kanserojen hastalıklara yakalanma riski yoktur, bu değer 10^{-4} 'ün üzerinde ise risk kabul edilemez. Yalnızca belirli elementler kanserojen olarak kabul edilir. Literatürde Cd, Cr, Ni, Pb ve As kanserojen metaller olarak rapor edilmiştir ve araştırmacılar listelenen metallerin tamamının veya yalnızca birkaçının kanserojen etkilerini değerlendirmiştir. Nadiren Cu ve Co kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Kanser eğim faktörü (SF), RfD'nin karşılığıdır ve kanserojen risk hesaplamalarında kullanılır (İfade edilmesi gereken birim $kg \cdot gün \cdot mg^{-1}$ 'dir). Tez kapsamında incelenen ve literatürde kanser eğim faktörleri verilen ağır metallerin SF_{ing} , SF_{inh} ve SF_{derm} değerleri ($kg \cdot gün / mg$) Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Tez kapsamında incelenen ve literatürde kanser eğim faktörleri verilen ağır metallerin SF_{ing} , SF_{inh} ve SF_{derm} değerleri ($kg \cdot gün / mg$).

Ağır Metal	SF_{ing}	SF_{inh}	SF_{derm}
Cd ^{1,2,3,4,5,6}	6,1	6,3	6,1
Cr (VI) ^{7,8,9,10,11,3}	0,5	42	20
Ni ^{12,13,14,15,16,6,17}	1,7	0,84	42,5
Pb ^{13,18,19,8,5,6,20,21}	$8,5 \times 10^{-3}$	$4,2 \times 10^{-2}$	$8,5 \times 10^{-3}$
As ^{12,22,17,15,23,16,1,18}	1,5	15,1	3,66

¹(Gui ve diğ., 2023); ²(Yu ve diğ., 2022); ³(Sarim ve diğ., 2022), ⁴(Wu ve diğ., 2020); ⁵(Battsengel ve diğ., 2020); ⁶(Konstantinova ve diğ., 2023); ⁷USEPA, 2023; ⁸(Heidari ve diğ., 2021); ⁹(Xia ve diğ., 2020); ¹⁰(Shen ve diğ., 2021); ¹¹(Taghavi ve diğ., 2023); ¹²(Xue ve diğ., 2023); ¹³(Zhang ve diğ., 2020); ¹⁴(Zhang ve diğ., 2021); ; ¹⁵(Xia ve diğ., 2020); ¹⁶(Bai ve Zhao, 2020); ¹⁷(Adimalla, 2020); ¹⁸(Pecina ve diğ., 2021); ¹⁹(Kusin ve diğ., 2018); ²⁰(Xue ve diğ., 2023); ²¹(She ve diğ., 2022); ²²(González-Valoys ve diğ., 2021) ; ²³(Obiri-Nyarko ve diğ., 2021).

3. BULGULAR

3.1 Kalite Kontrol/Kalite Güvence Hususunda Elde Edilen Sonuçlar

3.1.1 Kontrol numuneleri (şahit numune)

Analiz sonuçlarının hesaplanması sırasında laboratuvar ve arazi şahit numuneleri birlikte dikkate alınmıştır. Ağır metal analizi için DD-PAS örnekleri ile işleme tabi tutulan şahit numuneler için hedef kirletici konsantrasyonları Çizelge 3.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1 : Ağır metal analizi yapılan partikül madde ile işleme tabi tutulan şahit numunelerde hedef element konsantrasyonları.

Element	µg/filtre	µg/g*
Pb	0,092	4,18
Cr	0,526	23,9
As	0,116	5,27
Zn	792	3,6**
Cd	0,004	0,181
Cu	0,38	17,3
Ni	0,194	8,82
Be	0,006	0,272
Al	590	26,8**
Co	0,0054	0,246

*0,022 g toz (yarım filtre üzerinde biriken ortalama toz) miktarı baz alınmıştır; ** mg/kg

3.1.2 Sertifikalı madde analizi

Partikül madde analizi esnasında ise National Institute of Standards & Technology (NIST) Standart Reference Material 1648a (Urban particulate matter) SRM olarak analiz edilmiş olup belirlenen % uyum değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : SRM 1648a bünyesinde belirlenen ağır metal konsantrasyonları ve raporlanan sertifika konsantrasyonu ile uyumu (%).

Element	Sertifika Değeri	Analiz Sonucu mg/kg	%RSD
Pb	8246,6	6550,0	20,6
Cr	371,7	402,0	8,2
As	127,8	115,5	9,6
Zn	4815,7	4800,0	0,30
Cd	82,2	73,7	10,3
Cu	493,2	610,0	23,7
Ni	76,7	81,1	5,7
Al	34671,9	34300,	1,1
Co	17,9	17,9	0

3.1.3 Metod belirleme limiti (MDL) ve cihaz belirleme limiti (IDL)

Bütün numuneler şahit numune konsantrasyonu ile düzeltilmiş olduğundan, MDL=3*SD (şahit numunelerde belirlenen konsantrasyonların standart sapmasının 3 katı) olacak şekilde hesaplanmıştır ve Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Cihaz belirleme (IDL) ve metod belirleme (MDL) limit değerleri (mg/kg).

Element	Cihaz Belirleme Limit (IDL) Değeri (mg/kg)	Metod Belirleme Limit (MDL) Değeri (mg/kg)
Be	3,07	0,001
As	0,002	0,016
Cd	0,001	0,002
Cr	5,12	0,067
Ni	0,001	0,009
Co	0,031	0,0003
Cu	10,2	0,004
Al	0,033	86,2
Pb	0,002	0,003
Zn	10,2	108,0

Kontrol numunelerinde hedef kimyasalların mevcut olmaması durumunda ise cihaz belirleme limiti (Instrument Detection Limit, IDL) MDL olarak kabul edilmiştir. IDL,

kalibrasyon çözeltileri setinde cihazın belirleyebildiği en düşük kalibrasyon seviyesine ait konsantrasyon değerinin yarısı baz alınarak hesaplanmıştır.

3.2 Partikül Faz Ağır Metal Elementler ile İlgili Tespitler ve Çökeltme

Akılarının Değerlendirmesi

Pasif yöntem ile ağır metallerin örneklenmesinde, örnekleyici olarak DD-PAS örnekleyicilerinin kullanıldığı iki adet bilimsel çalışma vardır (Li ve diğ, 2018; Gaga ve diğ, 2019). Bu bilimsel çalışmalarda PUF disk pasif örnekleme materyali olarak kullanılmıştır.

Pasif örnekleyicinin farklı ağır metaller için farklı örnekleme oranları olabileceğini Li ve diğ. (2018) tarafından bildirilmiştir. Yapılan çalışmada, Cu ve Ni örnekleme oranının diğer elementlere göre daha yüksek oranı, Cd, Co, V ve As'nin ise diğerlerine göre daha düşük örnekleme oranı sergilediği belirtilmektedir. Bu farklılığın temel nedeninin PUF diskin metalleri adsorplama kapasitesi ile ilgili olabileceği varsayılmaktadır.

DD-PAS örnekleyicilerin örnekleme kinetiği ile ilgili detaylı çalışma yapan Gaga, PUF-PAS örnekleyiciler ile DD-PAS örnekleyicileri kıyasladığında, daha büyük boyutta partikül maddelerin örneklenebilmesinden dolayı, DD-PAS örnekleyicilerin yüksek örnekleme oranına sahip olup, yaklaşık kat daha fazla örnekleme oranı sağlayabileceğini bildirmiştir (Gaga ve diğ, 2019).

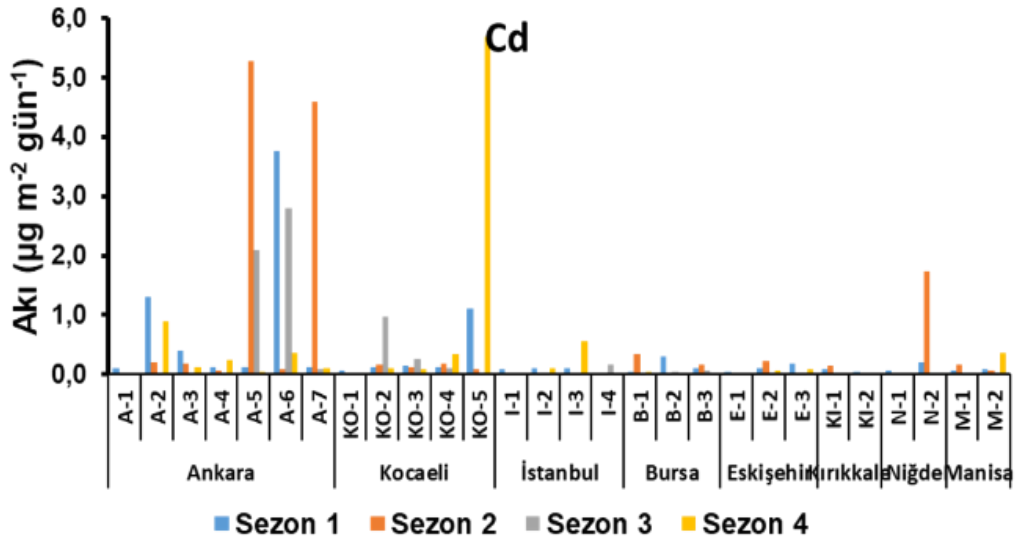
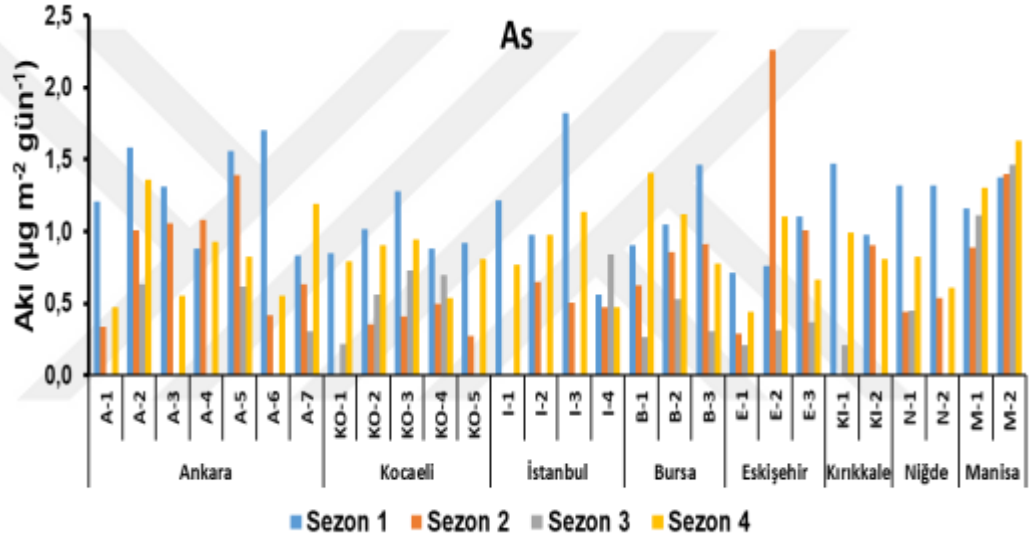
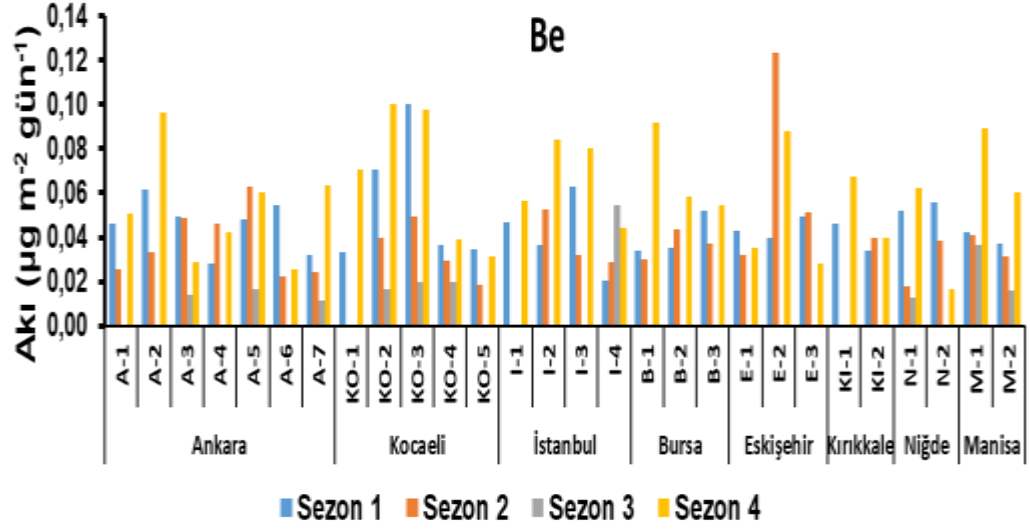
En nihayetinde, farklı örnekleme noktalarında eş zamanlı örnekleme yapılarak atmosferik ortamda bulunan partikül maddeye bağlı ağır metaller dahil değişik kirleticilerin örneklenmesinde kullanılabilecek basit ve direk ölçüm tekniği olarak DD-PAS örnekleyiciler kabul görmektedir.

Li ve Gaga'nın bilimsel çalışmalarının odaklanmış olduğu 'farklı elementler için PUF köpük üzerine örnekleme oranının çok fazla farklılık gösterdiği' bulgusundan hareketle, mevcut tez çalışmasında partikül fazda belirlenen ağır metal miktarı 'konsantrasyon=birim hacimde bulunan kirletici miktarı' bazında değil, 'çökeltme akısı=birim zamanda birim alana düşen kirletici miktarı' şeklinde ifade edilmiştir (Li ve diğ, 2018; Gaga ve diğ, 2019). Gaga ve diğ. (2019) çalışmalarının sonuçlarını çökeltme akısı olarak da hesaplamışlardır. Bu hesaplamalarda, çökeltme mekanizmasının sadece PUF disk yüzeyine gerçekleştiği, PUF disk içerisine bir

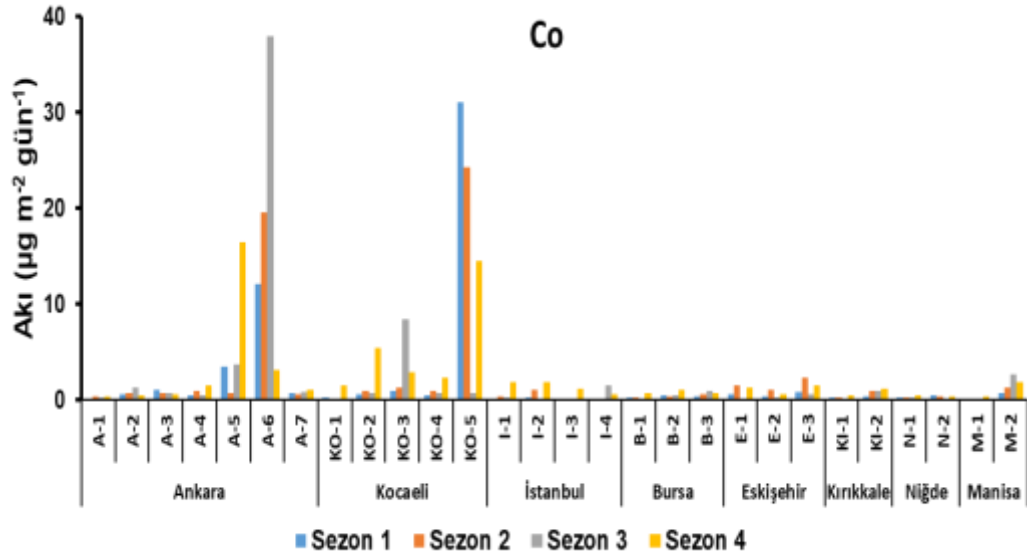
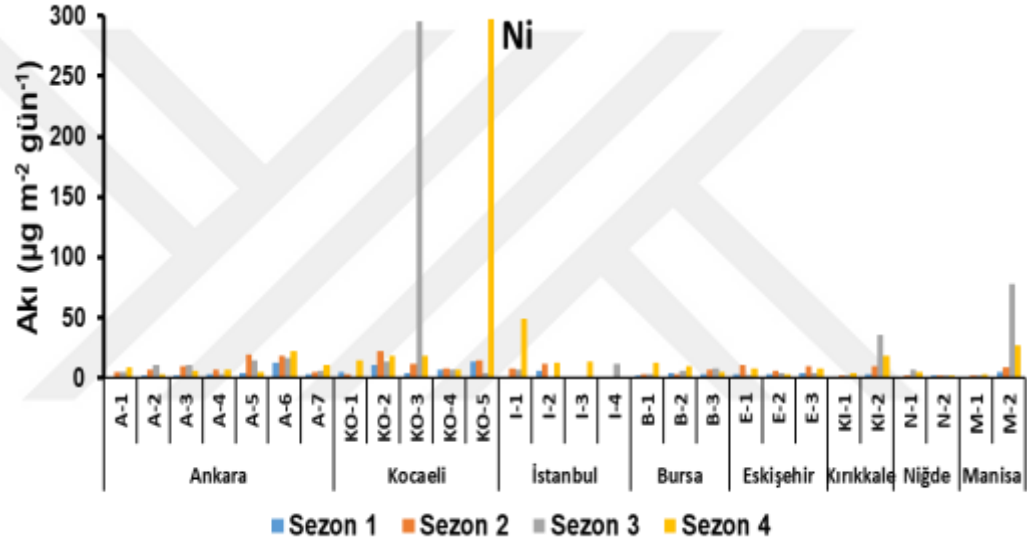
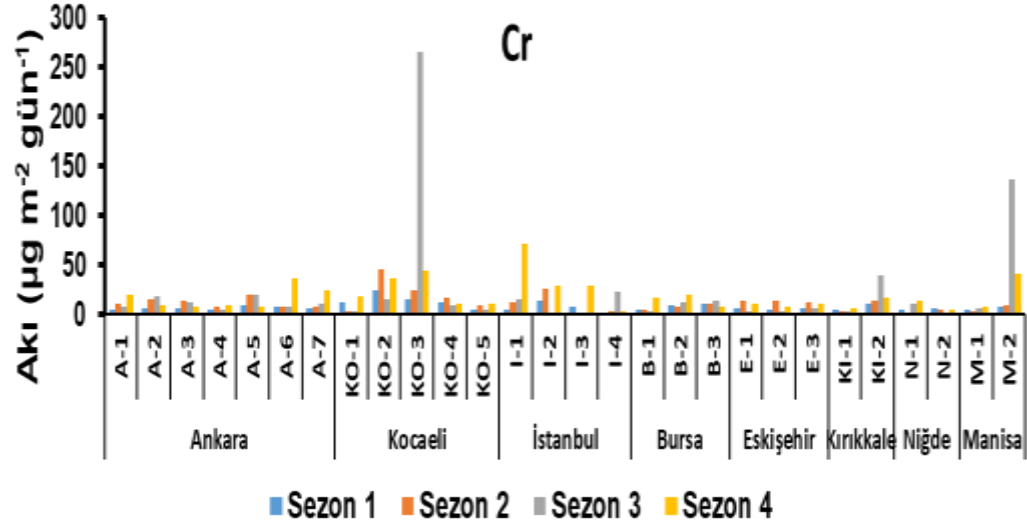
girişimin olmadığı varsayılmıştır fakat böyle bir varsayım pratikte mümkün olmayabilir. Bundan dolayı, partiküle bağlı kirleticilerin örneklenmesinde, mevcut tez çalışmasında aktif örnekleyiciler ile partikül örneklemede de örnekleme materyali olarak kullanılan cam elyaf filtre (GFF filtre) kullanılmıştır. Hedef ağır metallerin çökeltme akısı, F ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$), Şekil 3.1’de verilmiş olup, hesaplanan tüm akı değerleri Ek Çizelge E.4-E.13’de verilmiştir. Tüm yıl boyunca belirlenen ortalama F değeri sıralaması $\text{Be} (0,046 \pm 0,02; 0,01-0,12) < \text{Cd} (0,54 \pm 1,17; 0,03-5,69) < \text{As} (0,87 \pm 0,41; 0,21-2,26) < \text{Co} (2,21 \pm 5,75; 0,02-38,00) < \text{Ni} (13,4 \pm 37,7; 0,32-297) < \text{Cr} (15,3 \pm 28,7; 1,19-265) < \text{Pb} (16,8 \pm 35,7; 0,19-312) < \text{Cu} (29,3 \pm 53,1; 0,95-272) < \text{Al} (3660 \pm 1912; 180-12420) < \text{Zn} (4840 \pm 3075; 1382-13842)$ şeklinde gözlemlenmiştir. Çizelgeleri incelediğimizde, en düşük akı değeri Be iken en yüksek akı değerleri Al ve Zn olarak gözlemlenmiştir. Benzer olarak, Al elementinin hava ortamında diğer elementlere göre daha yüksek konsantrasyonda ve iri partiküllere bağlı bulunmasından dolayı, Al kuru çökeltme akı oranları diğer elementlere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Gaga ve diğ, 2019).

Kuveyt kentinden toplanan toz örneklerinde ağır metal kirliliği araştırılmış ve Mo, U, Cd, Sn, Sb ve Hg konsantrasyonlarının sahalardan toplanan numunede en düşük olduğunu gözlemlenmiştir. Yıllık verilere göre değerlendirildiğinde ise, Zr’nin V, Ba, U ve Co ile güçlü bir korelasyona sahip olduğunu göstermektedir. Kuveyt şehrindeki toz serpintisindeki ortalama element içeriğini dünyadaki diğer şehirlerle karşılaştırılmış, Kuveyt şehrinde toplanan tozlarda Ba, Mn, Pb, Ti ve Zn elementlerinin konsantrasyonları Nanjing, Hong Kong, Xi'an, Ottawa ve Oslo’da gözlemlenenlerden daha düşük, diğer elementlerin konsantrasyonları ise daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Al-Awadhi ve AlShuaibi, 2013).

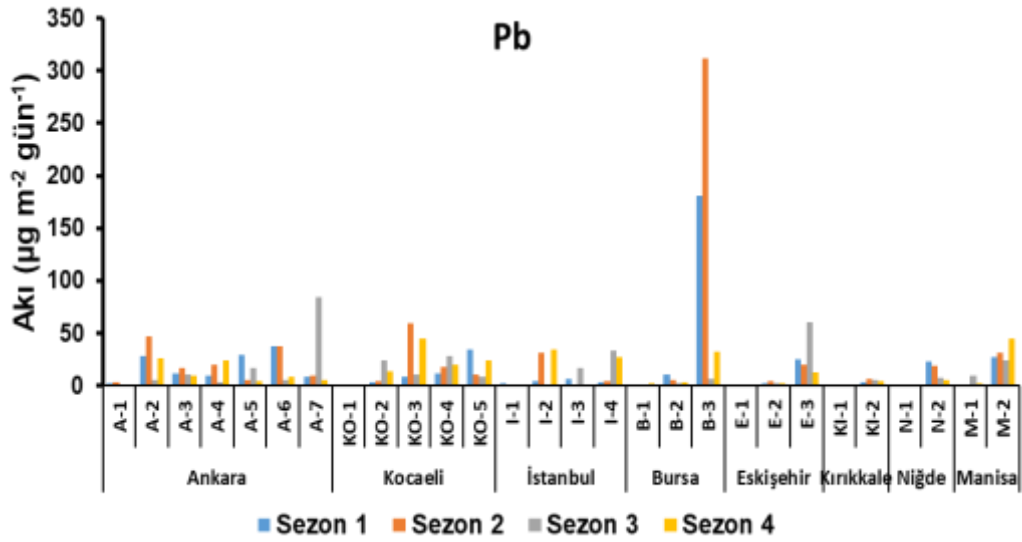
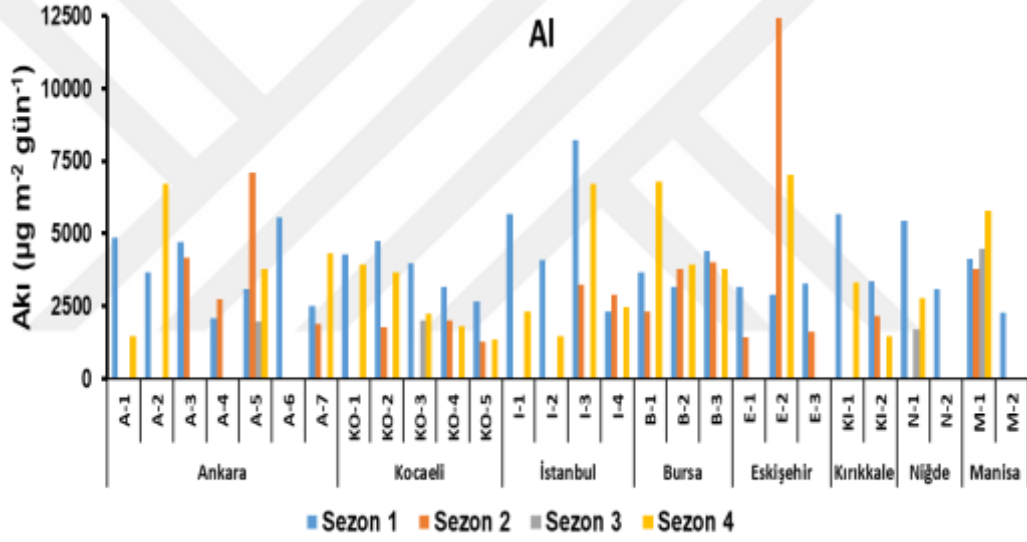
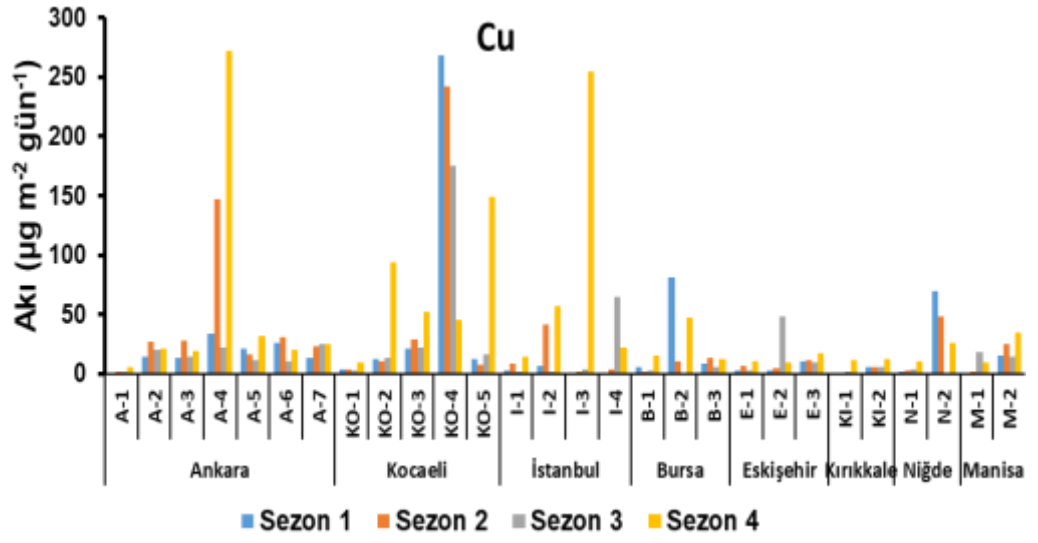
Gaga ve diğ. (2019) ‘ın toz örneklerinde ağır metal kirliliği çalışmalarının sonucunda ise, alınan toprak numunelerinde ölçülen en yüksek konsantrasyonlar Al için $430 \mu\text{g}/\text{g}$ ve Fe için $710 \mu\text{g}/\text{g}$ ’dır. En yüksek konsantrasyonlara sahip diğer ağır metaller ise Zn $43,4 \mu\text{g}/\text{g}$, Ti $27,2 \mu\text{g}/\text{g}$, Ba $22,8 \mu\text{g}/\text{g}$ ve Mn $43,4 \mu\text{g}/\text{g}$, Cr $4,5 \mu\text{g}/\text{g}$ ve Cu $11,8 \mu\text{g}/\text{g}$ ’dır.



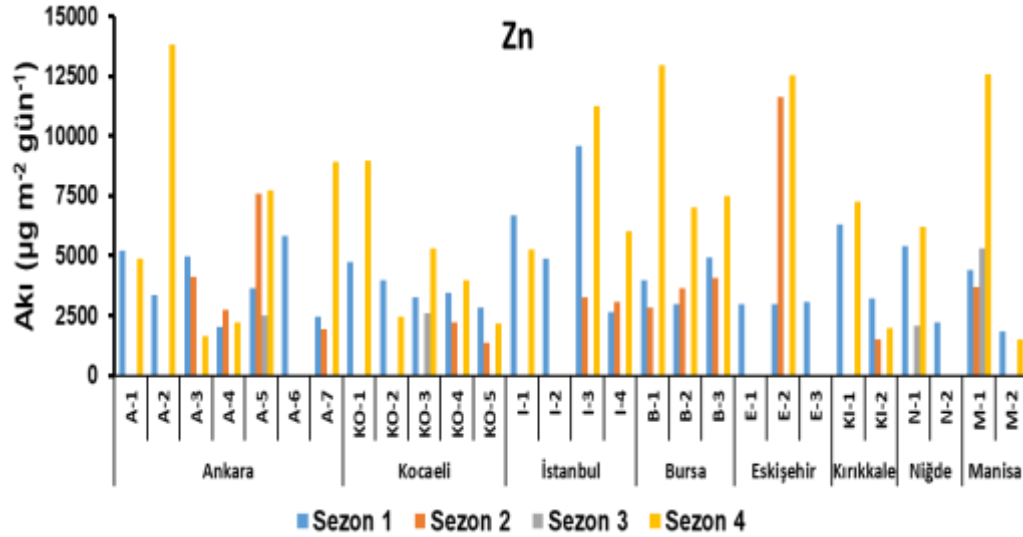
Şekil 3.1 : Ağır metal kirleticilere ait akı (F) grafikleri.



Şekil 3.1 (devam) : Ağır metal kirleticilere ait akı (F) grafikleri.



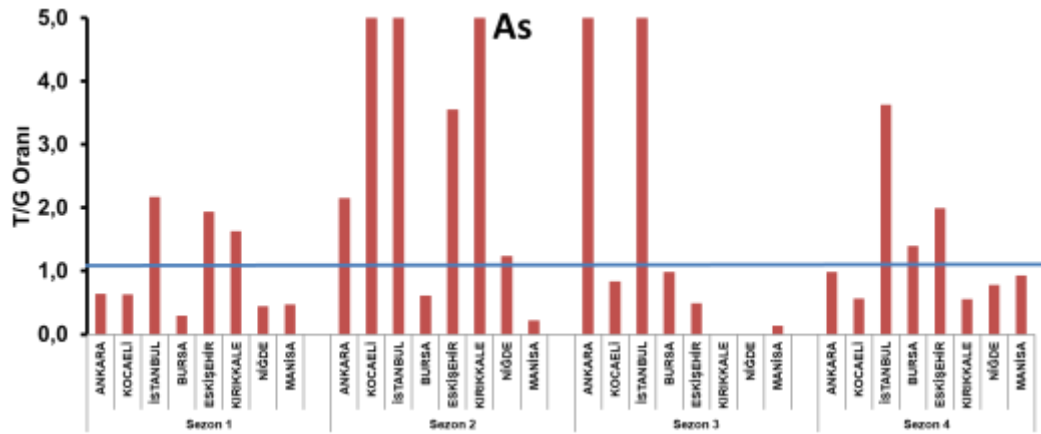
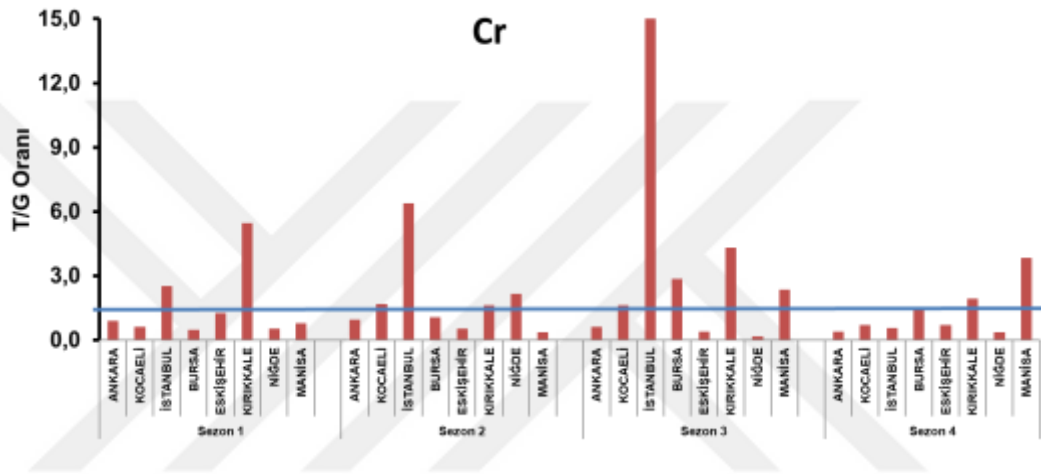
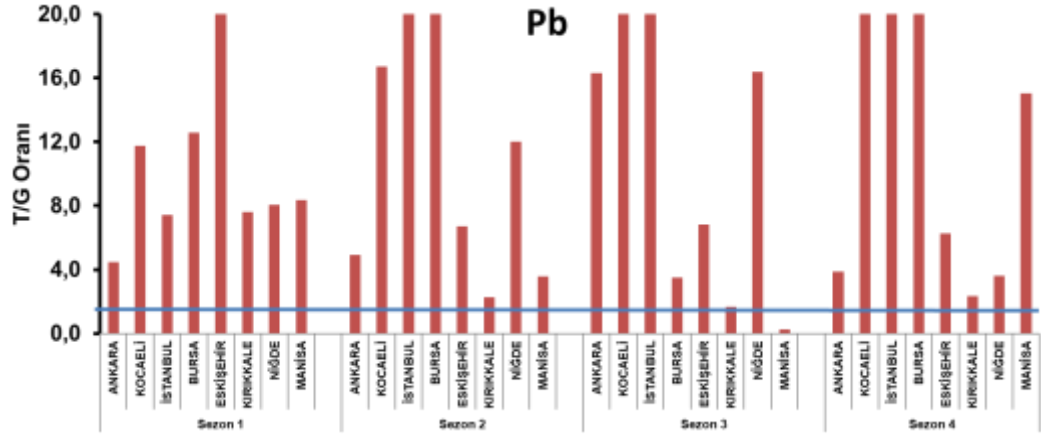
Şekil 3.1 (devam) : Ağır metal kirleticilere ait akı (F) grafikleri.



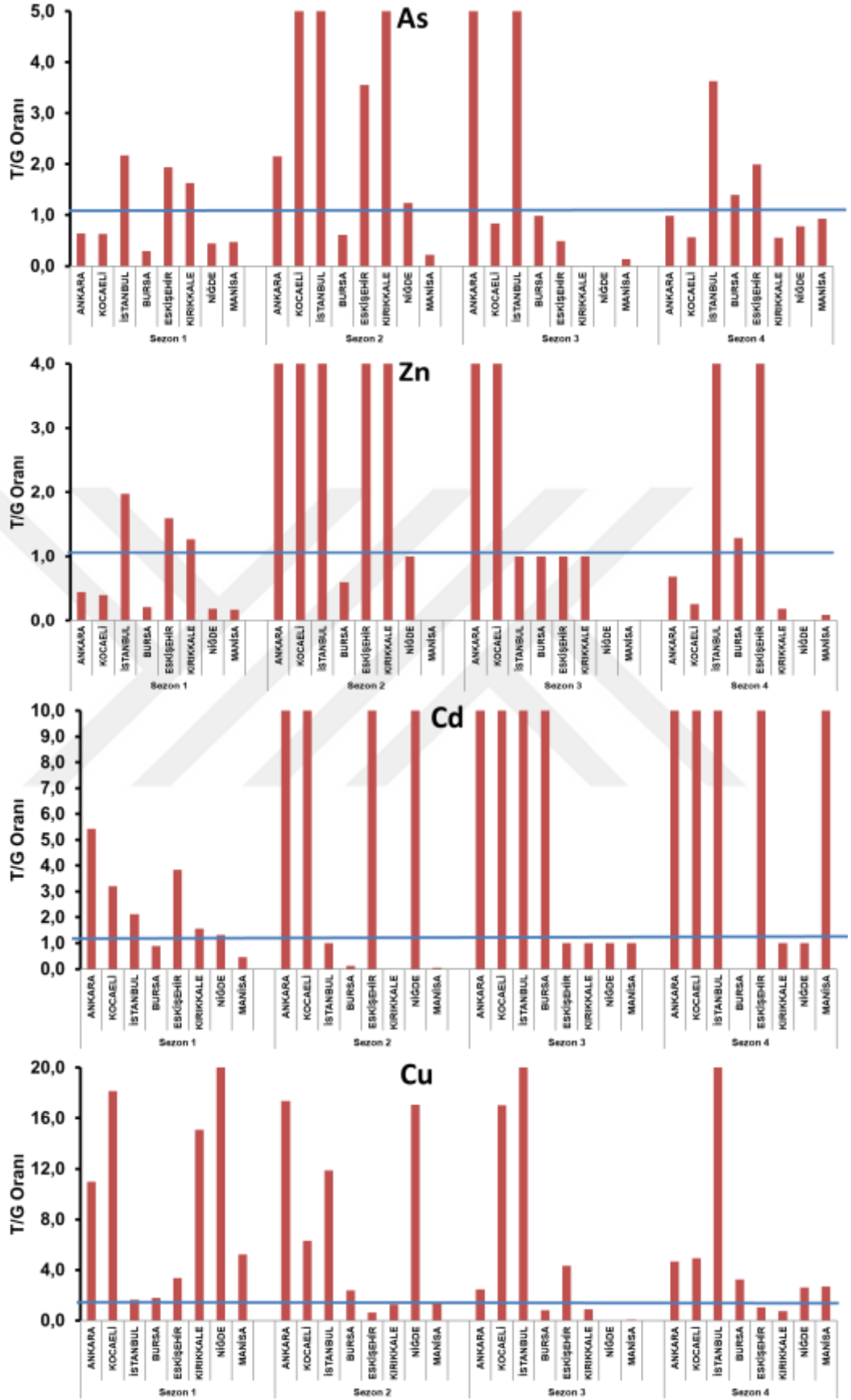
Şekil 3.1 (devam) : Ağır metal kirleticilere ait akı (F) grafikleri.

3.3 Örnekleme Yapılan Tesislerinin Partikül Faz Ağır Metaller Açısından T/G Oranı

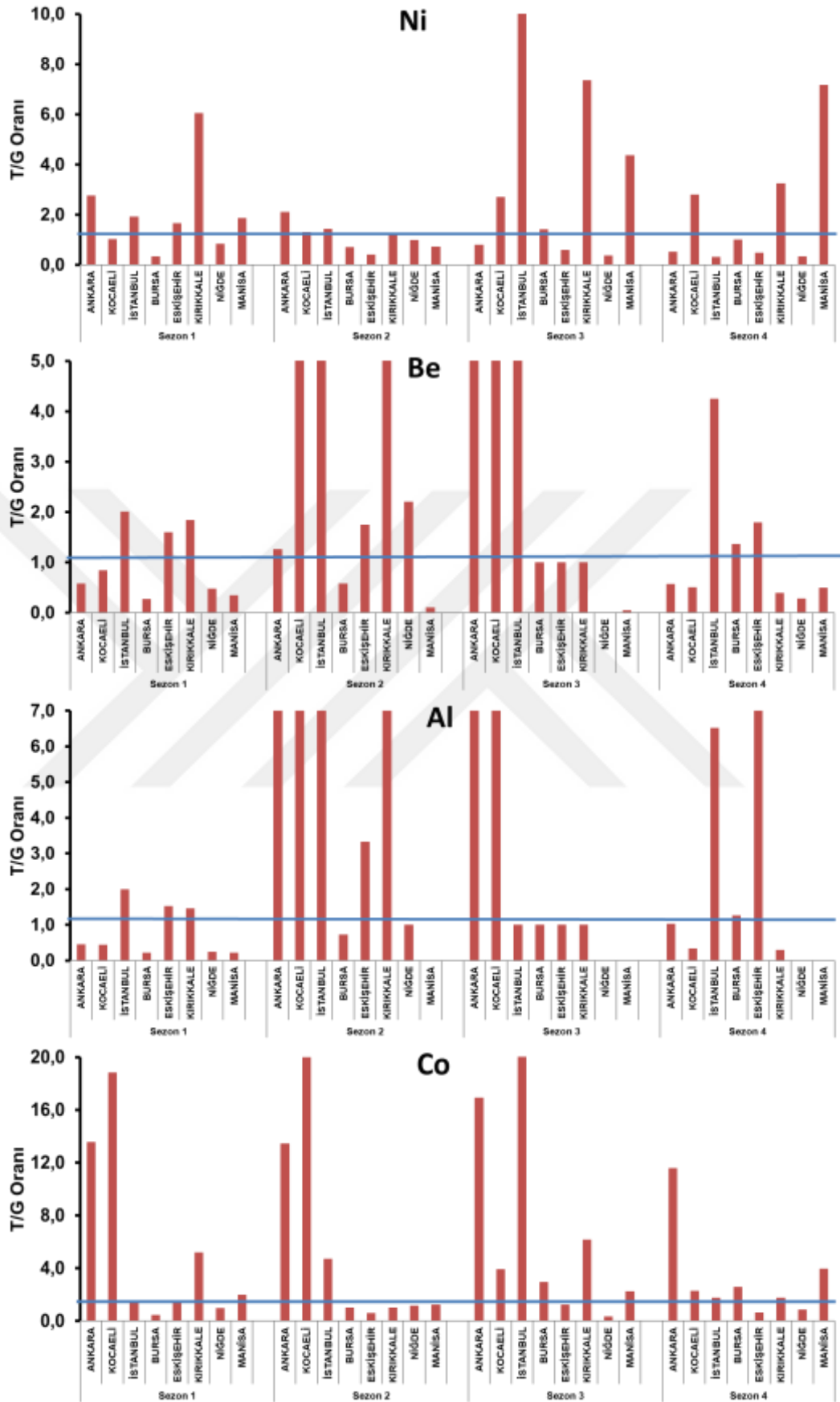
Ağır metallerle ait T/G oranları (Sezon 1, Sezon 2, Sezon 3 ve Sezon 4) Şekil 3.2’de verilmiştir. Şekil 3.2’ gösterildiği gibi kırmızı çizginin altında kalan T/G bir ilde örnekleme yapılan tesislerin sezonsal ortalama değeri), ilgili illerde tesislerin atmosferik ortam partikül maddeye bağlı ağır metal açısından emisyon kaynağı olmadığını, $T/G > 1$ ise emisyon kaynağı olduğunu göstermektedir. Pb, Cu, Cr, Ni ve Co gibi ağır metaller ağırlıklı olarak $T/G > 1$ değerine sahip olup AEEE tesislerinin atmosferik ortam için bir emisyon kaynağı olduğunu göstermektedir. Öte yandan As, Cd, Be ve Al gibi elementler ise çoğunlukla partikül fazda mevcut olmamalarının yanı sıra, mevcut oldukları durumlarda ise genellikle $T/G < 1$ değerine sahip olup, atık elektrik elektronik tesisinin atmosferik ortam için bir emisyon kaynağı oluşturmadığını göstermektedir.



Şekil 3.2 : Partikül fazda belirlenen ağır metaller için hesaplanmış T/G Oranı (her bir şekil üzerindeki mavi çizgi, T/G=1 temsil etmektedir).



Şekil 3.2 (devam) : Partikül fazda belirlenen ağır metaller için hesaplanmış T/G Oranı (her bir şekil üzerindeki mavi çizgi, T/G=1 temsil etmektedir).



Şekil 3.2 (devam) : Partikül fazda belirlenen ağır metaller için hesaplanmış T/G Oranı (her bir şekil üzerindeki mavi çizgi, T/G=1 temsil etmektedir).

3.4 Soluma, Yutma ve Dermal Temas Yollarıyla Maruziyet Değerlendirmesi

Ülkemizin farklı illerinde lisanslı olarak işletilen AEEE tesislerinin yakınında ağır metallere maruz kalan yetişkinler ve çocuklara yönelik hem kanserojen hem de kanserojen olmayan sağlık risk değerlendirmesinden elde edilen verilerin özeti Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1 : Yetişkinler ve çocuklar için kanserojen ve kanserojen olmayan risk değerlendirmesinin sonuçları.

	Ağır metaller	CDI _{ing}	CDI _{inh}	CDI _{der}	HQ _{toplam}	LADD _{ing}	LADD _{inh}	LADD _{der}	CR
Çocuk	Pb	6,2x10 ⁻³	1,7x10 ⁻⁷	1,7x10 ⁻⁵	1,8	1,2x10 ⁻⁷	1,5x10 ⁻⁸	3,8x10 ⁻¹⁰	
	Cr	3,7x10 ⁻³	1,0x10 ⁻⁷	1,0x10 ⁻⁵	1,4	7,0x10 ⁻⁸	8,9x10 ⁻⁹	2,3x10 ⁻¹⁰	4,11x10 ⁻⁷
	As	2,8x10 ⁻⁴	8,0x10 ⁻⁹	8,0x10 ⁻⁷	9,6x10 ⁻¹	5,4x10 ⁻⁹	6,8x10 ⁻¹⁰	1,8x10 ⁻¹¹	1,84x10 ⁻⁸
	Zn	1,5	4,2x10 ⁻⁵	4,2x10 ⁻³	5,0	2,8x10 ⁻⁵	3,6x10 ⁻⁶	9,2x10 ⁻⁸	
	Cd	1,2x10 ⁻⁴	3,3x10 ⁻⁹	3,4x10 ⁻⁷	1,5x10 ⁻¹	2,3x10 ⁻⁹	2,9x10 ⁻¹⁰	7,4x10 ⁻¹²	1,57x10 ⁻⁸
	Cu	1,2x10 ⁻²	3,3x10 ⁻⁷	3,3x10 ⁻⁵	3,0x10 ⁻¹	2,3x10 ⁻⁷	2,9x10 ⁻⁸	7,4x10 ⁻¹⁰	
	Ni	2,6x10 ⁻³	7,1x10 ⁻⁸	7,2x10 ⁻⁶	1,3x10 ⁻¹	4,8x10 ⁻⁸	6,1x10 ⁻⁹	1,6x10 ⁻¹⁰	9,4x10 ⁻⁸
	Be	1,4x10 ⁻⁵	3,9x10 ⁻¹⁰	3,9x10 ⁻⁸		2,7x10 ⁻¹⁰	3,4x10 ⁻¹¹	8,7x10 ⁻¹³	
	Al	1,1	3,1x10 ⁻⁵	3,1x10 ⁻³		2,1x10 ⁻⁵	2,7x10 ⁻⁶	6,8x10 ⁻⁸	
	Co	7,8x10 ⁻⁴	2,2x10 ⁻⁸	2,2x10 ⁻⁶	4,3x10 ⁻²	1,5x10 ⁻⁸	1,9x10 ⁻⁹	4,8x10 ⁻¹¹	
	Hg	8,7x10 ⁻⁶	2,4x10 ⁻¹⁰	2,4x10 ⁻⁸	3,0x10 ⁻²	1,6x10 ⁻¹⁰	2,1x10 ⁻¹¹	5,4x10 ⁻¹³	
	Li	4,4x10 ⁻⁴	1,2x10 ⁻⁸	1,2x10 ⁻⁶		8,3x10 ⁻⁹	1,0x10 ⁻⁹	2,7x10 ⁻¹¹	
	V	5,0x10 ⁻⁴	1,4x10 ⁻⁸	1,4x10 ⁻⁶	9,1x10 ⁻²	9,4x10 ⁻⁹	1,2x10 ⁻⁹	3,1x10 ⁻¹¹	
	HI				10				
	TCR								5,4x10 ⁻⁷
Yetişkin	Pb	6,7x10 ⁻⁴	9,8x10 ⁻⁸	2,7x10 ⁻⁵	2,4x10 ⁻¹	5,1x10 ⁻⁸	3,4x10 ⁻⁸	6,7x10 ⁻⁹	
	Cr	4,0x10 ⁻⁴	5,8x10 ⁻⁸	1,6x10 ⁻⁵	4,0x10 ⁻¹	3,0x10 ⁻⁸	2,0x10 ⁻⁸	4,0x10 ⁻⁹	9,34x10 ⁻⁷
	As	3,1x10 ⁻⁵	4,5x10 ⁻⁹	1,2x10 ⁻⁶	1,1x10 ⁻¹	2,3x10 ⁻⁹	1,5x10 ⁻⁹	3,1x10 ⁻¹⁰	2,78x10 ⁻⁸
	Zn	1,6x10 ⁻¹	2,3x10 ⁻⁵	6,4x10 ⁻³	6,4x10 ⁻¹	1,2x10 ⁻⁵	8,1x10 ⁻⁶	1,6x10 ⁻⁶	
	Cd	1,3x10 ⁻⁵	1,9x10 ⁻⁹	5,1x10 ⁻⁷	6,4x10 ⁻²	9,7x10 ⁻¹⁰	6,5x10 ⁻¹⁰	1,3x10 ⁻¹⁰	1,08x10 ⁻⁸
	Cu	1,3x10 ⁻³	1,9x10 ⁻⁷	5,1x10 ⁻⁵	3,6x10 ⁻²	9,7x10 ⁻⁸	6,5x10 ⁻⁸	1,3x10 ⁻⁸	
	Ni	2,7x10 ⁻⁴	4,0x10 ⁻⁸	1,1x10 ⁻⁵	1,6x10 ⁻²	2,1x10 ⁻⁸	1,4x10 ⁻⁸	2,8x10 ⁻⁹	1,64x10 ⁻⁷
	Be	1,5x10 ⁻⁶	2,2x10 ⁻¹⁰	6,0x10 ⁻⁸		1,1x10 ⁻¹⁰	7,6x10 ⁻¹¹	1,5x10 ⁻¹¹	
	Al	1,2x10 ⁻¹	1,7x10 ⁻⁵	4,7x10 ⁻³		9,0x10 ⁻⁶	6,0x10 ⁻⁶	1,2x10 ⁻⁶	
	Co	8,4x10 ⁻⁵	1,2x10 ⁻⁸	3,3x10 ⁻⁶	6,6x10 ⁻³	6,3x10 ⁻⁹	4,2x10 ⁻⁹	8,4x10 ⁻¹⁰	
	Hg	9,3x10 ⁻⁷	1,4x10 ⁻¹⁰	3,7x10 ⁻⁸	4,9x10 ⁻³	7,1x10 ⁻¹¹	4,7x10 ⁻¹¹	9,4x10 ⁻¹²	
	Li	4,7x10 ⁻⁵	6,9x10 ⁻⁹	1,9x10 ⁻⁶		3,5x10 ⁻⁹	2,4x10 ⁻⁹	4,7x10 ⁻¹⁰	
	V	5,3x10 ⁻⁵	7,9x10 ⁻⁹	2,1x10 ⁻⁶	3,8x10 ⁻²	4,0x10 ⁻⁹	2,7x10 ⁻⁹	5,4x10 ⁻¹⁰	
	HI				1,6				
	TCR								1,14x10 ⁻⁶

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Mevcut tez çalışması, atık elektrikli ve elektronik tesislerinden kaynaklı ağır metal kirleticilerini kuru çökelme örneklerinde incelemiştir. Tez çalışması ile elde edilen sonuç, atık elektrik elektronik tesis alanlarının yıl boyunca elektronik atık kaynaklı devamlı bir kirletici emisyon kaynağı olarak davranabileceği sonucudur. Atık elektrikli ve elektronik ekipmanların lisanslı tesislerde geri dönüşümünün yapılması, çöp deposu sahalarına, çöplüklere ya da doğaya doğrudan atılmalarına kıyasla elektronik atık üretiminin azaltılmasında daha verimli ve daha çevre dostu bir yöntem olduğu açıkça ortadadır. Elde edilen sonuçlara göre tüm hedef kirleticiler incelenen çevresel ortamlarda belirlenebilir düzeylerde olup, geri plan alanlarda elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldığında atık elektrik elektronik eşyaların tesisi yakınlarında belirlenen konsantrasyonların çok daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum da ülkemizde AEEE tesislerinin ağır metal açısından “sıcak nokta” kaynak olarak davranabileceğini göstermektedir. Çevresel ortamların ve elektronik atık tesislerinin yakınında bulunan çevresel ortamların daha kapsamlı değerlendirilebilmesi için :

- AEEE tesislerinde çalışanlar söz konusu kimyasallar hakkında bilgilendirilmeli dolayısı ilse sağlık etkilerine karşı önlem alınmalıdır.
- Kirletici konsantrasyonları tesis içinde ve tesis yakınlarında büyük oranda farklılık gösterebilmektedir. Bu sebeple daha fazla sayıda örnek toplanarak söz konusu farklılıkların ortaya konulması gerekmektedir.
- Mevcut tez çalışmasında sezonlar takvim yılına göre belirlenmiş ve üç aylık dönemler halinde örnekler toplanmıştır. Günümüzde en güncel konulardan olan iklim değişikliği ve mevsimsel sıcaklıkların değişimi dikkate alınarak yıl boyunca sezonsal farklılıkların ortaya konulması aylık olarak toplanacak örneklerle ortaya konmalıdır.
- AEEE kaynaklı kirliliğin çevresel ortamlarda yayılım derecesini belirlemek için tesis içinde ve tesis dışında daha fazla örnek toplanmalı, tesisi merkezine alan “hale etkisini” belirlemek için mesafeye bağlı örnekler toplanmalıdır.

- Çevre kurallarının sıkı ve düzgün uygulandığı ülkelerde bazen elektronik atıkların geri dönüştürülmesi maliyeti geri dönüşüm neticesinde elde edilmiş olan ürünlerden sağlanan gelirden daha yüksek olabildiğinden, bu durum elektronik atıkların genellikle geri dönüştürülmeden çevresel ortamlara atılmasına ve çalışma şartlarının kötü olduğu ülkelerde son bulmasına neden olabilmektedir. Bu tür e-atık yolculuğunun son halkasında yer alan bir ülke olmamak adına gerekli çevresel standartların sıkı bir şekilde uygulanması bir gereksinim olarak ortaya çıkmaktadır.
- Kişilerin elektrik-elektronik eşyaların geri dönüşümü, tekrar kullanılması ve bertarafı üzerine eğitilmesi, kişiler ve içinde yaşadıkları toplumda sorumluluk bilincinin oluşturulmasında ve e-atıkların miktarının azaltılmasında önemli bir yer tutmaktadır. Bu sebeple e-atık konusunda eğitim çalışmalarının da artırılması gerekmektedir.
- AEEE tesislerinin içinde de en çok emisyon oluşturan bölgelerin belirlenerek, özellikle çalışanların sağlıkları açısından bilgilendirme ve diğer gerekli tedbirlerin alınması için çalışılması gerekmektedir.
- Sonuçlar açıkça göstermektedir ki, yaygın olarak kullanılan tüketici ürünleri bünyesinde kimyasal kullanımının bu ürünlerin yaşam döngüsü göz önüne alındığında uzun vadeli sonuçları vardır ve söz konusu sonuçlar öncelikle ürünlerin yakınındaki çevresel ortamlar ve geri dönüşüm çalışanları tarafından tecrübe edilmektedir. Mevcut çalışma kapsamında incelenen kimyasallar ve daha pek çok kimyasal henüz zararları fark edilmeden bu ürünlerin bünyesine eklenmiş olup, AEEE ürünlerden salıverilme durumlarının daha uzun yıllar devam edeceği çok açıktır.

KAYNAKLAR

- Adimalla, N.** (2020). Heavy metals pollution assessment and its associated human health risk evaluation of urban soils from Indian cities: a review. *Environmental geochemistry and health*, 42(1), 173-190.
- Ahluwalia, V. K.** (2005). *Environmental Pollution, and Health*. The Energy and Resources Institute (TERI).
- Al-Awadhi, J. M. & AlShuaibi, A. A.** (2013). Dust fallout in Kuwait city: deposition and characterization. *Science of the total environment*, 461, 139-148.
- Al Razi, K. M. H.** (2016). Resourceful recycling process of waste desktop computers: A review study. *Resources, Conservation and Recycling*, 110, 30-47.
- Alsafran, M., Usman, K., Al Jabri, H. & Rizwan, M.** (2021). Ecological and health risks assessment of potentially toxic metals and metalloids contaminants: a case study of agricultural soils in Qatar. *Toxics*, 9(2), 35.
- Amin, S., Muhammad, S. & Fatima, H.** (2021). Evaluation and risks assessment of potentially toxic elements in water and sediment of the Dor River and its tributaries, Northern Pakistan. *Environmental technology & innovation*, 21, 101333.
- Anjos, D. C. D.** (2015). Diversidade microbiana e de teores de metais pesados em solos e nas águas superficiais ao longo do rio curu.
- Asman, W. A.** (2001). Modelling the atmospheric transport and deposition of ammonia and ammonium: an overview with special reference to Denmark. *Atmospheric Environment*, 35(11), 1969-1983.
- Assessment, P. R.** (2001). Risk Assessment guidance for superfund: volume III-part a. *Process for Conducting Probabilistic Risk Assessment. III*.
- ATSDR** (2012). "Public Statement for Chromium. U. S. D. o. H. a. HumanveP. H. S. Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Bai, J. & Zhao, X.** (2020). Ecological and human health risks of heavy metals in shooting range soils: A meta assessment from China. *Toxics*, 8(2), 32.
- Barceloux, D. G. & Barceloux, D.** (1999). Cobalt. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 37(2), 201-216..
- Bartkow, M. E., Kennedy, K. E., Huckins, J. N., Holling, N., Komarova, T. & Müller, J. F.** (2006). Photodegradation of polyaromatic hydrocarbons in passive air samplers: Field testing different deployment chambers. *Environmental Pollution*, 144(2), 371-376.
- Battsengel, E., Murayama, T., Fukushi, K., Nishikizawa, S., Chonokhuu, S., Ochir, A., ... & Davaasuren, D.** (2020). Ecological and human health risk assessment of heavy metal pollution in the soil of the ger district in

Ulaanbaatar, Mongolia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(13), 4668.

- Bayraktar, H. & Turalioğlu, F. S.** (2004). Atmosferik çökeltme tayin yöntemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 9-17.
- Bellinger, D. C.** (2008). Very low lead exposures and children's neurodevelopment. *Current opinion in pediatrics*, 20(2), 172-177.
- Bernard, A.** (2008). Cadmium & its adverse effects on human health. *Indian journal of medical research*, 128(4), 557-564.
- Bhat, P. N. & Pillai, K. C.** (1997). Beryllium in environmental air, water and soil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 95, 133-146.
- Bohlin, P., Jones, K. C., Tovalin, H. & Strandberg, B.** (2008). Observations on persistent organic pollutants in indoor and outdoor air using passive polyurethane foam samplers. *Atmospheric Environment*, 42(31), 7234-7241.
- Casado-Martinez, M. C., Smith, B. D., Luoma, S. N. & Rainbow, P. S.** (2010). Bioaccumulation of arsenic from water and sediment by a deposit-feeding polychaete (*Arenicola marina*): a biodynamic modelling approach. *Aquatic Toxicology*, 98(1), 34-43.
- Cayumil, R., Khanna, R., Rajarao, R., Ikram-ul-Haq, M., Mukherjee, P. S. & Sahajwalla, V.** (2016). Environmental impact of processing electronic waste—key issues and challenges. *E-waste in transition—from pollution to resource. InTech*, 9-35.
- Cesur, A., Zeren Cetin, I., Abo Aisha, A. E. S., Alrabiti, O. B. M., Aljama, A. M. O., Jawed, A. A., ... & Ozel, H. B.** (2021). The usability of *Cupressus arizonica* annual rings in monitoring the changes in heavy metal concentration in air. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35642-35648.
- Chakraborty, S. C., Qamruzzaman, M., Zaman, M. W. U., Alam, M. M., Hossain, M. D., Pramanik, B. K., ... & Moni, M. A.** (2022). Metals in e-waste: Occurrence, fate, impacts and remediation technologies. *Process Safety and Environmental Protection*, 162, 230-252.
- Chen, S. J., Ding, N., Zhu, Z. C., Tian, M., Luo, X. J. & Mai, B. X.** (2014). Sources of halogenated brominated retardants in house dust in an industrial city in southern China and associated human exposure. *Environmental research*, 135, 190-195.
- Chen, X., Huang, S., Xie, X., Zhu, M., Li, J., Wang, X. & Pu, L.** (2020). Enrichment, source apportionment and health risk assessment of soil potentially harmful elements associated with different land use in coastal tidelands reclamation area, Eastern China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(8), 2822.
- Chu, Z., Lin, C., Yang, K., Cheng, H., Gu, X., Wang, B. & Ma, J.** (2022). Lability, bioaccessibility, and ecological and health risks of anthropogenic toxic heavy metals in the arid calcareous soil around a nonferrous metal smelting area. *Chemosphere*, 307, 136200.

- Martin, L. W. & Vanberg, G.** (2008). Coalition government and political communication. *Political Research Quarterly*, 61(3), 502-516.
- Dagan, R., Dubey, B., Bitton, G. & Townsend, T.** (2007). Aquatic toxicity of leachates generated from electronic devices. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 53, 168-173..
- Davidson, C. I., Lindberg, S. E., Schmidt, J. A., Cartwright, L. G. & Landis, L. R.** (1985). Dry deposition of sulfate onto surrogate surfaces. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 90(D1), 2123-2130..
- De Miguel, E., Iribarren, I., Chacon, E., Ordonez, A. & Charlesworth, S.** (2007). Risk-based evaluation of the exposure of children to trace elements in playgrounds in Madrid (Spain). *Chemosphere*, 66(3), 505-513.
- Doležalová Weissmannová, H., Mihočová, S., Chovanec, P. & Pavlovský, J.** (2019). Potential ecological risk and human health risk assessment of heavy metal pollution in industrial affected soils by coal mining and metallurgy in Ostrava, Czech Republic. *International journal of environmental research and public health*, 16(22), 4495.
- El-Alfy, M. A., Darwish, D. H. & El-Amier, Y. A.** (2021). Land use Land cover of the Burullus Lake shoreline (Egypt) and health risk assessment of metal-contaminated sediments. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 27(4), 898-920.
- Eng, A., Harner, T. & Pozo, K.** (2013). A prototype passive air sampler for measuring dry deposition of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environmental Science & Technology Letters*, 1(1), 77-81.
- ETHER, D.** (2008). Toxicological Review Of Decabromodiphenyl Ether (BDE-209).
- EU** (2009). "Guidance on surface water chemical monitoring under the water framework directive. Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/ec); guidance document no. 19. vol O. f. O. P. o. t. E. Communities. E. Union. Luxembourg.
- Electronics TakeBack Coalition.** (2014). Facts and figures on e-waste and recycling.
- Forti, V., Balde, C. P., Kuehr, R. & Bel, G.** (2020). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential.
- Frazzoli, C., Orisakwe, O. E., Dragone, R. & Mantovani, A.** (2010). Diagnostic health risk assessment of electronic waste on the general population in developing countries' scenarios. *Environmental Impact Assessment Review*, 30(6), 388-399.
- Fu, F. & Wang, Q.** (2011). Removal of heavy metal ions from wastewaters: a review. *Journal of environmental management*, 92(3), 407-418.
- Gaga, E. O., Harner, T., Dabek-Zlotorzynska, E., Celo, V., Evans, G., Jeong, C. H., ... & Su, Y.** (2019). Polyurethane Foam (PUF) disk samplers for measuring trace metals in ambient air. *Environmental Science & Technology Letters*, 6(9), 545-550.

- Gharaibeh, A. A., El-Rjoob, A. W. O. & Harb, M. K.** (2010). Determination of selected heavy metals in air samples from the northern part of Jordan. *Environmental monitoring and assessment*, 160, 425-429.
- Gidlow, D. A.** (2004). Lead toxicity. *Occupational medicine*, 54(2), 76-81.
- González-Valoys, A. C., Esbrí, J. M., Campos, J. A., Arrocha, J., García-Noguero, E. M., Monteza-Destro, T., ... & Higuera, P.** (2021). Ecological and health risk assessments of an abandoned gold mine (Remance, Panama): Complex scenarios need a combination of indices. *International journal of environmental research and public health*, 18(17), 9369.
- Gui, H., Yang, Q., Lu, X., Wang, H., Gu, Q. & Martín, J. D.** (2023). Spatial distribution, contamination characteristics and ecological-health risk assessment of toxic heavy metals in soils near a smelting area. *Environmental Research*, 222, 115328.
- Habashi, F.** (1997). Handbook of extractive metallurgy. (No Title).
- Harari, F., Sallsten, G., Christensson, A., Petkovic, M., Hedblad, B., Forsgard, N., ... & Barregard, L.** (2018). Blood lead levels and decreased kidney function in a population-based cohort. *American Journal of Kidney Diseases*, 72(3), 381-389.
- He, K., Sun, Z., Hu, Y., Zeng, X., Yu, Z. & Cheng, H.** (2017). Comparison of soil heavy metal pollution caused by e-waste recycling activities and traditional industrial operations. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 9387-9398.
- Heidari, M., Darijani, T. & Alipour, V.** (2021). Heavy metal pollution of road dust in a city and its highly polluted suburb; quantitative source apportionment and source-specific ecological and health risk assessment. *Chemosphere*, 273, 129656.
- Herkert, N. J., Spak, S. N., Smith, A., Schuster, J. K., Harner, T., Martinez, A. & Hornbuckle, K. C.** (2018). Calibration and evaluation of PUF-PAS sampling rates across the Global Atmospheric Passive Sampling (GAPS) network. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 20(1), 210-219.
- Hou, S., Zheng, N., Tang, L., Ji, X., Li, Y. & Hua, X.** (2019). Pollution characteristics, sources, and health risk assessment of human exposure to Cu, Zn, Cd and Pb pollution in urban street dust across China between 2009 and 2018. *Environment international*, 128, 430-437.
- Huang, J., Lyman, S. N., Hartman, J. S. & Gustin, M. S.** (2014). A review of passive sampling systems for ambient air mercury measurements. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 16(3), 374-392.
- Huang, S., Shao, G., Wang, L., Wang, L. & Tang, L.** (2019). Distribution and health risk assessment of trace metals in soils in the golden triangle of Southern Fujian province, China. *International journal of environmental research and public health*, 16(1), 97.

- International Agency for Research on Cancer.** (1991). *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: occupational exposures in insecticide application, and some pesticides* (Vol. 53). Lyon,, France: IARC.
- Ilankoon, I. M. S. K., Ghorbani, Y., Chong, M. N., Herath, G., Moyo, T. & Petersen, J.** (2018). E-waste in the international context—A review of trade flows, regulations, hazards, waste management strategies and technologies for value recovery. *Waste management*, 82, 258-275.
- Jadoon, S., Muhammad, S., Hilal, Z., Ali, M., Khan, S. & Khattak, N. U.** (2020). Spatial distribution of potentially toxic elements in urban soils of Abbottabad city,(N Pakistan): Evaluation for potential risk. *Microchemical Journal*, 153, 104489.
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B. & Beeregowda, K. N.** (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary toxicology*, 7(2), 60..
- Javed, S. A., Al-Bratty, M., Al-Rajab, A. J., Alhazmi, H. A., Ahsan, W., Abdelwahab, S. I. & Thangavel, N.** (2019). Risk-based exposure assessment for multiple toxic elements encountered by children in school playgrounds and parks in the southwest region of Saudi Arabia. *Environmental monitoring and assessment*, 191, 1-16.
- Kapaj, S., Peterson, H., Liber, K. & Bhattacharya, P.** (2006). Human health effects from chronic arsenic poisoning—a review. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 41(10), 2399-2428.
- Karaçağıl, D.** (2013). İstanbulda belirlenmiş sahil şeritlerinde toprak kalitesi ve ağır metal kirliliği.
- Karn, B., Kuiken, T. & Otto, M.** (2011). Nanotechnology and in situ remediation: a review of the benefits and potential risks. *Ciência & Saúde Coletiva*, 16(1), 165-178.
- Kim, J. J., Kim, Y. S. & Kumar, V.** (2019). Heavy metal toxicity: An update of chelating therapeutic strategies. *Journal of Trace elements in Medicine and Biology*, 54, 226-231.
- Kimbrough, D. E., Cohen, Y., Winer, A. M., Creelman, L. & Mabuni, C.** (1999). A critical assessment of chromium in the environment. *Critical reviews in environmental science and technology*, 29(1), 1-46.
- Klánová, J. & Harner, T.** (2013). The challenge of producing reliable results under highly variable conditions and the role of passive air samplers in the Global Monitoring Plan. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 46, 139-149.
- Konstantinova, E., Minkina, T., Mandzhieva, S., Nevidomskaya, D., Bauer, T., Zamulina, I., ... & Wong, M. H.** (2023). Ecological and Human Health Risks of Metal–PAH Combined Pollution in Riverine and Coastal Soils of Southern Russia. *Water*, 15(2), 234.
- Kumar, V., Sharma, A., Pandita, S., Bhardwaj, R., Thukral, A. K., & Cerda, A.** (2020). A review of ecological risk assessment and associated health

risks with heavy metals in sediment from India. *International Journal of Sediment Research*, 35(5), 516-526.

- Kusin, F. M., Azani, N. N. M., Hasan, S. N. M. S. & Sulong, N. A.** (2018). Distribution of heavy metals and metalloid in surface sediments of heavily-mined area for bauxite ore in Pengerang, Malaysia and associated risk assessment. *Catena*, 165, 454-464.
- Ladou, J., & Lovegrove, S.** (2008). Export of electronics equipment waste. *Int J Occup Environ Health*, 14(1), 1-10.
- Laha, T., Gope, M., Datta, S., Masto, R. E. & Balachandran, S.** (2020). Oral bioaccessibility of potentially toxic elements (PTEs) and related health risk in urban playground soil from a medieval bell metal industrial town Khagra, India. *Environmental Geochemistry and Health*, 1-19.
- Li, Q., Yang, K., Li, J., Zeng, X., Yu, Z. & Zhang, G.** (2018). An assessment of polyurethane foam passive samplers for atmospheric metals compared with active samplers. *Environmental Pollution*, 236, 498-504.
- Liu, H., Zhou, Q., Wang, Y., Zhang, Q., Cai, Z. & Jiang, G.** (2008). E-waste recycling induced polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzo-furans pollution in the ambient environment. *Environment International*, 34(1), 67-72.
- Lohmann, R. & Muir, D.** (2010). Global aquatic passive sampling (AQUA-GAPS): using passive samplers to monitor POPs in the waters of the world.
- Marković, J., Jović, M., Smičiklas, I., Pezo, L., Šljivić-Ivanović, M., Onjia, A. & Popović, A.** (2016). Chemical speciation of metals in unpolluted soils of different types: Correlation with soil characteristics and an ANN modelling approach. *Journal of Geochemical Exploration*, 165, 71-80.
- Matschullat, J.** (2000). Arsenic in the geosphere—a review. *Science of the Total Environment*, 249(1-3), 297-312.
- McKenna, J. D., Turner, J. H. & McKenna Jr, J. P.** (2008). *Fine particle (2.5 microns) emissions: regulations, measurement, and control*. John Wiley & Sons.
- McLagan, D. S., Hussain, B. A., Huang, H., Lei, Y. D., Wania, F. & Mitchell, C. P.** (2018). Identifying and evaluating urban mercury emission sources through passive sampler-based mapping of atmospheric concentrations. *Environmental Research Letters*, 13(7), 074008.
- McLagan, D. S., Mazur, M. E. E., Mitchell, C. P. J. & Wania, F.** (2015). Passive air sampling of gaseous elemental mercury: a critical review. *Atmospheric Chemistry & Physics Discussions*, 15(23).
- McLagan, D. S., Monaci, F., Huang, H., Lei, Y. D., Mitchell, C. P. & Wania, F.** (2019). Characterization and quantification of atmospheric mercury sources using passive air samplers. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(4), 2351-2362.
- Miletić, A., Lučić, M. & Onjia, A.** (2023). Exposure factors in health risk assessment of heavy metal (loid) s in soil and sediment. *Metals*, 13(7), 1266.

- Moir, C. Y. & Lam, S.** (1986). Occupational asthma. *AMERICAN REVIEW OF RESPIRATORY DISEASE*, 133(4), 686-703.
- Mowla, M., Rahman, E., Islam, N. & Aich, N.** (2021). Assessment of heavy metal contamination and health risk from indoor dust and air of informal E-waste recycling shops in Dhaka, Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 4, 100025.
- Needhidasan, S., Samuel, M. & Chidambaram, R.** (2014). Electronic waste—an emerging threat to the environment of urban India. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12, 1-9.
- Needleman, H.** (2004). Lead poisoning. *Annu. Rev. Med.*, 55, 209-222.
- Obeng-Gyasi, E., Armijos, R. X., Weigel, M. M., Filippelli, G. & Sayegh, M. A.** (2018). Hepatobiliary-related outcomes in US adults exposed to lead. *Environments*, 5(4), 46.
- Obiri-Nyarko, F., Duah, A. A., Karikari, A. Y., Agyekum, W. A., Manu, E. & Tagoe, R.** (2021). Assessment of heavy metal contamination in soils at the Kpone landfill site, Ghana: Implication for ecological and health risk assessment. *Chemosphere*, 282, 131007.
- Ogunseitan, O. A., Schoenung, J. M., Saphores, J. D. M. & Shapiro, A. A.** (2009). The electronics revolution: from e-wonderland to e-wasteland. *Science*, 326(5953), 670-671.
- Okechukwu, C. E.** (2020). Role of green exercise in mental health promotion among adolescents. *International journal of preventive medicine*, 11.
- Önder, S.** (2012). *Atıksular ile sulanan zirai alanlardaki ağır metal kirliliğinin araştırılması* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Özkan, G.** (2009). *Endüstriyel bölge komşuluğunda kırsal kırsal alandaki hava kalitesi: Muallimköyde partikül maddede ve topraktaki ağır metal kirliliği* (Master's thesis, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Pahari, A. K. & Dubey, B. K.** (2019). Waste from electrical and electronics equipment. In *Plastics to Energy* (pp. 443-468). William Andrew Publishing.
- Pecina, V., Brtnický, M., Baltazár, T., Juříčka, D., Kynický, J. & Galiová, M. V.** (2021). Human health and ecological risk assessment of trace elements in urban soils of 101 cities in China: A meta-analysis. *Chemosphere*, 267, 129215..
- Perkins, D. N., Drisse, M. N. B., Nxele, T. & Sly, P. D.** (2014). E-waste: a global hazard. *Annals of global health*, 80(4), 286-295.
- Pirrone, N., Aas, W., Cinnirella, S., Ebinghaus, R., Hedgecock, I. M., Pacyna, J., ... & Sunderland, E. M.** (2013). Toward the next generation of air quality monitoring: Mercury. *Atmospheric Environment*, 80, 599-611.
- Ra, K., Kim, E. S., Kim, K. T., Kim, J. K., Lee, J. M. & Choi, J. Y.** (2013). Assessment of heavy metal contamination and its ecological risk in the surface sediments along the coast of Korea. *Journal of Coastal Research*, (65), 105-110.

- Radomirović, M., Tanaskovski, B., Pezo, L., Ceccotto, F., Cantaluppi, C., Onjia, A. & Stanković, S.** (2021). Spatial and temporal distribution of pollution indices in marine surface sediments—a chemometric approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 42496-42515.
- Rahman, M. S., Khan, M. D. H., Jolly, Y. N., Kabir, J., Akter, S. & Salam, A.** (2019). Assessing risk to human health for heavy metal contamination through street dust in the Southeast Asian Megacity: Dhaka, Bangladesh. *Science of the total environment*, 660, 1610-1622.
- Raj, D., Kumar, A., Tripti, & Maiti, S. K.** (2022). Health risk assessment of children exposed to the soil containing potentially toxic elements: a case study from coal mining areas. *Metals*, 12(11), 1795.
- Barceloux, D. G. & Barceloux, D.** (1999). Cobalt. *Journal of Toxicology: Clinical Toxicology*, 37(2), 201-216.
- Rauert, C., Harner, T., Schuster, J. K., Quinto, K., Fillmann, G., Castillo, L. E., ... & Zuluaga, B. H. A.** (2016). Towards a regional passive air sampling network and strategy for new POPs in the GRULAC region: Perspectives from the GAPS Network and first results for organophosphorus flame retardants. *Science of The Total Environment*, 573, 1294-1302.
- Gazete, R.** (2012). Atık Elektrikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği. *Resmi Gazete Sayısı*, 28300.
- Ross, E. J., Graham, D. L., Money, K. M. & Stanwood, G. D.** (2015). Developmental consequences of fetal exposure to drugs: what we know and what we still must learn. *Neuropsychopharmacology*, 40(1), 61-87.
- Sadeghi, P., Loghmani, M., Yousuf, D. J. & Abadi, Z. T. R.** (2021). Ecological and human health risk assessment of trace element pollution in sediments and five important commercial fishes of the Oman Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 173, 112962.
- Sahu, K. K. & Agrawal, A.** (2008). Processing of Electronic Waste (E-Waste).
- Saini, A., Harner, T., Chinnadurai, S., Schuster, J. K., Yates, A., Sweetman, A., ... & Shoeib, T.** (2020). GAPS-megacities: A new global platform for investigating persistent organic pollutants and chemicals of emerging concern in urban air. *Environmental Pollution*, 267, 115416.
- Sarim, M., Jan, T., Khattak, S. A., Mihoub, A., Jamal, A., Saeed, M. F., ... & Radicetti, E.** (2022). Assessment of the Ecological and Health Risks of Potentially Toxic Metals in Agricultural Soils from the Drosh-Shishi Valley, Pakistan. *Land*, 11(10), 1663.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N. ve Ocağ, S.** (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Shahabuddin, M., Uddin, M. N., Chowdhury, J. I., Ahmed, S. F., Uddin, M. N., Mofijur, M. & Uddin, M. A.** (2023). A review of the recent development, challenges, and opportunities of electronic waste (e-waste). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4), 4513-4520.

- She, W., Guo, L., Gao, J., Zhang, C., Wu, S., Jiao, Y. & Zhu, G.** (2022). Spatial distribution of soil heavy metals and associated environmental risks near major roads in Southern Tibet, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(14), 8380.
- Shen, W., Hu, Y., Zhang, J., Zhao, F., Bian, P. & Liu, Y.** (2021). Spatial distribution and human health risk assessment of soil heavy metals based on sequential Gaussian simulation and positive matrix factorization model: a case study in irrigation area of the Yellow River. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 225, 112752.
- Shittu, O. S., Williams, I. D. & Shaw, P. J.** (2021). Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. *Waste Management*, 120, 549-563.
- Soydemir, E.** (2013). *Katı örneklemeli yüksek çözünürlüklü elektrotermal atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile 2, 5 pm hava partiküllerinde cıva tayini* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Szponar, N., McLagan, D. S., Kaplan, R. J., Mitchell, C. P., Wania, F., Steffen, A., ... & Bergquist, B. A.** (2020). Isotopic characterization of atmospheric gaseous elemental mercury by passive air sampling. *Environmental Science & Technology*, 54(17), 10533-10543.
- Tabor, E. C. & Warren, W. V.** (1958). Distribution of certain metals in the atmosphere of some American cities. *AMA archives of industrial health*, 17(2), 145-151.
- Taghavi, M., Darvishiyan, M., Momeni, M., Eslami, H., Fallahzadeh, R. A. & Zarei, A.** (2023). Ecological risk assessment of trace elements (TEs) pollution and human health risk exposure in agricultural soils used for saffron cultivation. *Scientific Reports*, 13(1), 4556.
- Taghavi, M., Darvishiyan, M., Momeni, M., Eslami, H., Fallahzadeh, R. A. & Zarei, A.** (2023). Ecological risk assessment of trace elements (TEs) pollution and human health risk exposure in agricultural soils used for saffron cultivation. *Scientific Reports*, 13(1), 4556.
- Tripathi, A. & Dwivedi, A. K.** (2010). Airborne Cu and Zn at some urban sites in Pital Nagri (Moradabad), India. *Journal of Environmental Science & Engineering*, 52(1), 53-56.
- Tsydenova, O. & Bengtsson, M.** (2011). Chemical hazards associated with treatment of waste electrical and electronic equipment. *Waste management*, 31(1), 45-58.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K. & Cetin, M.** (2018). Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environmental monitoring and assessment*, 190, 1-11.
- Tzoraki, O. & Lasithiotakis, M.** (2018). Environmental risks associated with waste electrical and electronic equipment recycling plants. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences; Elsevier Inc.: Amsterdam, The Netherlands*.

- UNEP-GPA** (2006). Risk profile on hexabromobiphenyl, Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting, Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants Persistent Organic Pollutants Review Committee Second meeting, Genva.
- ur Rehman, I., Ishaq, M., Ali, L., Khan, S., Ahmad, I., Din, I. U., & Ullah, H.** (2018). Enrichment, spatial distribution of potential ecological and human health risk assessment via toxic metals in soil and surface water ingestion in the vicinity of Sewakht mines, district Chitral, Northern Pakistan. *Ecotoxicology and environmental safety*, 154, 127-136.
- USEPA,** (2011). Exposure Factors Handbook 2011 Edition (Final). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-09/052F. Available: ([http:// www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-chapter06.pdf](http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-chapter06.pdf)).
- Vaccari, M., Vinti, G., Cesaro, A., Belgiorno, V., Salhofer, S., Dias, M. I. & Jandric, A.** (2019). WEEE treatment in developing countries: Environmental pollution and health consequences—An overview. *International journal of environmental research and public health*, 16(9), 1595.
- Vaessen, H. A. & Szteke, B.** (2000). Beryllium in food and drinking water-a summary of available knowledge. *Food Additives & Contaminants*, 17(2), 149-159.
- Valko, M. M. H. C. M., Morris, H. & Cronin, M. T. D.** (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Current medicinal chemistry*, 12(10), 1161-1208.
- Vetrivel, P.** (2012). A focus on e-waste: effects on environment and human health. *International Journal of Novel Trends In Pharmaceutical Sciences*, 2(1), 47-51.
- Wang, J., Gao, B., Yin, S., Xu, D., Liu, L. & Li, Y.** (2019). simultaneous health risk assessment of potentially toxic elements in soils and sediments of the Guishui River Basin, Beijing. *International journal of environmental research and public health*, 16(22), 4539.
- Wang, J., Zhang, X., Yang, Q., Zhang, K., Zheng, Y. & Zhou, G.** (2018). Pollution characteristics of atmospheric dustfall and heavy metals in a typical inland heavy industry city in China. *Journal of Environmental Sciences*, 71, 283-291.
- Wang, Z., Zhang, J. & Watanabe, I.** (2022). Source Apportionment and Risk Assessment of Soil Heavy Metals due to Railroad Activity Using a Positive Matrix Factorization Approach. *Sustainability*, 15(1), 75.
- Wei, B. & Yang, L.** (2010). A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical journal*, 94(2), 99-107.
- Weldeslassie, T., Naz, H., Singh, B. & Oves, M.** (2018). Chemical contaminants for soil, air and aquatic ecosystem. *Modern age environmental problems and their remediation*, 1-22.

- Wesely, M. L. & Hicks, B. B.** (2000). A review of the current status of knowledge on dry deposition. *Atmospheric environment*, 34(12-14), 2261-2282.
- Wu, J., Li, J., Teng, Y., Chen, H. & Wang, Y.** (2020). A partition computing-based positive matrix factorization (PC-PMF) approach for the source apportionment of agricultural soil heavy metal contents and associated health risks. *Journal of Hazardous Materials*, 388, 121766.
- Wu, L., Yue, W., Wu, J., Cao, C., Liu, H. & Teng, Y.** (2023). Metal-mining-induced sediment pollution presents a potential ecological risk and threat to human health across China: A meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 329, 117058.
- Xia, Q., Zhang, J., Chen, Y., Ma, Q., Peng, J., Rong, G., ... & Liu, X.** (2020). Pollution, sources and human health risk assessment of potentially toxic elements in different land use types under the background of industrial cities. *Sustainability*, 12(5), 2121.
- Xu, F., Zhang, G., Wang, J., Zhang, W., Liu, L. & Lin, K.** (2015). Polybrominated diphenyl ethers in air and fallouts from an e-waste polluted region in southeast China: insight into levels, compositional profiles, and seasonal variation. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 19676-19686.
- Xue, S., Korna, R., Fan, J., Ke, W., Lou, W., Wang, J. & Zhu, F.** (2023). Spatial distribution, environmental risks, and sources of potentially toxic elements in soils from a typical abandoned antimony smelting site. *Journal of Environmental Sciences*, 127, 780-790.
- Yu, L., Liu, H., Liu, W., Qin, P., Yu, J., Zhou, B., ... & Shi, Z.** (2022). Spatial Distribution, Pollution Characteristics, and Health Risk Assessment of Heavy Metals in Soils from a Typical Agricultural County, East China. *Agriculture*, 12(10), 1565.
- Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M., ... & Li, S.** (2022). Health and environmental effects of heavy metals. *Journal of King Saud University-Science*, 34(1), 101653.
- Zenk, M. H.** (1996). Heavy metal detoxification in higher plants-a review. *Gene*, 179(1), 21-30.
- Zglobicki, W., Telecka, M. & Skupiński, S.** (2021). Heavy metals in playgrounds in Lublin (E Poland): sources, pollution levels and health risk. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 18328-18341.
- Zhang, H., Cai, A., Wang, X., Wang, L., Wang, Q., Wu, X. & Ma, Y.** (2021). Risk assessment and source apportionment of heavy metals in soils from Handan city. *Applied Sciences*, 11(20), 9615.
- Zhang, R., Chen, T., Zhang, Y., Hou, Y. & Chang, Q.** (2020). Health risk assessment of heavy metals in agricultural soils and identification of main influencing factors in a typical industrial park in northwest China. *Chemosphere*, 252, 126591.
- Zhang, Y. L., Zhao, Y. C., Wang, J. X., Zhu, H. D., Liu, Q. F., Fan, Y. G., ... & Fan, T. Q.** (2004). Effect of environmental exposure to cadmium on pregnancy outcome and fetal growth: a study on healthy pregnant

women in China. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 39(9), 2507-2515.

Zhang, Y., Wang, S., Gao, Z., Zhang, H., Zhu, Z., Jiang, B., ... & Dong, H. (2021). Contamination characteristics, source analysis and health risk assessment of heavy metals in the soil in Shi River Basin in China based on high density sampling. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 227, 112926.

Zhao, Y. X., Qin, X. F., Li, Y., Liu, P. Y., Tian, M., Yan, S. S., ... & Yang, Y. J. (2009). Diffusion of polybrominated diphenyl ether (PBDE) from an e-waste recycling area to the surrounding regions in Southeast China. *Chemosphere*, 76(11), 1470-1476.

Zhou, Y., Niu, L., Liu, K., Yin, S. & Liu, W. (2018). Arsenic in agricultural soils across China: distribution pattern, accumulation trend, influencing factors, and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 616, 156-163.



EKLER

EK A: E- atıkla ilgili dikkate değer çok taraflı uluslararası mevzuat örnekleri.

EK B: Örnekleme noktaları.

EK C: Örnekleme saha çalışmasına yönelik detaylar.

EK D: Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan akı miktarları (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2$ /gün).



EK A

Çizelge A.1 : E- atıkla ilgili dikkate değer çok taraflı uluslararası mevzuat örnekleri (Purchase ve diğ, 2020).

Mevzuat	Yasa Yılı	Notlar
The Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal (Basel Convention) (http://www.basel.int/TheConvention/Overview/tabid/1271/Default.aspx)	1992	Tehlikeli atıkların olumsuz etkilerine karşı tehlikeli atık sevkiyatının azaltılması yoluyla insan sağlığını ve çevreyi korumak için yapılması gerekenleri içermektedir.
EU Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment (RoHS) Directive 2002/95/EC (https://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/legis_rohs_en.htm)	2003	Avrupa Birliği pazarında satışa sunulan elektrikli ve elektronik eşyaların üretiminde altı tehlikeli maddenin (kurşun, kadmiyum, Cıva, altı değerlikli krom, polibromlu bifeniller (PBB'ler) ve polibromlu difenil eterler (PBDE'ler) alev geciktiriciler) mutabık kalınan seviyelerin üzerinde kullanımı yasaklamaktadır.
RoHS revised Directive (RoHS) Directive 2011/65/EU (https://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee/legis_en.htm)	2011	RoHS 2'nin amacı, örneğin elektrikli ve elektronik eşya ekipmanlarında tehlikeli maddelerin kullanımı ve AB'de ürünlerin pazarlanmasına yönelik yeni yasal çerçeveyi kapsayan yeni politika ve mevzuatlarla idari yükleri azaltmak ve tutarlılığı sağlamaktır.
RoHS 3 EU Directive 2015/863 (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32015L0863)	2019	RoHS 3, diğer kategoriler kapsamında olmayan diğer tüm elektronik ve elektrikli ekipmanları içeren ek bir kategori ve yeni kısıtlayıcı maddeler olarak dört ftalat içerir.
EU Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) Directive 2002/96/EC (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32002L0096)	2003	Bu mevzuat, elektrikli ve elektronik eşya üreticilerinin söz konusu ekipmanın ücretsiz toplanmasını ve geri dönüşümünü sağlamasını gerektirmektedir.

Purchase, D., Abbasi, G., Bisschop, L., Chatterjee, D., Ekberg, C., Ermolin, M., Fedotov, P., Garelick, H., Isimekhai, K., Kandile, N. G., Lundström, M., Matharu, A., Miller, B.W., Pineda, A., Popoola, O.E., Retegan, T., Ruedel, H., Serpe, A., Sheva, Y., Surati, K.R., Walsh, F., Wilson, B.P., Wong, M.H. 2020. Global occurrence, chemical properties, and ecological impacts of e-wastes (IUPAC Technical Report)" Pure and Applied Chemistry, 92,11, 1733-176

Çizelge A.1 (devam) : E-atıkla ilgili dikkate değer çok taraflı uluslararası mevzuat örnekleri (Purchase ve ark, 2020).

Mevzuat	Yasa Yılı	Notlar
WEEE revised Directive 2012/19/EU (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32012L0019)	2012	Gözden geçirilmiş Yönerge, elektrikli ve elektronik ekipman kategorilerinin ve bu kategorilerdeki öğelerin ayrıntılı listelerini içermektedir. Yeniden kullanımları için asgari hedefler belirler ve üye devletlerin şüpheli e-atık sevkiyatlarının ayrıntılı nakliye gerekliliklerine uygun olarak yapılmasını sağlamasını gerektirir.
The Stockholm Convention (http://www.pops.int/TheConvention/Overview/tabid/3351/Default.aspx)	2004	Bu küresel anlaşma, tarafların kasıtlı olarak üretilen kalıcı organik kirleticilerin (KOK'lar) üretimini ve kullanımını ortadan kaldırmasını veya kısıtlamasını, KOK'ların üretimini ve kullanımını veya ithalatını yasaklamasını ve ortadan kaldırmasını, KOK'larla kirlenmiş alanları belirlemesini gerektirmektedir.
EU Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemical Substances (REACH) Regulation EC 1907/ 2006 (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02006R1907-20140410)	2007	Üreticilerin ve ithalatçıların (örneğin elektronik bileşenlerin), kimyasallarının özellikleri hakkında bilgi toplamaları gerekmektedir. Kimyasallarının güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlayacak özellikleri hakkında bilgileri Avrupa Kimyasallar Ajansı (ECHA) tarafından yürütülen merkezi bir veri tabanına kaydetmekle yükümlüdür.
EU Classification, Labelling, and Packaging (CLP) Regulation (https://ec.europa.eu/growth/sectors/chemicals/classification-labelling_en)	2009	Bu mevzuat, Avrupa Birliği kimyasal madde ve karışımların sınıflandırılması, etiketlenmesi ve paketlenmesi sistemini Küresel Uyumlaştırılmış Sistem (GHS) ile uyumlu hale getiren REACH Yönetmeliğini tamamlamıştır.

Purchase, D., Abbasi, G., Bisschop, L., Chatterjee, D., Ekberg, C., Ermolin, M., Fedotov, P., Garelick, H., Isimekhai, K., Kandile, N. G., Lundström, M., Matharu, A., Miller, B.W., Pineda, A., Popoola, O.E., Retegan, T., Ruedel, H., Serpe, A., Sheva, Y., Surati, K.R., Walsh, F., Wilson, B.P., Wong, M.H. 2020. Global occurrence, chemical properties, and ecological impacts of e-wastes (IUPAC Technical Report)" Pure and Applied Chemistry, 92,11, 1733-1767

EK B**Çizelge B.1 : Örnekleme noktaları.**

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
Ankara	Geri Plan	A1	
	GRS	A2	
	BRH	A3	

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
Ankara	ELM	A6	
	KYG	A7	
	Geri Plan	KO-1	
Kocaeli	YŞA	KO-2	
			

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
Kocaeli	MGD	KO-3	
	DGS	KO-4	
	EXT	KO-5	
			

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
İstanbul	Geri Plan	I-1	
	AKD	I-2	

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
İstanbul	ÖZÇ	I-3	
	NMG	I-4	
Bursa	Geri Plan	B-1	

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
RSB	B-2	
ATK	B-3	

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
Eskişehir	Geri Plan	E1	
	ARÇ	E2	
	ASL	E3	

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
Kırıkkale	Geri Plan	KI-1	
	MBY	KI-2	

Çizelge B.1 (devam) : Örnekleme noktaları.

Şehir	Tesis İsmi	Tesis No	Fotoğraf
Niğde	Geri Plan	N1	
	CNR	N2	
Manisa	BSR	M-1	
	Geri Plan	M-2	

EK C

Çizelge C.1 : Örnekleme saha çalışmasına yönelik detaylar.

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1 Sahaya Bırakış	Sezon 1 Sahadan Alış	Toplam Süre (gün)	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)
Ankara						
Geri Plan	A1	2/6/2021	10/9/2021	100	21,25	2,72
GRS	A2	2/6/2021	10/9/2021	100	21,94	3,47
BRH	A3	2/6/2021	10/9/2021	100	23,10	2,72
YLM	A4	2/6/2021	10/9/2021	100	23,10	2,72
TBT	A5	2/6/2021	10/9/2021	100	23,10	2,72
ELM	A6	2/6/2021	10/9/2021	100	23,10	2,72
KYG	A7	4/6/2021	9/9/2021	97	21,25	2,72
Kocaeli						
Geri Plan	KO-1	5/6/2021	7/9/2021	94	23,28	2,12
YŞA	KO-2	5/6/2021	7/9/2021	94	23,56	2,75
MGD	KO-3	7/6/2021	7/9/2021	92	23,69	2,78
DGS	KO-4	5/6/2021	7/9/2021	94	24,72	1,42
EXT	KO-5	5/6/2021	7/9/2021	94	23,28	2,12
İstanbul						
Geri Plan	I-1	7/6/2021	8/9/2021	93	23,87	1,71
AKD	I-2	14/9/2021	20/10/2021	90	25,05	2,23
ÖZÇ	I-3	7/6/2021	8/9/2021	93	24,81	2,45
NMG	I-4	7/6/2021	8/9/2021	93	24,40	2,59
Bursa						
Geri Plan	B-1	8/6/2021	9/9/2021	93	24,97	2,45
RSB	B-2	8/6/2021	9/9/2021	93	24,43	2,84
ATK	B-3	8/6/2021	9/9/2021	93	24,43	2,84
Eskişehir						
Geri Plan	E-1	31/5/2021	9/9/2021	101	21,48	1,70
ARÇ	E-2	31/5/2021	9/9/2021	101	21,48	1,70
ASL	E-3	31/5/2021	9/9/2021	101	21,48	1,70
Kırıkkale						
Geri Plan	KI-1	3/6/2021	11/9/2021	100	24,03	2,92
MBY	KI-2	3/6/2021	11/9/2021	100	24,03	2,92
Niğde						
Geri Plan	N-1	3/6/2021	7/9/2021	96	21,96	2,56
CNR	N-2	3/6/2021	7/9/2021	96	22,44	4,93
Manisa						
Geri Plan	M-1	7/6/2021	7/9/2021	92	26,91	3,73
BSR	M-2	7/6/2021	7/9/2021	92	28,62	0,97

Çizelge C.1 (devam) : Örnekleme saha çalışmasına yönelik detaylar.

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 2 Sahaya Bırakış	Sezon 2 Sahadan Alış	Toplam Süre (gün)	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)
Ankara						
Geri Plan	A1	9/9/2021	4/12/2021	86	10,89	2,56
GRS	A2	10/9/2021	7/12/2021	88	10,15	2,52
BRH	A3	10/9/2021	7/12/2021	88	12,16	2,20
YLM	A4	10/9/2021	7/12/2021	88	12,16	2,20
TBT	A5	10/9/2021	7/12/2021	88	12,16	2,20
ELM	A6	10/9/2021	7/12/2021	88	12,16	2,20
KYG	A7	10/9/2021	7/12/2021	88	12,16	2,20
Kocaeli						
Geri Plan	KO-1	7/9/2021	10/12/2021	94	14,63	2,10
YŞA	KO-2	7/9/2021	9/12/2021	93	14,88	2,64
MGD	KO-3	7/9/2021	9/12/2021	93	14,88	2,64
DGS	KO-4	7/9/2021	10/12/2021	94	15,57	2,80
EXT	KO-5	7/9/2021	10/12/2021	94	14,63	2,10
İstanbul						
Geri Plan	I-1	8/9/2021	9/12/2021	92	15,49	2,08
AKD	I-2	8/9/2021	10/12/2021	93	15,79	2,09
ÖZÇ	I-3	7/9/2021	9/12/2021	93	15,75	2,50
NMG	I-4	7/9/2021	9/12/2021	93	15,68	2,22
Bursa						
Geri Plan	B-1	9/9/2021	7/12/2021	89	15,03	2,40
RSB	B-2	9/9/2021	8/12/2021	90	15,42	2,18
ATK	B-3	9/9/2021	7/12/2021	89	15,42	2,18
Eskişehir						
Geri Plan	E-1	9/9/2021	4/12/2021	86	9,42	1,47
ARÇ	E-2	9/9/2021	4/12/2021	86	11,86	1,47
ASL	E-3	9/9/2021	4/12/2021	86	11,86	1,47
Kırıkkale						
Geri Plan	KI-1	11/9/2021	6/12/2021	86	12,17	2,22
MBY	KI-2	11/9/2021	6/12/2021	86	12,17	2,22
Niğde						
Geri Plan	N-1	11/9/2021	6/12/2021	86	11,41	2,23
CNR	N-2	11/9/2021	6/12/2021	86	12,01	3,72
Manisa						
Geri Plan	M-1	10/9/2021	10/12/2021	91	15,87	3,09
BSR	M-2	10/9/2021	10/12/2021	91	17,14	0,88

Çizelge C.1 (devam) : Örnekleme saha çalışmasına yönelik detaylar.

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 3 Sahaya Bırakış	Sezon 3 Sahadan Alış	Toplam Süre (gün)	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)
Ankara						
Geri Plan	A1	4/12/2021	8/3/2022	94	0,58	2,80
GRS	A2	7/12/2021	5/3/2022	88	0,69	2,53
BRH	A3	7/12/2021	5/3/2022	88	2,32	2,04
YLM	A4	7/12/2021	5/3/2022	88	2,32	2,04
TBT	A5	7/12/2021	5/3/2022	88	2,32	2,04
ELM	A6	7/12/2021	5/3/2022	88	2,32	2,04
KYG	A7	7/12/2021	5/3/2022	88	2,32	2,04
Kocaeli						
Geri Plan	KO-1	10/12/2021	9/3/2022	89	6,73	2,45
YŞA	KO-2	9/12/2021	9/3/2022	90	6,35	2,75
MGD	KO-3	9/12/2021	9/3/2022	90	6,35	2,75
DGS	KO-4	10/12/2021	9/3/2022	89	6,84	2,88
EXT	KO-5	10/12/2021	9/3/2022	89	6,73	2,45
İstanbul						
Geri Plan	I-1	9/12/2021	8/3/2022	89	7,13	2,66
AKD	I-2	10/12/2021	9/3/2022	89	7,29	2,29
ÖZÇ	I-3	9/12/2021	8/3/2022	89	6,93	2,55
NMG	I-4	9/12/2021	8/3/2022	89	6,24	4,68
Bursa						
Geri Plan	B-1	7/12/2021	10/3/2022	93	6,70	2,13
RSB	B-2	8/12/2021	10/3/2022	92	6,57	2,36
ATK	B-3	7/12/2021	10/3/2022	93	6,57	2,36
Eskişehir						
Geri Plan	E-1	4/12/2021	8/3/2022	94	-0,63	1,63
ARÇ	E-2	4/12/2021	8/3/2022	94	2,34	1,63
ASL	E-3	4/12/2021	8/3/2022	94	2,34	1,63
Kırıkkale						
Geri Plan	KI-1	6/12/2021	7/3/2022	91	2,37	2,45
MBY	KI-2	6/12/2021	7/3/2022	91	2,37	2,45
Niğde						
Geri Plan	N-1	6/12/2021	7/3/2022	91	0,97	2,44
CNR	N-2	6/12/2021	7/3/2022	91	1,17	3,16
Manisa						
Geri Plan	M-1	10/12/2021	18/3/2022	98	6,97	0,91
BSR	M-2	10/12/2021	18/3/2022	98	5,74	3,06

Çizelge C.1 (devam) : Örnekleme saha çalışmasına yönelik detaylar.

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 4 Sahaya Bırakiş	Sezon 4 Sahadan Alış	Toplam Süre (gün)	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)
Ankara						
Geri Plan	A1	8/3/2022	25/5/2022	78	11,33	2,50
GRS	A2	5/3/2022	26/5/2022	82	11,38	3,17
BRH	A3	5/3/2022	26/5/2022	82	13,38	2,37
YLM	A4	5/3/2022	26/5/2022	82	13,38	2,37
TBT	A5	5/3/2022	26/5/2022	82	13,38	2,37
ELM	A6	5/3/2022	26/5/2022	82	13,38	2,37
KYG	A7	5/3/2022	26/5/2022	82	13,38	2,37
Kocaeli						
Geri Plan	KO-1	9/3/2022	24/5/2022	76	13,94	2,19
YŞA	KO-2	9/3/2022	23/5/2022	75	13,66	2,49
MGD	KO-3	9/3/2022	24/5/2022	76	13,75	2,48
DGS	KO-4	9/3/2022	24/5/2022	76	14,38	2,71
EXT	KO-5	9/3/2022	24/5/2022	76	13,82	2,21
İstanbul						
Geri Plan	I-1	8/3/2022	23/5/2022	76	12,76	2,07
AKD	I-2	9/3/2022	23/5/2022	75	14,02	2,10
ÖZÇ	I-3	8/3/2022	23/5/2022	76	13,64	2,24
NMG	I-4	8/3/2022	23/5/2022	76	13,47	2,13
Bursa						
Geri Plan	B-1	10/3/2022	1/6/2022	83	15,99	2,20
RSB	B-2	10/3/2022	1/6/2022	83	15,23	2,56
ATK	B-3	10/3/2022	1/6/2022	83	15,23	2,56
Eskişehir						
Geri Plan	E-1	8/3/2022	25/5/2022	78	8,81	1,68
ARÇ	E-2	8/3/2022	25/5/2022	78	12,87	1,68
ASL	E-3	8/3/2022	25/5/2022	78	12,87	1,68
Kırıkkale						
Geri Plan	KI-1	7/3/2022	26/5/2022	80	13,83	2,55
MBY	KI-2	7/3/2022	26/5/2022	80	13,83	2,55
Niğde						
Geri Plan	N-1	7/3/2022	27/5/2022	81	12,17	2,45
CNR	N-2	7/3/2022	27/5/2022	81	12,34	4,14
Manisa						
Geri Plan	M-1	18/3/2022	3/6/2022	77	17,72	3,40
BSR	M-2	18/3/2022	3/6/2022	77	18,76	1,32

EK D**Çizelge D.1 :** Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Pb akı miktarı (F, µg/m² /gün).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
GRS	A2	28	47	5,28	26,4
BRH	A3	11,8	16,82	10,46	9,48
YLM	A4	9,4	19,66	3,76	24,4
TBT	A5	28,8	5,46	16,82	4,56
ELM	A6	37,2	37,8	5,46	8,24
KYG	A7	8,44	9,64	84,6	5,82
KOCAELİ					
YŞA	KO-2	3,64	4,28	24	13,14
MGD	KO-3	8,4	59,4	10,38	45
DGS	KO-4	11,14	18,26	28,6	20
EXT	KO-5	34	11	7,92	23,6
İSTANBUL					
AKD	I-2	4,74	31	0,46	34
ÖZÇ	I-3	6,86	0,726	17,02	1,234
NMG	I-4	3,42	4,12	33	27
BURSA					
RSB	B-2	10,78	4,86	1,912	3,74
ATK	B-3	180,8	312	6,6	32,2
ESKİŞEHİR					
ARÇ	E-2	2,44	4,26	2,64	2,66
ASL	E-3	24,8	19,92	60,2	12,42
KIRIKKALE					
MBY	KI-2	3,04	6,62	4,94	4,34
NİĞDE					
CNR	N-2	23	18,46	6,98	5,72
MANİSA					
BSR	M-2	26,6	31,8	23,6	45,2

Çizelge D.2 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cr akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	4,4	10,18	7,3	19,42
GRS	A2	6,1	15,38	17,66	8,48
BRH	A3	5,32	14,22	11,66	6,88
YLM	A4	4,56	8,1	4,38	9,36
TBT	A5	9,1	18,92	20,2	7,1
ELM	A6	7,36	6,82	6,84	37
KYG	A7	5,34	7,9	10,16	23,6
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	11,78	3,54	2,46	17,94
YŞA	KO-2	23,8	44,8	15,24	35,8
MGD	KO-3	14,92	23,8	264	44,6
DGS	KO-4	12,6	15,98	9,52	11,02
EXT	KO-5	4,66	8,62	3,86	9,86
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	5,1	11,4	14,5	70,8
AKD	I-2	12,9	26,2	1,2	28,4
ÖZÇ	I-3	8,0	2,0	1,2	29,4
NMG	I-4	2,1	2,4	23,0	3,0
BURSA					
Geri Plan	B-1	4,42	3,92	2,68	16,1
RSB	B-2	8,32	7,48	11,7	19,92
ATK	B-3	10,78	10,86	13,66	7,36
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	6,66	14,02	3,6	11,08
ARÇ	E-2	4,88	13,26	3,66	7,58
ASL	E-3	6,2	12,16	5,82	10,64

Çizelge D.2 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cr akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	4,92	2,42	3,2	5,88
MBY	KI-2	10,84	14,18	39,6	16,72
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	4,68	1,786	11,24	13,88
CNR	N-2	5,46	3,8	1,342	4,72
MANİSA					
Geri Plan	M-1	3,9	3,3	6,0	8,0
BSR	M-2	7,6	8,9	136,0	41,2

Çizelge D.3 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan As akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	1,028	0,34	<MDL	0,472
GRS	A2	1,586	1,008	0,636	1,358
BRH	A3	1,314	1,054	<MDL	0,55
YLM	A4	0,880	1,08	<MDL	0,928
TBT	A5	1,562	1,392	0,616	0,826
ELM	A6	1,704	0,42	<MDL	0,552
KYG	A7	0,834	0,632	0,306	1,192
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	0,846	<ŞAHİT-ORT	0,216	0,796
YŞA	KO-2	1,018	0,356	0,562	0,904
MGD	KO-3	1,278	0,41	0,732	0,942
DGS	KO-4	0,878	0,498	0,694	0,534
EXT	KO-5	0,92	0,274	<MDL	0,812

Çizelge D.3 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan As akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	1,2	<MDL	<MDL	0,8
AKD	I-2	1,0	0,6	<MDL	1,0
ÖZÇ	I-3	1,8	0,5	<MDL	1,1
NMG	I-4	0,6	0,5	0,8	0,5
BURSA					
Geri Plan	B-1	0,906	0,628	0,266	1,408
RSB	B-2	1,044	0,852	0,526	1,12
ATK	B-3	1,464	0,914	0,308	0,778
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	0,714	0,29	0,21	0,442
ARÇ	E-2	0,758	2262	0,312	1,104
ASL	E-3	1,106	1,006	0,368	0,662
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	1,474	<MDL	0,206	0,992
MBY	KI-2	0,972	0,906	<MDL	0,806
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	1,32	0,444	0,45	0,826
CNR	N-2	1,32	0,54	<MDL	0,612
MANİSA					
Geri Plan	M-1	1,16	0,89	1,11	1,31
BSR	M-2	1,37	1,40	1,47	1,63

Çizelge D.4 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Zn akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	5218	<MDL	<ŞAHİR- ORT	4870
GRS	A2	3376	<ŞAHİR- ORT	<ŞAHİR- ORT	13842
BRH	A3	4992	4108	<ŞAHİR- ORT	1642
YLM	A4	2048	2730	<ŞAHİR- ORT	2226
TBT	A5	3624	7604	2498	7728
ELM	A6	5810	<MDL	<ŞAHİR- ORT	<MDL
KYG	A7	2472	1916	<ŞAHİR- ORT	8908
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	4758	<MDL	<MDL	8986
YŞA	KO-2	3966	<MDL	<MDL	2470
MGD	KO-3	3244	<MDL	2590	5300
DGS	KO-4	3474	2222	<ŞAHİR- ORT	3964
EXT	KO-5	2820	1382	<ŞAHİR- ORT	2164
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	6672,0	<MDL	<ŞAHİR- ORT	5278,0
AKD	I-2	4894,0	<MDL	<MDL	<MDL
ÖZÇ	I-3	9604,0	3280,0	<ŞAHİR- ORT	11234,0
NMG	I-4	2620,0	3058,0	<ŞAHİR- ORT	6008,0
BURSA					
Geri Plan	B-1	3960	2822	<MDL	12946
RSB	B-2	2964	3626	<MDL	7002
ATK	B-3	4910	4058	<ŞAHİR- ORT	7474

Çizelge D.4 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Zn akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	2994	<MDL	<MDL	<MDL
ARÇ	E-2	2954	11652	<ŞAHİT- ORT	12556
ASL	E-3	3070	<MDL	<ŞAHİT- ORT	<MDL
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	6992	<MDL	<MDL	7246
MBY	KI-2	3218	1484	<ŞAHİT- ORT	1970
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	5420	<ŞAHİT- ORT	2072	6218
CNR	N-2	2204	<MDL	<ŞAHİT- ORT	<MDL
MANİSA					
Geri Plan	M-1	4392,00	3680,00	5286,00	12572
BSR	M-2	1856,00	<ŞAHİT- ORT	<MDL	1492,00

Çizelge D.5 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cd akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	0,096	<MDL	<IDL	<MDL
GRS	A2	1,294	0,204	0,032	0,896
BRH	A3	0,406	0,19	0,034	0,126
YLM	A4	0,124	0,066	<MDL	0,234
TBT	A5	0,128	5270	2,1	0,052
ELM	A6	3758	0,084	2,8	0,364
KYG	A7	0,12	4,58	0,092	0,102

Çizelge D.5 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cd akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	0,096	<MDL	<IDL	<MDL
GRS	A2	1,294	0,204	0,032	0,896
BRH	A3	0,406	0,19	0,034	0,126
YLM	A4	0,124	0,066	<MDL	0,234
TBT	A5	0,128	5270	2,1	0,052
ELM	A6	3758	0,084	2,8	0,364
KYG	A7	0,12	4,58	0,092	0,102
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	0,062	<IDL	<IDL	<IDL
YŞA	KO-2	0,124	0,156	0,97	0,098
MGD	KO-3	0,144	0,132	0,256	0,074
DGS	KO-4	0,13	0,176	0,098	0,334
EXT	KO-5	1,112	0,078	<MDL	5,7
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	0,1	<IDL	<IDL	<MDL
AKD	I-2	0,1	<MDL	<IDL	0,1
ÖZÇ	I-3	0,1	<ŞAHİT- ORT	<IDL	0,5
NMG	I-4	<MDL	<MDL	0,2	<MDL
BURSA					
Geri Plan	B-1	0,05	0,346	<IDL	0,038
RSB	B-2	0,296	<MDL	0,044	<MDL
ATK	B-3	0,098	0,154	0,056	<MDL
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	0,05	<MDL	<IDL	<IDL
ARÇ	E-2	0,098	0,212	<IDL	0,056
ASL	E-3	0,176	<MDL	<ŞAHİT- ORT	0,094

Çizelge D.6 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cu akı miktarı (F, µg/m² /gün).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	1,014	1,534	1,944	5,46
GRS	A2	14,74	27	20,2	21
BRH	A3	13,1	27,6	14,04	19,56
YLM	A4	34,2	146,8	22,2	272
TBT	A5	21	16,78	11,74	31,8
ELM	A6	25,6	30,6	10,3	20,4
KYG	A7	13,78	23,6	25,2	25
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	4,14	4,1	2,66	9,5
YŞA	KO-2	12,94	10,94	13,7	93,8
MGD	KO-3	21,2	28,6	22	52,6
DGS	KO-4	268	242,6	175,8	45,8
EXT	KO-5	12,26	7,7	15,98	149,2
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	2,8	8,5	2,3	14,0
AKD	I-2	6,5	41,6	2,3	57,4
ÖZÇ	I-3	1,4	2,3	3,8	256,0
NMG	I-4	1,0	3,5	64,6	22,2
BURSA					
Geri Plan	B-1	5,78	2,22	2,38	15,3
RSB	B-2	81,2	10,3	1,352	47,2
ATK	B-3	9,02	13,36	5,52	12,86
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	2,66	6,86	2,66	10,24
ARÇ	E-2	3,32	4,62	48,4	9,26
ASL	E-3	10,6	11,14	10,06	16,96

Çizelge D.6 (devam): Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Cu akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	0,948	1,256	2,2	11,4
MBY	KI-2	5,78	5,64	5,66	12,68
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	1,546	2,86	3,86	10,78
CNR	N-2	70	48	<MDL	26,4
MANİSA					
Geri Plan	M-1	1,17	2,34	18,48	9,74
BSR	M-2	15,12	24,80	14,82	35,00

Çizelge D.7 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Ni akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	1,034	5,14	5,18	8,98
GRS	A2	2,44	6,74	11,08	3,04
BRH	A3	2,52	10,1	10,76	6,26
YLM	A4	3,3	7,16	2,78	7,32
TBT	A5	4,4	19,74	14,86	5,38
ELM	A6	12,74	18,48	16,66	22,4
KYG	A7	2,64	5,16	6,06	11,1
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	4,74	3,2	1,238	14,64
YŞA	KO-2	10,54	22	14	18,3
MGD	KO-3	4,42	11,26	296	18,26
DGS	KO-4	6,86	7,4	6,8	6,58
EXT	KO-5	13,9	14,64	3,56	298

Çizelge D.7 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Ni akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	1,3	7,4	7,0	49,0
AKD	I-2	5,7	11,4	0,7	12,7
ÖZÇ	I-3	0,740	<MDL	0,69	13,70
NMG	I-4	0,32	0,39	12,04	0,70
BURSA					
Geri Plan	B-1	2,26	3,42	3,06	12,94
RSB	B-2	4,02	3,1	6,3	9,32
ATK	B-3	3,12	7,26	8,12	4,56
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	3,28	10,88	2,18	8,22
ARÇ	E-2	3	5,96	4,18	3,02
ASL	E-3	4,32	9,9	4,14	7,42
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	1,242	2,16	1,67	3,84
MBY	KI-2	3,04	9,92	35,2	18,48
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	1,36	1,862	7,3	5,26
CNR	N-2	2,54	1,818	1,966	1,66
MANİSA					
Geri Plan	M-1	1,01	1,72	1,83	2,84
BSR	M-2	4,66	9,12	77,80	27,40

Çizelge D.8 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Be akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	0,046	0,026	<IDL	0,05
GRS	A2	0,062	0,034	<MDL	0,096
BRH	A3	0,05	0,048	0,014	0,028
YLM	A4	0,028	0,046	<IDL	0,042
TBT	A5	0,048	0,062	0,016	0,06
ELM	A6	0,054	0,022	<ŞAHİT- ORT	0,026
KYG	A7	0,032	0,024	0,012	0,064
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	0,032	<ŞAHİT- ORT	<MDL	0,07
YŞA	KO-2	0,07	0,04	0,016	0,1
MGD	KO-3	0,1	0,05	0,02	0,098
DGS	KO-4	0,036	0,03	0,02	0,038
EXT	KO-5	0,034	0,018	<IDL	0,032
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	0,05	<MDL	<MDL	0,06
AKD	I-2	0,04	0,05	<MDL	0,08
ÖZÇ	I-3	0,06	0,03	<IDL	0,08
NMG	I-4	0,02	0,03	0,05	0,04
BURSA					
Geri Plan	B-1	0,034	0,03	<MDL	0,092
RSB	B-2	0,034	0,044	<MDL	0,058
ATK	B-3	0,052	0,038	<MDL	0,054
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	0,042	0,032	<MDL	0,034
ARÇ	E-2	0,04	0,124	<ŞAHİT- ORT	0,088
ASL	E-3	0,05	0,052	<IDL	0,028

Çizelge D.8 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Be akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	0,046	<MDL	<MDL	0,068
MBY	KI-2	0,034	0,04	<ŞAHİT- ORT	0,04
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	0,052	0,018	0,012	0,062
CNR	N-2	0,056	0,038	<IDL	0,016
MANİSA					
Geri Plan	M-1	0,042	0,040	0,036	0,090
BSR	M-2	0,038	0,032	0,016	0,060

Çizelge D.9 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Al akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	4858	<MDL	<ŞAHİT- ORT	1462
GRS	A2	3686	<ŞAHİT- ORT	<ŞAHİT- ORT	6718
BRH	A3	4698	4156	<MDL	<MDL
YLM	A4	2092	2732	<ŞAHİT- ORT	<MDL
TBT	A5	3106	7104	1970	3764
ELM	A6	5544	<MDL	<ŞAHİT- ORT	<MDL
KYG	A7	2500	1980	<ŞAHİT- ORT	4338

Çizelge D.9 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Al akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	4284	<ŞAHİT- ORT	<MDL	3928
YŞA	KO-2	4750	1760	<MDL	3658
MGD	KO-3	3968	<MDL	2020	2256
DGS	KO-4	3162	2010	<MDL	1826
EXT	KO-5	2670	1280	<ŞAHİT- ORT	1358
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	5690	<MDL	<ŞAHİT- ORT	2298
AKD	I-2	4096	<MDL	<MDL	1462
ÖZÇ	I-3	8210	3254	<ŞAHİT- ORT	6718
NMG	I-4	2326	2878	<MDL	2488
BURSA					
Geri Plan	B-1	3672	2328	<MDL	6812
RSB	B-2	3148	3786	<MDL	3934
ATK	B-3	4400	4002	<ŞAHİT- ORT	3772
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	3160	1418	<MDL	<MDL
ARÇ	E-2	2904	12420	<ŞAHİT- ORT	7008
ASL	E-3	3278	1604	<ŞAHİT- ORT	<MDL
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	5694	<MDL	<MDL	3326
MBY	KI-2	3364	2158	<ŞAHİT- ORT	1460
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	5434	<MDL	1692	2778
CNR	N-2	3074	<MDL	<ŞAHİT- ORT	<MDL

Çizelge D.9 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Al akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
MANİSA					
Geri Plan	M-1	4150	3784	4494	5802
BSR	M-2	2294	<MDL	<MDL	<MDL

Çizelge D.10 : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Co akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
ANKARA					
Geri Plan	A1	0,148	0,29	0,212	0,338
GRS	A2	0,566	0,72	1,296	0,414
BRH	A3	0,982	0,726	0,7	0,612
YLM	A4	0,48	0,942	0,402	1,528
TBT	A5	3478	0,642	3,7	16,4
ELM	A6	12,06	19520	38	3,12
KYG	A7	0,736	0,608	0,85	1,008
KOCAELİ					
Geri Plan	KO-1	0,220	0,160	0,080	1,436
YŞA	KO-2	0,578	0,91	0,634	5,42
MGD	KO-3	0,916	1,27	8,4	2,92
DGS	KO-4	0,490	0,972	0,738	2,24
EXT	KO-5	31,2	24,2	0,650	14,54
İSTANBUL					
Geri Plan	I-1	0,164	0,296	0,174	1,802
AKD	I-2	0,238	1,050	0,026	1,860
ÖZÇ	I-3	0,158	0,022	0,092	1,104
NMG	I-4	0,034	0,046	1,490	0,570

Çizelge D. 10 (devam) : Atmosferik ortamdan çökelen partikül madde vasıtası ile ortaya çıkan Co akı miktarı (F, $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{gün}$).

Tesis İsmi	Tesis No	Sezon 1	Sezon 2	Sezon 3	Sezon 4
BURSA					
Geri Plan	B-1	0,194	0,202	0,136	0,636
RSB	B-2	0,494	0,372	0,506	0,976
ATK	B-3	0,354	0,552	0,858	0,636
ESKİŞEHİR					
Geri Plan	E-1	0,568	1,442	0,084	1,238
ARÇ	E-2	0,362	0,982	0,242	0,542
ASL	E-3	0,854	2,32	0,516	1,506
KIRIKKALE					
Geri Plan	KI-1	0,172	0,244	0,050	0,448
MBY	KI-2	0,360	0,884	0,882	1,164
NİĞDE					
Geri Plan	N-1	0,224	0,280	0,220	0,440
CNR	N-2	0,488	0,320	0,054	0,370
MANİSA					
Geri Plan	M-1	0,138	0,144	0,122	0,336
BSR	M-2	0,680	1,292	2,660	1,790

ÖZGEÇMİŞ

TARANMIŞ
VESİKALIK
FOTOĞRAF

Ad-Soyad : Özge KORKUSUZ

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2017- BUSKİ İçme suyu ve Atıksu Arıtma Tesisi Çevre Laboratuvarı - Stajyer Mühendis
- 2018- Kuzu Toplu Konut A.Ş. - Stajyer Mühendis
- 2022- Kaplam Otomotiv Plastik Sanayi Ticaret A.Ş. – Kalite Mühendisi

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Gül, H.K., Kaya, O.V., Korkusuz, Ö. ve Kurt-Karakuş, P.B.** (2021). BURSA’DA YER ALAN ÇOCUK PARKI TOZLARINDA CİVA SEVİYELERİ VE SAĞLIK RİSK DEĞERLENDİRMESİ. *14. Ulusal 2. Uluslararası Çevre Mühendisliği Kongresi*, (pp.447). Türkiye : December 9-11.