

**EV TOZLARINDA AĞIR METAL
KONSANTRASYONLARININ İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS
OF HOUSE DUST**

PARISA BABAEI

PROF. DR. GÜLEN GÜLLÜ

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin
ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2015

PARISA BABAEI'ın hazırladığı “**EV TOZLARI İÇİNDE AĞIR METALLERİN KONSANTRASYONLARI**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet Cemal Saydam
Başkan

.....

Prof. Dr. Gülen Güllü
Danışman

.....

Prof. Dr. AYDIN AKBULUT
Üye

.....

Doç. Dr. Gaye Teksöz
Üye

.....

Doç.Dr.Merih Aydınalp Köksel
Üye

.....

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19.06.2015

PARISA BABAEI

ÖZET

EV TOZLARINDA AĞIR METALLERİN KONSANTRASYONLARININ İNCELENMESİ

PARISA BABAEI

Yüksek Lisans, Çevre Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Haziran 2015, 106 sayfa

Halk sağlığının önemli bir göstergesi olan iç ortam hava kalitesi, insan sağlığının yanı sıra yaşam kalitesini de önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle, dış ortam hava kalitesinin yanı sıra iç ortam hava kalitesinin izlenmesi ve kontrolünde önem taşımaktadır. Bu çalışmada 2012 yılında Ankaranın çeşitli noktalarında bulunan evlerden toplanan ev tozlarındaki ağır metal kiriliği hakkındaki çalışma sonuçları ortaya konulmaktadır. Nisan 2012' den Haziran 2012 'e kadar olan sürede önceden belirlenen evlerden elektrik süpürgesinde toplanan toplam 45 toz örneği alınmış ve çözünürleştirilme işlemlerden sonra Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre cihazı kullanılarak Ni, Pb, Fe, Zn, Cd, V, As, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Sb ve Sn tayin edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre en yüksek aritmetik ortalamaya sahip elementler sırasıyla Mg(8900.34 μgg^{-1}), Fe(4408.57 μgg^{-1}), Zn(449.983 μgg^{-1}) ve Cu(104.515 μgg^{-1}) olarak gözlenmiştir. Sonuçlar toplanan ev tozlarındaki ağır metal miktarının evlerin ana caddeye yakınlığı, evin bulunduğu kata, binanın duvar boyası türüne, evdeki ısıtma kaynağı türüne, dezenfektan kullanım sıklığına ve ev içinde sigara içilip içilmemesine göre değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Ankara, İç ortam havakalitesi, Ağır metaller, Ev tozları, Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre

ABSTRACT

INVESTIGATION OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS OF HOUSE DUST

PARISA BABAEI

Master Degree, Department of Environmental Engineering

Advisor: Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

June 2015 , 106 sayfa

Indoor air quality, an important indicator of public health, affects not only human health but also the quality of life. Therefore, the monitoring and control of outdoor air quality as well as indoor air quality is also important. In this study, results obtained from pollution of heavy metals in household dusts collecting from houses in various points of Ankara were presented by experimental analyses in 2012 year. A total of 47 samples were collected by researchers in predetermined houses throughout Ankara during the period April, 2012 to June, 2012 and analysed for As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, V, Zn using the atomic absorption spectrophotometric method after wet digestion. According to the statistical analysis the highest arithmetic means were observed for the elements Mg ($8900.34 \mu\text{g g}^{-1}$), Fe ($4408.57 \mu\text{g g}^{-1}$), Zn ($449.98 \mu\text{g g}^{-1}$) and Cu ($104.51 \mu\text{g g}^{-1}$). Results of heavy metal analysis revealed that the concentrations change with the proximity to the main street of houses, to the floor type of the houses, wall paint type, home heating source type, frequency of disinfectant use and smoking in the house.

Keywords: Ankara, indoor air quality, heavy metals, household dust, Atomic Absorption Spectrophotometer

TEŞEKKÜRLER

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca benden maddi ve manevi destek ve yardımlarını esirgemeyen, çalışmamda takıldığım her noktada bilgi ve deneyimleri ile her zaman bana yol gösteren ve hayata yaklaşımıyla bana örnek olan sevgili hocam Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ'ye,

Tez çalışmam süresince ihtiyaç duyduğum her anda her konuda bana destek veren ve yardımcı olan değerli hocam Dr. İlknur DURUKAN'a

Yüksek lisans eğitimim boyunca ihtiyaç duyduğum her anda benden yardımlarını esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nün değerli öğretim üyeleri, araştırma görevlileri ve idari personeli'ne

Tanıştığımız günden bu yana manevi desteği dışında, çok yorucu olan laboratuvar çalışmalarında en çok zorlandığım anlarda da hep yanımda olan dostum Ezgi ÖĞÜN'e,

Tezin saha (evlerden örnek alınması aşaması) ve anket çalışmalarının düzenlenmesi aşamalarında yardımcı olan arkadaşlarım Bilge KARAKAŞ, Betül KURADA ve Elham AGLAHARA'ya

İhtiyacım olan her zaman maddi ve manevi destekleri ile beni rahatlatan sevgili arkadaşlarım Sanaz LAKESTANI, Adeleh RASHIDI, Afsoun NIKRAVAN, Farid Hassanbaghi, A. Perihan AKAN ve Elmira AGHAALIPOUR'a,

Arkamda her zaman desteklerini hissetmemin verdiği güçle benim ilerlememi teşvik eden ve ileride kendilerine yakışır güzel yerlere gelmemi arzulayan annem, babam ve kardeşim'e,

En derin şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
1.1. Yapılan Çalışmanın Amacı	3
1.2. Çalışma Yöntemi ve Planı:	4
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. İç Ortam Hava Kalitesi.....	5
2.2. İç Ortamlarda Kirletici Kaynaklar	6
2.3. Yapı malzemeleri ve ürünleri	6
2.4. İç ortamda kullanılan ürünler	6
2.5. İç Ortam Kirleticileri	8
2.5.1. Metaller, Mineral Fiberler ve Partiküller	11
2.6. Binalarda hava kalitesini etkileyen faktörler.....	11
2.7. İç ortam hava kalitesi kontrolü	12
2.8. Ağır metallerin tanımı ve özellikleri.....	13
2.9. Ağır Metallerin insan sağlığı üzerinde Etkileri.....	14
2.10. Ağır metallerin iç ortam hava kalitesi üzerine etkileri	18
2.11. Kuramsal Temeller	20
2.11.1. Atomik absorpsiyon spektrofotometreleri :	20
2.11.2. Atomlaştırıcılar	21
2.11.3. Uygulamalar.....	21
2.11.4. Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi	22
2.11.5. Alevsiz Atomlaştırıcılar (Elektrotermal atomlaştırıcı).....	22
2.11.6. Hidrür Oluşturma Yöntemi	23
2.11.7. Soğuk Buhar Yöntemi.....	24
2.12. Eser Element Analizlerinde Çözünürleştirme Teknikleri.....	24
2.12.1. Eser Elementlerde Mikrodalga Çözünürleştirmeler	24

2.13.	Elektron mikroskop.....	25
3.	MATERYAL VE METOT.....	27
3.1.	Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Örnekleme Dönemi	27
3.2.	Anket Çalışması	28
3.3.	Örnekleme ve Analiz Yöntem	29
3.3.1.	Örneklerin Toplanması	29
3.3.2.	Örneklerin Hazırlanması	29
3.3.3.	Analizinde Kullanılan Analitik Yöntemler	30
3.4.	Kalite kontrollü:	34
3.4.1.	Kalibrasyon grafiklerinin hazırlanması	34
3.4.2.	Metot validasyon	35
3.4.3.	Kör Numune Ve Reaktif Kör Numune Konsantrasyon Değerleri:	37
4.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	38
4.1.	Ev Tozlarında Ağır Metal Sonuçlarının İstatiksel Değerlendirmesi	38
4.2.	Ölçülen Elementlerin dağılım özellikleri	44
4.3.	Ev tozlarında gözlenen ağır metal derişimlerinin sınır değerler ile kıyaslanması	45
4.4.	İç ortam tozlarında gözlenen ağır metal seviyesinin literatür ile kıyaslanması	46
4.5.	Korelasyon analizi	54
4.6.	Zenginleştirme faktörleri	56
4.7.	Ağır Metal Konsantrasyonlarına İç Ortamdaki Faktörlerin Etkisi	60
4.7.1.	Örnekleme yapılan evlerin ana caddeye yakınlığının ağır metallerin miktarına etkisi	60
4.7.2.	Ev içinde sigara içiminin ağır metaller konsantrasyonlarına katkısı ...	64
4.7.3.	Dezenfektan Kullanım Sıklığının Ağır Metaller Konsantrasyonlarına Katkısı	65
4.7.4.	Isıtma Türünün Ağır Metal Konsantrasyonlarına Etkisi	68

4.7.5. Örnekleme yapılan evlerin bulunduğu katların ağır metaller konsantrasyonlarına katkısı.....	69
4.8. Faktör analizi	72
4.9. Ev tozları ağır metal derişimlerinin kişisel maruziyetleri ve yaratacağı kanser riski.....	80
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	86

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1-1 Evlerde Bulunan Toaun Pamukçuk Hali	2
Şekil 2-1 Ağır Metal Etkilerinin Derişimle Değişimi.	15
Şekil 2-2 Atomik absorpsiyon spektrofotometresi.....	20
Şekil 2-3 Atomik absorpsiyon spektrometresinin temel bileşenleri	20
Şekil 2-4 Elektron mikroskop görüntüsü	25
Şekil 3-1 Ankara da örnekleme yapılan bölgeler	27
Şekil 3-2 Mikrodalga çözündürme sistemi	30
Şekil 3-3 Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (Perkin Elmer B3 000641)	31
Şekil 4-1 MAM8 kodlu eve ait SEM görüntüleri	41
Şekil 4-2 AKY3 kodlu eve ait sem görüntüleri.....	42
Şekil 4-3 KEÇ3 kodlu eve ait sem görüntüleri	43
Şekil 4-4 Kapalı ortama toz örneklerinde gözlenen ortalama ağır metal içeriklerinin kıyaslanması (µg/gr).....	52
Şekil 4-5 Taylor verileri ve Ankara toprağına göre hesaplanan zenginleştirme faktörlerinin ortalaması	57
Şekil 4-6 Taylor verileri ve Ankara toprağına göre hesaplanan zenginleştirme faktörlerinin ortalamasının Box-Whisker çizimleri	58
Şekil 4-7 Gözlenen metallerin zenginleştirme faktörlerinin yüzdeleri	59
Şekil 4-8 Ağır metal ölçüm sonuçlarının evin ana caddeye yakınlığına göre dağılımı (µg/g) (1: Ana caddeye yakın evler, 2: Ana caddeye uzak evler).....	61
Şekil 4-9 Ağır metal ölçüm sonuçlarının evin duvar boya türüne göre dağılımı (µg/g) (1: Badana, 2)Plastik boya ve 3) Yağılı boya)	63
Şekil 4-10 Ağır metal ölçüm sonuçlarının ev içinde sigara içilme durumuna göre dağılımı (µg/g) (1: sigara içilmeyen ev, 2: sigara içilen ev).....	65
Şekil 4-11 Ağır Metal Ölçüm Sonuçlarının Dezenfektan Kullanım Sıklığına Göre Dağılımı (µg/g) (1: Hergün, 2: Haftada bir kaç Kez, 3: Haftada Bir Kez, 4: Az Sıklıkla).....	67
Şekil 4-12 Ağır metal ölçüm sonuçlarının ısıtma türüne göre dağılımı (µg/g) (1: doğal gaz kullanılan evler, 2: sobalı evler).....	69
Şekil 4-13 Ev tozlarında gözlenen As, Cd, Sn, Pb konsantrasyonlarının evin bulunduğu kat'a göre değişimi (µg/g) (1: zemin ve 1. Kat, 2: 3. Kat ve üzeri).....	70

Şekil 4-14 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 1. Faktör'üne ait faktör skor grafiğı	77
Şekil 4-15 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 2. Faktör'üne ait faktör skor grafiğı	77
Şekil 4-16 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 3. Faktör'üne ait faktör skor grafiğı	78
Şekil 4-17 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 4. Faktör'üne ait faktör skor grafiğı	78
Şekil 4-18 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 5. Faktör'üne ait faktör skor grafiğı	79

ÇİZELGELER

Çizelge 2-1 İç ortam hava kirleticileri	10
Çizelge 2-2 Bazı ağır metallerin insan sağlığı üzerine etkileri	16
Çizelge 2-3 AAS'de kullanılan yanıcı ve yakıcı gazlar	21
Çizelge 3-1 Örneklem Yapılan Evlerin Özellikleri (%).....	28
Çizelge 3-2 Alevli Atomlaştırıcı AAS ile tayin edilen elementlerin çalışma şartları	31
Çizelge 3-3 Grafit Fırın AAS ile tayin edilen elementlerin çalışma şartları.....	31
Çizelge 3-4 Grafit Fırın AAS için sıcaklık koşulları	32
Çizelge 3-5 Hidrür Sistemi AAS ile ilgili çalışma şartları	32
Çizelge 3-6 Hidrür sıvı enjeksiyon sisteminin çalışma parametreleri.....	33
Çizelge 3-7 Elementlerin kalibrasyon kat sayısı değerleri	34
Çizelge 3-8 SRM 1648-Urban Particulate Matter (NIST) referans maddesi için analiz sonuçları	35
Çizelge 3-9 Sewage Sludge CRM029-050 referans maddesi için analiz sonuçları	36
Çizelge 3-10 Kör numune ve Reaktif kör numunede ölçülen ağır metal değerleri	37
Çizelge 4-1 Ölçülmüş metallerin istatistiksel değerlendirilmesi	39
Çizelge 4-2 Yüksek kirletici konsantrasyonuna sahip olan evlerin özellikleri	40
Çizelge 4-3 Elementlerin dağılım parametreleri.....	44
Çizelge 4-4 AGÖF tarafından belirlenen sınır değerler	45
Çizelge 4-5 İçortam ortam toz örneklerinde gözlenen ortalama ağır metal sonuçları (µg/gr)	51
Çizelge 4-6 Ölçünen metallerin arasındaki korelasyon çizelgesi	55
Çizelge 4-7 Taylor toprak kompozisyonu ve Ankara toprağına göre hesaplanan zenginleştirme faktörleri	57
Çizelge 4-8 Ağır Metal Ölçüm Sonuçlarının Evlerin Ana Caddeye Mesafesine Göre Ortalama Konsantrasyon Değerleri (µg/G)	61
Çizelge 4-9 Ağır Metal Ölçüm Sonuçlarının Evlerin Duvar Boya Türüne Göre Konsantrasyon Değerleri (µg/g).....	62
Çizelge 4-10 Ev içinde sigara içilme durumuna göre gözlenen ağır metal ortalama konsantrasyon değerleri (µg/g).....	64
Çizelge 4-11 Dezenfektan kullanım sıklığına göre Cu, Hg ve Sn konsantrasyon değişimleri (µg/g).....	67

Çizelge 4-12 Ağır metal ölçüm sonuçlarının ısıtma türüne göre konsantrasyon değerleri (µg/g)	68
Çizelge 4-13 Ağır metal ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre konsantrasyon değerleri (µg/g)	70
Çizelge 4-15 Ev tozlarında gözlenen ağır metal sonuçlarının faktör analiz sonuçları	74
Çizelge 4-16 Kanserojen Etkisi Olan Metaller İçin Hesaplanan Kanserojen Risk Değerleri	82
Çizelge 4-17 kanserojen etkisi olmayan metallerin için hesaplanan risk değerleri	83
Çizelge 4-18 Kanserojen etkileri olmayan metallerin yarattığı tehlike indeksi değerleri	84
Çizelge 4-19 kanserojen riski olan metallerin yetişkin ve çocuklarda yarattıkları kanser risk değerleri	85

1. GİRİŞ

Son yıllarda hızla artış gösteren çevre kirliliğinin temelinde insanoğlunun sanayileşmeye verdiği önem yatmaktadır. Hızlı sanayileşme çok hızlı bir şekilde çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Bu kirlilik doğal çevreye ve insan sağlığına dolaylı ya da doğrudan zarar vermektedir.

Toprak bileşenleri, organik ve inorganik maddeler olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bunlardan inorganik maddelerin kaynağı ana kayaçlar, organik maddelerin kaynağı ise üzerinde yaşayan canlılardır. [1,2]

Gerek doğal, gerekse endüstriyel kullanımlarına bağlı olsun kayaçlarda, yeraltı sularında ve toprakta bulunan bazı elementlerin (alüminyum, arsenik, kurşun ve cıva gibi) belirli sınır değerler üzerinde bulunması, canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Bu kirlilik parametreleri, özellikle insan sağlığını etkilemektedir. Bilinçsizce doğaya bırakılan ağır metaller; suya, toprağa ve havaya karışmaktadır. Bitki, hayvan ve insanlarda birikimi sonucunda sağlık problemlerine neden olmaktadır. Ağır metaller insan vücuduna su, hava ve besin yoluyla girmektedir [3]. Sanayi devriminden sonra, özellikle son yıllarda, toksik metallerden kaynaklanan çevre kirliliği çok artmış ve ciddi ekolojik problemlere neden olmuştur [4].

İç ortam havası, biyolojik kaynaklı; bakteri, küf, virüs, polen ve onların parçalarından oluşan biyoaerosoller ve yemek pişirme, sigara dumanı, ısıtma ve soğutma sistemleri, bina yapı malzemeleri ve mobilyalardan kaynaklanan biyolojik olmayan toz ve diğer kirleticiler nedeniyle bozulmaktadır [5]. Evlerdeki tozların ağır metal derişimleri; evin bulunduğu bölgenin ikliminden evin yaşına, evde yaşayan insan sayısından evde yapılan yemeğe, evde sigara içilip içilmemesinden evin temizlenme düzenine kadar çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu tozlar statik elektriklenmenin etkisiyle bir araya toplanarak pamukçukları oluşturmaktadır. Bu pamukçuklar ev tozları gibi; saç, kıl, kumaş parçaları, ölü deri, örümcek ağları ve tüy gibi maddeler içermektedir. Ayrıca toz akarları ve diğer parazitleri de barındırmaktadırlar [6]. Şekil 1-1'de pamukçuk fotoğrafı görölmektedir.



Şekil 1-1 Evlerde Bulunan Toaun Pamukçuk Hali

Ev tozları ve pamukçuklar, içerisinde bulunan ağır metaller ve akarlar ile insan sağlığını tehdit etmektedir. Ev tozlarından tamamen kurtulmaya çalışmak, aşırı titiz olmak ise bağışıklık sisteminin gelişimini engellediği için yine zararlı etkiye sahiptir. Fakat yine de, aşırı titizlikle temizlik arasında bir denge bularak tozların zararlı etkilerini en aza indirmemiz gerekmektedir.

Amerika'daki Dyson Laboratuvarları'ndan mikrobiyolog Tobi Saville, sadece bir insanın bedeninden günde yaklaşık 1-3 gram ölü deri döküldüğünü belirtmektedir. Dyson'ın araştırmaları, ortalama büyüklükte bir evde, yılda yaklaşık 4 kilogram toz oluştuğunu, bu tozların birçok alerjik hastalığa yol açtığını ortaya koymuştur. Saville'in görüşü, alerjiyi tetikleyecek miktarda tozun toplandığı en tehlikeli bölgenin evlerde kullanılan halılar, olduğu şeklindedir [7].

Türkiye'de, iç ortam hava kalitesinin tespitine yönelik, oldukça sınırlı sayıda çalışma mevcuttur [8, 9, 10]. İç ortam tozlarında, ağır metallerin konsantrasyonlarının belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar, İstanbul ve Adapazarı'nda yapılan çalışmalar ile sınırlıdır [11, 12] Bu çalışmalarda, ev tozlarındaki ağır metallerin kaynaklarının tespiti ile ilgili hiçbir analiz yapılmamıştır.

Bu tez çalışması, ev tozlarında ağır metallerin konsantrasyonlarının ölçümü ve muhtemel kaynaklarının belirlenmesi ile ilgili Türkiye'de yapılan ilk çalışmadır ve 2012 yılında Ankara kentinde gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada 2012 yılında Ankara'nın farklı semtlerinde bulunan evlerden toplanan ev tozu örneklerindeki ağır metal kirliliği hakkındaki sonuçlar ortaya konulmaktadır. Nisan 2012' den Haziran 2012 'e kadar olan sürede önceden belirlenen evlerden toplam 47 toz örneği elektrik süpürgesi ile alınmış ve çözünürleştirilme işlemlerden sonra alevli Atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazı kullanılarak Ni, Pb, Cd, Zn, Ca, Mg, Mn, Fe, Hg, Cu, Cr, V, As, Sb ve Sn metallerin derişimleri tayin edilmiştir.

1.1. Yapılan Çalışmanın Amacı

2011-2014 seneleri arasında, 110Y082 Nolu, "Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Gelineye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi" konulu TÜBİTAK projesi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu projede, 0-2 yaş dönemi çocukların vakitlerinin önemli bir kısmını geçirdikleri kapalı ortamlardaki hava kirliliği seviyeleri belirlenmiş ve ortam koşullarının çocuklarda alt solunum yolu enfeksiyonu ve alerji üzerine etkileri incelenmiştir. Proje Ekim 2009- Ocak 2014 arasında çalışmaya katılmayı kabul eden Ankara'da yaşayan yaklaşık 100 hamile kadın ve sonrasında doğan bebeklerinin yaşadığı ortamda, evlerin oturma odaları ve dış ortamlarında 4 ayrı dönemde yürütülmüştür. Bu projede iç ve dış ortam havasında biyoaerosoller (bakteri ve mantar), uçucu organik bileşikler (UOB' ler), partikül madde (PM10, PM2.5 ve PM1) ve poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) ve ağır metal kirleticileri için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, iç ortam kirleticilerinin seviyelerinin belirlenmesi sırasında kirletici-kaynak ilişkisinin ortaya çıkarılması amacıyla CO₂, CO, sıcaklık, nem ölçümleri de yapılmış, meteorolojik parametrelerin kayıtları alınmıştır. Ailelerin ve bebeklerin sosyo-demografik özellikleri ve yaşam alışkanlıklarına ilişkin veriler yapılandırılmış anket formları ile yüz yüze görüşme tekniği toplanmıştır.

Bu tez çalışmasının kapsamı, söz konusu 110Y082 no'lu TÜBİTAK projesinin çalışma planında yer alan, toksik ve kanserojen ağır metallerin evlerdeki konsantrasyonunun tespit edilmesidir. Bu çalışmada ev içi ortamındaki ağır metallerin kaynakları ve ev tozundaki konsantrasyonunu etkileyen faktörler belirlenecektir. Ayrıca ev içi tozlarının içindeki ağır metallerin, evin fiziksel parametreleri (evin bulunduğu kat, ana caddeye mesafesi, evin yaşı, ısıtma türü,

duvar boyası, yer kaplaması ve vb.) ile ilişkisini belirlemek de hedeflenmiştir. Ev’de yaşayan yetişkinler ve hassas grup olarak değerlendirilen bebeklerin soluduğu hava kalitesinin sağlık etkilerinin değerlendirilmesinde, alınan tozlarda ölçülen ağır metal verileri kullanılmış ve ne kadar risk altında oldukları hesaplanmıştır.

1.2. Çalışma Yöntemi ve Planı:

Bu çalışmada incelenen başlıca konular aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Nisan 2012’ den Haziran 2012 ‘e kadar olan sürede Ankara’nın çeşitli noktalarında bulunan ve önceden belirlenen gebelerin evlerin den toplam 47 toz örneği evlerde kullanılan elektrik süpürgesinin torbasından alınmıştır ve ağzı kapalı poşetlerde laboratuvara taşınmıştır.
2. Toz örnekleri hazırlandıktan sonra Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi (AAS) cihazına verilmiştir ve Pb, Cd, Ni, Cr ve vb ağır metallerin konsantrasyonlarını ölçülmüştür.
3. Tozlarda ağır metallerin konsantrasyonlarını etkileyen faktörler belirlenmiştir.
4. Zenginleştirme faktörü hesaplanarak tozlardan bulunan ağır metallerin kaynaklarının doğal veya antropojenik olduğu belirlenmiştir.
5. İstatiksel analizler, ev tozlarında bulunan ağır metallerin iç ve dış ortamda olan kaynaklarını ortaya koymuştur.
6. Ağır metallerin konsantrasyonlarının evde yaşayan bireylerin sağlığı üzerinde etkilerini belirlemek için risk hesaplanması yapılmıştır.

Sunulan tez çalışması beş ana başlık altında toplanmıştır. Birinci bölümde konu kısaca açıklanmakta, çalışmanın amacı ve yöntemi anlatılmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde konu ile ilgili genel bilgiler literatür ile ilişkilendirilerek başka bölgelerde yapılan benzeri çalışmalar ile ilgili açıklama verilmektedir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ağır metallerin ölçüm prosedürlerinin anlatıldığı materyal ve metot bölümünden oluşmaktadır. Çalışmanın dördüncü bölümünde elde edilen sonuçlar verilerek, söz konusu hava kirleticilere neden olabilecek faktörler karşılaştırma yapılarak ve istatistiksel testler kullanılarak araştırılmıştır.

Çalışmanın beşinci bölümünde, elde edilen genel sonuçlar yer almaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İç Ortam Hava Kalitesi

Kapalı ortamlar, insanların zamanlarının yaklaşık %80-90'ını geçirdiği; konutlar, okullar, resmi binalar, kapalı spor salonları, eğlence yerleri ve taşıtlar gibi mekânlardır. Kapalı ortamlarda; ısı, ışık, gürültü gibi faktörlerin yanı sıra, ortam havasının da, burada yaşayan kişilerin sağlıkları, rahatları, verimlilikleri üzerinde etkileri vardır. Ancak bu etkinin yeterince önemsenmemesinin nedeni, kapalı ortam hava kirliliği etkilerinin genellikle uzun sürede ortaya çıkması ve yaşamı ve sağlığı doğrudan ya da acil olarak tehdit etmemesidir.

İç ortamda yapılan çalışmalarda, iç ortamların dış ortamlardan daha yüksek seviyelerde kirlenici içerdiği belirtilmiştir. Amerikan Çevre Koruma Örgütü'nün (EPA) çalışmaları, iç ortamdaki kirlenicilerin seviyesinin dış ortamdaki yaklaşık 5-100 kat daha fazla olabileceğini göstermiştir. Dış hava kirliliğinin etkileri, 20. yüzyılın başlarından itibaren bilinirken iç hava kalitesi sadece 30 yıl önce gündeme gelmiştir. İnsanların, zamanlarının %80'ini iç ortamlarda geçirdiği düşünüldüğünde, iç ortam kirlenicilerinin ne kadar önemli olduğu daha iyi anlaşılmaktadır. [14]

Dış ortam hava kirliliği (karbon dioksit, su buharı, ozon, formaldehit, uçucu organik bileşikler vb.), mikrobiyolojik etmenler (mantarlar, virüsler, bakteriler, mantarlar, algler ve diğer alerjenler), radon ve elektromanyetik radyasyon da kapalı ortam havasına etki eder. Binalarda yaşayan kişilerin; sigara içmek, yemek pişirmek, temizlik yapmak vb. etkinlikleri sonucunda da bazı kimyasal maddeler ve partiküller kapalı ortam havasına eklenmektedir. Binanın kendisi, mobilyaları ve diğer malzemeleri partikül ve kimyasal maddelerin artmasına katkıda bulunmaktadır.

İç ortamdaki kirlenicilerin konsantrasyonu, sadece emisyon hızına bağlı değildir; aynı zamanda iç ortama dış ortamdaki taşınım hızı, iç ortamdaki yüzeyler tarafından kirlenicilerin tutulması, iç ortamda oluşan kimyasal reaksiyonlar gibi etkenlere bağlıdır.

Pek çok üreticinin, mobilya ve temizlik ürünleri gibi iç ortamlarda kullanılan ürünlerin üretiminde kullandığı malzemeler, dünyanın her yerinde aynıdır. Küreselleşme; Amerika, Avrupa ve Asya'da ve dünyanın diğer bölgelerinde, iç ortamların kalitesini birbirine benzer duruma getirmiştir. İç ortamlarda yapılan ilk çalışmalarda, dış ortam

kaynaklı kirleticiler, özellikle SO₂, NO_x, ozon ve partiküller gibi kirleticilere odaklanılmışken sonraları özellikle iç ortam kaynaklı; formaldehit, radon, asbest, tütün ürünleri ve polar olmayan uçucu organik bileşikler de iç ortam kalitesinin tespitinde önem kazanmıştır [15]. Günümüzde ise pestisitler ve diğer yarı uçucu bileşikler iç ortam çalışmalarında popüler hale gelmiştir. Gün geçtikçe, hassas analitik cihazlar geliştirilmekte ve iç ortamda ölçülebilen bileşiklerin sayı ve türleri artmaktadır.

2.2. İç Ortamlarda Kirletici Kaynaklar

Her evde hava kirliliğine sebep olan birçok kaynak vardır. EPA'nın iç ortam hava kalitesi raporunda, iç ortam hava kirliliğine sebep olan çeşitli kaynaklar belirlenmiştir. Bu kaynaklara; petrol, gaz, gazyağı, kömür, odun ve tütün ürünleri gibi yanma kaynakları olanlar, yapı malzemeleri ve mobilya, asbest içeren yalıtım, dolap veya bazı preslenmiş ahşap ürünleri, ev temizliği ve bakımı, kişisel bakım, ya da hobi için kullanılan ürünler, ısıtma ve soğutma sistemleri, nemlendirme cihazları ve dış ortamdan kaynaklanan kirlilikler (karbon dioksit, su buharı, ozon, formaldehit, uçucu organik bileşikler, metaller vb.) örnek verilebilir [16].

2.3. Yapı malzemeleri ve ürünleri

Kompozit ağaç, PVC borular ve PVC tel/kablo yalıtımları gibi çok sayıda bina yapı malzemeleri iç ortama kimyasal maddeler yaymaktadır. Kontrplağın yapıştırıcı reçinesi olarak önceleri formaldehit kullanılmaktaydı. Formaldehit emisyonlarını sınırlayan yasa yayınlandıktan sonra daha az formaldehit emisyonuna sebep olan fenol formaldehit reçinesi kullanılmaya başlandı. Diğer kompozit ağaç ürünleri ise aldehit ve terpenoidlerin karışımını yaymaktadır. PVC borular organotin bileşikler içerir. Bu bileşikler yarı uçucudur ve zaman içinde bu bileşiklerin iç ortama salımı beklenmektedir. PVC ile yalıtılmış boru ve tel uzunluğu; telefon sistemleri, bilgisayar ağları, hem kablolu hem de uydu sistemlerinin yaygınlaşması ile gün geçtikçe artmaktadır. PVC yalıtım malzemeleri di-2-etilhekzil fitalat (DEHP) gibi fitalat esterleri içermektedir ve bu bileşiklerin iç ortama salımı olabilmektedir.

2.4. İç ortamda kullanılan ürünler

Günümüzde kullanılan halı uçlarının (püsküllerinin) %90'ı naylon ve akriliktir [17]. Polyester ve polipropilen halılar 1960'dan sonra üretilmeye başlanmıştır. Halıların

leke tutmaması için flor kullanılmaktadır. Haliya astar veya arka doku malzemeleri yapıştırıcı maddelerle halı yüzeyine yapıştırılmaktadır. 1992 yılında Halı ve kilim kurumu halılardan oluşan emisyonları test ederek yeşil etiket uygulaması başlatmıştır. Yer döşemesi olarak günümüzde vinil kullanılmaktadır. Vinil yer döşemelerinde yaygın olarak di-2-etilhekzil fitalat (DEHP) kullanılmaktadır. Bu bileşiğin potansiyel sağlık etkileri ile ilgili bilgiler gün geçtikçe artmaktadır. İç ortamda solvent bazlı boyaların yerini su bazlı boyalar almıştır. Su bazlı boyalar, solvent bazlı boyalara göre daha az UOB yayar. Su bazlı boyalar önceleri stiren ve bütadien içermektedirken günümüzde tekzanol izomerleri içermektedir. Tekzanol izomerleri yarı uçucu bileşiklerdir ve boya uygulamasından sonra aylarca iç ortama salınmaktadır [18]. Son zamanlarda yeşil veya doğal boya olarak adlandırılan boyalarda keten yağı, limonen ve terpenoid gibi doğal maddeler bulunmakta ama bu maddeler ozon ile reaksiyona girerek ikincil organik aerosoller oluşturabilmektedir [19]. Formaldehit halen bazı boyalarda koruyucu olarak kullanılmaktadır.

Mobilya

Günümüzde mobilya üretiminde, kompozit ağaç malzeme üzerine vernikleme yapılmamaktadır. Bunun yerine farklı hazır materyaller geliştirilmiştir. Mobilya minderleri ve döşeme malzemelerinin %10-30'unda bromlu alev almayan malzemeler kullanılmaktadır [20].

Temizlik ürünleri

Genelde evde ve ticari uygulamalarda alkilfenol etoksilatları (APEs) özellikle nonilfenol etoksilatları içeren sabun ve deterjanlar kullanılmaktadır. Bu bileşikler iç ortam toz ve havasında belirlenmiştir. Çeşitli glikol eterler cam temizleyicilerde ve çok amaçlı temizleyicilerde yağ ve kiri gidermek için kullanılmaktadır [21, 22]. Günümüzde çevre dostu ürünlerde terpenoid esaslı (limonen, α -terpinen, α -terpineol, linalool) solventler kullanılmaktadır. Bu solventler, ozon ile reaksiyona girerek iç ortamda ozon oksidasyon ürünlerinin oluşmasına katkı sağlarlar [21, 23, 24].

Oda kokuları

Günümüzde kokulu mum ve çeşitli oda spreyleri iç ortamlarda kullanılmaktadır. Pek çok koku etken maddesi oda kokularında kullanılmaktadır. Bunlar doymamış organik bileşikler içerirler ve hem gaz hem de sıvı hallerinde ozon ile reaksiyona girebilmektedirler [24, 25].

Elektronik cihazlar

Fotokopi makineleri, ozon, stiren, formaldehit ve diğer aldehitler ile yarı uçucu organik bileşikler yayabilir. Bazı lazer yazıcıların iç ortamdaki partikül kaynakları oldukları tespit edilmiştir [26]. Televizyonlar ve bilgisayarlar iç ortamdaki alev geciktirici ve “plasticizer”ların kaynağıdır. Düz panel TV’lerde katot ray tüpleri olmadığı için daha az emisyon yaydıkları düşünülmektedir. Bilgisayar monitörlerinde yine düz panel monitörler diğerlerinden daha az organik bileşik yaymaktadır.

Giysiler

Günümüzde sentetik lifli malzemelerin kullanımı daha yaygındır ama tamamen doğal lifli malzemelerin yerini almamıştır. Giysilerin büyük bir kısmı, alev geciktirici ve leke tutmama özelliği kazandırmak için çeşitli kimyasal maddelerle işlem görmektedir. Önceleri, alev geciktirici olarak 2,3-dibromopropil ve tris-BP kullanılmaktayken bu bileşiklerin mutajen olduğu belirlendikten sonra klorlu türleri tercih edilmiştir. Kuru temizleme yapılmış giysilerden tetrakloroetilen emisyonlarının olduğu EPA tarafından tespit edilmiştir [27]. Giysilerin ütülerinin bozulmaması için kumaşlar formaldehit reçineleri ile işleme tabi tutulmaktadır [28].

2.5. İç Ortam Kirleticileri

İç mekânlardaki hava kirleticileri gazlar ve biyoaerosoller olarak iki grup altında toplanabilir. İç mekânlarda bulunan başlıca gazlar olarak; karbondioksit (CO₂), karbon monoksit (CO), azot dioksit (NO₂), ozon (O₃), kükürt dioksit (SO₂), formaldehit, uçucu organik bileşikler (UOB) ve radon sıralanabilir. Biyoaerosoller ise alerjenler, mantar sporları, bakteriler, virüsler ve çok halkalı aromatik hidrokarbonlardır (PAH). Ayrıca dış ortamda bulunan hava kirleticileri de doğal havalandırma, infiltrasyon veya havalandırma cihazları vasıtasıyla iç mekânlara girebilmektedirler. İç ortam hava kirleticileri ve emisyon kaynakları Çizelge 2-1’de

detaylı olarak gösterilmiştir. CO₂, CO ve NO₂ gazları; ocak, soba, ısıtıcı ve şömine gibi araçlardaki yanma işlemlerinden, garaj egzozundan ve sigara dumanından kaynaklanır. O₃ salımı fotokopi makinesi ve yazıcı gibi elektronik ofis araçlarından olmaktadır. SO₂ emisyonları genellikle gaz sobalarından kaynaklanmaktadır. İç ortamlardaki O₃ ve SO₂ konsantrasyonları dış ortamla kıyaslandığında genellikle daha düşüktür [29,30,31].

Mobilyalar, halılar, duvar ve tavan boyaları, izolasyon malzemeleri, reçineler, yapıştırıcılar, laminant parkeler ve döşemelikler başlıca formaldehit emisyon kaynaklarıdır. İç ortamdaki formaldehit konsantrasyonları genellikle dış ortam miktarından daha fazladır. Düşük kaynama noktaları nedeniyle iç ortamlarda gaz fazında bulunan uçucu organik bileşiklerin çoğu, toksik ve kanserojendir. Uçucu organik bileşiklerin yaşanan iç ortama emisyonları; mobilyalardan, halılardan, verniklerden, çözücülerden, oda parfümlerinden, deterjanlardan, yapıştırıcılardan, yanma işlemlerinden, boyalardan, yer ve duvar kaplamalarından ve laminant parkelerden olmaktadır [29, 32, 33].

UOB ve formaldehit emisyonları artan sıcaklık ve rutubet ile birlikte artma eğilimindeyken mobilya yaşının artmasıyla azalış gösterir [31]. Uranyumun radyoaktif bozunum reaksiyonları ile oluşan Radon (222Ra) ise topraktan havaya geçer. Renksiz, kokusuz, toksik etkisi bulunmayan ve yarılanma ömrü oldukça kısa olan (3,8 gün) radonun bozunumu sonucunda oluşan polonyum (218Po) ve kurşun (214Pb), elektrikle yüklüdürler ve havada bulunan aerosollere yapışarak radyoaktif aerosoller oluştururlar. Bu radyoaktif aerosoller solunduklarında akciğer kanserine neden olmaktadır. [29,30].

İç ortam hava kirleticileri arasında, özellikle uçucu organik bileşikler (UOB'ler) ve ağır metaller toksik ve kanserojenik etkileri nedeniyle ayrı bir öneme sahiptir. Arsenik, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb ve Se gibi bazı ağır metaller insanlar için kanserojendirler. Bu elementlerin çoğu; kömür ve petrol yanması, motorlu taşıtlar ve metal endüstrileri gibi dış ortam emisyon kaynakları ile ilişkili olmalarına rağmen dış ortam-iç ortam taşınımı yoluyla iç ortam hava kirliliğine önemli bir katkı sağlayabilmektedir. Ağır metallerin diğer kaynakları arasında; yol tozlarından gelen yer kabuğu elementleri, inşaat aktiviteleri, tekerlek/fren aşınması ve sanayi tesislerinin emisyonları sayılabilir [34].

Çizelge 2-1 İç ortam hava kirleticileri

Kirletici	
Asbest	Yangın geciktirici malzemeleri, yalıtım
Karbondioksit araçlar	Metabolik aktivite, yanma faaliyetleri, motorlu araçlar
Karbon monoksit gazyağı	Yakıt yanma, kazanlar, sobalar, gaz veya ısıtıcıları, tütün dumanı
Formaldehit	Parçacık Kurulu, yalıtım, mobilya
Mikro-organizmalar	İnsanlar, hayvanlar, bitkiler, klima sistemleri
Azot dioksit araçlar	Dış hava, yakıt yanma, garajlarda motorlu araçlar
Organik maddeler uçuculuk,	Yapıştırıcılar, çözücüler, yapı malzemeleri, yanma, boyalar, tütün dumanı
Ozon	Fotokimyasal reaksiyonlar
Partiküller ve metaller ürünleri	Yeniden süspansiyon, tütün dumanı, yanma ürünleri
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	Yakıt yanma, tütün dumanı
Polenler	Dış hava, ağaçlar, çim, yabani otlar, bitkiler
Radon	Toprak, İnşaat yapı malzemeleri (beton, taş)
Mantar sporları	Toprak, bitkiler, gıda, iç yüzeyler
Kükürt dioksit	Dış hava, yakıt yanma

2.5.1. Metaller, Mineral Fiberler ve Partiküller

Kurşunun iç ortamdaki en önemli kaynakları; boya, ventilasyon ile dış ortamdaki iç ortama taşınım olarak sıralanabilir. Kurşun dökümhaneleri, kurşun içeren bileşiklerin üretimi ve saflaştırma proseslerini içeren endüstrilerden ortam havasına kurşun emisyonları olabilir. Ayrıca kömür, kayaçlar ve sediman gibi birçok mineral içeren yapılar da, düşük miktarlarda dahi olsa kurşun içermektedir. Demir çelik üretimi, bakır dökümhaneleri ve kömür yakan tüm tesisler, atmosferdeki kurşun kaynakları olarak kabul edilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), iç ortam havasındaki kurşun konsantrasyonunun $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini aşmamasını tavsiye etmektedir. Civanın en önemli iç ortam kaynakları; boyalar, termometreler, bazı lamba ve elektrik düğmeleri ile dış ortamdaki iç ortama ventilasyondur. Dış ortamdaki en önemli kaynağı ise civa içeren kömürün yanmasıdır. Kadmiyum, dökümhanelerden veya tütün dumanından dış ortam havasına salınabilir. Tütün dumanı ise kadmiyumun en önemli kaynağı olarak düşünülmektedir. Asbest, belirli kayaçlarda bulunan bir mineraldir. Asbest, darbelere dayanıklı, yanmaz, korozyona dirençli, izolasyon özelliğine sahip bir materyal olduğu için popüler bir ticari üründür. Günümüzde 3000 farklı üründe kullanılmaktadır. Genelde iç ortamda partikül kaynağı bulunmuyorsa iç ortamdaki partikül konsantrasyonu dış ortamdaki partikül konsantrasyonunu yansıtmaktadır. Bazı durumlarda, iç ortamdaki partikül konsantrasyonu dış ortamdaki daha yüksek olabilmektedir. Örneğin; iç ortamlardaki halılar, iç ortamda kullanılan malzemelerde aşınma, lazer yazıcılar partiküllerin önemli kaynaklarıdır [28]. Yürürken ve süpürme aktivitelerinde, toz konsantrasyonu artmaktadır [35,36]. Tütün ürünlerinin iç ortamlarda tüketilmesi de partikül konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır [37]. WHO, iç ortamlardaki PM10 konsantrasyonunun yıllık ortalama değerinin $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM2.5 değerinin ise $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini aşmamasını önermektedir [38].

2.6. Binalarda hava kalitesini etkileyen faktörler

Binalarda hava kalitesini etkileyen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Binanın bakım sorununun olması
- Alçak tavanlar ve 2,4 m'den yüksek tavanlar
- Binanın resmi bina ya da resmi sektör tarafından kullanılan bir bina olması
- Çok sayıda açık rafın olması ya da kâğıtların ortada bulunması
- Şehir merkezinde, izolasyonu iyi yapılmış bir bina olması

- 2000 m² ve daha büyük bir taban alanı olması
- Binanın havalandırma ve ısı kontrolünün belli bir merkezden yapıyor olması
- 15 yıldan eski binalar
- Geniş alanlarda halı, dokuma ya da yumuşak mobilya kullanılması
- Düşük oda nemi
- Dış ortam havasının içeriye az ya da çok fazla miktarda girmesi
- Kapalı ortamlarda sigara içilmesi
- Nem olması ve mantar üremesi
- Bina yapı malzemeleri, kullanılan temizlik malzemelerinden ortama salınan gazlar ve uçucu organik bileşiklerdir.

2.7. İç ortam hava kalitesi kontrolü

Binalarda hava kalitesini artırmak amacı ile aşağıda belirtilen önlemler alınabilir:
[39]

- Uçuculuğu ve toksisitesi düşük bileşiklerden oluşan malzemeler kullanmak
- Yeni halıların ve yumuşak döşemelerin evlere, kapalı ortamlara yerleştirilmeden önce, uçucu maddelerden temizlenmesini sağlamak
- Fibröz materyallerin kullanımını olabildiğince azaltmak ve silinebilen yüzeyleri artırmak
- Dosya, kitap ve kâğıtları kapalı dolaplarda saklamak
- Binaya yağmur vb. nedenlerle su sızıntısı olmasını engellemek
- Özellikle işyerlerinde sigara yasağına uymak
- Kirli ve kokulu işlemleri ve alanları, işyerlerinden ve evlerden uzak yerlerde ve basınç altında yapmak
- Binanın hava girişlerini, yoldan ve diğer kirlilik kaynaklarından uzağa yapmak
- Havalandırma sistemlerinde etkinliği yüksek olan filtreler kullanmak
- Filtrelerin bakımını zamanında yaparak kirlenmelerini ve kirli havayı geçirmelerini engellemek
- Havalandırma sisteminin içinin temiz kalmasını sağlamak

İç ortam hava kirliliği problemi, binadan binaya, bölgeden bölgeye ve yılın zamanına göre değişim göstermektedir. Maruz kalma derecesi, bina havalandırma hızı, yemek

pişirme, ısıtma veya havalandırma teknikleri, sigara içimi, bina yapısı ve tipinden etkilenebilir. Bu nedenle, bir hava kalitesi araştırması yaparken tüm bu faktörlerin dikkate alınması gerekir [40].

2.8. Ağır metallerin tanımı ve özellikleri

Son zamanlarda ağır metal tanımı ile kimyasal maddelerin ekolojik sisteme verdikleri zarar genelleştirilerek, gazete haberlerinde sık sık ağır metallerin çevresel problemlere neden oldukları yer almaya başlamıştır. Bunun nedeni, çevresel problemler söz konusu olduğunda “ağır metal” tanımı çok kesinmiş gibi bu kavramın çok sık “nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal” olarak kullanılmasıdır. Bu yaygın kaniya yol açan, ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmada birikiminin, diğer metallere kıyasla daha fazla olması sonucu negatif etkinin giderek artmasıdır. Gerçekte ağır metal kavramı, fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba; kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal dâhildir. Bu elementler doğaları gereği, yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapsolarak bulunurlar. Her ne kadar, metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle, ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Örneğin yoğunluğu $3,65 \text{ g/cm}^3$ olan baryumun veya $4,51 \text{ g/cm}^3$ olan titanyumun biyolojik sistemlere, kadmiyum ($8,65 \text{ g/cm}^3$), kurşun ($11,34 \text{ g/cm}^3$) veya lantanit grubu metallerden ($5,25 - 9,84 \text{ g/cm}^3$) çok farklı etkide bulunduğu kesindir. Aslında bir elementin yoğunluğu periyodik sistemdeki (grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken, metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır.

Ağır metaller su kaynaklarına; endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sularla taşınan ağır metaller, aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşiklerini oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediman tabakasının

adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Ülkemizde de, başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız Tuz Gölü olmak üzere kapalı göllerimizde, yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verdiğimizden dolayı, ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir.

Ağır metallerin ekolojik sistemlerdeki taşınımları dikkate alındığında, doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle yayıldıkları görülmektedir. Doğal çevrimler sonucu yıllık olarak; 7600 ton Cd, 18800 ton arsenik, 3600 ton cıva 332000 ton kurşun atmosfere salınmaktayken insan faaliyetleri sonucu deşarj edilen miktarlar dikkate alındığında; selenyumun 19 kat, kadmiyumun 8 kat, cıva, kurşun ve kalayın 6 kat, arsenik, nikel ve kromun 3 kat arttığı görülmektedir [41-42].

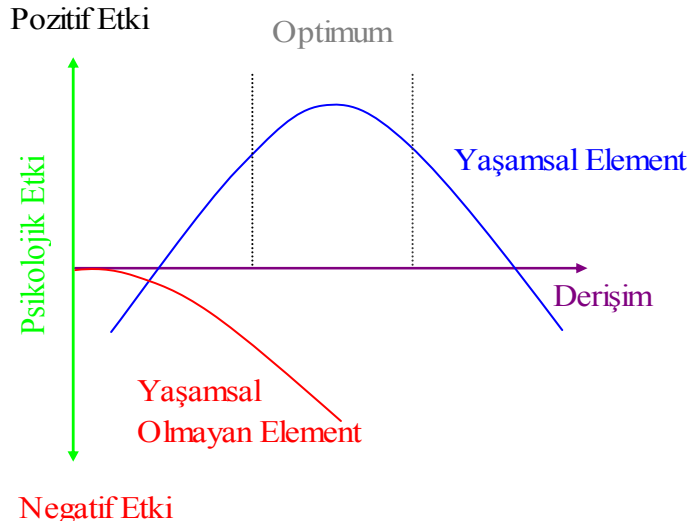
Ağır metallerin çevreye yayılmasında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler; çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir [43]. Havaya salınan ağır metaller, karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla hayvanlara ve sonunda insanlara ulaşır ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller, endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar. Ağır metallerin doğaya yayılmaları dikkate alındığında, çok çeşitli sektörlerden ve farklı işlem kademelerinden biyosfere ağır metal salımı gerçekleştiği bilinmektedir.

2.9. Ağır Metallerin insan sağlığı üzerinde Etkileri

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların, organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır, hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır. [44].

Buna karşın, yaşamsal olmayan ağır metaller, çok düşük konsantrasyonda dahi, psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan cıvadır [45].

Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin nikel, bitkiler üzerinde toksik etki gösterirken hayvanlarda iz elementi olarak bulunması gerekir. Bazı sistemlerde ağır metallerin etki mekanizması konsantrasyona bağlı olarak değişir. Bu tür organizmalarda metallerin konsantrasyonu dikkate alınmalıdır. Şekil 2-1' de ağır metallerin vücut sıvısındaki konsantrasyonuna bağlı etkileri, şematik olarak verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler. Bu genel gösterimin aksine, ağır metaller canlı bünyelerde sadece konsantrasyonlarına bağlı olarak etki göstermezler; etki canlı türüne ve metal iyonunun yapısına bağlıdır (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekli, çevrede bulunma sıklığı, lokal pH değeri vb.). Bu nedenle, özellikle düzenli olarak tüketildiğinden dolayı, içme sularının ve yiyeceklerin içerebileceği maksimum konsantrasyon sınır değerleri belirlenmiş ve yasal kuruluşlar tarafından düzenli olarak kontrol edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 2-1 Ağır metal etkilerinin derişimle değişimi

Ağır metallerin insan metabolizmasında oluşturdukları etki ve etkin oldukları aşamaları ana sistemler açısından kısaca ele alırsak bunları;

- Kimyasal reaksiyonlara etki edenler
- Fizyolojik ve Taşınım sistemlerine etki edenler
- Kanserojen ve mutajen olarak yapı taşlarına etki edenler
- Alerjen olarak etki edenler ve
- Spesifik etki edenler

olarak sıralamak mümkündür.

Şekil 2-1’de görüldüğü gibi, ağır metaller konsantrasyon sınırını aştıkları zaman toksik olarak etki gösterirler. Bu genel gösterimin aksine ağır metaller canlı bünyelerde sadece konsantrasyonlarına bağlı olarak etki göstermezler, etki; canlı türüne ve metal iyonunun yapısına bağlıdır (çözünürlük değeri, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği, vücuda alınış şekli, çevrede bulunma sıklığı, lokal pH vb.) [44].

Çizelge 2-2, bazı ağır metallerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini göstermektedir:

Çizelge 2-2 Bazı ağır metallerin insan sağlığı üzerine etkileri

Metal	Maruziyet yolları	Kronik etkiler
Arsenik (As)	Gıdalar, su, hava ve deri teması	- Cilt Kanseri - Kansere Olmayan Deri Lezyonları - İş Sebebi İle Oluşan Hava Yolu Kanseri
Alüminyum (Al)	Gıdalar, solunum ve deri teması	- Merkezi Sinir Sistemine Zarar - Hafıza Kaybı - Halsizlik - Ciddi Titreme
Antimon (Sb)	Nefes alarak, su içerek ve antimon içeren gıdaları tüketerek	- Akciğer Hastalıkları - Kalp Sorunları - İshal - Ciddi Kusma - Mide Ülseri
Bakır (Cu)	Birçok çeşit gıdada, içme suyunda ve havada	- Wilson Hastalığı - Karaciğer Sirozu - Beyin Hasarı - Demiyelinizasyon - Böbrek Hastalığı
Cıva (Hg)	Gıdalara bağlı cıva zehirlenmesi çok nadir olmakla beraber, cıvadan kaynaklanan neredeyse tüm zehirlenmeler çevre kirliliğine bağlıdır.	- Sinir Sistemi Bozuklukları - Beyin Fonksiyonlarına Zarar Verir - DNA Ve Kromozomlara Zarar Verir

Kadmiyum (Cd)	Birçok çeşit gıdada, içme suyunda ve havada	- İshal, Karın Ağrıları Ve Ciddi Kusma - Kemik Kırılması - Üreme Bozuklukları Ve Hatta Kısırlık İhtimali - Merkezi Sinir Sistemine Hasarı - Bağışıklık Sistemine Hasarı - Psikolojik Bozukluklar - DNA Hasarı Veya Kansere Gelişimi İhtimali
Krom (Cr)	Soluma yoluyla, yeme veya içme ve krom veya krom bileşikleriyle ile deri teması	- Deri Dökülmeleri - Solunum Problemleri - Zayıflamış Bağışıklık Sistemi - Böbrek Ve Karaciğer Hasarları - Akciğer Kanseri
Kurşun (Pb)	Gıdalardan (65%), sudan (20%), ve havadan (15%) girebilir	- Hemoglobin Biyosentezinde Aksama Ve Anemi - Kan Basıncında Artış - Böbrek Hasarı - Düşük Yapma Ve Zor Düşük - Sinir Sisteminde Aksama - Beyin Hasarı - Sperm Hasarları İle Erkeklik Verimliliğinde Azalma - Çocukların Öğrenme Kabiliyetlerinde Azalma - Saldırganlık, Dürtülerle Hareket Ve Hiperaktivite Gibi Çocuklarda Davranış Bozukluğu
Manganez (Mn)		- Şişmanlık - Glikoz İntoleransı - Kan Pıhtılaşması - Deri Problemleri - Düşük Kolesterol Seviyeleri - İskelet Bozuklukları - Doğum Hataları - Saç Renginde Değişiklikler - Nörolojik Semptomlar
Nikel (Ni)	Solunum yoluyla, içme suyuyla, gıdaların tüketimiyle veya sigara içilmesiyle, Nikelle kirlenen toprak veya su deriyle temas ettiğinde de nikel maruz kalınabilir.	- Akciğer, burun, prostat ve gırtlak kanseri riskini artırır. - Akciğerlerde tıkanma - Solunum yetersizliği - Doğum kusurları - Astım ve kronik bronşit - Kalp rahatsızlıkları
Vanadium (V)	solunum yoluyla ve gıdaların tüketimiyle	- kalp ve damar yolu hastalıkları - mide ve bağırsaklarda iltihaplanma - sinir sisteminde hasar - karaciğer ve böbreklerde kanama - deride kaşıntılı döküntüler (isilik)

2.10. Ağır metallerin iç ortam hava kalitesi üzerine etkileri

Dünyadaki literatüre paralel olarak ülkemizde de iç ortam hava kalitesine yönelik çalışmaların sayısı her geçen yıl artmaktadır. 2013 yılında Güllü tarafından hazırlanan “Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları” başlıklı makalede Türkiye’de yapılmış olan iç ortam hava kalitesi ile ilgili hakemli dergilerde yayınlanmış çalışmalar değerlendirilmiş, iç ortam hava kalitesinin mevcut durumu, iyileştirilmesi için öncelikli alanların tespiti ve alınması gereken önlemler belirlenmiş ve bundan sonra ilave çalışma yapılması gereken alanlar ortaya konmuştur. 1945-2013 tarihleri arasında iç ortam hava kalitesi/hasta bina sendromu ve sağlık etkileri ile ilgili Türkiye’de SCI indeksi tarafından yayınlanan dergilerde basılmış toplam çalışma sayısı 125’tir. Bu çalışmaların %40’ı farklı türdeki iç ortamlarda yapılan uçucu organik bileşik, partikül madde, biyoaerosol incelemeleri, %20’si yaşlılar, çocuklar gibi hassas bireylerde iç ortam hava kalitesinin sağlık ile etkileşimleri, %18’i iç ortam için doğal ve mekanik havalandırma modellerinin geliştirilmesi, %14’ü iç ortam doğal radyoaktivite ve radon seviyesinin belirlenmesi, %5’i hasta bina sendromu, %3’ü örnekleme ve analiz metodolojisi geliştirmeye yönelik çalışmalardır. Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı son 10 yıl içinde gerçekleştirilmiştir [46].

İç ortam hava kalitesini olumsuz yönde etkileyen kirlletici kaynaklarından bir tanesi de partikül maddedir.

Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA)’nın altı yaygın kirlleticisinden bir tanesi olan PM (PM_{2.5} ve PM₁₀)’nin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıkta difüze olma özellikleri farklıdır [47].

Partikül maddelerin fiziksel özellikleri yanında kimyasal kompozisyonu da sağlık açısından oldukça önemlidir. Partikül maddeler civa, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller ile kanserojenik kimyasalları bünyelerinde bulundurabilmekte ve sağlık üzerinde önemli tehdit oluşturabilmektedirler [48].

Avrupa’da atmosferdeki PM ve metal içerikleri konusunda yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Genel olarak PM₁₀’un yaklaşık %13-22’lik oranını metal tuzlarının, %15-28 bilinmeyen kısım ve kalanının ise iyonlardan oluştuğu belirtilmektedir [49,50,51]. Türkiye’de de yapılmış pek çok çalışma mevcuttur [52,53,54,55,56,57]. Yatin ve

diğ., (2000) tarafından Ankara'da yapılan çalışmada kristal ve Antropojenik elementlerin rüzgar hızı başta olmak üzere büyük ölçüde meteorolojik faktörlerle ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Samura ve diğ., (2003) tarafından yapılan çalışmada ise Bursa ve Uludağ da kristal elementlerin miktarının yazın antropojenik elementlerin miktarının ise kışın yüksek olduğu gözlenmiştir. Koçak ve diğ., (2004) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise Erdemli bölgesinden 1999 ve 2001 yılları arasında PM örnekleme yapılmıştır. Mevsimsel metal değişimleri incelenmiş ve geçiş dönemi olan bahar mevsimlerinde her metalde yüksek konsantrasyonlar belirlenmiştir. İstanbul'da ise kısıtlı sayıda çalışma yapılmıştır [58,59]. İstanbul Büyükçekmece Göl havza atmosferinde yapılan çalışmada PM_{2.5} ve PM₁₀'da Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn analizleri yapılmıştır. Her iki PM fraksiyonu için sırasıyla metal derişimleri şöyle tespit edilmiştir: 0,96 ng/m³ , 18,7 ng/m³ , 28,9 ng/m³ , 54,8 ng/m³ , 21,9 ng/m³ ve 1,29 ng/m³ , 45,1 ng/m³ , 62,0 ng/m³ , 112,33 ng/m³ [59]. İstanbul'da diğ er bir çalışma ise Yenibosna ve Göztepede yapılmış ve 9 farklı metal derişimleri incelenmiştir. Yapılan tüm çalışmalarda metal derişimlerinin ince PM'lerde yoğunlaştığı görülmüştür [58].

Metallerin atmosferde bulunuşunda etkili kaynaklar birçok çalışma tarafından tanımlanmıştır. Fe, Mn ve V yerkabuğu kaynaklı elementler olarak tanımlanmışken, deniz kenarındaki bölgelerde Fe bulunduğu da belirtilmiştir [60,55]. Ayrıca trafiğin yoğun olduğu bölgelerdeki kaba partikül madde değerlendirilirken yol tozu ve yerkabuğu kaynaklı olabileceği dikkate alınmalıdır [61]. Trafik kaynaklı yol tozunun bileşimi yakıtın yanması, taşıt bileşiminde bulunan materyaller, yol materyali ve yol bakımı gibi faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir [62]. Genel olarak yol tozunun bileşiminde bulunan metaller V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Mn ve Pb'dir. Fuel oil yanmasından kaynaklanan V ve Ni, ve fuel oil ve kömürün yanması sonucu kömürün içindeki zenginliğine göre miktarı değişen Cd ve Cr, atmosfere verilen tipik elementlerdir. Endüstriyel kaynaklı elementler ise proses kaynaklı emisyonların tipine göre çeşitlilik göstermektedir [55].

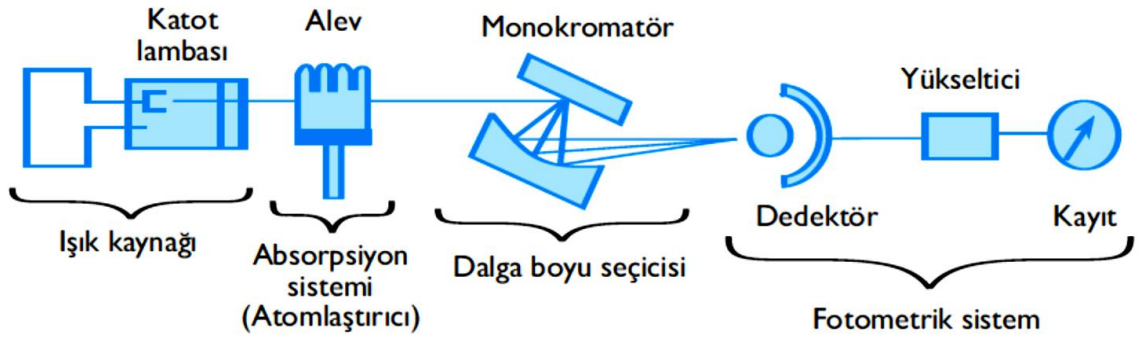
2.11. Kuramsal Temeller

2.11.1. Atomik absorpsiyon spektrofotometreleri :

Atomik absorpsiyon spektrofotometresinin bileşenleri, analiz edilecek elementin absorplayacağı ışığı yayan ışık kaynağı, örnek çözeltisinin atomik buhar haline getirildiği atomlaştırıcı, çalışılan dalgaboyunu diğer dalgaboylarından ayırıştırılmasına yarayan monokromatör ve ışık şiddetinin ölçüldüğü dedektördür. Atomik absorpsiyon spektrofotometresinin görüntüsü ve temel bileşenleri Şekil 2-2 ve Şekil 2-3'de verilmektedir.



Şekil 2-2 Atomik absorpsiyon spektrofotometresi



Şekil 2-3 Atomik absorpsiyon spektrometresinin temel bileşenleri

2.11.2. Atomlaştırmacılar

AAS’de atomlar ışığı absorpladığından çözeltinin gaz halindeki atomlarına dönüştürecek bir atomlaştırmacıya ihtiyacı vardır. AAS’de alevli ve elektrotermal olmak üzere iki çeşit atomlaştırmacı kullanılmaktadır. Alevli atomlaştırmacıda kullanılan alev, yanıcı ve yakıcı gazların belirli hacimlerde kullanılması ile elde edilir. Yanıcı ve yakıcı gazlar analizi yapılacak elementin atomlaşma sıcaklığına göre seçilmelidir. Çizelge 2-3’ de AAS’de kullanılan yanıcı ve yakıcı gazların sıcaklıkları verilmektedir.

Çizelge 2-3 AAS’de kullanılan yanıcı ve yakıcı gazlar

Yanıcı Gaz	Yakıcı Gaz	Sıcaklık °C
Dogal gaz	Hava	1800
Propan	Hava	1900
Hidrojen	Hava	2000
Asetilen	Hava	2300
Asetilen	Nitrozoksit (N ₂ O)	2800
Asetilen	Oksijen	3100

Diğer bir atomlaştırmacı olan elektrotermal atomlaştırmacı grafit fırındır. Fırın elektriksel dirençle 3000°C’ a kadar istenirse kademeli olarak ısıtılabilir. Alevli sistemlere göre daha pahalı fakat daha avantajlıdır. Özellikle ağır metal elementlerinin analizinde ppb düzeyine kadar inebildikleri için daha fazla tercih edilmektedir.

2.11.3. Uygulamalar

AAS eser miktardaki metallerin (ppm, ppb düzeyde) nicel analiz için kullanılmaktadır. Öncelikle analizi yapılacak örneğin çözeltisi hazırlanır. Hangi metalin analizi yapılacak ise, cihaza o metalin oyuk katot lambası takılır. Metal analizini gerçekleştirmek amacıyla atomik absorpsiyon spektrometresinde metal çözeltisi içeren numune alevin içerisine yükseltgen gaz karışımı ile birlikte püskürtülür ve atomize edilir.

Monokromatörden gelen bir ışık demeti aleve yönlendirilir ve alev içerisinde atomlarına ayrılmış olan element tarafından absorbe edilen ışık miktarı dedektör tarafından belirlenir. Her element için karakteristik olan dalga boyunda absorbe edilen enerjinin miktarı numune içerisindeki elementin konsantrasyonu ile orantılıdır. Standartlar hazırlanarak metalin absorbans yaptığı dalgaboyunda okuma yapılarak standart kalibrasyon eğrisi hazırlanır. Bu şekilde 70 kadar element (metal/yarı metal) analiz edilir. Metodun hassasiyeti yüksektir. Eser miktarda madde analizi yapılabilir.

2.11.4. Alevli Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi

Yüksek derişimlerde metal tuzu içeren bir alev, AAS'de ışık kaynağı olarak kullanılabilir. Alevin; ucuz olması ve istenilen özelliğe göre ayarlanabilmesi gibi üstünlükleri, fakat kararsız ve ışık şiddetinin zayıf olması gibi de dezavantajları vardır.

Alevli atomlaştırıcılarda örnek çözeltisi aleve havalı bir sisleştirici yardımıyla püskürtülür. Çözelti aleve püskürtüldüğü zaman ilk olay, damlacıkların kuruması yani çözücünün buharlaşmasıdır. Buharlaşma sonucu oluşan katı parçacıklar, alev sıcaklığının etkisiyle çeşitli değişikliklere uğrarlar. Organik bileşikler yanarken inorganik maddeler buharlaşır veya birbiriyle ve alev gazları ile tepkimeye girerler.

Çözeltideki taneciklerin buharlaşmasından sonra oluşan gaz moleküller, ısısal ayrışma ile atomlarına ayrılırlar. Alev içinde, analiz elementinin atomlarından başka CO₂, CO, C, H₂O, O₂, H₂, OH, NO, N₂ gibi birçok yanma ürünleri de oluşur.

2.11.5. Alevisiz Atomlaştırıcılar (Elektrotermal atomlaştırıcı)

Atomik absorpsiyon spektroskopisinde örneklerin atomlaştırılmasında en çok alev kullanılmasına karşın, daha iyi duyarlılık ve gözlenebilme sınırı elde etme isteği, örneklerin daha ekonomik olarak kullanılabilmesi vb. nedenlerle çeşitli elektrotermal atomlaştırıcılar geliştirilmiştir. Elektrotermal atomlaştırıcı aynı zamanda grafit fırın olarak da bilinir.

Elektrotermal atomlaştırıcıların ısıtılması için ayrı bir güç kaynağı gerekir ve aleve göre daha pahalıdır. Buna karşın elektrotermal atomlaştırıcıların aleve göre birçok üstünlükleri vardır. Bunlar;

- Çok küçük örnek hacimleri (0,5-10 µL) gerektirirler.

- Aleve püskürtülmesi zor olan viskoz sıvılarla da çalışılabilir.
- Elektrotermal atomlaştırıcıların buharlaşma ve atomlaşma verimleri özellikle ısısal olarak zararlı oksitler oluşturan elementlerin varlığında aleve göre genellikle daha iyidir. Bu üstünlüğün nedenleri; çok küçük hacimlerde örnek ile çalışılması, dolayısıyla analitin alev gazları ile seyrelmemesi, akkor halindeki grafit fırın içinde kuvvetli bir indirgen ortam oluşmasının buharlaşma ve ayrışma üzerinde verim artışına yol açmasıdır.
- Atomik buharın, analit buharının içerisinde kalma süresinin artması duyarlılıkta 104-105 kadar artışa neden olur. Işık yolundaki atom değişimini arttırmak için, atomlaşma basamağında fırının ısıtma hızı olabildiğince yüksek olmalıdır. Özellikle grafit fırın atomlaştırıcılarda zemin absorpsiyonu ve örnek çözeltisinin bulunduğu ortamın (matriks) etkisinden kaynaklanan girişimler AAS'de sık karşılaşılan sorunlardır. Bunun en önemli nedeni, atomlaşmanın başladığı anda fırın sıcaklığının sabit bir değere ulaşamaması ve fırının orta noktası ile uçları arasındaki sıcaklık farkıdır. Bunu önlemek için analiz elementinin sabit sıcaklıkta atomlaştırılması önerilmektedir.

2.11.6. Hidrür Oluşturma Yöntemi

Atomik absorpsiyon spektroskopisi ile başta arsenik, selenyum, kalay, bizmut, kurşun ve antimon olmak üzere periyodik çizelgenin IVA, VA ve VIA gruplarında yer alan elementlerin analizini sınırlayan etken, analiz hatlarının vakum UV bölgesinde bulunması, kaynama noktalarının düşük, matriks engellemelerinin ve oksitlerinin ayrışma enerjilerinin büyük olmasıdır. Bu nedenlerden dolayı bu tür elementler yaygın olarak uçucu hidrürleri oluşturularak tayin edilirler.

Hidrür oluşturabilmek için, çinko metalinin, hidroklorik asit ile tepkimesinden elde edilen hidrojen, analizi yapılacak element ile tepkimeye sokulur. Çinko metalinin kullanıldığı bu yöntemde, arsenik, selenyum ve antimon analizlerinde gözlenebilme sınırı oldukça yüksek olduğu için asitlendirilmiş örnek çözeltisine sodyumborhidrür (NaBH_4) çözeltisi eklenerek hidrür oluşturulması yoluna gidilir.

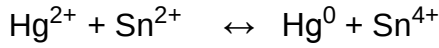
NaBH_4 eklenmesiyle gerçekleşen tepkime aşağıdaki gibidir.



Oluşan hidrür, kuvarstan yapılmış absorpsiyon hücresine sürükleyici gaz olan Ar veya N₂ ile taşınır. Absorpsiyon hücresi 850-1000°C arası bir sıcaklığa ısıtılarak hidrürün ayrışması ve analizi yapılan elementin gaz halindeki atomlarının elde edilmesi sağlanır ve böylece atomun derişimi absorpsiyon ölçümünden bulunur.

2.11.7. Soğuk Buhar Yöntemi

Civa oda sıcaklığında bile buharlaşabilen tek metal olduğundan, atomlaşması için atomlaştırıcıya dışarıdan ısı verilmesi gerekmez. Bu nedenle civa analizlerinde soğuk buhar yöntemi olarak bilinen bir atomlaştırma yöntemi kullanılır. Yöntemde, civa analizi yapılacak çözeltiye (Hg²⁺ içeren) bir indirgeyici reaktif (SnCl₂ veya NaBH₄) eklenerek Hg²⁺ iyonlarının aşağıdaki tepkime gereği metalik civa (Hg) indirgenmesi sağlanır.



Oluşan elementel civa atomları hava ve argon gibi taşıyıcı gazlar ile camdan yapılmış absorpsiyon hücresine gönderilir. Hücresinin pencereleri, civa oyuk katot lambasının 253,7 nm dalga boyundaki ışımalarının geçmesini sağlamak için kuvarsdan yapılır. Bu yöntemle 1 ppb kadar az miktarlardaki civa bile kolaylıkla analiz edilebilir, ayrıca bu yöntem kullanıldığı için moleküler absorpsiyon ve saçılma gibi girişimlerle de karşılaşmaz.

2.12. Eser Element Analizlerinde Çözünürleştirme Teknikleri

Katı örneklerin çözünürleştirilmesi pek çok analitiksel metodun önemli bir kısmıdır. Elektrotermal atomizasyon gibi bazı analitiksel metotlar direkt katı örneklerle uygulanabilir ve ölçümden önce örneklerin çözünürleştirilmesi gerekmez. Oysa çoğu analitiksel metot (AAS, ICP, AES v.s.) ki bunlar hayli yüksek duyarlıktaki metotlardır. Örneğin çözelti formunu gerektirir. Elementin zenginleştirilmesi ve kimyasal ayırmalar da ölçüm kalitesini arttırmak için gereklidir.

2.12.1. Eser Elementlerde Mikrodalga Çözünürleştirmeler

Asit çözünürleştirme örnek 100-500 psi basınç ve 50-180°C sıcaklıkta nitrik asit veya hidroklorik asitle çözünürleştirilir. Çözünürleştirme işlemleri ile örnekler daha basit yapılara ayrılırlar. Bu çözünürleştirme tekniği Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre'de veya İndüktif Eşleşmiş Plazma'da eser metal analizi için

sıklıkla kullanılır. Mikrodalga çözünürleştirme özel yapılmış kaplarda asitlendirilmiş örnek belirli bir basınç ve sıcaklıkta kontrollü olarak çözünürleştirilir. Kapalı veya açık sistem çözünürleştirme yöntemleri uygulanabilmektedir. Yüksek basınçlı işlemler biyolojik ve organik örnekler için uygulanmakta, daha düşük basınçlı işlemler ise yağ analizlerinde, çevresel analizlerde ve katalizör analizlerinde kullanılmaktadır.

2.13. Elektron mikroskop

Elektron Mikroskobu, görüntüleme ve kırınım tekniklerini birlikte kullanarak malzemelerin mikroyapısal incelemesini ve kristal yapılarının belirlenmesini birlikte sağlayabilen çok özel bir malzeme karakterizasyon cihazıdır. Bir başka deyişle, nanometre mertebesinde çok küçük ve ince alanlardan, milyon katı büyütme ile malzemenin kristalografik ve morfolojik bilgilerine aynı anda ulaşılmasını olanaklı kılan bir tekniktir. Mikroskopta oluşturulan resimler, elektron demetinin malzeme ile olan etkileşiminden ortaya çıkan ışınlar veya geri yansıyan elektronlar sayılarak oluşturulur.



Şekil 2-4 Elektron mikroskop görüntüsü

Genel özellikleri:

- SE ve BSE dedektör ile 7X-1.000.000X arası büyütme
- BSE dedektör ile faz farkına dayalı görüntü elde etme
- X ışınları kullanılarak yüzey renklendirme

Numune hazırlamada kullanılan ataçmanlar:

- EMS 550X püskürtmeli kaplayıcı
- EMS 150 film kalınlık ölçümü
- EMS 850 kritik nokta kurutucu CA7625 karbon kaplama

Yapılan Uygulamalar:

- Kantitatif analiz
- X-Ray line scan
- X-Ray dot mapping
- Au-Pd ve C kaplama

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, çalışmanın konusu olan ev tozlarında ağır metallerin konsantrasyon seviyelerinin tespiti için örnekleme yapılan evlerin özellikleri, kullanılan örnekleme teknikleri ve analizinde kullanılan analitik yöntemler anlatılmıştır.

3.1. Örnekleme Noktalarının Seçimi ve Örnekleme Dönemi

Bu çalışmada Nisan 2012' den Haziran 2012 'e kadar olan sürede Ankara'nın çeşitli noktalarında bulunan ve önceden belirlenen toplam 47 evden elektrik süpürgesi içinde biriken toz örnekleri alınmıştır.

Örnekleme yapılan evler Ankara'nın merkez ilçeleri olarak adlandırılan Akyurt, Altındağ, Çankaya, Etimesgut, Gölbaşı, Kazan, Keçiören, Mamak, Sincan ve Yenimahalle semtlerinde yer almaktadır (Şekil 3-1).



Şekil 3-1 Ankara da örnekleme yapılan bölgeler

3.2. Anket Çalışması

Örnekleme çalışmaları sırasında konutların koşullarını değerlendirme amacıyla hazırlanmış olan değerlendirme anketi tüm evlerde uygulanmıştır. Uygulanan Kapalı Ortam Havası Değerlendirme Anket Formu Ek-1’de verilmiştir. Ev tozunda ölçülen ağır metallerin derişimleri; evin yaşı, evin bulunduğu kat, evin ısıtma türü, ev içerisinde sigara içilip içilmediği, evlerin ana caddeye yakınlığı, evlerde temizlik amacıyla kullanılan dezenfektan sıklığı vb. parametreler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3-1 Örnekleme Yapılan Evlerin Özellikleri

Evlerin koşulları		Örnek sayısı
Bina yaşı	Beş yıldan daha eski	28
	Beş yıldan daha yeni	18
Evlerin ana caddeye yakınlığı	Yakın (<50 m.)	32
	Uzak (>50 m.)	14
Evin bulunduğu kat	Zemin ve birinci kat	23
	2-4 kat arası	18
	4 kat ve üzeri	4
Evin ısıtma türü	Doğal gaz	29
	Soba	17
Duvar boya türü	Plastik boya	29
	Yağlı Boya	4
	Badana	12
Pencere türü	PVC	25
	Ahşap	21
Dezenfektan kullanım sıklığı	Az sıklıkla	15
	Hafta birkaç kez	18
	Her gün	13
Ev içinde sigara içilme	Ev içinde sigara içiliyor	27
	Ev içinde sigara içilmiyor	19
Son bir yıl içinde boya yapılma durumu	Evet	14
	Hayır	32

Örnekleme yapılan evlerde, Çizelge 3-1 'den de anlaşıldığı üzere;

- Ölçümlerin gerçekleştirildiği evlerin bina yaşlarının %60'ının 4 sene ve üzerinde olduğu,
- Evlerin bulundukları katların %50'sinin 3. kat ve üzerinde olduğu,
- Kombi (doğalgaz) sistemi ile ısınan evlerin ($\approx$ %60) çoğunlukta olduğu,
- Gidilen evlerin yaklaşık %60'nda iç ortamda sigara içildiği,
- Evlerin duvar boya türünün yaklaşık %60'nın plastik boya olduğu,
- Evlerin %40'ında haftada birkaç kez temizlik için dezenfektan kullanıldığı,
- Gidilen evlerin pencere türlerinin %54'ü PVC ve %46'si ahşap olduğu,
- Evlerin %31'inde son bir yıl içinde boya yapıldığı,
- Evlerin %70'inin ana caddeye 300m den yakın olduğu, anlaşılmaktadır.

3.3. Örnekleme ve Analiz Yöntem

Bu bölümde, çalışmanın konusu olan ev tozlarının örnekleme teknikleri ve ağır metal içeriklerinin tespiti için örnek hazırlama yöntemleri ile uygulanan analitik metodlar anlatılmıştır.

3.3.1. Örneklerin Toplanması

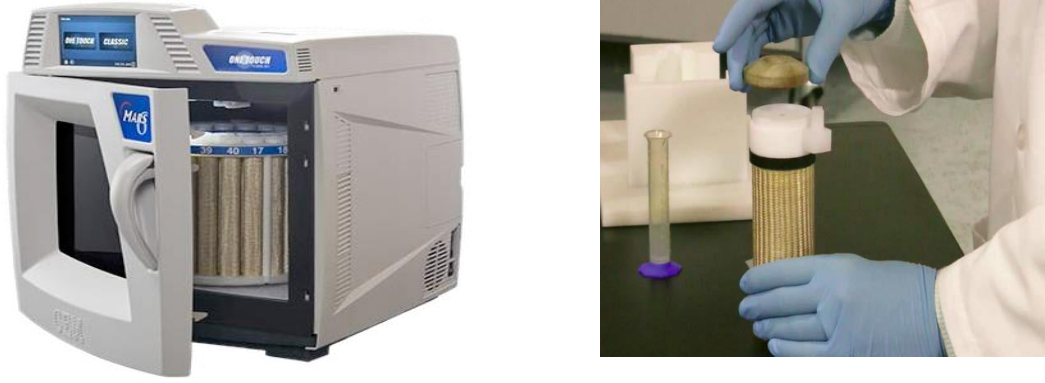
Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'nın desteklediği 110Y082 nolu projenin bir parçasıdır. Örnekleme yapılacak evler proje kapsamında prenatal dönem- 2 yaş arası bebeklerin sağlığı değerlendirileceğinden hamileliğin 2. döneminde bulunan bayanlarla hastanelerde yapılan özel görüşmeler sonucunda belirlenmiş ve çalışma evlerine gidilerek yapılmıştır. Projenin bir parçası olan bu çalışmada üç ay süren örnekleme döneminde önceden belirlenen evlere gidilerek elektrik süpürgesinin torbasında biriken tozlar steril plastik torbalara konulmuş ve ağzı kapalı bir şekilde laboratuvara taşınmıştır ve analiz edilinceye kadar derin dondurucuda saklanmıştır.

3.3.2. Örneklerin Hazırlanması

Numuneler analiz öncesi içindeki büyük çöp, saç vs. parçalarından temizlenmiş ve 0,2 mm elekten geçirilmiş ve 24 saat süreyle 120°C de fırında kurutulmuştur.

Toz örneklerinde ağır metallerin analizini yapabilmek için gerekli bileşenlerin sulu faza çekilmesi için mikrodalga ile çözünürleştirme işlemi uygulanmıştır. Bu çalışmada çözünürleştirme işlemi CEM Marka Mars 6 Model Mikrodalga Numune Yakma/Çözündürme Sistemi ile yapılmıştır (Şekil 2-9).

Elenmiş ve kurutulmuş toz örneğinden 0,5 g alınarak mikrodalga cihazına özel olan teflon kaplara konulmuş ve üzerine 10 ml, HNO₃ (Merck, %64) eklenmiştir (EPA-SW-846 3051). Mikrodalga işleminde Güç 1800 W, rampa süresi 20 dakika, tutma süresi 15 dakika, sıcaklık 185 °C'ye ayarlanmıştır.



Şekil 3-2 Mikrodalga çözündürme sistemi

Kaplar soğuduktan sonra içindeki çözeltiler (SFCA) 0.45 µm (Minisart® NML Syringe Filters) filtreden geçirerek teflon (PE) kaplara konulmuştur ve üstüne destile su ekleyerek 35 ml ye tamamlanmıştır.

3.3.3. Analizinde Kullanılan Analitik Yöntemler

Çözünürleştirme işlemi bütün toz örneklerine uygulanarak ağır metal içerikleri çözelti fazına çekilerek AAS 'de okunabilecek hale getirilmiştir. Hazırlanan çözeltilerdeki metallerin tayininde B3 000641 AA-Perkin Elmer marka atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılmıştır (Sekil 3-3). Fe, Ca, Mg, Ni, Zn, Mn, Pb ve Cu elementlerinin analizi Alevli Atomlaştırıcı AAS' de, Cr, V, Cd elementleri Grafit Fırın AAS' de ve Sb, Sn ve As elementleri de AAS' de yerleştirilen hidrür sistemi ile analiz edilmiştir. Civa ise oda sıcaklığında buharlaşan bir element olduğu için civa analizinde soğuk buhar yöntemi adı verilen bir sistemde atomlaştırılarak ölçüm yapılmıştır.



Şekil 3-3 Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (Perkin Elmer B3 000641)

Alevli atomlaştırıcı AAS' de ölçülen her elementin analizi sırasında uygulanan çalışma şartları Çizelge 3-2'de verilmiştir.

Çizelge 3-2 Alevli Atomlaştırıcı AAS ile tayin edilen elementlerin çalışma şartları

Element	Dalga boyu (nm)	Slit width (nm)	Gaz akış hızı (Ldak ⁻¹)	Standart tekrar sayısı	Numune tekrar sayısı
Fe	248.3	0.2	17/2	3	3
Ca	422.7	0.7	17/2.2	3	3
Mg	285.2	0.7	17/2	3	3
Ni	232	0.2	17/2	3	3
Zn	213.9	0.7	17/2	3	3
Mn	279.5	0.2	17/2	3	3
Pb	283.3	0.7	17/2	3	3
Cu	324.8	0.7	17/2	3	3

Grafit Fırın AAS' de ölçülen her elementin analizi sırasında uygulanan çalışma şartları Çizelge 3-3 'de verilmiştir. Grafit Fırın AAS' de uygulanan sıcaklık koşulları Çizelge 3-3' da verilmektedir. AAS' de hidrür sisteminde uygulanan çalışma şartları Çizelge 3-4 ve Çizelge 3-5'de verilmiştir.

Çizelge 3-3 Grafit Fırın AAS ile tayin edilen elementlerin çalışma şartları

Element	Dalga boyu (nm)	Lampa akışı (mA)	Slit genişliği (nm)
Cr	357.9	30	0.7
V	318.4	35	0.2
Cd	228.8	4	0.7

Çizelge 3-4 Grafit Fırın AAS için sıcaklık koşulları

Etap	Sıcaklık(°C)	Çıkış süresi (°c/s)	Kalış süresi(s)	Akış hızı	Matris modifiye
Cr					
Drying I	110	1	30	250	0.015Mg(NO3)2
Drying II	130	15	30	250	
Pyrolysis	1500	10	20	250	
Atomization	2300	0	5	0	
Cleaning	2450	1	3	250	
V	110	1	30	250	Matris modifiye İhtic yoktur
Drying I	250	15	30	250	
Drying II	1200	10	20	250	
Pyrolysis	2400	0	5	0	
Atomization	2600	1	3	250	
Cleaning					
Cd	110	1	30	250	0.05 mg
Drying I	250	15	30	250	NH4H2PO4 +
Drying II	500	10	20	250	0.003 mg
Pyrolysis	1500	0	5	0	Mg(NO3)2
Atomization	2450	1	3	250	
Cleaning					

Çizelge 3-5 Hidrür Sistemi AAS ile ilgili çalışma şartları

Element	Dalga boyu (nm)	Lamba akışı (mA)	Slit genişliği (nm)	Hücre sıcaklığı (°C)	Örnek miktarı (mL)
Hg	253.7	185	0.7	100	500
Sb	217.6	20	0.7	900	500
Sn	196.0	16	0.2	900	500
As	193.7	385	0.2	900	500

Çizelge 3-6 Hidrür sıvı enjeksiyon sisteminin çalışma parametreleri

Aşama sayısı	Zaman (s)	Pompalama hızı (rpm)	Valf	Okuma
Hg				
Prefill	10	50	Fill	
1	15	50	Fill	
2	25	50	Inject	On
3	1	0	Fill	
Sb				
Prefill	3	55	Fill	
1	6	55	Fill	
2	3	80	Inject	On
3	5	80	Inject	
Sn				
Prefill	15	100	Fill	
1	10	100	Fill	
2	15	100	Inject	On
3	0	0	Fill	
As				
Prefill	10	100	Fill	
1	10	100	Fill	
2	20	100	Inject	On
3	1	0	Fill	

Bu çalışmada seçilen üç toz örneğinin (en yüksek, orta ve düşük ağır metal derişimlere sahip olan ev tozları) analizi için Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunan EVO 50 ZEISS marka elektron mikroskopun ikincil elektron dedektörü dışında elementel analiz yapılmak üzere x-ışını ve geri saçınan elektron dedektörleri de kullanılmıştır. Geri saçınan elektron dedektöründe; flamandan gönderilen elektronlar örnek elektronları ile elastik etkileşime girer ve neredeyse hiç enerji kaybetmeden geliş yönüne doğru saçılır. Atom ne kadar büyükse geri saçınan elektron miktarı da o kadar artar. Bu dedektör ile yapılan analizde örneklerin yüzey yapısı incelenemez ancak grinin tonlarına göre elementel içerik gözlenebilir. X ışını dedektöründe ise örnek üzerine düşen elektronların örneği oluşturan atomlar arasından ilerlerken çekirdek ile etkileşimleri sonucu hız kaybetmesi, yavaşlayan elektronların enerjisi yeteri kadar yüksekse enerjinin korunumu prensibine göre frenlenirken açığa x-ışını çıkması prensibine göre çalışır.

Bu durum her element için karakteristik olduğundan görüntü üzerinde tarama durdurularak spot alınan noktanın içerdiği elementlerin grafiği çıkartılabilir.

3.4. Kalite kontrollü:

Bu çalışma kapsamında yapılan ölçümlerin doğruluğunun tespiti için kullanılan kalite kontrol ve güvencesi yöntemleri aşağıdaki bölümde verilmektedir.

3.4.1. Kalibrasyon grafiklerinin hazırlanması

Analizi yapılmak istenilen elementlerin her bir elemente özel Custom-Grade 1000 ppm stok çözeltileri kullanılmıştır (1.4% HNO₃).

Elementlere ait kalibrasyon eğrilerinin kolerasyon kat sayısı “r” değerleri Çizelge 3-13’te verilmiştir.

Çizelge 3-7 Elementlerin kalibrasyon kat sayısı değerleri

Element	Regresyon katsayısı, r
Arsenik (As)	0.998419
Antimon (Sb)	0.999350
Kalay (Sn)	0.999547
Krom (Cr)	0.999862
Kalsiyum (Ca)	0.997893
Vanadyum (V)	0.995388
Kadmiyum (Cd)	0.998913
Nikel (Ni)	0.998503
Demir (Fe)	0.993268
Manzezyum (Mg)	0.999998
Civa (Hg)	0.998183
Kurşun (Pb)	0.999974
Çinko (Zn)	0.997052
Mangan (Mn)	0.999292
Bakır (Cu)	0.998419

3.4.2. Metot validasyon

Metot validasyonu için Amerikan Ulusal Standartlar ve Teknolojiler Enstitüsü (NIST)'den temin edilen şehir partikül maddesi referansı (SRM 1648a_UPM Urban Particulate Matter) ve çamur referansı (Sludge, CRM029-050) kullanılmıştır. Örneklerle uygulanan çözme işleminin aynısı referans maddelerin analize hazırlanması içinde uygulanmıştır. Daha sonra analiz için yine AAS cihazı kullanılmıştır.

Referans madde içerisindeki elementlerin ölçülen değerleri, sertifika değerleri ve % geri kazanım sonuçları Çizelge 3-8'de ve Çizelge 3-9'da verilmiştir. Krom dışındaki tüm elementler için yüzde geri kazanım değerleri yüzde 80' in üstündedir.

Çizelge 3-8 SRM 1648-Urban Particulate Matter (NIST) referans maddesi için analiz sonuçları

	Ölçülen değerler (µg/g)	UPM sertifika değerleri (µg/g)	Geri kazanım (%)
Zn	3972.5 ± 19.25	4800 ± 270	82.77
Cu	653.1 ± 13.76	610 ± 70	107
Cd	62.28 ± 0.58	73.7 ± 2.3	87.22
Pb (%)	0.649 ± 0.019	0.655 ± 0.033	99.08
Ni	81.08 ± 10.38	81.1 ± 6.8	99.97
Fe (%)	3.83 ± 0.6	3.92 ± 0.21	97.7
Mg (%)	0.801 ± 0.021	0.813 ± 0.012	98.52
Ca (%)	5.6 ± 0.8	5.84 ± 0.19	95.89
As	113.84	115.5 ± 3.9	98.56
Cr	320.12 ± 2.02	402 ± 13	79.63
Mn	769.57	790 ± 44	97.41
Sb	40.12	45.4 ± 1.4	88.37
V	125.47 ± 5	127 ± 11	98.79

Çizelge 3-9 Sewage Sludge CRM029-050 referans maddesi için analiz sonuçları

	Ölçülen değerler (µg/g)	UPM sertifika değerleri (µg/g)	Geri kazanım (%)
Zn	795.43±32.66	847	93.91
Cu	651.4±11.2	665	97.95
Cd	449.98±7.58	537	83.79
Pb	260.75±10.15	277	94.13
Ni	130.43± 12.13	150	86.95
Fe	8536 ± 1071	8640	98.79
Mg	3873 ± 3.33	3900	99.31
Ca (%)	3.68	3.73	98.65
As	26.03	26.5	98.22
Cr	228.41	325	70.31
Mn	162.75	165	98.63
Sb	2.06	2.34	88.07
V	30.72	30.9	99.43
Hg	3.82	4.17	91.60

3.4.3. K r Numune Ve Reaktif K r Numune Konsantrasyon Değerleri:

Analizlerde kullanılan ultra saf su ve asidin içeriğindeki ağır metal derişimini belirlemek için k r tüpü ve reaktif k r tüpleri hazırlanıp AAS cihazı ile ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 3-10 K r numune ve Reaktif k r numunede ölçülen ağır metal değerleri

Element	K�r numune (ppm)	Reaktif k�r numune(ppm)
Zn	-0.062	-0.157
Ni	-0.028	0.172
Pb	0.017	0.421
Cu	-0.073	-0.014
Mn	-0.009	-0.088
Hg	0.000	0.001
Mg	-0.003	-0.016
Cd	-0.000	-0.000
Fe	-0.013	0.039
As	0.010	-6.644
Sb	0.000	0.002
Sn	-0.000	-0.026
V	0.000	0.010
Cr	0.000	0.024
Ca	0.557	0.977

3.5. İstatistiksel Analiz Yöntemleri

Yüksek lisans tez çalışması süresince yapılan tüm ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi aşamasında Statgraphics Centurion XVI (Versiyon 16.1) istatistik paket programı kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Box grafikleri, dağılım  zellikleri, ANOVA ve Faktör Analizi Testi analizleri bu program kullanılarak değerlendirilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasının bu bölümünde Ankara'nın farklı semtlerinde yer alan evlerden toplanan tozlarda tespit edilen ağır metal seviyeleri, başlıca kirlilik kaynakları ve ölçülen düzeylerin yaratacağı sağlık riskleri ile ilgili değerlendirmeler verilmektedir.

4.1. Ev Tozlarında Ağır Metal Sonuçlarının İstatistiksel Değerlendirmesi

Bu bölümde toplam 47 evden alınan ev içi toz örneklerinde ölçülen Ni, Pb, Fe, Zn, Cd, V, As, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Sb ve Sn ağır metal sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Ev içi tozlarında gözlenen ağır metallerin konsantrasyonlarının istatistiksel sonuçları Çizelge 4-1'de verilmiştir. İstatistiksel incelemelerde Statgraphics Centurion V.16.1 programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistiksel analizde kullanılan parametreler, aritmetik ortalama, standart sapma, geometrik ortalama, ortanca, maksimum ve minimumdur. Tabloda görünen yüksek standart sapmalar çevre analizlerinde sıkça karşılaşılan bir durumdur.

İstatistik parametreler arasında aritmetik ortalama ve geometrik ortalama birlikte verilmiştir. Normal dağılım gösteren veri setlerinde aritmetik ortalama, geometrik ortalama ve ortanca değerlerin birbirine çok yakın olması gerekmektedir. Mevcut veri setinde ise bu değerler birçok element için farklılık göstermekte ve bu da verilerin log-normal dağılım gösterdiğini işaret etmektedir. Aritmetik ortalama, geometrik ortalama ve ortanca değerlerin birbirilerinden farklı olmalarının sebebi her bir elementin farklı faktörlerden (kirlетici kaynağı vb.) etkilenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu çalışmada yapılan istatistiksel analize göre en yüksek aritmetik ortalamaya sahip elementler sırasıyla Ca ($17928.6 \mu\text{g g}^{-1}$), Mg ($8900.34 \mu\text{g g}^{-1}$), Fe($4408.57 \mu\text{g g}^{-1}$), Zn ($449.98 \mu\text{g g}^{-1}$) ve Cu($104.51 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak gözlenmiştir. Bu elementlerden Ca, Mg ve Fe, dünya ana kayaç elementleridir [60]. Bu elementler kayadan aşınma süretiyle üretilmekte ve rüzgar ile taşınarak toprakla veya yol tozu ile karışmaktadır

En düşük konsantrasyona sahip olan elementler Sb ($0.15 \mu\text{g g}^{-1}$), Hg ($0.62 \mu\text{g g}^{-1}$), As ($2.38 \mu\text{g g}^{-1}$), Cd ($3.52 \mu\text{g g}^{-1}$) ve Sn ($6.03 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak gözlenmiştir.

Çizelge 4-1 Ölçülmüş metallerin istatistiksel değerlendirilmesi

Metal	Örnek Sayısı	Aritmetik ortalama (μgg^{-1})	Standart sapma (μgg^{-1})	Geometrik Ortalama (μgg^{-1})	Ortanca (μgg^{-1})	Min (μgg^{-1})	Max (μgg^{-1})	Aralık (μgg^{-1})
As	47	2.38	2.34	1.705	1.57	0.07	12.01	11.93
Ca	47	17928	14691.5	13737	12236	3318	63532	60214
Cd	31	3.52	3.36	2.26	2.05	0.41	12.61	12.202
Cr	40	29.65	9.08	27.83	29.90	7.26	50.37	43.11
Cu	47	104.51	143.71	80.97	72.50	28.49	1032.86	1004.36
Fe	47	4408.57	4832.82	3242.2	3529.3	436.97	31718.8	31281.9
Hg	40	0.62	1.37	0.232	0.208	0.006	8.042	8.03
Mg	47	8900.34	4762.59	7340.1	8569	306.65	20617.9	20311.2
Mn	42	91.87	99.27	62.21	78.82	7.91	625.28	617.37
Ni	43	79.32	281.32	33.54	31.64	6.55	1874.75	1868.19
Pb	47	80.79	60.25	67.80	69.17	16.82	378.22	361.39
Sb	32	0.15	0.106	0.10	0.14	0.002	0.43	0.43
Sn	37	6.03	3.604	4.43	6.02	0.102	13.66	13.56
V	44	43.90	26.93	33.17	40.72	2.11	115.7	113.58
Zn	47	449.98	143.83	424.27	440.07	127.98	745.71	617.73

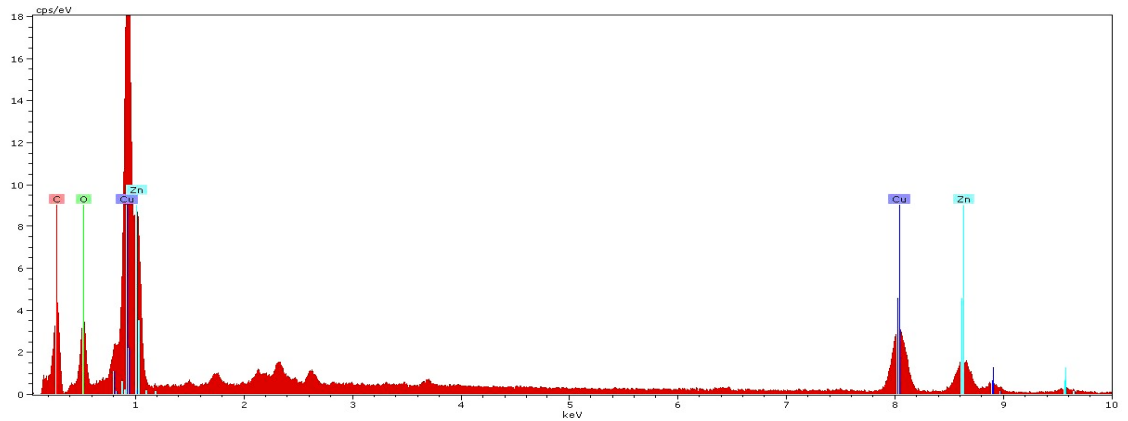
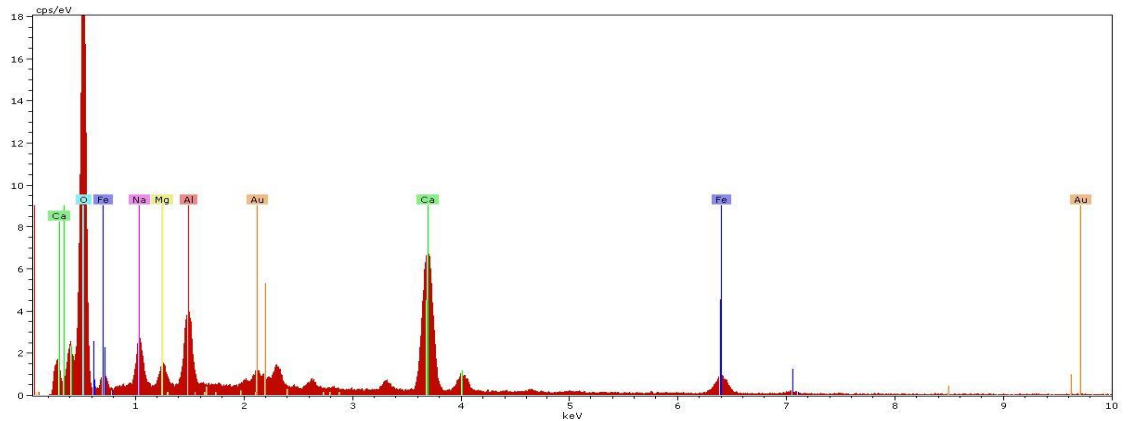
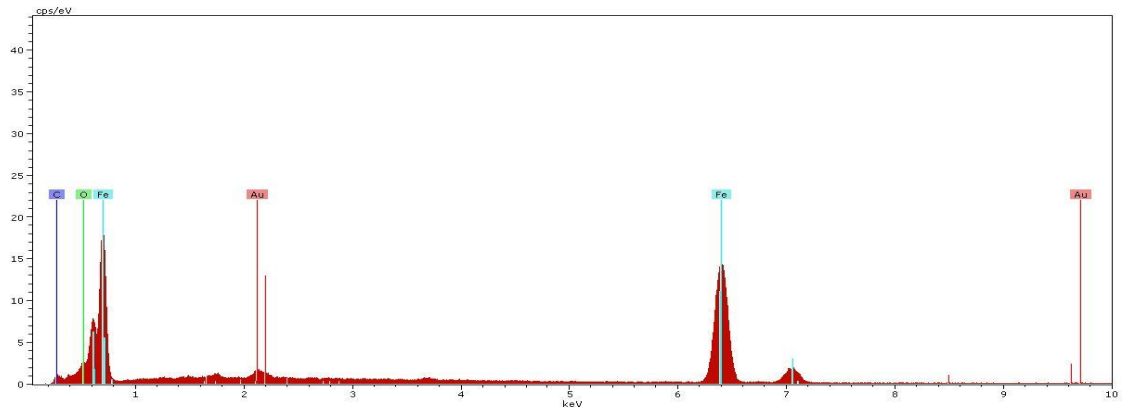
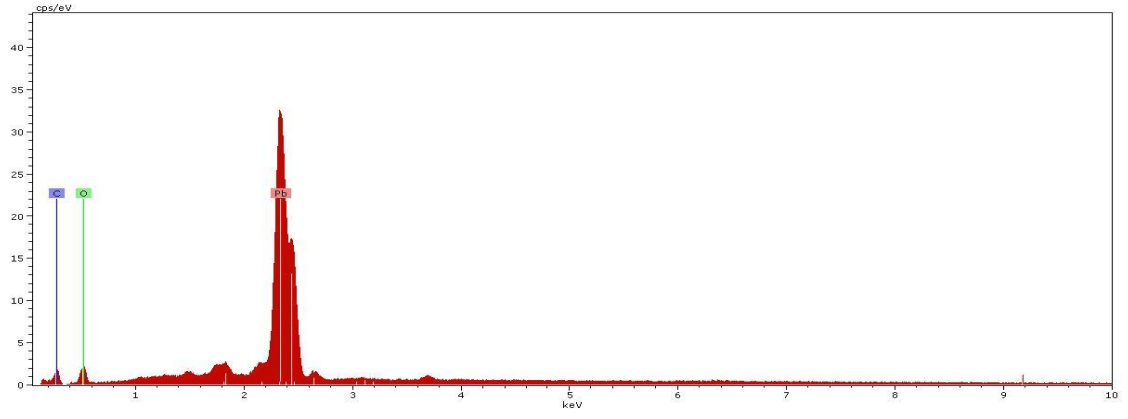
Hemen hemen ölçülen tüm ağır metaller için en yüksek konsantrasyonların görüldüğü evler, MAM8 ve AKY3'dir. Bu evlerin özellikleri Çizelge 4-2 ' de verilmektedir.

Çizelge 4-2 Yüksek kirletici konsantrasyonuna sahip olan evlerin özellikleri

Evin koşulları	MAM8	AKY3
Binanın yaşı	<5	>5
Ana cadde	Var	Yok
Evin katı	2-4	Zemin
Isıtma türü	Doğalgaz	Soba (kömür)
Zemin kaplama	Ahşap	Ahşap
Boya türü	Plastik	Badana
Pencere türü	PVC	Ahşap
Ev içinde sigara içilme	Evet	Evet
Dezenfektan kullanımı	Haftada bir kaç kez	Az sıklıkla
Son bir yılda boya	Hayır	Hayır
Yeni eşya	Yok	Yok

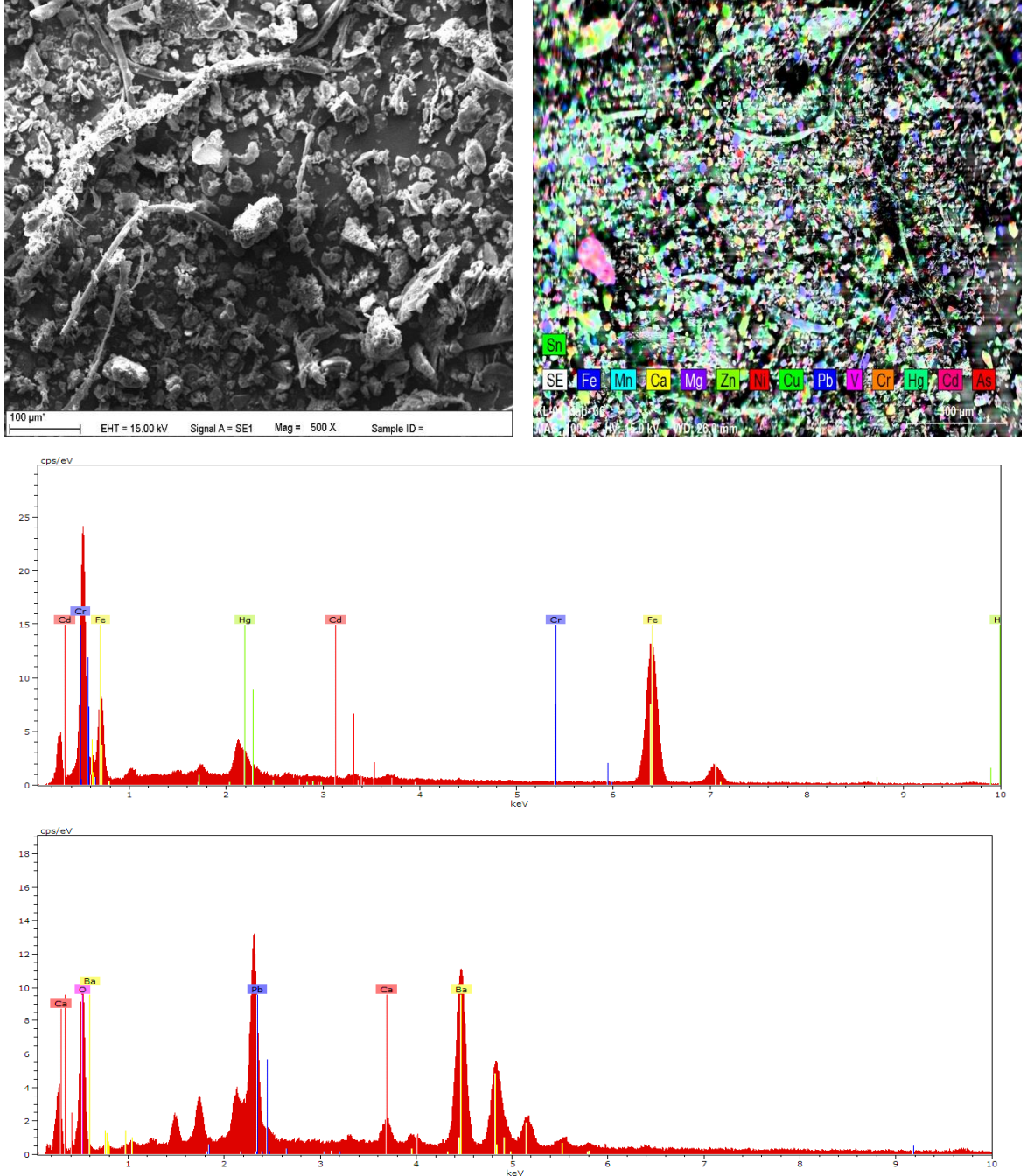
Mamak mahallesinde yer alan MAM8 kodlu evin yakınında ana cadde olması, 500 m yakınında kamyon garajının bulunması, evin ana cephesi doğrultusunda sobalı gecekondü türü evlerin bulunması ve ev içinde sigara içilmesi bu evden alınan tozunun içindeki ağır metallerin derişimini önemli miktarda artırmıştır. Bu eve ait SEM ve Kromatograf görüntüleri Şekil 4-1’ de yer almaktadır.





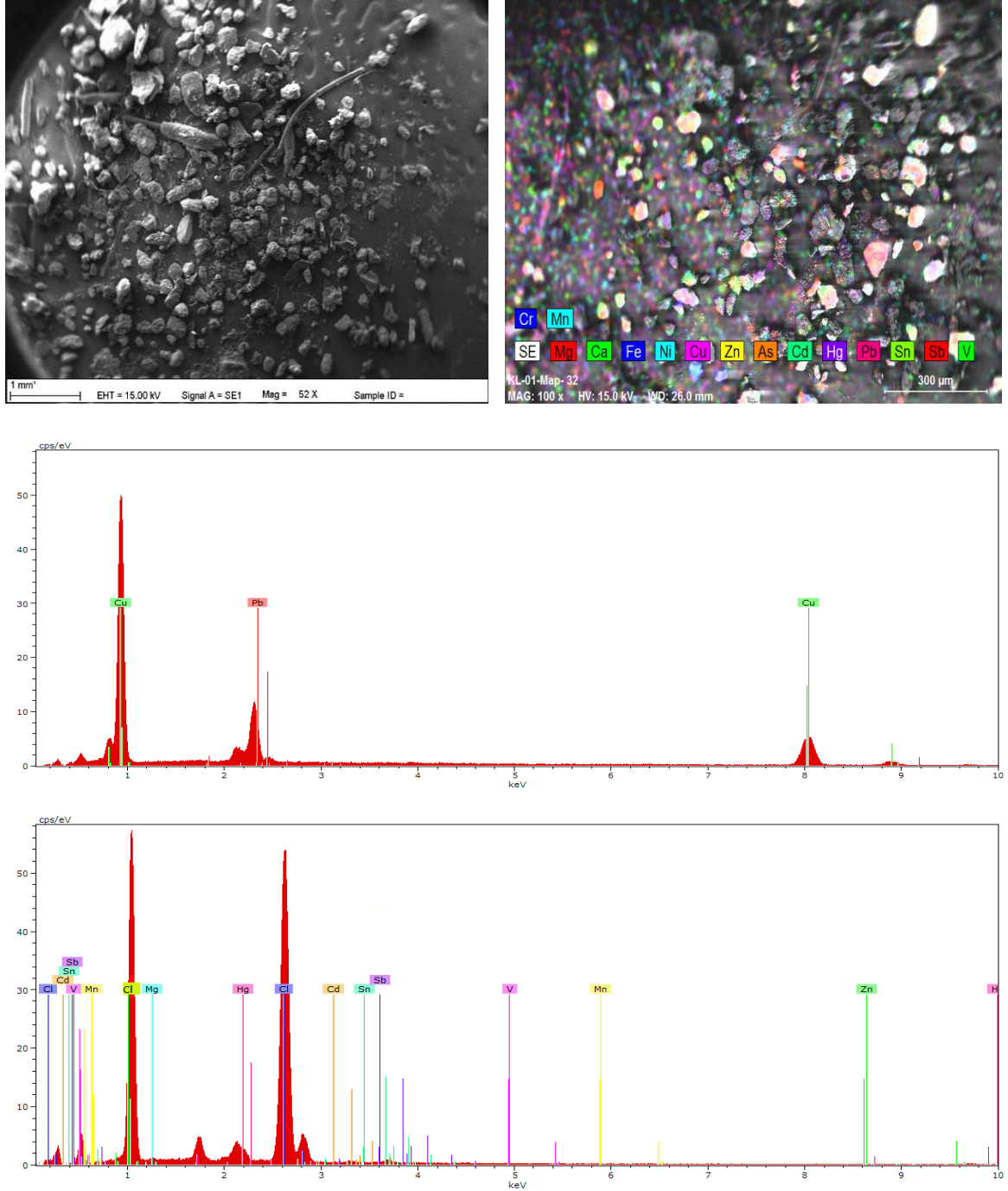
Şekil 4-1 MAM8 kodlu eve ait SEM ve Kromatograf görüntüleri

Bir diğerk yüksek kirlotici konsantrasyonlarının gözledndiğı ev, Akyurt mahallesinde bulunan AKY3 kodlu evdir. Bu evin ısıtma türü kömürlü soba ev eski ve tek katlı gecekondu tipi bir ev, pencere türü ahşap ve etrafında pek çok küçük çaplı işyerleri bulunmaktadır. Ayrıca evin içinde sigara içimi de bu evden alınan toz örneklerindeki kirlotici düzeyini önemli ölçüde artırmıştır. Bu eve ait SEM ve Kromatograf görüntüleri Şekil 4-2 ' de verilmektedir.



Şekil 4-2 AKY3 kodlu eve ait SEM ve Kromatograf görüntüleri

En düşük konsantrasyonlara sahip temiz evlerden biri Keçiören mahallesinde yer alan KEÇ3 kodlu evdir. Bu evin etrafında açık, herhangi bir kirletici faaliyette bulunmamaktadır. Evin ısıtma türü doğalgaz, evin eşyaları yeni olması ve ev içinde sigara içilmemektedir. Bu nedenlerle, bu evden toplanan toz örneğinin ağır metal derişimleri oldukça düşük düzeyde gözlenmiştir. Bu eve ait SEM ve Kromatograf görüntüleri Şekil 4-3’ de verilmektedir.



Şekil 4-3 KEÇ3 kodlu eve ait SEM ve Kromatograf görüntüleri

4.2. Ölçülen Elementlerin dağılım özellikleri

İstatistikteki en önemli konulardan biri dağılım özelliğidir. Parametrik testlerin tümünün uygulanabilmesi için gereken varsayımların başında verilerin dağılımının normal olması gelir.

Bu çalışmada ağır metaller için belirlenen dağılım parametreleri (Skewness, Kurtosis, Shapiro-Wilks, P-value ve dağılım türleri) Çizelge 4-3' de verilmiştir. Genellikle normal ve log-normal dağılımları çevre çalışmalarında kullanılan dağılım türleridir. Dağılımın ortalama çevresindeki simetrisi skewness değerine göre belirlenir. Pozitif skewness değeri dağılımın pozitif değerlere doğru asimetric bir yönelimde olduğunu, negatif skewness değeri ise dağılımın negatif değerlere doğru asimetric yönelimde olduğunu gösterir. Kurtosis değeri dağılımın merkezindeki yoğunluğu belirler. Shapiro-Wilks testi dağılım türünün normal olup olmadığını göstermek için sıklıkla kullanılan bir testtir. Bu testte p değeri < 0.05 ise, dağılımın normal olmadığı sonucuna varılır. Ev içi tozların 'da Cr, Mg, Sb, Sn, V ve Zn dışındaki tüm elementler log-normal dağılım göstermişlerdir.

Çizelge 4-3 Elementlerin dağılım parametreleri

Parametre	Skewness	Kurtosis	Shapiro-Wilk P-value	Dağılım türü
As	2.5997	7.2985	0.0000	Log-normal
Ca	1.5763	1.5816	0.0000	Log-normal
Cd	1.4288	1.3979	0.0001	Log-normal
Cr	-0.3471	0.9571	0.3229	Normal
Cu	6.1094	39.943	0.0000	Log-normal
Fe	4.2811	22.597	0.0000	Log-normal
Hg	4.4906	22.719	0.0000	Log-normal
Mg	0.6117	0.1986	0.1399	Normal
Mn	3.9524	20.540	0.0000	Log-normal
Ni	6.4852	42.343	0.0000	Log-normal
Pb	3.3182	13.994	0.0000	Log-normal
Sb	0.8990	0.8132	0.0548	Normal
Sn	0.2245	-0.5600	0.2597	Normal
V	0.6894	0.5142	0.1065	Normal
Zn	-0.0953	-0.7349	0.6441	Normal

4.3. Ev tozlarında gözlenen ağır metal derişimlerinin sınır değerler ile kıyaslanması

Tüm dünyada, iç ortamların mahremiyetinden ve bu ortamların sistematik olarak izlenmesinin mümkün olmamasından ötürü, yasal olarak düzenlenecek bir iç ortam hava kalitesi standardı konması tercih edilmemektedir. Bu nedenle, iç ortam hava kalitesi iyileştirme için tüm dünyada risk değerlendirmesi ve yönetimi yapılarak bazı ana kirleticiler için sağlık bazlı klavuz değerlerin geliştirilmesi yoluna gidilmektedir.

Bu çalışmada ölçülen ağır metal derişimleri, 25 yıldır Almanya da iç ortam hava kalitesi üzerine çalışmalarını yürüten AGÖF (Ekolojik Araştırmalar Enstitüsü Derneği) tarafından hazırlanan klavuz da belirlenen sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır [63]. AGÖF tarafından iç ortam hava kalitesi için belirlenen sınır değerler Çizelge 4-4'de verilmiştir.

Bu çalışmada Ankara'nın çeşitli bölgelerinde bulunan evlerden alınan ev tozlarında ölçülen ağır metallerin derişimleri, Cd, Cr, Cu, Sb, Sn ve Zn metalleri için sınır değerlerin altında gözlemlenmiştir. Ni, As, Hg ve Pb metalleri için ise bazı evlerde bu metallerin derişimleri belirlenen sınır değerinden daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bu metaller ile ilgili ölçülen konsantrasyonlar ve belirlenen sınır değerleri verilmiştir.

Çizelge 4-4 AGÖF tarafından belirlenen sınır değerler

	Normal değer (μgg^{-1})	Sınır değer (μgg^{-1})	Ölçülen O rtalama değer (μgg^{-1})	Min (μgg^{-1})	Max (μgg^{-1})	Limiti aşan veri oranı (%)
Nikel	20	30	79.32	6.55	1874.75	40.4
Arsenik	1	3	2.38	0.07	12.01	23
Civa	0.5	1	0.62	0.006	8.042	8.5
Kurşun	20	150	80.7	16.82	378.22	4.2
Kadmiyum	1.5	5	3.52	0.41	12.61	2.1
Bakır	80	500	104.51	28.49	1032.86	2.1
Krom	75	200	29.65	7.26	50.37	0
Çinko	500	1500	449.98	127.98	745.71	0
Kalay	15	50	6.03	0.102	13.66	0
Antimon	1	3	0.15	0.002	0.43	0

Çizelge 4-4 'de her bir metal için AGÖF tarafından belirlenen limiti aşan verilerin yüzdesine bakıldığında Nikel en yüksek sınır değeri aşımına sahip element olarak gözlenmiştir. Ankara genelindeki yüzey toprakların eser elementlerinin incelendiği bir çalışmada (Yay, 1998), toprakların genel toprak özelliklerine göre daha yüksek düzeyde Ni içerdikleri tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak evlerden gözlenen yüksek Ni içeriğinin sebebinin Ankara toprağının yüksek Nikel içeriği olduğu düşünülmektedir.

4.4. İç ortam tozlarında gözlenen ağır metal seviyesinin literatür ile kıyaslanması

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için benzer örnekleme noktalarında yapılan araştırmaların incelenmesi önem arz etmektedir. Bu bakımdan kapalı ortam toz örneklerinde ağır metal analizi için literatürde yer alan çalışmalar incelenmiş ve karşılaştırma için seçilen çalışmalar aşağıda özetlenmektedir. Çalışmalara ait aritmetik ortalama değerleri bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ile birlikte Çizelge 4-5' de özetlenmektedir.

Varşova, Polonya:

Varşova'da yer alan evlerin iç ortamlarında yürütülen bu çalışmada; Nisan ve Haziran aylarında, toz örnekleri, 23 evden elektrik süpürgesi ile alınmış ve EDXRF cihazı kullanılarak ağır metallerin derişimleri tayin edilmiştir. Pb, Cr, Ni, Cu ve Zn miktarlarının yüksek ölçülmesinin nedeninin, Varşova şehrinin trafiğinin yoğun olması ve etrafında kömür kullanan santrallerin bulunması olduğu tahmin edilmiştir. Örneklemenin sıcak aylarda gerçekleşmesi ve dolayısıyla evlerin pençelerinin açık olması, dış ortam hava kirliliğinin ev içine taşınmasına neden olmuştur. Ev içinde sigara içme alışkanlığı da ağır metal miktarlarını etkileyen önemli faktörlerden biri olarak tanımlanmıştır [64].

Amman, Ürdün:

Al-Momani (2007) tarafından yapılan bu çalışma; Amman şehir merkezinde, 2005 yılında, Mayıs ayının ikinci haftasında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme 20 evde elektrik süpürgesi ile yapılmıştır. Toz örneklerinden 0,5 gr alınmış ve üzerine 20 ml

HNO₃ ve 5 ml HF ilave ederek çözünür eştirme işlemi uygulanmıştır. Çözeltiye deistiler su ilave edilerek 50 ml ye tamamladıktan sonra ICP-AES cihazı kullanarak ağır metallerin miktarları tayin edilmiştir. Ürdün'de kömür ve gaz kullanımı çok nadirdir. Genel olarak ısıtma için dizel kullanılır. Pb, Ni ve Zn element miktarlarının yüksek olmasının nedeninin evlerin ısınma türü olduğu tahmin edilmiştir. İncelenen evlerde galvanizli demir çatı kullanımı ve evlerin boydan boya halıyla kaplanması, toplanan toz örneklerinde gözlenen yüksek Zn miktarının nedeni olarak belirlenmiştir [65].

Riyad, Suudi Arabistan:

Riyad'daki evlerden toplanan toz örnekleri 1995 yılında kentsel alandan alınmıştır. Her toz örneğinden 0,5 g alınıp 5 ml 3HCl:1HNO₃ ilave ederek çözünür eştirme işlemi yapılmış ve AAS cihazı ile ağır metal konsantrasyonları ölçülmüştür. Gözlenen Pb miktarının yüksek olmasının nedeninin örnekleme yapılan evlerin etrafındaki otomobil servis garajları, kaynak ve torna atölyeleri olduğu tahmin edilmiştir. Cd miktarını belirleyen en önemli kaynakların; dışarıdan gelen hava kirliliği, evlerin duvar boya ve ev içinde sigara içmek olduğu belirlenmiştir. Riyad şehrinin etrafındaki eski endüstriyel bölgeler, ev içi tozlarında Cu, Ni ve Zn miktarlarının yüksek olmasına neden olmuştur [66].

Asvan, Mısır:

Çalışma 2008 yılında Mısır'ın güneyindeki Asvan kentinde yapılmıştır. İki bina (SM ve TA) ve etrafındaki 4 sokak (her bina için iki sokak) örnekleme alanı olarak seçilmiştir. Ev içlerinden alınan her toz örneğinden 0.5 g alınmış ve üzerine HNO₃ (2.5 ml)/ HClO₄ (2.5 ml) eklenmiştir. Çözünürleştirme işlemi yapıldıktan sonra AAS cihazı kullanılarak tozlardaki ağır metal derişimleri tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda Cd, Mn ve Pb miktarlarının yüksek olmasının nedeninin, binaların ana caddeye yakın olmaları ve yakınlarında otomobil servis garajları olabileceği belirtilmiştir [67].

Kwung Tong, Hong Kong:

Tong ve Lam tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, 2000 yılında trafiğin yoğun olduğu ve sanayi bölgelerine yakın olan Kwung Tong şehrinde gerçekleştirilmiştir. Belirlenen evlerden toz örnekleri elektrik süpürgesi ile alındıktan sonra ağız kapalı

plastik poşetlerde laboratuvara götürülmüştür. Her örnekten 0,5 g toz alınmış ve 6,5 ml ($\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HClO}_4 = 5:0, 5:1$) ilave edilerek, 180°C de 1 saat ısıtılmıştır. AAS cihazı kullanılarak, toz örneklerinde çözünmüş olan ağır metallerin derişimleri tayin edilmiştir.

Bu çalışmanın yapıldığı sene Hong Kong'da, kurşunlu yakıt kullanımının yasaklanması söz konusu olmadığı için birçok eski araba, belediye otobüsleri ve kamyonlar kurşunlu benzin kullanmaktadır. Bu sebeple trafik emisyonlarından kaynaklanan Pb, Zn ve Cu miktarları daha yüksek gözlemlenmiştir. Örnekleme yapılan evlerin % 40'ının etrafında, gemi inşa ve tamiri gibi ağır ve kirlletici sanayi, otomobil ve kamyon servis garajları ve yağ depoları vardır. Ayrıca havanın sıcak olması nedeni ile pencereler açık tutulmuş sonucunda da ev tozlarında Cu, Mn ve Zn miktarlarının yüksek olmasına sebep olmuştur.

Buna ek olarak, ağır metaller ev eşyalarında, boya ve pigmentlerde kullanılmaktadır. Ev içine ayakkabı ile girilmesi ve dolaşılması ev tozlarındaki ağır metal konsantrasyonlarını önemli derecede etkilemektedir [68].

Serdang area, Selangor, Malezya:

Örnekleme 2009 yılının ocak ayında Maleya'nın Serdang bölgesinde ki okullarda yapılmıştır. Her örnekten 0,5 g toz alınmış ve üstüne HNO_3 ve HClO_3 (4:1) eklenip 140°C 'de 3 saat ısıtılmıştır. Çözünmüş olan ağır metaller AAS cihazı kullanarak analiz edilmiştir. Örnekleme yapılan okulların ana caddeye ve endüstri bölgelerine yakın olmaları Pb, Zn ve Cd miktarlarının yüksek ölçülmesine sebep olmuş olabilir [69].

Ottawa, Kanada:

Bu çalışma Ottawa'da yer alan evlerin iç ortamlarından kış aylarında toplanan tozlar üzerine yapılmıştır. Toplanan örneklerden 0,2 g alınmış ve üzerine 2 ml HNO_3 ve 5 ml H_2SO_4 eklenmiştir. 80°C 'de 2 saat ısıtılarak çözünürleştirme işlemi yapılmıştır. Cıva ölçmek için HAAS ve diğer elementleri analiz etmek için ICP-MS kullanılmıştır. Örnekleme yapılan evlerin eski olması, elde edilen sonuçlarda Pb miktarının yüksek olmasına sebep olmuştur. Ayrıca nemli, kötü havalandırılan evlerde yüksek konsantrasyonda metal biriktirme yeteneğine sahip olan parçacıklar (küf, mantar ve diğer organik madde) nedeniyle ağır metallerin konsantrasyonları daha yüksek ölçülmüştür [70].

Gize, Mısır:

Bu çalışma, Mısır Gize 'de 2009 yılının yaz aylarında yapılmıştır. Her örnekten 0,2 g toz alınıp, üstüne HNO_3 ve HCl (3:1) ilave ederek çözünürleştirme işlemi yapılmıştır ve AAS cihazı ile ağır metal analizi gerçekleştirilmiştir. Bulunan sonuçlarda Pb miktarının yüksek olmasına, örnekleme yapılan binaların eski olması ve kurşunlu boya kullanılmasının sebep olduğu belirtilmektedir. Evlerde Cr-Ni kaplamaları kullanılması, ev içinde sigara içme alışkanlığı, evlerin kapılarının büyük olması ve her zaman açık tutulması ev içi tozlarında, ağır metallerin konsantrasyonlarının yüksek olmasına sebep olmuştur [71].

Katmandu, Nepal:

Katmandu, Nepal'in başkenti, ülkenin en kalabalık kentsel bölgesinin yedi farklı bölgesinden alınan ev tozlarının içindeki ağır metaller, AAS cihazı ile ölçülmüştür. Örnekleme 2013 yılı Ekim, Kasım ve Aralık aylarında yapılmıştır. Her örnekten 1,0 g toz alınmış ve 16 ml (9 ml %70 HNO_3 , 1 ml %60 HClO_4 ve 6 ml %48HF) asitte 140°C 'de ısıtılarak çözünür eştirilmiştir. Bu çalışmada analizlerin sonuçlarına göre kadmiyum miktarının yüksek çıkmasının nedeni; kötü yol yüzeyleri, ağır araçlar, üç tekerlekli taşıtlar, traktör ve su pompalarının mazot kullanımı ve lastik yanması olarak belirlenmiştir [72].

Bahreyn:

Bu çalışma, 1991 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında Bahreyn şehir merkezinde yapılmıştır. Örneklerden 1,0 g toz alınarak 100 ml, %1'lik HNO_3 içerisinde çözünmüştür. Bahreyn'de ev tozlarında gözlenen birçok eser elementin, önemli kirlenici kaynağı otomobiller olarak tespit edilmiştir. . Kurşunlu benzinden gelen Pb ve lastik aşınmasından gelen Zn ve Cd toz örneklerinde bu elementlerin derişimlerinin yüksek olmasının sebebi olarak belirlenmiştir. Buna ek olarak plastik malzeme ve renkli halıların kullanımının yaygın olması Pb ve Cd'un yüksek ölçülmesinin nedeni olarak gösterilmiştir [73].

Lagos Metropolü, Nijerya:

Çalışmanın amacı; Nijerya Lagos'ta bulunan bazı kamu ilköğretim okullarının dersliklerinden alınan 40 adet toz örneğindeki ağır metal düzeylerinin (Pb, Cr, Cd ve

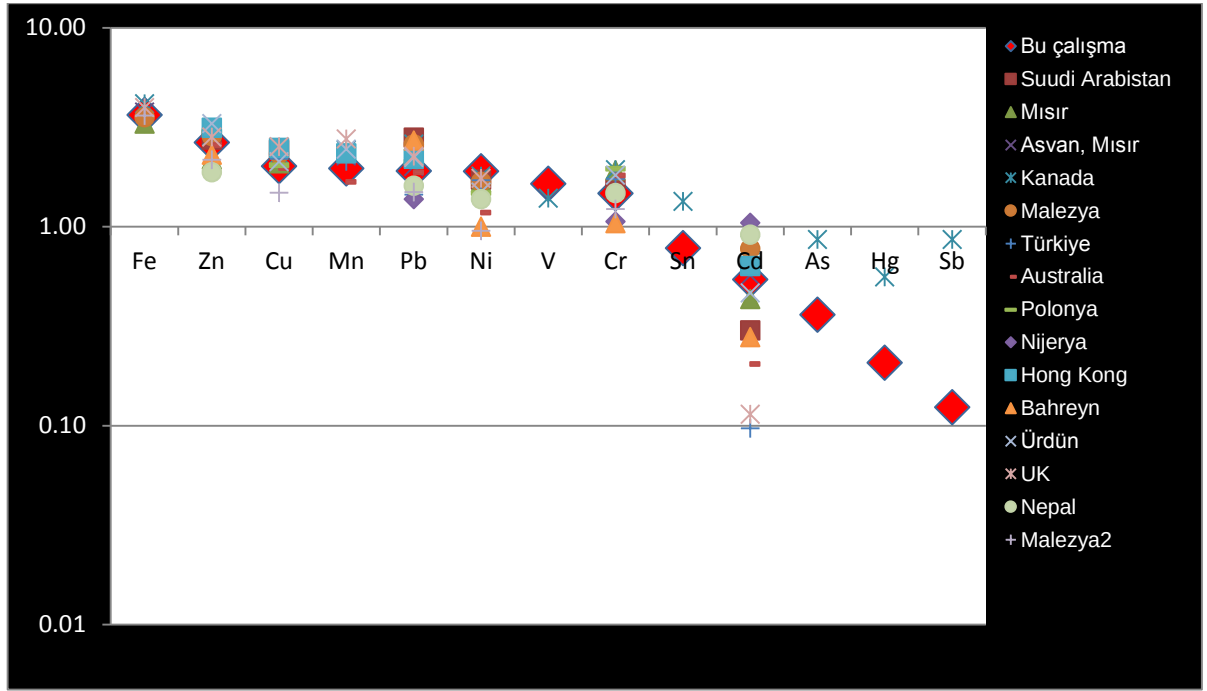
Mn) belirlenmesidir. Toplanan örneklerin her birinden 1,0 g toz alınmıştır ve 20 ml HNO₃ eklenerek mikrodalga fırında çözdürülmüştür. Bu çalışmada düşük Pb konsantrasyonlarının gözlenmesi, Pb kirliliğinin önemli bir girdisi olan kurşunlu benzinin Nijerya'da yasaklanması ve Lagos şehri sanayisinin çoğunun ekonomik nedenlerle kapatılması olarak gösterilmektedir [74].

Selangor, Malezya:

2010 yılının Mart ve Nisan ayında Malezya, Selangor, Shah Alam bölgesi ve çevresinde, kreşlerdeki toz örneklerinde, ağır metal kirlenmesini belirlemeyi amaçlayan bir çalışma yapılmıştır. Toplanan toz numuneleri çözünür eştirme işlemi (0.5 g tozun üzerine 3 ml HCl-HNO₃-H₂O konulmuş ve 1 saat 95°C'de ısıtılmıştır) uygulandıktan sonra optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ile analiz edilmiştir. Tüm kreşlerin toz örneklerinde; yüksek trafik yoğunluğu ve anayola yakın olmaları nedeniyle otomobil emisyonlarından kaynaklanan Pb miktarının yüksek olması beklenmektedir. Zn, Cu, Cr, Ni ve Ba gibi diğer metaller de otomobil emisyonları ile ilgilidir. Gözlenen Zn miktarı yıpranmış lastiklerin aşınması, otomobil yağları ve eski araçların motorlarından kaynaklanmaktadır. Tozlarda bulunan Cu, Cr ve Ni kaynaklarının sırasıyla otomobil parçaları, lastik aşınması, otomobil yağları, motor aşınması ve fren tozundan olduğu düşünülmektedir [75].

Çizelge 4-5 İçortam ortam toz örneklerinde gözlenen ortalama ağır metal sonuçları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Çalışmanın yapıldığı yer	Kullanılan cihaz	Cd	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	Pb	Sb	Sn	V	Zn	As	Kaynak
Ankara, Türkiye	AAS	3.5	29.6	104.5	4408.5	0.62	91.8	79.3	80.7	0.15	6.03	43.9	449.9	2.3	Bu Çalışma
Varşova, Polonya	EDXRF	--	90	109	--	--	--	30	124	--	--	--	1070	--	[64]
Amman, Ürdün	ICP-AES	2.92	66	133	--	--	284	31	169	--	--	--	1985	--	[65]
Riyad, Suudi Arabistan	AAS	2.0	35.1	271.1	--	--	--	52.9	639.1	--	--	--	547.1	--	[66]
Asvan, Mısır	AAS	3.72	--	--	5961	--	188	--	102	--	--	--	--	--	[67]
Kwung Tong, Hong Kong	AAS	4.3	--	310.8	--	--	216.2	--	157.4	--	--	--	1408.8	--	[68]
Selangor, Malezya	AAS	5.94	--	212.9	3624.1	--	--	47.92	390.1	--	--	--	709.7	--	[69]
Ottava, Kanada	ICP	6.46	86.7	206	14135	3.63	269.3	62.9	405.5	7.28	22	24.8	716.9	7.3	[70]
Gize, Mısır	AAS	2.71	83.17	122	2003.9	--	--	46.66	254.4	--	--	--	152.3	--	[71]
Katmandu, Nepal	AAS	8.2	29.9	--	--	--	--	23.9	40.6	--	--	--	76.2	--	[72]
Bahreyn	ICP	1.9	11	--	--	--	--	10	517	--	--	--	202	--	[73]
Lagos Metropolü, Nijerya	AAS	0.09	10.53	--	--	--	--	--	23.89	--	--	--	--	--	[74]
Selangor, Malezya	ICP-OES	--	16.88	30.19	4225.33	--	--	9.00	31.24	--	--	--	148.71	--	[75]
UK	ICP-MS	1.3	--	339	9450	--	578	56.5	181	--	28.4	--	666	--	[76]
İstanbul, Türkiye	ICP-MS	0.8	55	156	--	--	136	52	28	--	--	--	832	--	[77]
Sidney, Avustralya	ICP-AES	1.6	65	93	--	--	48	15	76	--	--	--	372	--	[78]



Şekil 4-4 Kapalı ortama toz örneklerinde gözlenen ortalama ağır metal içeriklerinin kıyaslanması ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Çizelge 4-5 ve Şekil 4-4' de görülebileceği gibi, bu çalışmada elde edilen sonuçlar, literatür ' de yer alan çalışmalara benzer olduğu ve Kanada gibi bazı ülkelerde ağır metallerin derişimi bu çalışmanın sonuçlarına karşın daha yüksek gözlenirken Bahreyn gibi ülkelerde daha düşük gözlenmektedir.

Varşav, Polonya kentinde trafiğin yoğun olması ve etrafında kömür kullanan santrallerin bulunması, Örnekleme yapılan evlerde sigara içilmesi ve evlerin pençelerinin açık tutulması Pb, Cr, Cu ve Zn metallerinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur [64].

Amman,Ürdün'da yapılan çalışmada Pb, Ni ve Zn miktarının yüksek olmasının nedeni örnekleme yapılan evlerin ısıtma türü (dizel) ve evlerin boydan boya halıyla kaplanması tahmin edilmektedir [65].

Suudi Arabistantan'da yapılan çalışmada Pb, Zn ve Cu miktarının bu çalışmada gözlenenden daha yüksek belirlenmesinin nedeni Riyad şehrinde örnekleme yapılan evlerin etrafındaki otomobil servis garajları ve evlerin ana caddeye yakın olması sonucu olduğu tahmin edilmiştir [66].

Hong Kong'da örnekleme yapılan dönemde (2000 yılı) kurşunlu benzinin yasaklanmaması ve belirlenen evlerin ana caddeye yakın olmaları ağır metallerin

konsantrasyonlarını önemli derecede arttırmaktadır. Evlerin etrafında ağır ve kirletici sanayinin(gemi inşa ve tamiri, otomobil ve kamyon servis garajları) bulunması, en içi eşyalarında ağır metallerin kullanılması ve evde ayakkabı ile dolaşılması Cd, Cu, Mn, Pb ve Zn metallerinin daha yüksek gözlenmesine sebep olmuştur [68].

Selangor’ da örnekleme yapılan evlerin ana caddeye yakın olmaları ve etrafta endüstri bölgelerinin olması toz örneklerinde Pb, Zn ve Cd miktarlarının yüksek olmasına sebep olmuştur. Tozlarda bulunan Ni kaynaklarının sırasıyla otomobil parçaları, lastik aşınması, otomobil yağları, motor aşınması ve fren tozundan olduğu düşünülmektedir. Ni metalinin daha düşük belirlenmesinin nedeni trafiğin Ankara’dan daha az olması tahmin edilmiştir. [69].

Kanada’da yapılan çalışmada evlerin eski olması, havanın nemli olması ve evlerin havalandırılmasının kötü olması nedeniyle Pb, Hg, Cd, Cr vb gibi metallerin derişimleri daha yüksek ölçülmüştür [70].

Mısır’da alınan sonuçlarda Pb miktarının daha yüksek gözlenmesine Gize deki binaların daha eski olması ve evlerin duvar boyalarında kurşunlu boya kullanılması sebep olmuştur. Evlerde Cr miktarının yüksek olmasının nedeni Cr kapmalarının kullanılmasıdır. Zn metalinin bu çalışmadan daha düşük gözlenmesinin nedeni evlerin yakınında ana cadde bulunmamasıdır [71].

Nepal’da yapılan örneklemelelerde Cd miktarının yüksek gözlenmesine kötü yol yüzeyleri ve üç tekerlekli araçların mazot kullanımı sebep olmuştur. Bahse edilen çalışmada Ni, Pb ve Zn miktarı bu çalışmadan daha düşük olarak belirlenmiştir [72]. Araba sayısının Anakaraya göre daha az olması lastik aşınmasından gelen ağır metallerin(Cd ve Zn) daha düşük olmasının nedeni olarak düşünülmüştür.

Bahreyn’de kurşunlu benzin kullanılması ve evlerde plastik malzemelin ve renkli halıların kullanılması Pb miktarının daha yüksek çıkmasına neden olmuştur [73].

Nijerya’da yapılan çalışmada Pb, Cd ve Cr metallerinin düşük olmasının nedeni trafiğin yoğun olmaması, evlerde sigara içilmemesi ve evlerin duvar boyalarının türü badana olduğu tahmin edilmektedir [74].

İstanbul ’da yapılan çalışmada Cd, Ni ve Pb daha düşük gözlemlenirken Cr, Cu, Mn ve Zn daha yüksek gözlenmiştir. Buna da evlerin etrafındaki sanayi bölgelerinin

olması sebep olmaktadır. Avustralya’da evlerde sigara içilmemesi ve ana caddeye yakın olmaması nedeniyle Cd, Mn, Ni, Zn ve Pb metallerinin derişimleri daha düşük belirlenmiştir [77].

4.5. Korelasyon analizi

Bu analizde ölçülen elementlerin birbirleriyle olan korelasyonları, kaynaklar hakkında bir ön bilgi vermektedir. Korelasyon sabitleri 1’e ne kadar yakınsa o iki parametre ya aynı kaynaktan atılmaktadır ya da aynı kimyasal formda bulunmaktadırlar.

Korelasyon sabitlerindeki işaret parametreler arasındaki ilişkiyi gösterir. Eğer korelasyon katsayısı (+) ise bir parametre değeri artarken diğer parametrede de artış gözlenmektedir. Eğer bu değeri (-) ise bir değeri artış gösterirken diğer azalma göstermiş demektir. Toz örneklerinde ölçülen elementlere Statgraphics paket programı kullanarak korelasyon analizi yapılmıştır. Yüzde 95 ve 99 güven aralığında anlamlı korelasyonlar bulunmuştur ($p<0.05$ ve $p<0.01$). Ölçülen elementler arasındaki korelasyonlar Çizelge 4-6 ’ da gösterilmiştir.

Toprak elementleri kendi aralarında yüksek korelasyon değerlerine sahiptir. Sigara dumanından kaynaklanan As ve Ca, Zn ve Ni, Cd ve As arasında kuvvetli korelasyon gözlenmiştir. Kalsiyum ’un toprak metalleri ile yüksek korelasyon göstermemesi buna ek olarak antropojenik elementlerle (Zn, Ni, Cu, Hg, As) göstermiş olduğu yüksek korelasyon, Ca’un muhtemel kaynağının kirli toprak olduğunu göstermektedir. Pb, As ve Cu arasındaki olan korelasyon bu elementlerin motorlu araçlardan kaynaklandığını göstermektedir. Trafik kaynaklı olan elementler (Hg, V, Ni, As, Cd) arasında yüksek korelasyon gözlenmiştir [79]. Kurşun ’un As ve Zn ile gösterdiği korelasyon bu elementlerin evin boya türünden kaynaklandığını göstermektedir [80,81].

Kömür kaynaklı olan Hg, Cd ve V ile yüksek korelasyon gösterirken, yine kömür kaynaklı olan As ve V , V ve Cr arasında korelasyon gösterilmiştir [82].

Çizelge 4-6 Ölçünen metallerin arasındaki korelasyon çizelgesi

	zn	Ni	Pb	Cu	Mn	Hg	Mg	Cd	Fe	As	Sb	Sn	V	Cr	Ca
zn															
Ni	0.55*														
Pb	0.60**	0.75**													
Cu	0.53**	0.09	0.24**												
Mn	0.36*	0.87**	0.64	-0.00											
Hg	0.27	0.86**	0.70	0.03	0.77**										
Mg	0.51**	0.23	0.40*	0.30**	0.33	0.25									
Cd	0.23	0.46	0.09	0.24	0.18	-0.22	0.38								
Fe	0.43**	0.86**	0.63**	0.12	0.83**	0.74**	0.28	0.29							
As	0.02	0.08	0.49**	0.18	-0.08	0.01	0.38**	0.79**	-0.01						
Sb	-0.31	-0.13	-0.20	-0.08	-0.22	0.04	-0.34	-0.30	-0.31	0.29					
Sn	-0.07	-0.02	0.00	0.13	0.06	0.08	-0.08	-0.06	-0.00	-0.03	-0.07				
V	0.30	0.08	0.16	0.22	0.02	0.13	0.21	-0.31	0.14	0.09	-0.16	-0.02			
Cr	0.11	0.06	0.17	0.30	0.14	0.03**	0.34	0.14	-0.11	0.03	-0.09	0.19	-0.09		
Ca	0.44*	0.65**	-0.05**	0.58*	0.03	0.48**	0.11	0.03	0.07	0.54*	-0.09	0.37*	0.18	-0.03	1

P<0.05*, p<0.01**

4.6. Zenginleştirme faktörleri

Ölçülen tozlarda kaynakların katkıları hakkında yorum yapmadan önce elementlerin toprak kökenli bölümlerinin ne kadar olduğunu belirlemek yararlı olacaktır. Bu amaçla kaynak araştırmalarında kullanılan zenginleştirme faktörleri (Enrichment Factor) tozlardaki doğal ve antropojenik bileşenler hakkında kalitatif bilgi sağlamaktadır.

Zenginleştirme faktörlerinin hesaplanması çevresel numunelerde (havadaki partiküller, toprak, sediment, cadde ve / veya yol tozlar vb.) tespit edilmiş iz metaller üzerinde kirlilik kaynaklarının görelî önemini değerlendirmek için popüler bir tekniktir [83]. Bu yöntem, bir referansa karşı test edilen bir elemanın standardizasyonuna dayanır. En yaygın referans elemanları manganez, titanyum, alüminyum, kalsiyum ve demirdir. Bu çalışmada, demir referans elemanı olarak kullanılmıştır. Zenginleştirme faktörü Buat Menard ve Chessele tarafından tanımlanan denklemi kullanarak hesaplanmıştır.

$$EF = \frac{(C_x/C_{Fe})_{\text{Toz}}}{(C_x/C_{Fe})_{\text{Toprak}}}$$

Bu denklemde C_x ' ler örnekte ve topraktaki araştırılan elementin konsantrasyonları iken, C_{Fe} , örnekteki ve topraktaki demir elementinin konsantrasyonudur.

Zenginleştirme faktörü (EF) üç gruba ayrılmıştır:

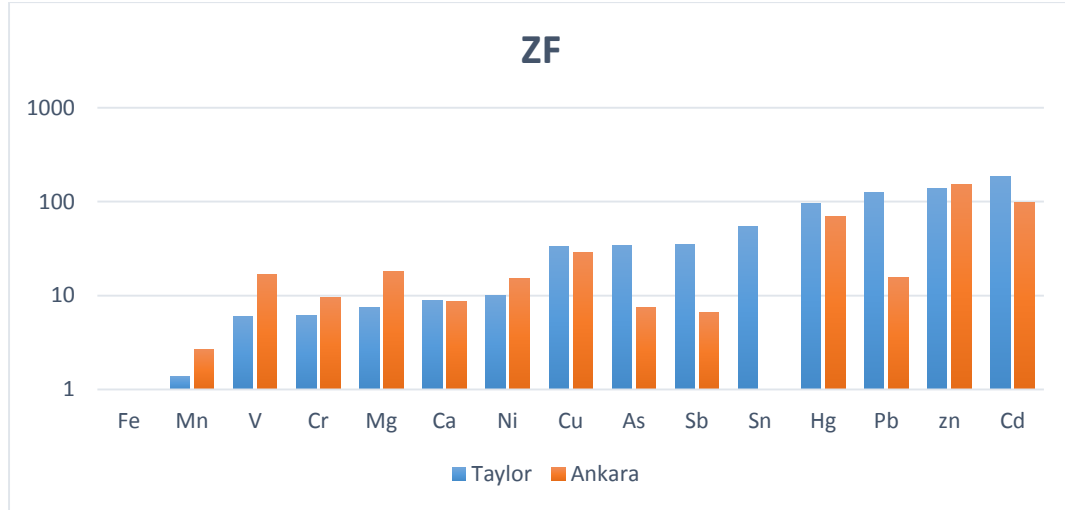
- (EF < 10) Az zenginleştirme
- (10 < EF < 100) Orta zenginleştirme
- (EF > 100) Yüksek zenginleştirme

Zenginleşme faktörü 10 ' dan küçük elementler toprak kökenli; zenginleşme faktörü 10'dan büyük olan elementleri ise antropojenik kaynaklıdır.

Bu çalışmada zenginleştirme faktörünü hesaplamak için Taylor tarafından verilen yer kabuğunda bulunan elementlerin ortalama konsantrasyon değerleri ve Ankara toprağında metallerin ortalama konsantrasyon değerleri kullanılmıştır [84]. Örnekleme süresince elde edilen konsantrasyon değerleri kullanılarak hesaplanan zenginleşme faktör analizi sonuçları Çizelge 4-7' de ve Şekil 4-5 'de belirlenmiştir.

Çizelge 4-7 Taylor toprak kompozisyonu ve Ankara toprağına göre hesaplanan zenginleştirme faktörleri

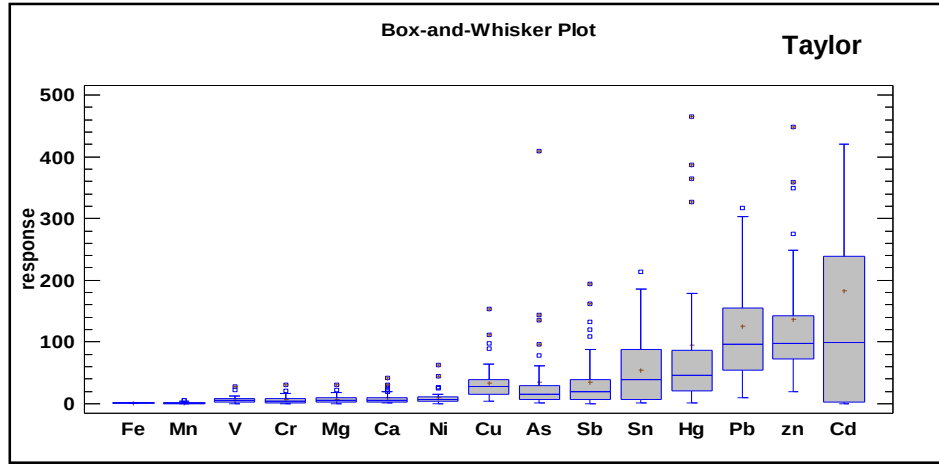
	Ev tozlarının toplam metal içeriğı ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Yer kabuğunda elementlerin konsantrasyonları (ppm)	Ankara toprağı ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Taylor	Zenginleştirme Faktörü
Fe	4408,57	56300	87900	1.00	1
Mn	82,22	950	770	1.39	2.69
V	41,11	135	74	5.93	6.50
Cr	25,24	100	100	6.15	7.38
Mg	8900,34	23300	15000	7.47	8.67
Ca	17928,61	41500	66900	8.95	9.60
Ni	73,11	75	78	10.06	15.10
Cu	84,75	55	100	33.19	15.44
As	2,38	1,8	13	34.12	16.90
Sb	0,27	0,2	1,7	35.38	18.12
Sn	4.90	----	2	53.81	---
Hg	0,55	0,08	0,17	94.61	28.50
Pb	80,79	12,5	158	125.01	69.51
zn	449,98	70	98	137.33	98.80
Cd	2,33	0,2	0,58	183.52	153.15



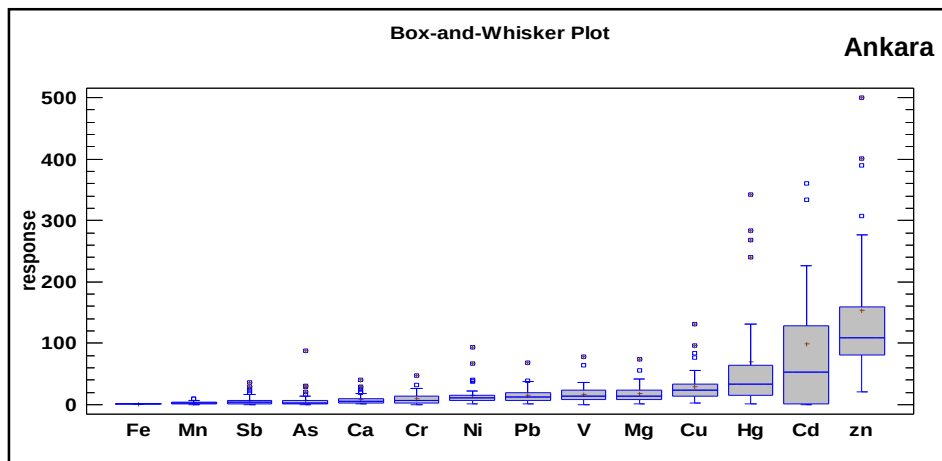
Şekil 4-5 Taylor verileri ve Ankara toprağına göre hesaplanan zenginleştirme faktörlerinin ortalaması

Şekil 4-5' de de görüldüğü gibi Mn, Mg, Cr, V, Ca ve Ni toprak kökenli olarak belirlenmiştir ve Sb, As, Cu, Sn, Pb, Hg ve Zn antropojenik kaynaklı olarak nitelendirilebilirler ve Cd en yüksek zenginleştirme faktörüne sahiptir. Bu elementlerden Sb, As, Pb, Cd ve Hg'nin ev ısıtmasında kullanılan kömür yanması ve/veya dışardan içeriye taşınan trafik kaynaklı emisyonlara bağlı olduğu düşünülmektedir.

Cu, Sn ve Zn elementleri evlerde dezenfektan kullanımından kaynaklanabilirler [87,88]. As, Hg, Cd ve Pb kömür yakılması kaynaklı olduğu düşünülmektedir [91]. Zn, Cu, Cd, Pb ve As'in sigara dumanında mevcut olduğu bilinmektedir [89,90]. Şekil 4-6 a ve Şekil 4-6 b'de her elemente ağıt farklı evler de hesaplanan zenginleştirme faktörleri görünmektedir.



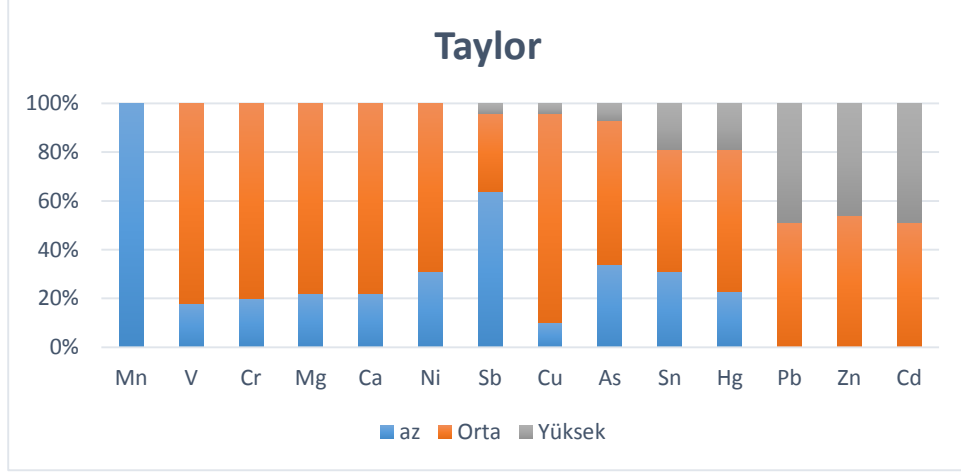
(a)



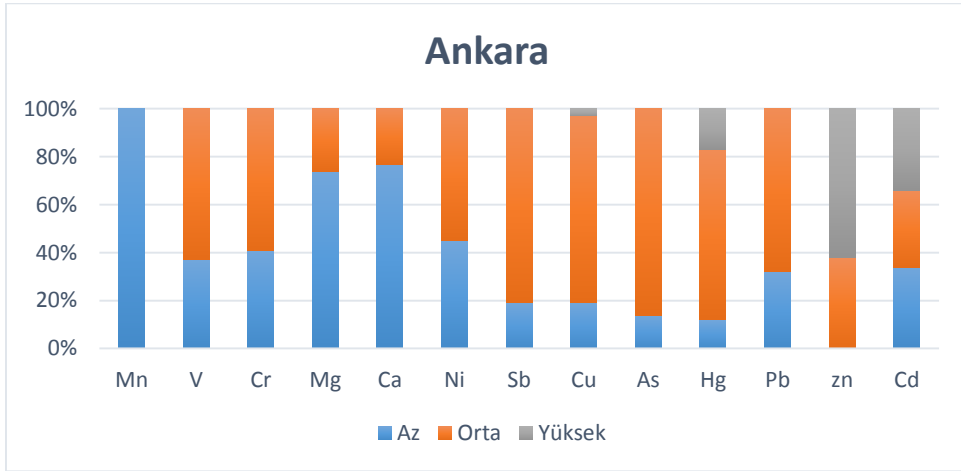
(b)

Şekil 4-6 Taylor verileri ve Ankara toprağına göre hesaplanan zenginleştirme faktörlerinin ortalamasının Box-Whisker çizimleri

Şekil 4-7a ve Şekil 4-7b’de ölçülen her elementin zenginleştirme faktörlerinin yüzdeleri verilmektedir. Şekil 4-7’den de görüldüğü gibi Ankara toprağına göre hesaplanan ev tozlarının Sb, As, Pb ve Cd zenginleşme faktörleri Taylor kompozisyonuna göre daha düşüktür. Bunun başlıca nedeni, Ankara toprağıının Sb, As, Pb ve Cd açısından genel toprak kompozisyonuna göre daha kirli olmasıdır.



(a)



(b)

Şekil 4-7 Gözlenen metallerin zenginleştirme faktörlerinin yüzdeleri

Ölçüm yapılan evlerin tümünde Mn zenginleşme faktörleri toprağına göre zenginleşme gösterirken, Cu ve Hg için, evlerin yaklaşık %80’inde bu elementlerin toprak dışında başka kaynakları olduğu görülmektedir. Evlerin %100’de Zn’nin ve %70’inde Pb metalinin antropojenik kaynaklı olduğu ortaya konulmaktadır. Toprak elementlerin (Mg ve Ca) dışındaki diğer elementler (V, Cr, Sb, As ve Cd) %50’den fazla evde toprak dışındaki bir kaynaktan geldikleri görülmektedir.

4.7. Ağır Metal Konsantrasyonlarına İç Ortamdaki Faktörlerin Etkisi

Ev içinde ölçülen ağır metallerin konsantrasyonları ölçülen ortamdaki ağır metallerin kaynaklarının varlığına göre değişim gösterebilmektedir. Bu çalışmada ağır metallerin konsantrasyonları ile iç ortamdaki faktörler arasındaki ilişki ANOVA analizi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ağır metallerin konsantrasyonlarına etki eden faktörler; ana caddenin yakınlığı, evin katı, evin duvarlarının boya türü, ev içinde sigara içilmesi, dezenfektan kullanım sıklığı, zemin kaplama türü ve ısıtma türü olarak tespit edilmiştir.

4.7.1. Örnekleme yapılan evlerin ana caddeye yakınlığının ağır metallerin miktarına etkisi

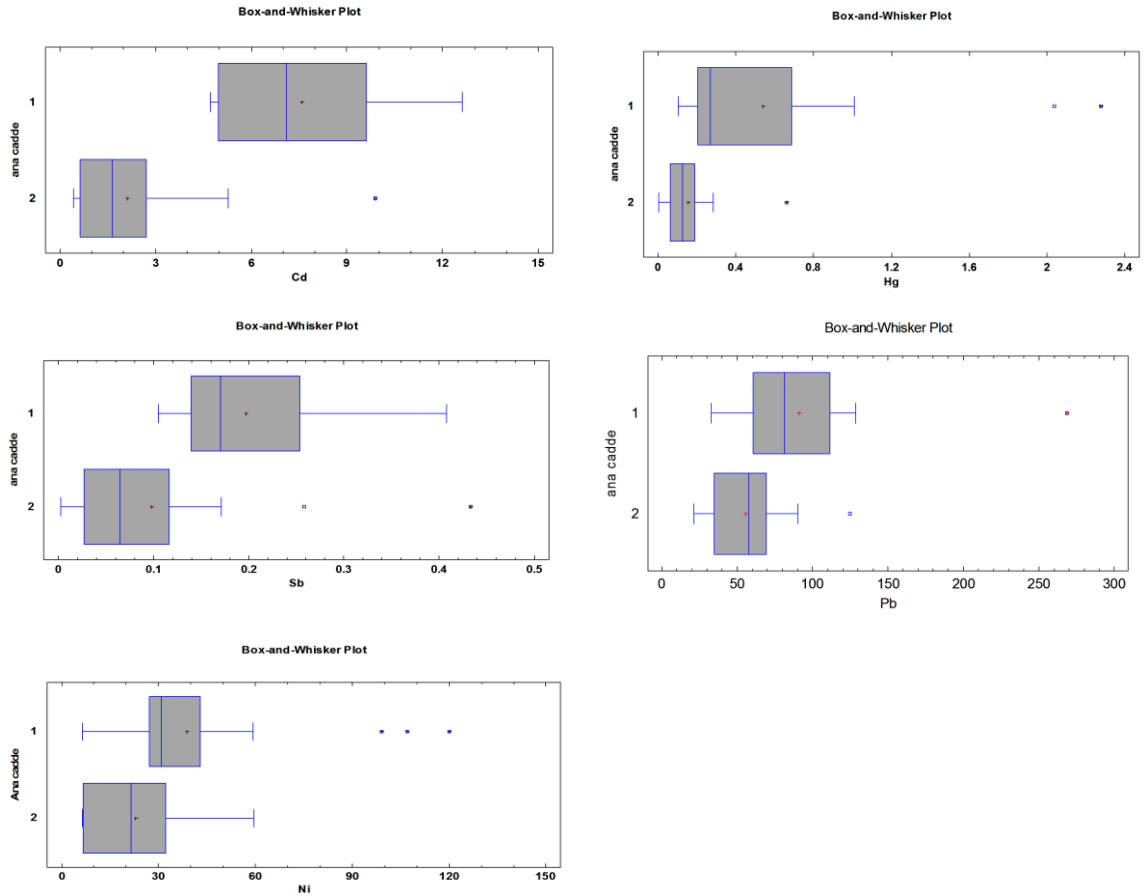
Ulaşım araçları günlük yaşantımızın bir parçasıdır. Her gün değişik şekilde yararlandığımız bu motorlu karayolu taşıtları havaya verdikleri kirletici gaz ve taneciklerle çevremizi ve soluduğumuz havayı kirletmektedir. Cadde tozlarının bileşimi şehirlerdeki çevre kirlenmesinin bir göstergesidir ve yapılarında yer alan ağır metaller bu tozların önemini artırmaktadır. Araç egzozlarından çıkan partiküller, havada bulunan maddelerin çökmesi, çıplak toprak yüzeylerden kaynaklanan tozlar, inşaat ve hafriyat çalışmaları sonucu oluşan tozlar ve yağmur suları ile taşınan toprak cadde tozlarının kaynağını oluşturmaktadır. Cadde tozları ile yapılan bir çok çalışma elementel konsantrasyon ve kaynak tanımlama üzerine yoğunlaşmaktadır [92,93,94,95]. Cadde tozlarındaki ağır metallerin kaynakları çeşitlilik göstermektedir. Araç emisyonları bu kaynakların başında gelir [96, 97]. Ağır metaller, atmosferik çökeltme ile toprak üzerinde birikirler ve toprakta bozulmadan uzun süre kalabilirler [98]. Toprak üzerinde ve yol kenarında biriken ağır metaller atmosferik çökelti sonucu oluşan ağır metal kirliliğinin önemli bir göstergesidir. Yoğun trafik yükünün olduğu yolların yakınında ki toprakta Pb, Zn, Cd, Cr,Cu ve Ni kirliliğe neden olduğu belirtilmiştir [99, 100]. Araçlardan kaynaklanan kurşunun büyük partikül boyutuna sahip olanlarının (>5 µm olanlar) otoyola yakın yerlerde (>%90 1,5 m) biriktiği tespit edilmiştir [102].

Çizelge 4-8'de görüldüğü gibi yapılan tek yönlü ANOVA testleri 'ne göre, ana caddeye yakın olan evlerde ölçülen Cd, Hg, Sb, Pb ve Ni konsantrasyon değerlerinin, ana cadde üzerinde bulunmayan veya trafik yoğunluğu olmayan evlerde gözlenen değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark

gözlemlenmiştir. Bu teste normal dağılım göstermeyen veriler için daha uygun olan Mood's Median testi uygulanmıştır. Değişimlerin grafiksel gösterimi Şekil 4-8'de verilmiştir.

Çizelge 4-8 Ağır Metal Ölçüm Sonuçlarının Evlerin Ana Caddeye Mesafesine Göre Ortalama Konsantrasyon Değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Metal	Ana cadde	Ortalama	P değeri
Cd	Yakın	7.585	0.0000
	Uzak	2.113	
Hg	Yakın	0.540	0.0126
	Uzak	0.154	
Sb	Yakın	0.197	0.0133
	Uzak	0.098	
Pb	Yakın	90.899	0.0048
	Uzak	55.402	
Ni	Yakın	38.799	0.0408
	Uzak	22.837	



Şekil 4-8 Ağır metal ölçüm sonuçlarının evin ana caddeye yakınlığına göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$) (1: Ana caddeye yakın evler, 2: Ana caddeye uzak evler)

4.7.2. Örneklemeye yapılan evlerin duvar boya türlerinin ağır metallerin miktarına etkisi

ANOVA testinden elde edilen sonuçlara göre evlerin duvar boya türlerinin ev içi tozlarında ölçülen As, Cd, Hg ve Zn konsantrasyonlarını etkilemektedir.

Su bazlı boya katkı maddesi olarak kullanılmış olan Fenil merkürük asetat (PMA) ve benzeri civa bileşikleri, yaygın olarak, bazı ülkelerde kullanılabilmektedir. Bu bileşikler bakteriyel fermentasyonunu kontrol edebilir ve nemli koşullarda boyalı yüzeylere mantar saldırılarını geciktirmek için kullanılır [102].

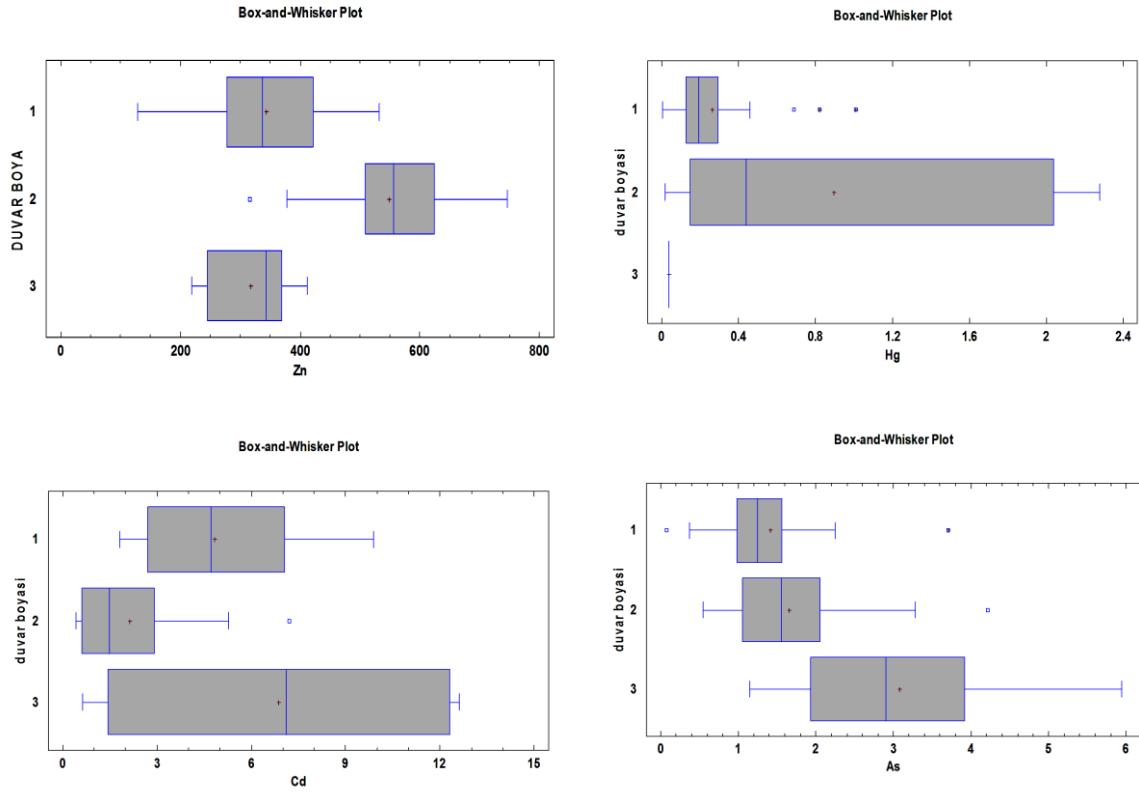
Avrupa’da boyalarda Hg kullanımının sınırlandırılması yönelik 1991 yılında yönetmenlikler çıkmıştır. Türkiye’ de Hg, As ve Cd’nun kullanımı Ocak, 2015 yılında Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından yayımlanan “Bazı Tüketici Ürünlerinin Tehlikeli Kimyasal Madde İçeriğine Yönelik Piyasa Gözetimi ve Denetimine İlişkin Tebliğ” ile sınırlandırılmıştır ama bu gelişmelere rağmen piyasa denetimsizdir.[103]

Duvar boya rengi de kapalı ortam tozlarında ağır metallerin önemli bir kaynağı olabilir, örneğin, sarı boya Cd, Cu, Pb, Zn metalleri, mor renk Zn ve Pb metalleri ve yeşil renk Cu metali içermektedir. Arsenik yağlı boyalarda parlaklık vermek için kullanılmaktadır. [80,81]

Çizelge 4-9’den görülebileceği gibi As ve Cd düzeyleri, yağlı boya ile duvarları boyanan evlerde yaklaşık olarak 2 katı daha yüksek düzeyde gözlenmiştir. Plastik boya kullanılan evlerde gözlenen Hg ve Zn seviyesi, diğer türdeki boyalı evlere göre 2-3 kat daha yüksek olarak gözlenmiştir. Değişimlerin grafiksel gösterimi Şekil 4-9’da verilmiştir.

Çizelge 4-9 Ağır metal ölçüm sonuçlarının evlerin duvar boya türüne göre konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Metal	Duvar boya türü	Ortalama	P değeri
As	1. Badana	1.41524	0.0030
	2. Plastik boya	1.65257	
	3. Yağlı boya	3.07615	
Cd	1. Badana	4.83746	0.0098
	2. Plastik boya	2.1269	
	3. Yağlı boya	6.86733	
Hg	1. Badana	0.264356	0.0085
	2. Plastik boya	0.894233	
	3. Yağlı boya	0.0380359	
Zn	1. Badana	343.193	0.0035
	2. Plastik boya	549.016	
	3. Yağlı boya	317.906	



Şekil 4-9 Ağır metal ölçüm sonuçlarının evin duvar boya türüne göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$) (1: Badana, 2)Plastik boya ve 3) Yağlı boya)

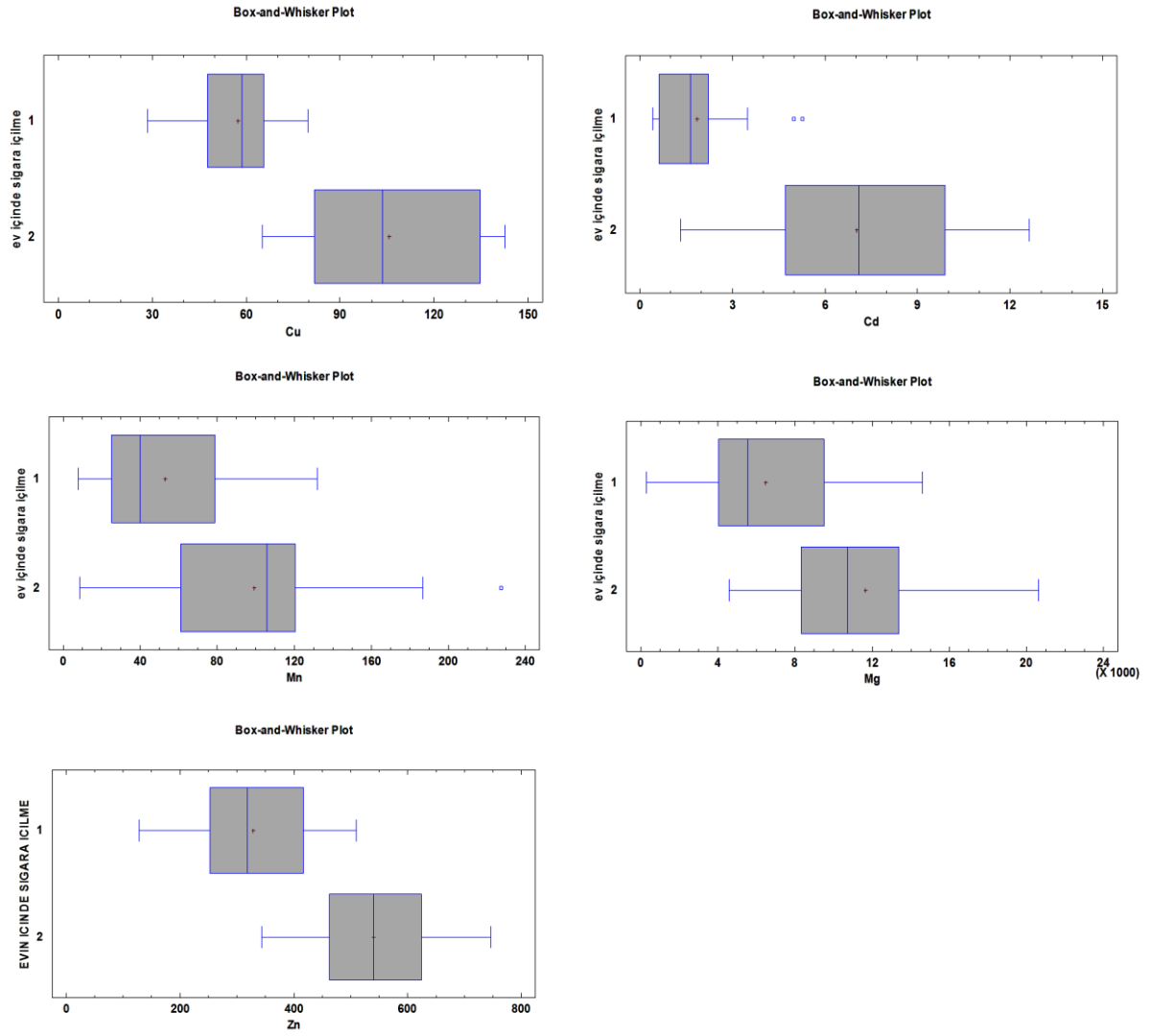
4.7.3. Ev içinde sigara içiminin ağır metaller konsantrasyonlarına katkısı

Sigara dumanı, zehirli genotoksik ve kanserojen özelliklere sahiptir. Sigara dumanı, insanlar için kanserojen olan organik ve inorganik bileşikler içermektedir [104]. Tütün dumanında bulunan Cd, Cr, Pb ve Ni gibi çeşitli ağır metaller sigara içimi ile birlikte insan dokusu ve sıvılarında birikir [89,90]. Yapılan ANOVA testi sonucuna göre, Cu, Cd, Mn, Mg ve Zn ağır metallerin konsantrasyonlarına önemli miktarda etki eden faktörlerden biride ev içinde sigara içilmesidir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ev içinde sigara içilen evlerde ölçülen Cu, Cd, Mn, Mg ve Zn metallerin derişimlerinin ortalaması sırasıyla (105.56 $\mu\text{g g}^{-1}$), (7.01 $\mu\text{g g}^{-1}$), (99.13 $\mu\text{g g}^{-1}$), (11665.3 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve (539.91 $\mu\text{g g}^{-1}$), ev içinde sigara içilmeyen evlerde (57.26 $\mu\text{g g}^{-1}$), (1.86 $\mu\text{g g}^{-1}$), (52.97 $\mu\text{g g}^{-1}$), (6467.2 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve (328.57 $\mu\text{g g}^{-1}$) olarak ortaya konulmuştur.

Çizelge 4-10'da görüldüğü gibi elde edilen sonuçlara göre sigara içilen evlerde Cu, Cd, Mn, Mg ve Zn miktarı içilmeyen evlere göre istatistiksel olarak daha yüksek görünmektedir. Değişimlerin grafiksel gösterimi Şekil 4-10'da verilmiştir.

Çizelge 4-10 Ev içinde sigara içilme durumuna göre gözlenen ağır metal ortalama konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$)

	Ev içinde sigara içilme durumu	Ortalama	P değeri
Cu	1. içilmiyor	57.2634	0.0153
	2. içiliyor	105.567	
Cd	1. içilmiyor	1.86237	0.0428
	2. içiliyor	7.01808	
Mn	1. içilmiyor	52.9769	0.0043
	2. içiliyor	99.133	
Mg	1. içilmiyor	6467.2	0.0001
	2. içiliyor	11665.3	
Zn	1. içilmiyor	328.571	0.0268
	2. içiliyor	539.918	



Şekil 4-10 Ağır metal ölçüm sonuçlarının ev içinde sigara içilme durumuna göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$) (1: sigara içilmeyen ev, 2: sigara içilen ev)

4.7.4. Dezenfektan Kullanım Sıklığının Ağır Metaller Konsantrasyonlarına Katkısı

Mikrop öldürücü kimyasal maddelerin cansız ortamda kullanılanlarına dezenfektan, canlı üzerinde kullanılanlarına ise antiseptik denilmektedir. Dezenfektanlarda ağır metal iyonlarının (Ag, Au, Cu) varlığı, birlikte bulunduğu mikroorganizmaların üremelerini durdurucu veya öldürücü (bakteriyostatik veya bakterisid) etki yaparlar. Bu etkiye oligodinamik etki adı verilmektedir [85]. Cıva bileşikleri yaygın olarak antiseptik ve mantar öldürücü olarak kullanılmaktadır [86]

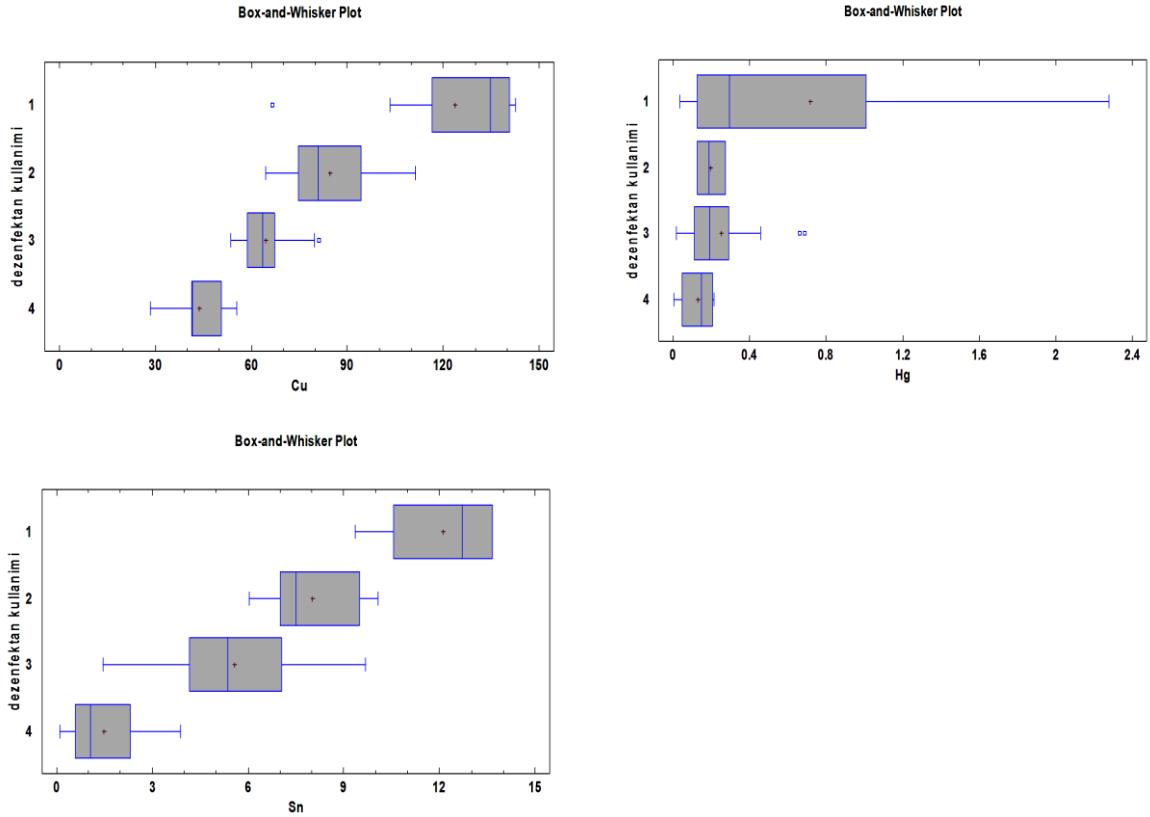
Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıları canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikler fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek öldürücü olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır [87].

Dünyada yıllardan beri kullanılan çok çeşitli antifouling sistemler vardır. Bunlardan en önemlisi kalay içeren Tributyltin (TBT) ve türevleri 'dir. Alternatiflerine göre yoğun olarak tercih edilmesinin nedeni çok etkili ve dayanıklı olmasıdır [88].

Çizelge 4-11'de görüldüğü gibi ANOVA testi sonuçlarına göre, örnekleme yapılan evlerde temizlik için kullanılan dezenfektan kullanım sıklığı, ağır metal konsantrasyonuna katkıda bulunan bir faktör olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre her gün veya haftada iki kez deterjan kullanılan evlerde ortalama Cu, Hg ve Sn metal konsantrasyonları sırasıyla (123.72 $\mu\text{g g}^{-1}$), (0.71 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve (12.11 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve daha az sıklıkla deterjan kullanılan evlerde (43.76 $\mu\text{g g}^{-1}$), (0.12 $\mu\text{g g}^{-1}$) ve (1.49 $\mu\text{g g}^{-1}$) gözlemlenmiştir. ANOVA testinin sonuçlarına göre daha çok sıklıkla deterjan kullanılan evlerde Cu, Hg ve Sn miktarı daha yüksek olduğu görülmektedir. Değişimlerin grafiksel gösterimi Şekil 4-11'de verilmiştir.

Çizelge 4-11 Dezenfektan kullanım sıklığına göre Cu, Hg ve Sn konsantrasyon değişimleri ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Metal	Dezenfektan kullanımı	Ortalama	P değeri
Cu	1. Her gün	123.71	0.0000
	2. Haftada iki kez	84.59	
	3. Haftada bir kez	64.57	
	4. Az sıklıkla	43.76	
Hg	1. Her gün	0.71	0.0467
	2. Haftada iki kez	0.19	
	3. Haftada bir kez	0.25	
	4. Az sıklıkla	0.12	
Sn	1. Her gün	12.11	0.0365
	2. Haftada iki kez	8.01	
	3. Haftada bir kez	5.56	
	4. Az sıklıkla	1.49	



Şekil 4-11 Ağır Metal Ölçüm Sonuçlarının Dezenfektan Kullanım Sıklığına Göre Dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$) (1: Hergün, 2: Haftada bir kaç Kez, 3: Haftada Bir Kez, 4: Az Sıklıkla)

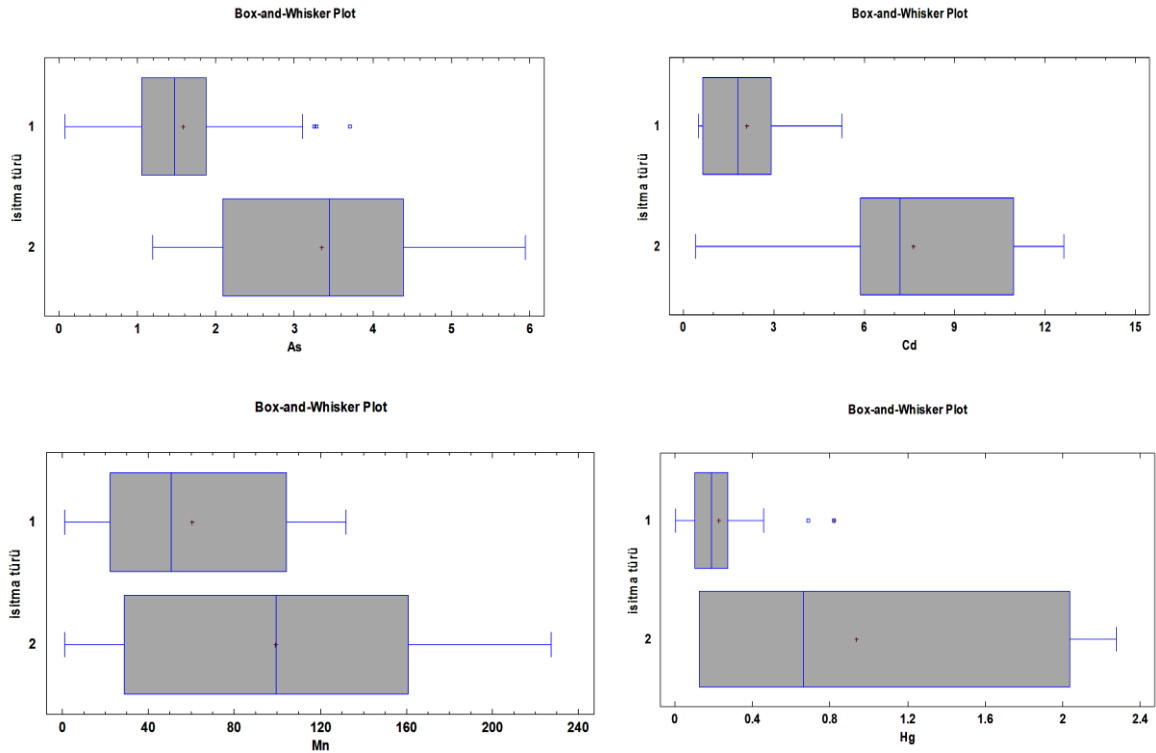
4.7.5. Isıtma Türünün Ağır Metal Konsantrasyonlarına Etkisi

İç mekanlarda hava kirliliğinin esas kaynağı yanma olayıdır. Yanma olayının gerçekleşmesi için gerekli olan parametrelerden biri de yakıtlardır. Kullanılacak yakıtların seçimi önem arz etmektedir. Evsel ısınmadan kaynaklanan kirliliğin temel kaynağının yerleşim alanlarında kullanılan düşük nitelikteki yakıt ve bunlar arasında da kükürt ve kül oranı yüksek, kalori değeri düşük kömürler olduğu bilinmektedir. Kömürün yanma sırasında ortaya çıkan ağır metallerin bazıları (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn) insanlar için kanserojendirler [91].

Çizelge 4-12’de verildiği gibi, bu çalışmada uygulanan ANOVA testine göre, evlerin ısıtma türleri, ev içi tozlarında ölçülen As, Cd, Hg ve Mn konsantrasyonlarını etkilemektedir. Sobalı evlerde gözlenen ortalama As, Cd, Hg ve Mn konsantrasyonları sırasıyla ($3.34 \mu\text{g g}^{-1}$), ($7.63 \mu\text{g g}^{-1}$), ($99.12 \mu\text{g g}^{-1}$) ve ($0.93 \mu\text{g g}^{-1}$) iken doğalgaz kullanılan evlerde ($1.58 \mu\text{g g}^{-1}$), ($2.09 \mu\text{g g}^{-1}$), ($60.27 \mu\text{g g}^{-1}$) ve ($0.22 \mu\text{g g}^{-1}$) tespit edilmiştir. Sonuçlarda da görüldüğü gibi ısıtma türü soba olan evlerde ağır metallerin konsantrasyonları daha yüksek görünmektedir. Değişimlerin grafiksel gösterimi Şekil 4-12’de verilmiştir.

Çizelge 4-12 Ağır metal ölçüm sonuçlarının ısıtma türüne göre konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$)

	Isıtma türü	Ortalama	P değeri
As	1. Doğalgaz	1.58295	0.0153
	2. Soba(kömür)	3.3424	
Cd	1. Doğalgaz	2.09783	0.0058
	2. Soba(kömür)	7.63008	
Mn	1. Doğalgaz	60.2773	0.0363
	2. Soba(kömür)	99.1222	
Hg	1. Doğalgaz	0.227006	0.0186
	2. Soba(kömür)	0.937327	



Şekil 4-12 Ağır metal ölçüm sonuçlarının ısıtma türüne göre dağılımı ($\mu\text{g g}^{-1}$) (1: doğal gaz kullanılan evler, 2: sobalı evler)

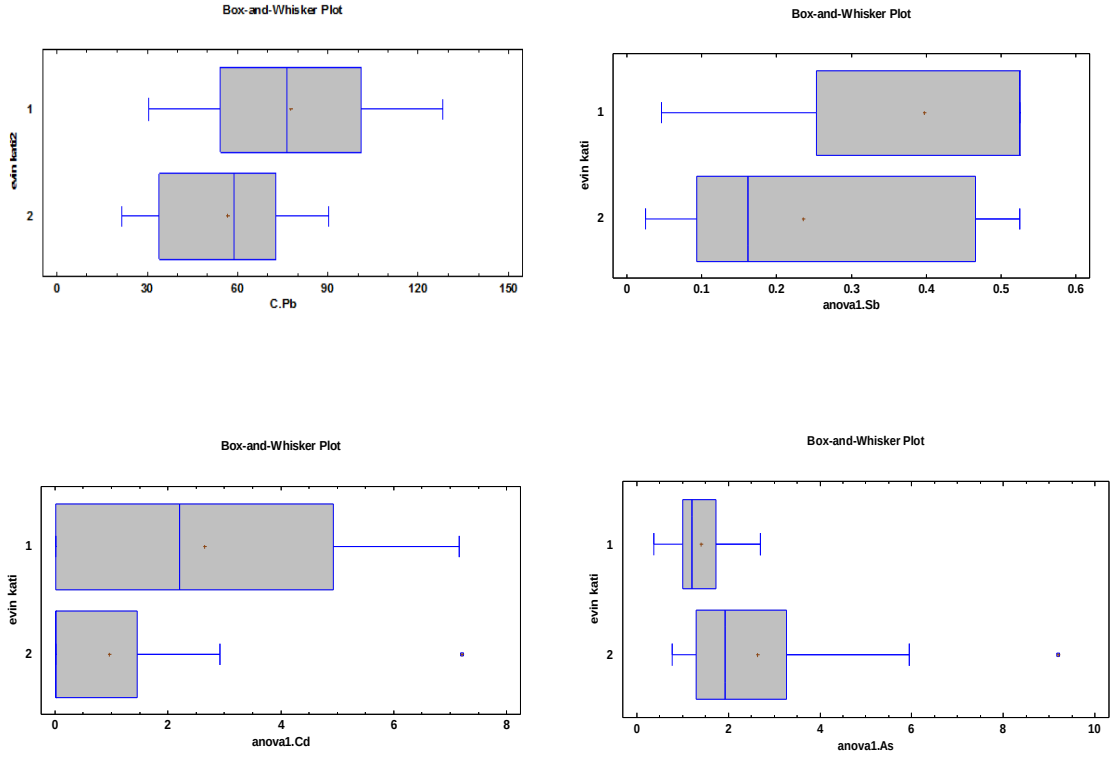
4.7.6. Örneklemeye yapılan evlerin bulunduğu katların ağır metaller konsantrasyonlarına katkısı

Konu ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda, ev tozlarında ağır metal konsantrasyonlarına etki eden faktörlerden biri de evin bulunduğu kat olarak belirlenmiştir. Evlerin bulunduğu katlar tozlardaki ağır metal derişimlerini etkilemektedir. Zemin, birinci ve ikinci katta yer alan evlerde trafik emisyonlarından kaynaklanan metallerin derişimlerinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir [67,105] .

Bu çalışmada farklı katlarda bulunan evler arasında ANOVA testi yapılmıştır. ANOVA testlerinin sonuçları zemin kat ve birinci katta olan evlerin tozlarında trafik kaynaklı olan ağır metallerin (Cd, Sb, Pb) derişimlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. İkinci kat ve daha yukarıda olan evlerde ise As miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 4-13 Ağır metal ölçüm sonuçlarının evin bulunduğu kata göre konsantrasyon değerleri ($\mu\text{g g}^{-1}$)

	Evin bulunduğu kat	Ortalama	P değeri
As	1. Zemin ve 1.kat	1.40614	0.0440
	2. > 2	2.63004	
Cd	1. Zemin ve 1.kat	2.64558	0.0257
	2. > 2	0.958275	
Sb	1. Zemin ve 1.kat	0.397507	0.0197
	2. > 2	0.236146	
Pb	1. Zemin ve 1.kat	77.6679	0.0278
	2. > 2	56.6396	



Şekil 4-13 Ev tozlarında gözlenen As, Cd, Sn, Pb konsantrasyonlarının evin bulunduğu kat'a göre değişimi ($\mu\text{g g}^{-1}$) (1: zemin ve 1. Kat, 2: 3. Kat ve üzeri)

Çizelge 4 14 Ev tozlarında evlerin özelliklerine göre ANOVA testine göre istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenen ağır metaller

	Ana cadde	Evin katı	Duvar boyası	Ev içinde sigara içilme	Dezenfektan kullanımı	Isıtma türü
As		*	*			*
Cu				*	*	
Cd	*	*	*	*		*
Mn				*		*
Mg				*		
Hg	*		*		*	*
Sn					*	
Sb	*	*				
Pb	*	*				
Zn			*	*		
V						
Ni	*					

Çizelge 4-14'de de özetlendiği gibi, ev tozlarında ağır metallerin konsantrasyonlarını ana caddeyeyakınlık, evin bulunduğu kat, evin duvar boya türü, ev içinde sigara içilmesi, temizlik yaparken kullanılan dezenfektan kullanım sıklığı ve kullanılan yakıt türü etkilemektedir.

Elde edilen sonuçlara göre:

- Ana caddeye 100 m'den yakın olan evler ve aşağı katlarda bulunan evler(gecekonular dahil olarak) trafik emisyonlarından kaynaklanan ağır metaller daha çok maruz kalmaktadırlar.
- Ev içinde sigara içilmesi ev tozlarında bulunan ağır metallerin en önemli kaynaklarından biri olarak tespit edilmiştir.

- Farklı renklerde olan su bazlı boyalar ve yağlı boyalar çeşitli ağır metaller içerdikleri için ev tozlarının ağır metal derişimini etkilemektedir.
- Temizlik için kullanılan dezenfektan ve özellikle halı şampuanlarından ve parke temizliğıci ve parlatici sıvılardan geldiğı düşünölen ağır metaller ev tozlarında birikmektedir.
- Isınma ve mutfak yakıtı olarak ödün ve kömür kullanmak ağır metallere daha çok maruz kalmaya neden olmaktadır.

4.8. Faktör analizi

Faktör analizi (FA), birbiriyle ilişkili çok sayıda değışkeni bir araya getirerek az sayıda kavramsal olarak anlamlı yeni değışkenler (faktörler, boyutlar) keşfetmeyi amaçlayan çok değışkenli bir istatistik olarak tanımlanabilir. Diğeri bir ifade ile FA, aralarında ilişki bulunan çok sayıda değışkenden oluşarı bir veri setine ait temel faktörlerin (ilişkinin yapısının) ortaya çıkarılarak araştırmacı tarafından veri setinde yer alan kavramlar arasındaki ilişkilerin daha kolay anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. FA' nin temel mantığı, birbiriyle ilişkili değışkenleri birleştirip, değışken sayısını azaltmak ve bu sayede değışkenleri sınıflandırmaktır.

Bu çalışmada elde edilen veri setinde Ankara'nın çeşitli noktalarında bulunan evlerinden toplanan toz örneklerinde ölçölen ağır metallerin derişimleri kullanılarak ev içindeki kaynaklar belirlenmeye çalışılmıştır. Statgraphics Centurion istatistik yazılımı kullanılarak FA gerçekleştirilmiştir. FA ağır metallerin kaynaklarının açıklanmasında sıklıkla kullanılan bir istatistiksel tekniktir.

FA' inde yer alan terimlerden faktör yükü; kirletici bileşenlerden her birinin emisyon kaynağıyla olan ilişkisini belirlemede kullanılan bir değıer, faktör skoru ise; emisyon kaynağının toplam derişime katkısını gösteren farklı bir değıerdir . Çizelge 4-15' de verilmiş olan değıerler her bir faktörün yükünü ifade etmektedir. Faktör yüklerinin 0,5 üstünde olması ilgili faktördeki bileşenin önemli bir katkısının olduğunu göstermektedir.

Elde edilen veri setine Varimax dönüşümlü Faktör Analizi uygulanarak, kaynaklar belirlenmiştir. Veri bütönlüğü sağlamak için seçölen parametrelerde eksik olan veriler için tayin limiti değıerleri kullanılmıştır.

Faktör analiz sonucunda eigen değeri 1'den büyük 5 faktör elde edilmiştir. Seçilen 5 faktör ile tüm veri setinin % 63,27'si açıklanabilmektedir. Trafik emisyonlarından kaynaklanan elementlerin bulunduğu birinci faktör varyansın % 19,77'ni açıklayabilmektedir. Bu faktörde, yüksek faktör yüklerine ($>0,5$) sahip elementler Zn, Ni, Pb, Cu ve Mg olarak gözlenmektedir. Bu elementlerin kaynağı dışarıdan içeriye taşınan trafik emisyonları ile kirlenmiş yol kenarı toprağı olarak belirlenmiştir. İkinci faktörde yer alan elementler varyansın % 13,13'ni açıklamaktadır. Bu grupta yüksek faktör yüklerine sahip parametrelerin (Hg ve Sn) kaynağı olarak temizlik için kullanılan ağartıcı deterjan kullanım sıklığı belirlenmiştir. Yüksek faktör yüklerine sahip Cd ve As' nin yer aldığı 3. Faktör toplam varyansın % 12,20'sini açıklayabilmektedir. Bahsi geçen parametreler ısınmak için kullanılan kömür yakıtlarından ve sigara dumanından kaynaklanmaktadır. Dördüncü faktör toplam varyansın % 9,45'sini açıklayabilmektedir. Bu grupta Cd, Fe ve Ca yüksek faktör yüklerine sahiptirler. Bu elementlerin kaynağı kirli toprak olarak belirlenmiştir. Son faktör ise toplam varyansın sadece % 8,72'sini açıklayabilmektedir. Yüksek faktör yüklerine sahip olan elementler Sb ve Cr ile bu metallerin evin boya türünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4-14 Ev tozlarında gözlenen ağır metal sonuçlarının faktör analiz sonuçları

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 5	Kominalite
Zn	0.84	-0.05	-0.09	0.12	-0.07	0.79
Ni	0.63	-0.50	-0.10	0.03	0.04	0.66
Pb	0.73	0.26	-0.006	-0.15	-0.01	0.62
Cu	0.60	-0.05	0.19	0.11	-0.38	0.56
Mn	0.18	0.08	-0.66	0.27	0.44	0.75
Hg	0.13	0.66	-0.15	0.14	0.14	0.52
Mg	0.64	0.03	0.37	0.27	0.38	0.78
Cd	0.05	-0.04	0.53	0.55	-0.16	0.62
Fe	0.26	-0.22	-0.30	0.73	-0.12	0.76
As	0.12	0.03	0.82	-0.00	0.11	0.71
Sb	-0.06	0.06	-0.05	0.00	0.75	0.57
Sn	-0.12	0.71	0.05	-0.06	-0.06	0.53
V	0.34	0.41	0.10	-0.06	-0.21	0.35
Cr	-0.08	-0.41	0.05	-0.16	0.54	0.50
Ca	-0.15	0.41	0.07	0.69	0.11	0.70
% varyans	19.78	13.13	12.20	9.45	8.72	63.27
Kaynak	Trafik, yol kenarı toprağı	Ağartıcı deterjan kullanım sıklığı	Kömür kullanımı ve ev içinde sigara içilmesi	Kirli toprak	Evin boya türü	

Faktör analiz sonucunda elde edilen sonuçların yorumlanmasında, faktör skor değerleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Faktör analizinde elde edilen tanımlanan faktörlere göre hesaplanmış faktör skor değerleri, her bir en tozu örneğinin ilgili faktördeki kirletici kaynağından hangi ölçüde etkilendiğinin göstergesi olarak kullanılır. Faktör skor değeri >3 ise ilgili örneğin o faktörden çok etkilendiği, “0” ise ortalama düzeyinde etkilendiği <-3 ise etkilenmediği yorumu yapılabilir. Analiz sonucunda belirlenen faktörlerin tanımlanmasında faktör skor değerleri kullanılmış ve aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Faktör 1: Yol tozu

Birinci faktör varyansın % 19,77’ni açıklayabilmiştir. Bu faktör grubu altında olan ve örneklemede gidilen toplam 47 evin faktör skorları şekil xx gösterilmiştir. Şekil 4-14’ de de belirtildiği gibi (kırmızı noktalar) örnekleme yapılan evlerde en yüksek faktör skora sahip evler: ALT2, AKY2, ALT8, ALT9, BAT6, ÇAN3, ELT22, ETL4, KAZ1, KEÇ38, SİT1 ve SİT3’dür. Ortak özellik olarak, ana caddeye 50 metreden yakın olan evlerde yüksek faktör skorlar gözlemlenmiştir. Faktör 1’de yüksek faktör yüküne($>0,5$) sahip elementler olan Zn, Ni, Pb, Cu ve Mg için kaynak trafik emisyonları ve yol kenarı toprağı olarak belirlenmiştir.

Faktör 2: Ağartıcı deterjan kullanım sıklığı

Cıva ve kalay için yüksek faktör yükünün gözlemlendiği ikinci faktör toplam varyansın % 13,13’ni açıklamaktadır. Bu faktör grubunda olan ve örneklemede gidilen toplam 47 evin faktör skorları şekil xx gösterilmiştir. Şekil 4-15 ’de de belirtildiği gibi (kırmızı noktalar) ALT9, GÖL1, GÖL 5, KAZ1 ve KEÇ30 yüksek faktör skorlara sahiptirler. Haftada bir kaç kez ağartıcı deterjan kullanarak temizlenen evlerde yüksek faktör skorları gözlemlenmiştir. Bu grupta gözlenen yüksek faktör yüklerine sahip parametrelerin (Hg ve Sn) kaynağının temizlik için kullanılan ağartıcı deterjan kullanım sıklığı olduğu belirlenmiştir.

Faktör 3: Ev ısıtmasında kömür kullanımı ve ev içinde sigara içilmesi

3. Faktör toplam varyansın % 12,20’sini açıklayabilmiştir. Üçüncü faktör grubu altında olan ve örneklemede gidilen toplam 47 evin faktör skorları şekil 4-16’da gösterilmiştir. Şekil 4-16’ da da belirtildiği gibi (kırmızı noktalar) ALT2, BAT3, ETL7, GÖL4, PUR3, PUR7 ve SİT3 yüksek faktör skorlara sahiptirler. ALT2, ETL7 ve SİT3

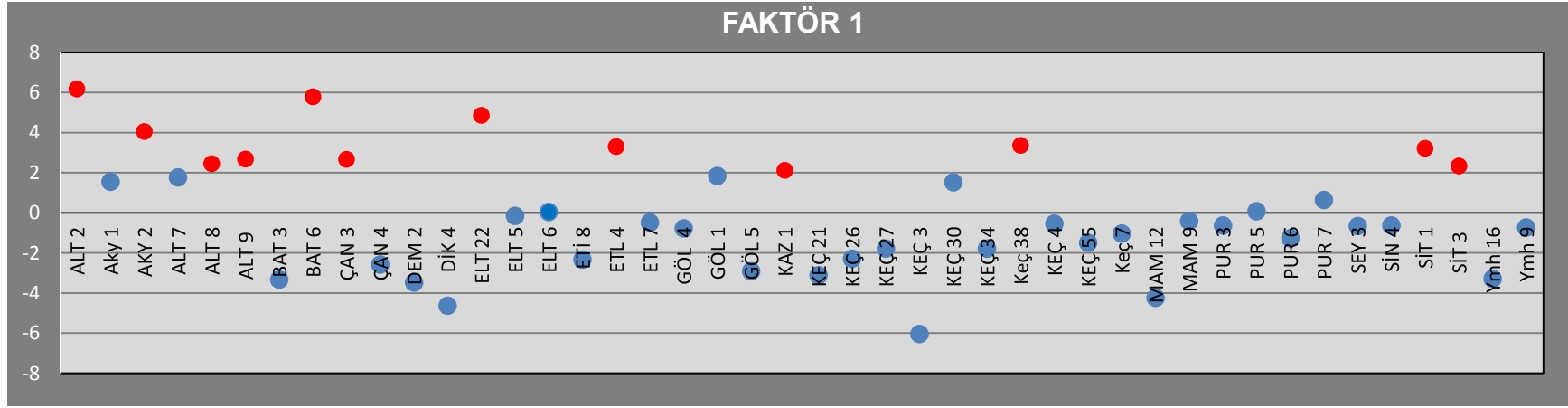
kodlu evler sobalı evler olup, bu evlerde ısınmak için kömür veya odun kullanılmaktadır ve ev içinde sigara içiliyor. Bu grupta yüksek faktör yüklerine sahip parametrelerin (As ve Cd) kaynağının ev ısıtmasında kullanılan kömür ve sigar dumanı olabileceği belirlenmiştir.

Faktör 4: Kirli toprak

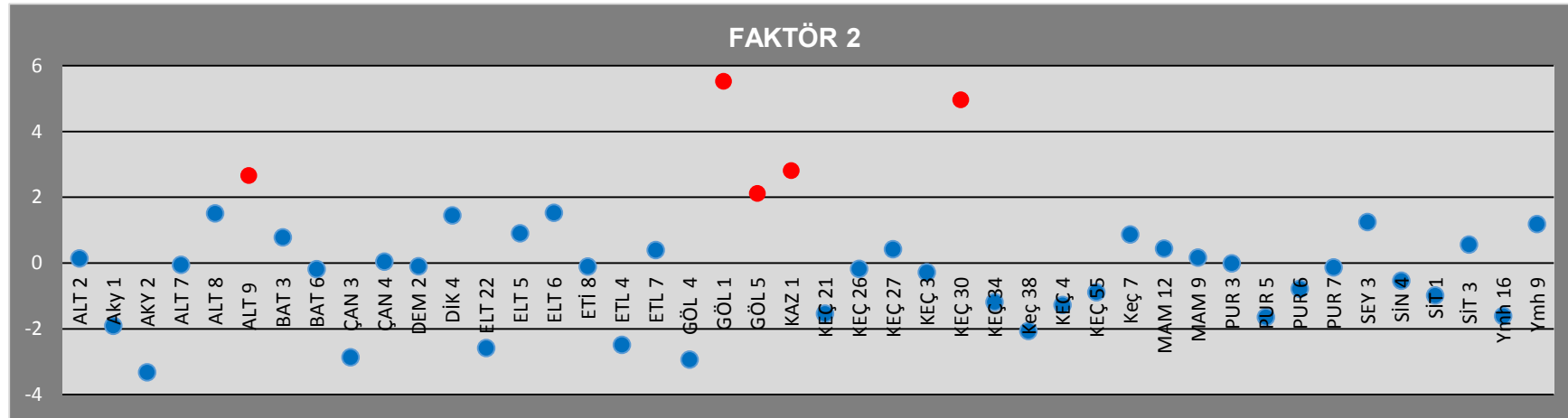
Fe, Ca ve Cd elementlerinin yüksek faktör yüküne sahip olan dördüncü faktör toplam varyansın % 9,45'ini açıklayabilmiştir. Örneklerin Faktör 4 için belirlenen faktör skorları şekil 4-17 gösterilmiştir. Şekil 4-17'de de belirtildiği gibi (kırmızı noktalar) ALT2, ALT9, ELT22, KEÇ30, PUR6 ve PUR7 yüksek faktör skorlara sahip olan evlerdir. Bu evlerin ortak özellikleri, zemin katta bulunmaları ve ahşap pencereye sahip olmalarıdır. Bu faktörün dışarıdan içeriye taşınan kirli toprağı gösterdiği düşünülmektedir.

Faktör 5: Boya Türü

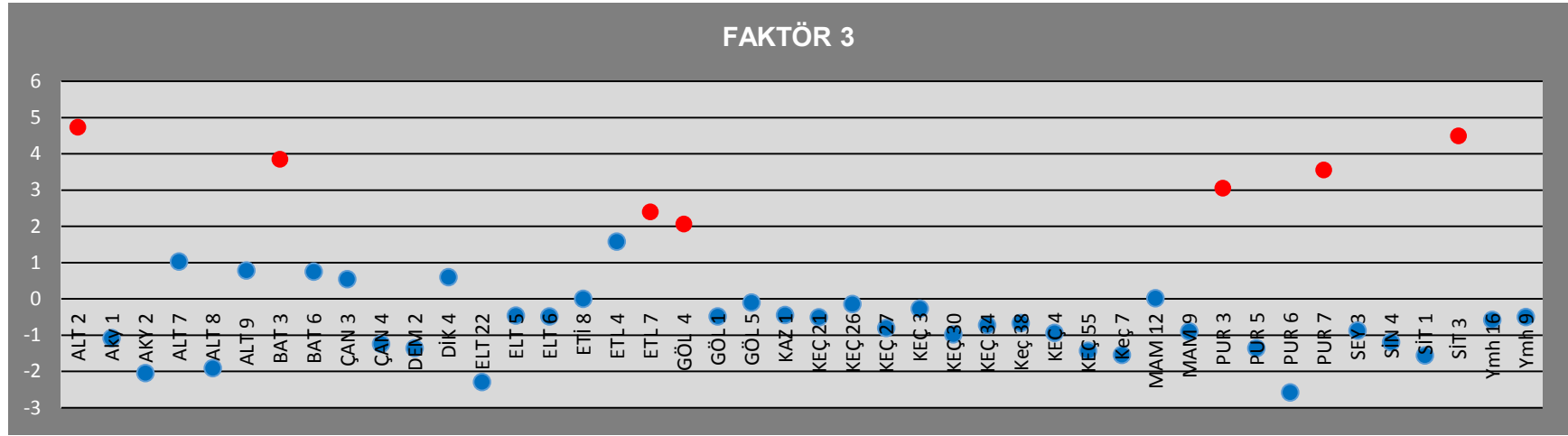
Beşinci faktör, yüksek Sb ve Cr faktör yükü ile toplam varyansın sadece % 8,72'sini açıklayabilmektedir. Bu faktör grubunda olan evlerin faktör skorları şekil 4-18 gösterilmiştir. Şekil 4-18' de de belirtildiği gibi (kırmızı noktalar) ALT2, AKY2, ALT8, ALT9, BAT6, ÇAN3, ELT22, ETL4, KAZ1, KEÇ38, SİT1 ve SİT3 yüksek faktör skorlarına sahip olan evlerdir.



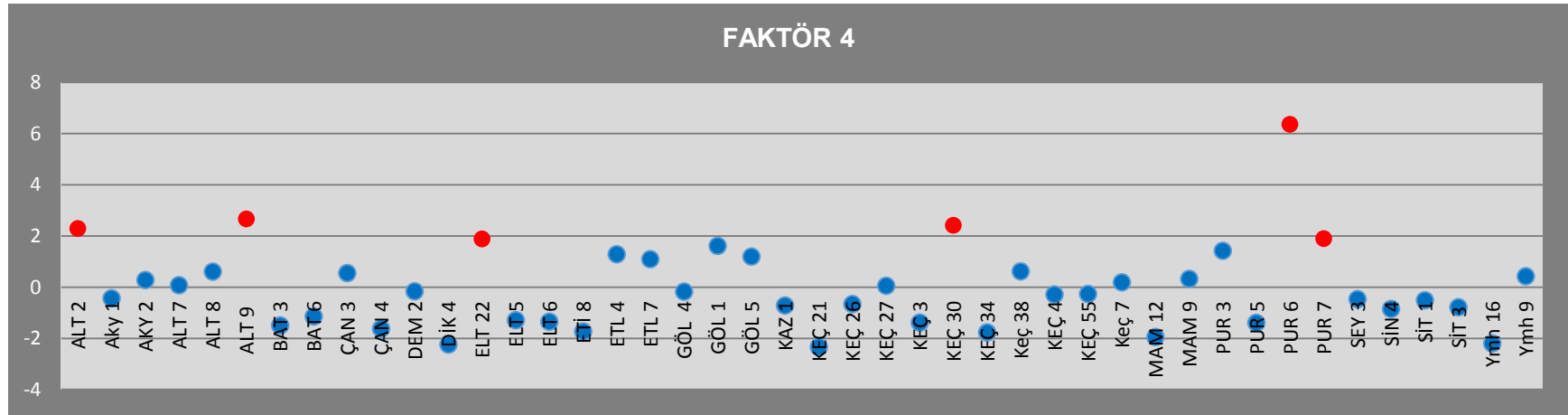
Şekil 4-14 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 1. Faktör'üne ait faktör skor grafiği



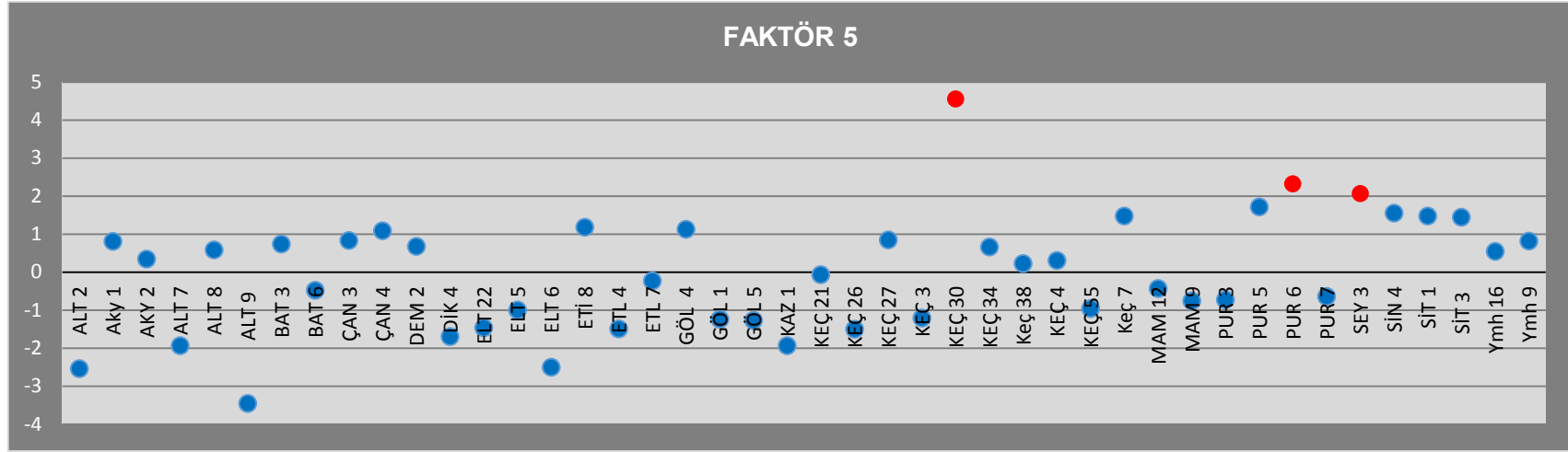
Şekil 4-15 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 2. Faktör'üne ait faktör skor grafiği



Şekil 4-16 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 3. Faktör'üne ait faktör skor grafiği



Şekil 4-17 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 4. Faktör'üne ait faktör skor grafiği



Şekil 4-18 Ev tozu örnekleme yapılan evlerin 5. Faktör'üne ait faktör skor grafiği

4.9. Ev tozları ağır metal derişimlerinin kişisel maruziyetleri ve yaratacağı kanser riski

Ağır metaller insan vücudunda birikerek toksik etki etki gösteren maddelerdir. Solunum, sindirim ve deri yoluyla insan vücuduna girerek dokularda birikmeye başlarlar. Bu metaller vücuttan uzaklaştırılmaz ise zaman içinde insan sağlığını tehdit eden toksik değere ulaşırlar.

Denekler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda ağır metallere maruz kalan insanlarda, akciğer kanseri, astım, alzheimer, beyin dokularında tahribat, böbrek yetersizliği, deri hastalıkları, işitme bozuklukları, kansızlık, kromozom tahribatı, sakat doğumlar, kısırlık, mide ağrıları, obezite, yüksek tansiyon, çeşitli kanserler, ruhsal ve nörolojik davranış bozuklukları ve daha birçok metabolizma sorunu gözlenmiştir.

Bu çalışmada yetişkinlerin ve çocukların sindirim, solunum ve deri yolu ile ev tozlarındaki ağır metallere ne kadar maruz kalacağı EPA tarafından geliştirilmiş olan aşağıdaki formüller vasıtasıyla hesaplanmıştır [108, 109, 110].

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

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

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

Burada,

CDI_{ing} : toz parçacıklarının doğrudan sindirim yolu ile günlük alımı ($mg\ kg^{-1}\ gün^{-1}$)

CDI_{inh} : asılı parçacıkların ağız ve burun soluma yoluyla günlük alımı ($mg\ kg^{-1}\ gün^{-1}$)

CDI_{dermal} : Deri teması ile toz parçacıklarının üstündeki ağır metallerin emilmesi yoluyla günlük alım ($mg\ kg^{-1}\ gün^{-1}$)

R_{ing} :günlük sindirilen toz miktarı, çocuklar için 60 mg gün^{-1} (1-6 yaş), yetişkinler için 30 mg gün^{-1} [111],

R_{inh} : günlük solunum miktarı, çocuklar için $7,6 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$, yetişkinler için $20 \text{ m}^3 \text{ day}^{-1}$ [112],

F_{exp} ev tozlarına yıl boyunca maruz kalınan süre, yetişkinler için 150 gün yıl^{-1} ve çocuklar için 300 gün yıl^{-1} (yetişkinlerin zamanlarının %40'nı ve çocukların zamanlarının %80'ini evde geçirdiklerini varsayarak),

T_{exp} , toplam maruz kalma süresi, bu çalışmada toplam maruz kalma süresi, çocuklar için 2 ve yetişkinler için 24 yıl olarak kabul edilmiştir,

A_{skin} , cilt alanı, çocuklar için 2800 cm^2 ve yetişkinler için 5700 cm^2 [113],

SAF deri absorplama faktörü, bu çalışmada çocuklar için $0.07 \text{ mg cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ [114,115] ve yetişkinler için $0,7 \text{ mg cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ [110,113],

DAF, deri emilim faktörü (birimsiz), bu çalışmada, çocuklar ve yetişkinler için 0.001, PEF parçacık emisyon faktörü, bu çalışmada, çocuklar ve yetişkinler için $1.36 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ [113],

ABW, Ortalama vücut ağırlığı, çocuklar için 15 kg ve yetişkinler için 70 kg [116,108,110],

T_{avg} ortalama zaman; kanserojen olmayan metaller için $T_{avg}=T_{exp} *365$ gün; kanserojen olan metaller için, $T_{avg}=70*365=25,550$ gün olarak tanımlanmıştır.

C_{UCL} (maruz kalma noktasının üst güven sınırı mg kg^{-1}), " maksimum maruz kalma " için tahmini bir değer olarak kabul edilir. Bu değer ortalamanın %95 güven aralığının üst sınırındır. Evlerden alınan tozlarındaki ölçülen bazı ağır metalleri değerlerinin normal dağılmadığı için , % 95 üst güven sınırı (UCL) "düzeltilmiş Merkezi Limit Teoremi (CLT)" olarak adlandırılan bir yaklaşım kullanılarak hesaplanmıştır [117, 118].

C_{UCL} aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$C_{UCL} = \bar{X} + \left[Z_{\alpha} + \frac{\beta}{6\sqrt{n}} (1 + 2 \times Z_{\alpha}^2) \right] \times \text{STD}/\sqrt{n}$$

$\bar{X}$ = Aritmetik Ortalama

STD = Standart Sapma

$Z_{\alpha} = 1,645$ (%95 Güven Aralığında)

β = Skewness

IARC(Uluslararası Kansere Araştırmaları Ajansı) tarafından tanımlanan sınıflandırma gruplarına göre As ve organik olmayan Arsenik bileşikler, Nikel bileşikler, Kadmiyum ve Kadmiyum bileşikler ve Krom bileşikler kanserojen etkisi olan elementler olarak belirtilmiştir. Bu çalışma da ölçüm yapılan diğer metaller bu gruba dahil değildir [119].

Kanserojen etkisi olan ağır metallerin kanser riski ve kanserojen olmayan metallerin tehlike risk değerlendirmesi aşağıdaki denklemler ile hesaplanmıştır:

$$\text{Kanser riski} = \text{CDI}_{\text{ing/inh/dermal}} \times \text{SLF}$$

$$\text{Tehlike riski (HQ)} = \text{CDI} / \text{RfD}_0$$

SLF(Kanser eğim faktörü) ve RfD₀ (Referans Doz) değerleri US EPA sitesinden alınmıştır [120]. Bu değerler Çizelge 4-16 ve Çizelge 4-17’de verilmektedir. SF₀ değeri As, Kadmiyum, Nikel ve Krom için US EPA (2011c) tarafından düzenlenmiş RSL tablolarından alınmıştır [121].

Çizelge 4-15 Kansere Etkisi Olan Metaller İçin Hesaplanan Kanserojen Risk Değerleri

Element	C (95%UCL) (µg g ⁻¹)	SLF (mg kg ⁻¹ day ⁻¹)		CDI (mg kg ⁻¹ day ⁻¹)		Kanserojen risk	
				Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk
As	3.07	1.50E+01	Yeme	2.2E-07	2.00E-06	3.30E-06	3.00E-05
			Soluma	1.60E-10	1.20E-10	2.40E-09	1.80E-09
			Deri	2.70E-08	3.00E-10	4.05E-07	4.50E-09
Cd	4.67	6.30E+00	Yeme	3.30E-07	3.10E-06	2.08E-06	2.08E-06
			Soluma	2.40E-10	1.90E-10	1.51E-09	1.20E-09
			Deri	4.20E-08	4.00E-10	2.65E-07	2.52E-09
Cr	31.92	2.40E+01	Yeme	2.30E-06	2.10E-05	5.52E-05	5.52E-05
			Soluma	1.60E-09	1.30E-09	3.84E-08	3.12E-08
			Deri	2.80E-07	3.10E-09	6.72E-06	7.44E-08
Ni	195.23	8.40E-01	Yeme	1.40E-05	1.30E-04	1.18E-05	1.18E-05
			Soluma	1.00E-08	8.00E-09	8.40E-09	6.72E-09
			Deri	1.70E-06	1.90E-08	1.43E-06	1.60E-08

Çizelge 4-16 kanserojen etkisi olmayan metallerin için hesaplanan risk değerleri

Element	C (95%UCL) ($\mu\text{g g}^{-1}$)	RfDo (mg kg^{-1} day^{-1})	CDI (mg kg^{-1} day^{-1})	CDI ($\text{mg kg}^{-1} \text{day}^{-1}$)		HQ	
				Yetişkin	Çocuk	Yetişkin	Çocuk
Cu	158.95	4.00E-02	Yeme	3.30E-05	3.10E-04	8.25E-04	7.75E-03
			Soluma	2.40E-08	2.30E-07	6.00E-07	5.75E-06
			Deri	4.40E-06	1.00E-06	1.10E-04	2.50E-05
Mn	127.05	2.40E-02	Yeme	2.60E-05	2.50E-04	1.08E-03	1.04E-02
			Soluma	1.90E-08	1.80E-07	7.92E-07	7.50E-06
			Deri	3.50E-06	8.20E-07	1.46E-04	3.42E-05
Pb	99.79	2.00E-03	Yeme	2.10E-05	1.90E-04	1.05E-02	9.50E-02
			Soluma	1.50E-08	1.40E-07	7.50E-06	7.00E-05
			Deri	2.70E-06	6.40E-07	1.35E-03	3.20E-04
Sb	0.18	4.00E-04	Yeme	3.00E-08	3.60E-07	7.50E-05	9.00E-04
			Soluma	2.80E-11	2.60E-10	7.00E-08	6.50E-07
			Deri	5.10E-09	1.10E-09	1.28E-05	2.75E-06
Sn	7.02	6.00E-01	Yeme	1.40E-06	1.30E-05	2.33E-06	2.17E-05
			Soluma	1.00E-09	1.00E-08	1.67E-09	1.67E-08
			Deri	1.90E-07	4.50E-08	3.17E-07	7.50E-08
V	51.02	1.00E-03	Yeme	1.00E-05	1.00E-04	1.00E-02	1.00E-01
			Soluma	7.90E-09	7.30E-08	7.90E-06	7.30E-05
			Deri	1.40E-06	3.30E-07	1.40E-03	3.30E-04
Hg	1.14	3.00E-04	Yeme	1.02E-04	9.50E-04	3.40E-01	3.17E+00
			Soluma	7.50E-08	7.00E-07	2.50E-04	2.33E-03
			Deri	1.30E-05	3.10E-06	4.33E-02	1.03E-02
Zn	484.18	3.00E-01	Yeme	2.40E-07	2.20E-06	8.00E-07	7.33E-06
			Soluma	1.70E-10	1.60E-09	5.67E-10	5.33E-09
			Deri	3.10E-08	7.40E-09	9.68E+06	2.47E-08

Çizelge 4-16 ve x 'den anlaşıldığı gibi çocukların yeme ve solunum yoluyla maruz kaldıkları ağır metaller yetişkinlere göre daha fazladır ama deriden emilme yoluyla aldıkları metal yetişkinlerden daha düşüktür. Bu da çocukların vücut ağırlığının ve deri yüzeyinin daha az olduğundan kaynaklanmaktadır. Sonuçlara göre ağır metal maruziyet riski yetişkinler ve çocuklar için, $Hg < Sn < Sb < Cu < Mn < V < Pb < Zn$ gibi sıralanabilir.

Tehlike İndeksi (HI) tehlike katsayılarının (HQ) toplamı olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler tablo xx' da verilmiştir. Bu çalışmada, HI ve kanserojen risk yöntemleri Ankara'daki ev ortamındaki tozlarda bulunan metallere maruz kalmanın insan sağlığı üzerine yarattığı riski değerlendirmek için kullanılmıştır. 1'den büyük bir HI değeri kanserojen olmayan metallerin etkilerinin önemli bir risk yarattığının göstergesidir [113].

Çizelge 4-17 Kanserijen etkileri olmayan metallerin yarattığı tehlike indeksi değerleri

	Tehlike indeksi (HI)								
	Cu	Mn	Pb	Sb	Sn	V	Hg	Zn	Toplam maruziyet
Yetişkin	9.36E-04	1.23E-03	1.19E-02	8.78E-05	2.65E-06	1.14E-02	8.25E-07	3.84E-01	4.10E-01
Çocuk	7.78E-03	1.05E-02	9.54E-02	9.03E-04	2.18E-05	1.00E-01	7.34E-06	3.18E+00	3.39E+00

Çizelge 4-18' de de görüldüğü gibi çocukların ev tozlarında bulunan ağır metallere maruz kalma riski yetişkinlere göre daha fazladır. Çocuklar için hesaplanan toplam maruziyet değeri EPA tarafında belirlenen değerden (>1) büyüktür ve bu da çocukların ev tozlarındaki ağır metallere önemli derecede maruz kaldıklarını bir göstergesidir. Vücut ağırlığının düşük, vücut yüzey alanının fazla olması, hızlı büyüme ve gelişmenin olması, toksik kimyasalları zararsız hale getirme yeteneğinin azlığı, hayati organların gelişimi gibi fizyolojik etmenler ve evlerde yerde oynamaları nedeni ile yere yakın olmaları, yiyecek dışı birçok malzemeyi ve ellerini ağızlarına daha fazla götürmeleri gibi davranışsal özellikleri nedeniyle, çocuklar iç ortam kirleticilerinden daha fazla etkilenmektedir.

İstanbul' da yapılan benzer bir çalışmada tehlike indeksi çocuklar için $6.80E-01$ ve yetişkinler için $3.50E-01$ olarak hesaplanmıştır [77]. Hesaplanan değerleri bu

çalışmada hesaplanan değerler(çocuklar için $3.39E+00$ ve yetişkinler için $4.10E-01$) ile kıyasladığımızda bu çalışmada çocuklar için hesaplanan tehlike indeksi değeri diğer çalışmada hesaplanan değerin beş katıdır. Bunun muhtemel sebebi, İstanbul’da yapılan çalışmada çocukların yaş aralığı 1-6 yaş olduğu, bu çalışmada 1-2 yaş aralığında olduğu düşünülmektedir. Yetişkinler için iki çalışmada birbirine yakın değerler bulunmuştur.

Kanserojen Risk tahmini değeri her bir bireyin yaşam boyu her türlü kansere maruz kalma olasılığını gösterir ve kabul edilebilir risk değeri $1.00E-6$ ve $1.00E-4$ aralığında verilmektedir [113]. Çizelge 4-19 ’ da bu çalışmada ölçülen ve kanser etkisi olan her metalin yarattığı toplam kanser riski verilmektedir.

Çizelge 4-18 kanserojen riski olan metallerin yetişkin ve çocuklarda yarattıkları kanser risk değerleri

	As	Cd	Cr	Ni
Yetişkin	$3.71E-06$	$2.35E-06$	$6.20E-05$	$1.32E-05$
Çocuk	$3.00E-05$	$2.08E-06$	$5.53E-05$	$1.18E-05$

Tablo 4-19’ da verildiği değerlere göre Ankara ev tozlarında ölçülen ağır metaller için hesaplanan kanser risk değeri EPA tarafından verilen kabul edilebilir aralığın içindedir.

5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İç ortamdaki kirleticilerin tür ve konsantrasyonları, iç ortamlarda kullanılan materyallere bağlı olarak teknolojik gelişim ile birlikte gün geçtikçe değişmektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışma Türkiye’de iç ortam kirletici kaynaklarının belirlenmesi konusunda yapılmakta olan az sayıda çalışmalardan bir tanesidir. Bu çalışmada ev içi ortamlarının kirlilik kaynaklarının belirlenmesinde ev tozlarının kullanılabilirliğinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla evlerdeki elektrikli süpürgelerden ev tozları toplanmış ve ağır metal derişimleri belirlenmiştir. Örnekleme sırasında kayıt edilen ev koşulları ile ölçüm sonuçları istatistik yöntemlerle analiz edilerek kirlilik kaynakları belirlenmiştir.

Bu araştırma kapsamında 2012 yılında 3 ay (Nisan, Mayıs, Haziran) ilkbahar döneminde toplanan ev tozları içinde ağır metaller AAS cihazıyla tayin edilmiştir. Tayini yapılan metaller As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, Sn, V ve Zn’dir. Ayrıca çok değişkenli istatistik analizler ve alıcı ortam modellemeleri kullanarak kirlilik kaynakları belirlenmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre en yüksek aritmetik ortalamaya sahip elementler sırasıyla Ca ($17928,6 \mu\text{g g}^{-1}$), Mg ($8900,34 \mu\text{g g}^{-1}$), Fe ($4408,57 \mu\text{g g}^{-1}$), Zn ($449,98 \mu\text{g g}^{-1}$) ve Cu ($104,51 \mu\text{g g}^{-1}$)’dur. En düşük konsantrasyona sahip olan En düşük konsantrasyona sahip olan elementler Sb ($0.15 \mu\text{g g}^{-1}$), Hg ($0.62 \mu\text{g g}^{-1}$), As ($2.38 \mu\text{g g}^{-1}$), Cd ($3.52 \mu\text{g g}^{-1}$) ve Sn ($6.03 \mu\text{g g}^{-1}$) olarak gözlenmiştir.

Dağılım fonksiyonları incelendiğinde Cr, Mg, Sb, Sn, V ve Zn dışındaki diğer elementler log-normal dağılım göstermişlerdir.

İç ortam hava kalitesi ile ilgili AGÖF tarafından ağır metaller için belirlenen sınır değerlerine bakıldığında Nikel en yüksek sınır değer aşımına sahip element olarak gözlenmiştir (evlerin %40’da). Hiçbir evde sınır değerleri aşmayan metalleri ise Cr, Zn, Sn ve Sb olarak belirlenmiştir.

Alıcı ortam modellemelerinden kaynak belirlemek için korelasyon analizi, zenginleştirme faktör analizi, ANOVA testi ve faktör analizi testi kullanılmıştır.

Kolerasyon analizi sonucuna göre en yüksek korelasyon sigara dumanından kaynaklanan Cd ve As arasında gözlenmiştir. Kalsiyum hem toprak elementleri ile hem de antropojenik elementlerle göstermiş olduğu yüksek kolerasyon Ca için muhtemel kaynağın kirli toprak olduğunu göstermektedir. Trafik kaynaklı olan elementler (Hg, V, Ni, As, Cd) arasında yüksek kolerasyon gözlenmiştir. Evin boya türünden kaynaklanan Pb, As ve Zn arasında kolerasyon olduğu gözlenmektedir. Hg, Cd, V, As ve Cr aralarındaki kolerasyon bu elementlerin kömür yanmasından kaynaklandığını göstermektedir.

Zenginleştirme faktörü analizine göre Cd en yüksek zenginleştirme faktörüne sahiptir. Zenginleştirme faktörü Mn, Mg, Cr, V, Ca ve Ni için 10 ' dan küçük ve Sb, As, Cu, Sn, Pb, Hg ve Zn için 10'dan büyük olarak hesaplanmıştır. Zenginleşme faktörü 10 ' dan küçük elementler toprak kökenli; zenginleşme faktörü 10'dan büyük olan elementleri ise antropojenik kaynaklıdır.

ANOVA testinden elde edilen sonuçlara göre evlerin ana cadde ile mesafeleri ev içi tozlarında ölçülen Cd, Hg, Sb, Pb ve Ni konsantrasyonlarını etkilemektedir.

As ve Cd miktarı duvar boyası yağlı boya olan evlerde daha yüksek ve duvar boyası plastik olan evlerde Zn ve Hg miktarı daha yüksek görünmektedir.

Elde edilen sonuçlarda sigara içilen evlerde Cu, Cd, Mn, Mg ve Zn miktarı daha yüksek görünmektedir.

ANOVA testinin sonuçlarına göre daha çok sıklıkla dezenfektan kullanılan evlerde Cu, Hg ve Sn miktarı daha yüksek görünmektedir.

Evlerin ısıtma türlerinin ev içi tozlarında ölçülen As, Cd, Hg ve Mn konsantrasyonlarını etkilemektedir. Sonuçlar daha görüldüğü gibi ısıtma türü soba olan evlerde ağır metallerin konsantrasyonları daha yüksek görünmektedir.

Sonuçlar zemin kat ve birinci katta olan evlerin tozlarında trafik kaynaklı olan ağır metallerin derişimlerinin daha yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. İkinci kat ve daha yüksek katta olan evlerde As miktarının daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Faktör analizi testinin sonuçları elde edilen tüm veri setini 5 faktör atında guruplandırmıştır. Seçilen 5 faktör ile tüm veri setinin % 63,27'si açıklanabilmektedir. Birinci faktör varyansın % 19,77'ni açıklayabilmektedir. Bu faktörde, yüksek faktör

yüklerine ($>0,5$) sahip elementler Zn, Ni, Pb, Cu ve Mg olarak gözlenmektedir. Bu elementlerin kaynağı dışarıdan içeriye taşınan trafik emisyonları ile kirlenmiş yol kenarı toprağı olarak belirlenmiştir. İkinci faktörde yer alan elementler varyansın % 13,13'ni açıklamaktadır. Bu grupta yüksek faktör yüklerine sahip parametrelerin (Hg ve Sn) kaynağı olarak temizlik için kullanılan ağartıcı deterjan kullanım sıklığı belirlenmiştir. Yüksek faktör yüklerine sahip Cd ve As' nin yer aldığı 3. Faktör toplam varyansın % 12,20'sini açıklayabilmiştir. Bahsi geçen parametreler ısınmak için kullanılan kömür yakıtlarından ve sigara dumanından kaynaklanmaktadır. Dördüncü faktör toplam varyansın % 9,45'sini açıklayabilmiştir. Bu grupta Cd, Fe ve Ca yüksek faktör yüklerine sahiptirler. Bu elementlerin kaynağı kirli toprak olarak belirlenmiştir. Son faktör ise toplam varyansın sadece % 8,72'sini açıklayabilmektedir. Yüksek faktör yüklerine sahip olan elementler Sb ve Cr ile bu metallerin evin boya türünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Risk değerlendirme sonuçlarına göre bu çalışmanın amacı olan tozlardaki ağır metallerin çocukların sağlığı üzerinde etkileri ile ilgili bilgi vermektedir. Elde edilen değerler söz konusu olan çocukların önemli derecede risk altında olduklarını belirtmiştir. Yetişkinler ise zamanlarının büyük bir kısmını evden dışarıda geçirdikleri için ev tozunda bulunan ağır metallerle daha az maruz kalıyorlar ve dolayısıyla bu çalışmada daha az risk altında oldukları gözlemlenmiştir.

Öneriler:

Bu tez çalışması Türkiye'de yapılmış olan iç ortam ev tozunda ağır metallerin kaynaklarını belirleme açısından bir ilktir. Daha sonra yapılacak çalışmalarda sonuçlar bölümünde etkilerini tam olarak göremediğimiz faktörlerin özellikleri araştırarak onlar hakkında da fikir sahibi olunabilir. Özellikle bu çalışmanın çıkış amacı olan ev tozlarındaki ağır metallerin kaynaklarını belirlemek için anket sorularına ilave olacak aşağıdaki bilgilerin de toplanması yararlı olacaktır:

- Evlerin duvar boyalarının rengi,
- Halıların renk çeşitliliği,
- Temizlik için kullanılan deterjan ve dezenfektanların markası ve kullanım miktarı,
- Odaların alanı ve kullanılan halıların alanı,
- Ev içinde ne kadar sıklıkla ve kaç kişinin sigara içtiği,

- Evlerde elektrik süpürgesinin torbasındaki biriken tozun hangi sıklıkla değiştirildiği,
- Evlerde mekanik havalandırma sisteminin olup olmaması,
- Böcek öldürücü kullanıp kullanılmadığı' da

Yapılan anket soruların da dikkate alınmalıdır.

Bu çalışma da 47 ev 'de örnekleme yapılmıştır, örnek sayısının daha fazla olması kaynakların belirlenmesinde daha kesin bir sonuç alınmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Muramoto, S., “ Variations of Some Elements in Cadmium İnduced”, *Maformed. Environm. Toxicol.*, Vol.27, 193-200, **1981**.
2. Ergene, A., “Toprak İlminin Esasları”, Atatürk Üniversitesi, Yayınlar, Erzurum, **1982**.
3. Karpuzcu, M.,” Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü”, Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 143-152, **1999**.
4. Akgüç, N., Özyiğit, İ.İ., Yarcı, C., “*Pyracantha coccinea* Roem. (Rosaceae) as a Biomonitor for Cd, Pb and Zn in Muğla Province ,Turkey”, *Pakistan Journal of Botany*, 40 (4), 1767-1776, **2008**.
5. Nevalainen, A., Pastuszka, J., Liebhaber, F., Willeke, K., “Performance of Bioaerosol Samplers: Collection Characteristics and Sampler Design Considerations”, *Atmospheric Environment*, 26A,531-540,**1992**.
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Dust_bunny .[Accessed 05 .05 .2015].
7. http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/lungs_dust.html . [Accessed 10 .04 .2015].
8. Mentese, S., Gullu, G., “Variations and Sources of Formaldehyde Levels in Residential Indoor Air in Ankara, Turkey”, *Indoor and Built Environment*, 15(3): 273-281,**2006**.
9. Cetinkaya, Z., Fidan, F., Unlu, M., Hasenekoglu, I., Tetik, L., Demirel, R.. “Assessment of Indoor Air Fungi in Western-Anatolia, Turkey”, *Asian Pac J Allergy Immunol*, 23(2-3): 87-92,**2005** .
10. Vaizoğlu, S.A., Ayçan, S., Deveci, M.A., Acer, T., Bulut, B., Bayraktar, U.D., Akyollu, B., Celik, M., Arslan, U., Akpina, F., Baris, Z., Arslan, S., Deniz, E., Evcı, D, Güler, C., “Determining Domestic Formaldehyde Levels in Ankara, Turkey”, *Indoor and Built Environment*, 12(5): 329-336,**2003**.
11. Kurt-Karakus, P., “Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey”, *Estimation of the health risk , Environment International* , 50 ,47–55, **2012**.
12. Altundağ, H., “Adapazarı ev tozlarında ağır metallerin alevi atomik absorpsiyon spektrometrik teknikle tayini”, Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitiisi, Sakarya, **2002**.
13. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara> .[Accessed 01 .06 .2015].

14. US EPA. Indoor air quality: sick building syndrome (EPA/402-F-94-004), Indoor Air Group, Research Triangle Park, North Carolina, 228, **1991**.
15. National Research Council,. Indoor Pollutants. National Academy Press, Washington, DC. 57-224, **1981**.
16. <http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html#content>. [Accessed 25 .05 .2015].
17. Carpet and Rug Institut. The history of carpet. [http:// www.carpet-rug.org/about-cri/the-history-of-carpet.cfm](http://www.carpet-rug.org/about-cri/the-history-of-carpet.cfm) (accessed 04.05.15) **2015**.
18. Corsi RL, Lin C-C., “Emissions of 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TMPD-MIB) from latex paint: a critical review”, Environ Sci Technol ,39:1052-80, **2009**.
19. Lamorena RB, Jung SG, Bae GN, Lee W. “The formation of ultra-fine particles during ozone initiated oxidations with terpenes emitted from natural paint”, J Hazard Mater,14:245–51,**2007**.
20. Hites RA. “Polybrominated diphenyl ethers in the environment and in people: a meta-analysis of concentrations”, Environ Sci Technol,38:945–56, **2004**.
21. Nazaroff WW, Weschler CJ., “Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants”,Atmos Environ ,38:2841–65,**2004**.
22. Singer BC, Destailats H, Hodgson AT, Nazaroff WW., “Cleaning products and air fresheners: emissions and resulting concentrations of glycol ethers and terpenoids”,Indoor Air ,16: 179–91, **2006**.
23. Destailats H, Lunden MM, Singer BC, Coleman BK, Hodgson AT, Weschler CJ, Nazaroff, WW., “Indoor secondary pollutants from household product emissions in the presence of ozone: a bench-scale chamber study”, Environ Sci Technol ,40:4421–28, **2006**.
24. Singer BC, Coleman BK, Destailats H, Hodgson AT, Lunden MM, Weschler CJ, Nazaroff WW, “Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone”, Atmos Environ, 40: 6696–710, **2006**.
25. Liu XY, Mason M, Krebs K, Sparks L. “Full-scale chamber investigation and simulation of air freshener emissions in the presence of ozone”, Environ Sci Technol ,38:2802–12, **2004**.
26. He C, Morawska L, Taplin L. “Particle emission characteristics of Office printers”, Environ Sci Technol, 41:6039–45, **2007**.

27. Wallace LA, EPA/600/6-87/002a. "The Total Exposure Assessment Methodology (TEAM) Study: Summary and Analysis", Vol. I. Office of Research and Development, U.S. EPA, Washington, DC,6-87, **1987**.
28. Kelly TJ, Smith DL, Satola J. "Emission rates of formaldehyde from materials and consumer products found in California homes", Environ Sci Technol, 33:81–8, **1999**.
29. Jacobson, M.Z., Atmospheric Pollution, History, Science and Regulation, Cambridge University Press, **2002**.
30. Spellman, F.R., The Science of Air, Concepts and Applications, 2nd Ed., CRC Press, **2008**.
31. Boubel, R.W., Fox, D.L., Turner, D.B., Stern, A.C., Fundamentals of Air Pollution, 3rd Ed., Academic Press, **1994**.
32. Aslan, G., Özeren, F., Kavcar, P., Sofuoğlu, A., İnal, F., Odabaşı, M., Sofuoğlu, S.C., "İzmir metropol alanında iki ilköğretim okulunda kış ve bahar dönemlerinde uçucu organik bileşik ve formaldehit derişimleri", Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Hatay, ss.81-94, **2008**.
33. Calderon-Garciduenas, L., Noah, T.L., Koren, H.S., Novel Approaches to Study Nasal Responses to Air Pollution, in Air Pollution and Health, (Eds: Holgate, S.T., Samet, J.M., Koren, H.S. and Maynard, R.L.), Academic Press, **1999**.
34. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), Toxicological rofile information sheet, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles>, **2003**.
35. Thatcher TL, Layton, DW. "Deposition, Resuspension, and Penetration of Particles within a Residence",Atmos Environ, 29:1487-97, **1995**.
36. Leese K, Indoor Air Measurements. Environ Sci Technol News, 31:493-504, **1997**.
37. Neas L, Dockery MDW, Ware JHJ, Spengler D, Ferris BG, Speizer FE. "Concentration of Indoor Particulate Matter as a Determinant of Respiratory Health in Children". Am J Epidemio , 139:1088-99, **1994**.
38. World Health Organization (WHO), Health risk assesment of indoor air quality, (Mog/HSE/4.3/001,AC.01.03.01. AW),Ulan baatar Mongolia, **2004**.
39. Vaizoğlu,S., Tekbaş ,F., Evci ,D.,Kapalı Ortam Hava Kalitesi, Sağlığa Etkisi, sürekli tıp eğitimi dergisi, **2000**.
40. Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri Ve Örneklem Kriterleri Canan YEŞİLYURT T.C Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, ISBN 975-590-032-2 ,**2001**.

41. Rether,A., “Münih Teknik Üniveristesi, Entwicklungund Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstofffunktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen” ,Doktora Tezi,**2002**.
42. www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-t/daten/umweltkatastrophen.htm. [Accessed 20 .05 .2015].
43. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S., “Metallerin Çevresel Etkileri”,www.metalurji.org.tr, **2004**.
44. Kahvecioğlu Ö, Kartal G, Güven A, Timur S, “Metallerin Çevresel Etkileri-I”, Metalurji, 136.Sayı,http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü,**2009**.
45. John H. Duffus, Howard G.J. Worth, “Fundamental toxicology for chemists”,Cambridge, UK : Royal Society of Chemistry Information Services, **1996**.
46. Güllü, G., “Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları”, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, cilt 2, p. 146 – 158, **2013**.
47. ASHRAE, Handbook CD, Indoor Environmental Health, Atlanta, USA, in Fundamentals-2001, Chapter 9, **2003**.
48. <http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/bilgi-dokumanlar/halk-sagligina-yonelik/992-hava-kirlili%C4%9Fi-ve-sa%C4%9Fl%C4%B1k-etkileri.html>. [Accessed 10 .05 .2015].
49. Putaud, J.P., Raes, F., Dingenen, R.V., Brüggemann, E.,“A European aerosol phenomonology-2: chemical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe”, Atmospheric Environment, 38, 2579-2595, **2004**.
50. Dingenen, R.V., Raes, F., Putaud, J.P., “A European aerosol phenomenology-1: physical characteristics of particulate matter at kerbside, urban, rural and background sites in Europe”, Atmospheric Environment, 38, 2561-2577, **2004**.
51. Kunzli, N., Mudway, I.S., Gotschi, T., Shi, T., “Comparison of oxidation properties, light absorbance, and total and elemental mass concentration of ambient PM2.5 collected at 20 European Sites”, Environmental Health Perspectives ,114 (5), 684-690, **2006**.
52. Yatin, M., Tuncel, S., Aras, N.K., Olmez, I., Aygun S., Tuncel, G.” Atmospheric trace elements in Ankara, Turkey: 1.factors affecting chemical

- composition of fine particle", Atmospheric Environment, 34, 1305-1318, **2000**.
53. Samura, A., Aa-Agha, O., Tuncel, S.G. "Study of trace and heavy metals in rural and urban aerosols of Uludağ and Bursa ,Turkey", Water, Air, and Soil Pollution, 3, 109-126, **2003**.
54. Güllü, G., Doğan, G., Tuncel, G. "Atmospheric trace element and major ion concentrations over the eastern Mediterranean Sea: Identification of antropojenic source regions", Atmospheric Environment, 39, 6376-6387, **2005**.
55. Yatkin, S., Bayram, A. "Elemental composition and sources of particulate matter in the ambient air of a Metropolitan City". Atmosp. Res. 126-139, **2007**.
56. Gaga, E.O., Arı, A., Karakağ, S.Y., Karakağ, D., Tuncel, G. "Eskişehir Kent Merkezinde İnce ve Kaba Partikül Madde Derişiminin İncelenmesi ve Kaynak Belirlenmesi", Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, 30-31 Mayıs 2008 , Konya, 121. **2008**.
57. Munzur, B., Doğan, G., Korkmaz, D.G., vd. "Ege Bölgesinde Toplanan Atmosferik Partiküler Maddenin Kimyasal Kompozisyonu ve Literatürle Karşılaştırılması", Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 22-25 Ekim, Hatay, **2008**.
58. Şahin,Ü. "İstanbul Atmosferindeki Partikül Maddenin (PM10) Karakterizasyonunun Belirlenmesi", İ.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 142/20082003, **2008**.
59. Karaca, F., Alagha, O., Ertürk, F., Yılmaz, Y.J., Özkara, T. "Seasonal variation of source contributions to atmospheric fine and coarse particles". Environmental Engineering Science, 25(5), 767–81, **2008**.
60. Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A. "Variations in atmospheric PM trace metal content in Spanish towns:illustrating the chemical complexity of the inorganic urban aerosol cocktail". Atmospheric Environment, 40, 6791-6803, **2006**.
61. Canepari, S., Pietrodangelo, A., Perrino, C., Astolfi, M., Marzo, M. "Enhancement of source traceability of atmospheric PM by elemental chemical fractionation". Atmospheric Environment, 43, 4754-4765, **2009**.
62. Slazekova, K., Pereira, M., Reis, M., Alvim-Ferraz, M.C. "Influence of traffic emissions on the composition of atmospheric particles of different sizes-Part 1: concentrations and elemental concentrations". J.Atmos Chem 58, 55-68, **2007**.

63. <http://agoef.de/agoef/oewerte/orientierungswerte.html>. [Accessed 10 .05 .2015].
64. Lisiewicz, M., Heimbürger, R., Golimowski, J, "Granulometry and the content of toxic and potentially toxic elements in vacuum-cleaner collected, indoor dusts of the city of Warsaw", *Sci Total Environ*, 263:69 – 78, **2000**.
65. Al-Momani, "Trace elements in street and household dusts in Amman, Jordan", *Soil & Sediment Contamination*, 16, 5, 485-496, **2007**.
66. Al-Rajhi, M.A., Seaward, M.R.D., Al-Aamer, A.S, "Metal levels in indoor and outdoor dust in Riyadh, Saudi Arabia", *Environment International*, cilt 22, no. 3, p. 315–324, **1996**.
67. Rashed ,M., "Total and Extractable Heavy Metals in Indoor,Outdoor and Street Dust from Aswan City", *Egypt,Aswan, Egypt. Clean* , 36 (10 – 11), 850 – 857, **2008**.
68. Tong Susanna T.Y., Lam, Kin Che, "Home sweet home? A case study of household dust contamination in Hong Kong", *The Science of the Total Environment* 256, 115-123, **2000**.
69. Yap, C. K., Krishnan, T., Chew, W, "Heavy Metal Concentrations in Ceiling Fan Dusts Sampled at Schools Around Serdang Area, Selangor", *Sains Malaysiana* 40(6): 569–575, **2011**.
70. Rasmussen, P.E., Subramanian, K.S., Jessiman, B.J, "A multi-element profile of housedust in relation to exterior dust and soils in the city of Ottawa, Canada", *The Science of the Total Environment* 267, **2001**.
71. Salwa Kamal, M. H, "Metal concentrations and distribution in the household, stairs and entryway dust of some Egyptian homes", *Air Pollution Research Department, National Research Centre, Dokki, Giza, Egypt, Atmospheric Environment* 54, 207-215, **2012**.
72. Shakya , P. R., "Chemical Associations of Lead, Cadmium, Chromium, Nickel and Zinc in Household Dust of Kathmandu Metropolitan Area", *Pak. J. Anal. Environ. Chem. Vol. 14, No. 1*, 26 – 32, **2013**.
73. Salim Akhter, M., Madany, I.M, "Heavy metals in street and house dust in Bahrain", *Water, Air, and Soil Pollution*, 66, 1-2, pp 111-119, **1993**.
74. Popoola ,E., Bamgbose.,J. Okonkwo.,A. Arowolo.O. Popoola and.R. Awofolu," Heavy Metals Content in Classroom Dust of Some Public Primary Schools in Metropolitan Lagos, Nigeria", *Research Journal of Environmental and Earth Sciences* : 460-465, ISSN: 2041-0492 , **2012**.

75. Darus F. M., Nasir,R., Sumari,S., Zitty, S., Omar,N, "Heavy Metals Composition of Indoor Dust in Nursery Schools Building" , ASIA Pacific International Conference on Environment-Behaviour Studies (AicE-Bs), V 38, , P: 169–175, **2012**.
76. Andrew, T., Lindsey, S, "Elemental concentrations and metal bioaccessibility in UK household dust", Science of The Total Environment, 371, 1–3, 74–81, **2006**.
77. Kurt-Karakus, PB, "Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: estimation of the health risk", Environment International, 50, 47–55, **2012**.
78. Kevin Chi-Pei Lin., Andrew J. Feitz, "Household dust metal levels in the Sydney metropolitan areaGautam Chattopadhyay", Environmental Research 93 ,301–307, **2003**.
79. Culbard, E.B., Thornton, I., Watt, J.,et.al., "Metal Contamination in British Urban Dusts and Soils", J. Environ. Qual. 17, 226-234, **1988**.
80. Chattopadhyay G, Lin C-PK, Feitz AJ." Household dust metal levels in the Sydney metropolitan area". Environ Res, 93:301–7, **2003**.
81. Tong STY, Lam KC. "Home sweet home? A case study of household dust contamination in Hong Kong". Sci Total Environ;256:115–23, **2000**.
82. T. K. R, "Assessment of human health risks from heavy metals", Environ Geochem Health, 35:347–356, **2012**.
83. Huheey, J. E. Inorganic chemistry: Principles of structure and reactivity, Harper and Row Publishers, New York, p. 912, **1983**.
84. YAY,Ö,D., "Ghanges In The Chemical Compsition Of Soil In Ankara Due To The Deposition Of Atmospheric Pollutants", M.S.,Department of Environmental Engineering, **1998**.
85. http://www.hastaneinfeksiyonlaridergisi.org/managete/fu_folder/200303/html/2003-7-3-137-140.htm. [Accessed 10 .06 .2015].
86. N. a. A. Earnshaw, "Zinc, Cadmium, and Mercury", Chemistry Of The Elements, ,p. 1399, **1994**.
87. <http://www.cda.org.uk/megab2/general/pub121/section7.htm#Product%20Forms>. [Accessed 10 .05 .2015].
88. <http://www.nuveforum.net/1930-denizcilik-okullari/216652-antifouling-iceren-gemi-boyalarinin-uluslararası-kurallar-cercevesinde-kirletici-etkilerinin-incelenmesi/> [Accessed 10 .05 .2015].

89. M. Galazyn-Sidorczuk, M. M. Brzoska, and J. Moniuszko- ´ Jakoniuk, "Estimation of Polish cigarettes contamination with cadmium and lead, and exposure to these metals via smoking," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 137, no. 1–3, pp. 481–493, **2008**.
90. I. Erzen and L. Z. Kragelj, "Cadmium concentrations in blood in a group of male recruits in Slovenia related to smoking habits," *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 76, pp. 278–284, **2006**.
91. T. K. R. • R. E. M. • L. C. R. •, «Assessment of human health risks from heavy metals,» *Environ Geochem Health*, 35:347–356, **2013**.
92. US EPA. Indoor air quality: sick building syndrome (EPA/402-F-94-004), Indoor Air Group, Research Triangle Park, North Carolina, 228, **1991**.
93. M. E. A. Gülnihal Kara, "Indoor Air Pollutants and Methods of Detection", *Eur J Basic Med Sci*, pp. 39-49, **2011**.
94. J. Kluger, "<http://content.time.com/time/health/article/0,8599,1966870,00.html> 23 Feb **2010**. [Online]. [Accessed 10 .05 .2015].
95. http://en.wikipedia.org/wiki/Dust_bunny. [Accessed 10 .05 .2015].
96. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry), Toxicological profile information sheet, <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles>, **2003**.
97. Lisiewicz, M., Heimbürger, R., Golimowski, J., "Granulometry and the content of toxic and potentially toxic elements in vacuum-cleaner collected, indoor dusts of the city of Warsaw", *Sci Total Environ*, 263:69 – 78, **2000**.
98. Al-Momani, "Trace elements in street and household dusts in Amman, Jordan", *Soil & Sediment Contamination*, 16, 5, 485-496, **2007**.
99. Al-Rajhi, M.A., Seaward, M.R.D., Al-Aamer, A.S., "Metal levels in indoor and outdoor dust in Riyadh, Saudi Arabia", *Environment International*, 22, no. 3, p. 315–324, **1996**.
100. SALWA KAMAL, M. H., "Metal concentrations and distribution in the household, stairs and entryway dust of some Egyptian homes", *Air Pollution Research Department, National Research Centre, Dokki, Giza, Egypt, Atmospheric Environment* 54, 207-215, 2012.
101. Fergusson, J.E., Kim, N., "Trace Elements in Street and House Dusts Source and Speciation", *Sci. Total Environ.* 100: 125-150, **1991**.
102. <http://www.epa.gov/iaq/homes/hip-painting.html>

103. Sanayi ve Ticaret Bakanlığından:Bazı Tüketici Ürünlerinin Tehlikeli Kimyasal Madde İçeriğine Yönelik Piyasa Gözetimi Ve Denetimine İlişkin Tebliği, Sayı :27893,2Nisan**2011**.
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/04/20110402-9.htm>.
104. International Agency for Research on Cancer (IARC), Tobacco Smoking, IARC Monograph 38, International Agency of Research on Cancer, Lyon, France, **1986** .
105. T. L. Thatcher, D. W. Layton, Deposition, resuspension, and penetration of particles within a residence, Atmos. Environ. 29, 1487 – 1497,**1995**.
106. EPA/540/1-89/002. Office of Solid Waste and Emergency Response; **1989**.
107. US EPA. Soil screening guidance: technical background document. EPA/540/r-95/128. Office of Solid Waste and Emergency Response; **1996**.
108. Zheng N, Liu J, Wang Q, Liang Z. “Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, northeast of China”. Sci Total Environ ,408:726–33, **2010a**.
109. US EPA. Exposure factors handbook 2011 edition. EPA/600/R-09/052F. Washington, D.C.: National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency; **2011**.
110. Van den Berg R. Human exposure to soil contamination: a qualitative and quantitative analysis towards proposals for human toxicological intervention values. RIVM Report no. 725201011. Bilthoven, The Netherlands: National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM); **1995**.
111. US EPA. Risk assessment guidance for Superfund: volume III — part A, process for conducting probabilistic risk assessment. EPA 540-R-02-002. Washington, D.C.: US Environmental Protection Agency; **2001**.
112. US EPA. Child specific exposure factors handbook. EPA-600-P-00-002B. Washington, DC: National Center for Environmental Assessment; **2002b**.
113. Zheng N, Liu J, Wang Q, Liang Z. Heavy metals exposure of children from stairway and sidewalk dust in the smelting district, northeast of China. Atmos Environ;44:3239–45,**2010b**.
114. Hu X, Zhang Y, Luo J, Wang T, Lian H, Ding Z. Bioaccessibility and health risk of arsenic, mercury and other heavy metals in urban street dusts from a mega-city, Nanjing, China. Environ Pollut;159, **2011**.
115. Singh AK, Singh A, Engelhardt M. The lognormal distribution in environmental applications. EPA/600/R-97/006. Washington, DC: Environmental Protection Agency;**1997**.

116. US EPA. Calculating upper confidence limits for exposure point concentrations at hazardous waste sites. OSWER 9285.6-10. Washington, DC: Office of Emergency and Remedial Response, U.S. Environmental Protection Agency; 2002a. 20460, December, **2002**.
117. IARC (International Agency for research on cancer),. Agents Classified by the IARC Monographs, vol. 1e102, **2011**.
118. US EPA, 2011b. The Screening Level (RSL) Tables (Last updated June **2011**). Available on-line at:
<http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/index.html>.
119. US EPA. User's Guide and Background Technical Document for US EPA Region 9's Preliminary Remediation Goals (PRG) Table. , **2011c**.
<http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rb-concentration-table/usersguide.htm>.

EK

KAPALI ORTAM HAVASI DEĞERLENDİRME FORMU

Ev Kodu:

Adı Soyadı:

Adresi:

Adres Değişikliği Durumu:

Tarih, saat:

1. Ev kendinizin mi?

1. Evet 2. Hayır, kira, 3. Hayır lojman 4. Diğer, belirtiniz

2. Evinizde siz dahil kaç kişi yaşıyorsunuz?.....

3. Yaşadığınız konutun hangi yılda yapıldığını biliyor musunuz?

1. Hayır 2. Evet, belirtiniz:.....

4. Evinizin yakınında ana cadde var mı?

1.Hayır 2.Evet, yaklaşık kaç metre uzaklıkta olduğunu belirtiniz. m

5. Konutun zemini aşağıdakilerden hangisidir :

1.Toprak 2.Kaya 3. Dolgu 4. Bilmiyorum

6. Konutun türü aşağıdakilerden hangisidir?

1.Betonarme 2.Çelik 3.Kagir 4.Kerpiç 5.Ahşap 6.Diğer, ne olduğunu belirtiniz

7. Konutun tipi aşağıdakilerden hangisidir?

1.Çok katlı 2. Tek katlı

8. Konutun bulunduğu katı belirtiniz.

1.Bodrum 2.Zemin 3.1.kat 4.2.kat 5.3.kat 6.4.kat 7. 5. kat 8. Diğer, kaçınıcı kat olduğunu belirtiniz

9. Konutun baktığı yön aşağıdakilerden hangisi/hangileridir?:

1.Doğu 2.Batı 3.Kuzey 4. Güney 5.Kuzey Doğu 6.Kuzey Batı 7.Güney Doğu
8.Güney Batı

10. Konut net alanı kaç metrekaredir?

1.....m2 2. Bilmiyorum

11. Evinizde salon dahil kaç oda bulunmaktadır. :

.....Salon.....oda

12.Evinizde ayrı mutfak var mıdır?:

1.Hayır 2. Evet

13. Yemek pişirmek için hangi enerji kaynağını/kaynaklarını kullanıyorsunuz?.

1. Doğal gaz 2. Elektrik 3. Odun-kömür 4. Diğer, ne olduğunu belirtiniz

14. Evinizde tuvalet var mı?

1.Yok 2.Var, kaç tane olduğunu belirtiniz

15. Evinizde banyo var mı?

1.Yok 2.Var, kaç tane olduğunu belirtiniz

16. Evinizde şömine var mı?

1.Yok 2.Var, kullanmıyoruz 3. Var, kullanıyoruz

17. Evinizde mangal var mı?

1.Yok 2.Var, kullanmıyoruz 3. Var, kullanıyoruz

18. Konut ısıtma sistemi aşağıdakilerden hangisidir?

1.Merkezi sistem 2.Kat kaloriferi 3.Kazan 4.Soba 5.Diğer.

19. Evde soba kullanılıyorsa yakıt tipi aşağıdakilerden hangisi/hangileridir

1.Kömür 2.Doğal gaz 3.LPG 4.Petrol ürünleri 5.Elektrik 6. Diğer, ne olduğunu belirtiniz

20. Evinizdeki döşeme tipi/tipleri aşağıdakilerden hangileridir?

1.Ahşap 2.PVC 3. Boydan boya halı 4. Seramik 5. Mozaik 6. Diğer, belirtiniz.

21. Çocuk odasının döşeme tipi aşağıdakilerden hangisidir?

1.Ahşap 2.PVC 3. Boydan boya halı 4.Seramik 5. Mozaik 6. Diğer, belirtiniz

22. Duvar boyası aşağıdakilerden hangisidir?

1. Badana 2.Plastik boya 3.Yağlı boya 4.Kireç 5. Diğer.....

23.Pencereleriniz aşağıdakilerden hangisi/hangilerinden yapılmıştır?

1. Ahşap 2. PVC 3.Diğer.....

24. Evinizde en son baca temizliğinin ne zaman yapıldığını biliyor musunuz?

1. Hayır 2. Evet, ...ay/yıl önce

25. Evinizde sigara içiliyor mu:

1.Hayır 2.Evet

26. Evinizde sigara içiliyorsa kaç kişi, içiyor.....kişi

27. Evinizde sigara içiliyorsa nerede içiliyor?

1.Evin içinde 2. Balkonda 3. Kapının önünde

28. Evde alışılmış dışı bir koku var mı:

1.Hayır 2.Evet, ...kokusuna benziyor

29. Evde duvarlarda nem, küf veya kabarma var mı?

1. Hayır 2. Evet,..... var

30. Evde tüylü hayvan var mı:

1.Hayır 2. Evet, ne olduğunu belirtiniz

31. Evde nemlendirici bir araç kullanılıyor mu?

1.Hayır 2. Evet

32. Evde havalandırma/iklimlendirme aygıtı var mı?

1.Hayır 2. Evet

33.Pencereler açılınca evde hava akımı oluyor mu?

1.Hayır 2. Evet

34. Eve girdiğinizde pencereler açık mıydı?

1.Hayır 2. Evet, hangi pencerelerin olduğunu belirtiniz

35. Evde ağaç işi, yapıştırma işi, kil işi, model vb hobisi olan var mıdır?

1.Hayır 2. Evet Ne/neler olduğunu belirtiniz

36. Evde koku giderici deodorant sprey kullanılıyor mu:

1.Hayır 2. Evet

37. Evde temizlik malzemelerini, dezenfektanları ne sıklıkta kullanırsınız?

38. Evde prize takılarak tablet yerleştirilen sivrisinek kaçırcı kullanılıyor mu?

1.Hayır 2. Evet

39. Evde ilaçlama yapılıyor mu?

1.Hayır 2. Evet, en son ne zaman yapıldı?

40. Evde son bir yıl içinde hamamböceği, fare vb gördünüz mü?

1. Hayır 2. Evet, ne olduğunu belirtiniz

41. Evde son 1 yıl içinde tamirat /boya yapıldı mı?

1. Hayır 2. Evet , ne yapıldığını belirtiniz

42. Evinize yeni mobilya, halı alındı mı?

1. Hayır 2. Evet, ne/neler alındığını belirtiniz

43. Bebeğinizin odası için herhangi bir hazırlık yaptınız mı?

1.Hayır 2.Evet, neler yaptığınızı belirtiniz

44. Bebeğin yatağı hangi malzemeden yapılmıştır?

45. Bebeğin karyolasının cinsi nedir ?

46. Bebeğin yatağının yerden yüksekliği kaç cm dir? cm

47. Evde yaşayanlardan astımı olan var mı?

1. Hayır 2.Evet, kim/ kimler olduğunu belirtiniz

48. Evde astım dışında solunum sistemi hastalığı olan var mı? 1. Hayır 2. Evet,
kim/kimler:

49. Örnek alınması sırasında evde kaç kişi bulunmaktadır?.....kişi

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Parisa BABAEI

Doğum Yeri: SALMAS/İRAN

Medeni Hali: Bekar

E-posta: parisa_babaei_elec@yahoo.com

Adresi: Hacettepe Üniversitesi, Beytepe kampüsü, Yer bilimleri binası, 2.kat, Çevre Mühendisliği Bölümü

Eğitim

Lisans: 2003 - 2007, , Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İslamık azad university of Lahijan, İran

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (İyi)

Türkçe (Çok iyi)

Farça (Çok iyi)

Azerice (Ana dil)

İş Deneyimi

TÜBİTAK Projesi , Ekim 2010-Mart 2014- Prenatal Dönemden Başlayarak 2 Yaşına Ginceye Kadar Çocukların Evlerindeki İç Ortam Kirleticilerinin ve Bu Kirleticilerle Alt Solunum Yolu Enfeksiyonları ve Alerjik Yakınmalar Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. Poroje Yürütücüsü: Gülen GÜLLÜ

Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Projesi ,2014- 2015, Koruyucu Sağlık Hizmetlerinin Geliştirilmesini Etkileyen Durumların ve Yapılması Gerekenlerin

Belirlenmesi, Koruyucu Sağlık Hizmetleri Stratejisinin Geliştirilmesi ve Eylem Planı Projesi” Kocaeli-Ergene ve Antalya Havzası İçin Hava Kalitesinin Durumunu Tespit Etmek Ve Kirlenici Unsur Ve Faktörlerinin Sonuçları İle Değerlendirilmesi Yönteminin Oluşturulması bölümünün uçucu organik bileşikleri ve Termal desorber- GC/MS analizleri.

Deneyim Alanları

Çevresel Etki Değerlendirme, İç ve Dış Ortam Hava Kalitesi

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

Poster: Parisa BABAEİ, İlknur DURUKAN, Gülen GÜLLÜ, EV TOZLARINDA AĞIR METALLERİN DERİŞİMİ, TMMOB CMO 10.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Eylül 2013. Ankara – Türkiye

Sözlü sunum: Parisa BABAEİ, İlknur DURUKAN, Gülen GÜLLÜ, EV TOZLARININ AĞIR METAL DERİŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ, 12.Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İç Hava Kalitesi Sempozyumu, TESKON 2015, İzmir- Türkiye.(Bildiri kitabın da tam metin makale basılmış)

Sözlü sunum: Parisa BABAEİ, İlknur DURUKAN, Gülen GÜLLÜ, Heavy Metal Concentration Of House Dust, International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICOCEE –Cappadocia 2015)