

T.C.  
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL BÖLGE KOMŞULUĞUNDA KIYISAL  
KIRSAL ALANDAKİ HAVA KALİTESİ; MUALLİMKÖY'DE  
PARTİKÜL MADDEDE VE TOPRAKTAKİ  
AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

GÖZDE ÖZKAN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE  
2009



T.C.  
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİYEL BÖLGE KOMŞULUĞUNDA KIYISAL  
KIRSAL ALANDAKİ HAVA KALİTESİ; MUALLİMKÖY'DE  
PARTİKÜL MADDEDE VE TOPRAKTAKİ  
AĞIR METAL KİRLİLİĞİ

GÖZDE ÖZKAN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN  
Yrd. Doç. Dr. Pınar ERGENEKON

GEBZE  
2009



## YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15.06.2009 tarih ve 2009/13 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 09,07,2009 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Gözde ÖZKAN'ın tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Pınar ERGENEKON

ÜYE

: Doç. Dr. Aykan KARADEMİR

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Salim ÖNCEL

### ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15.06.2009 tarih ve 2009/13 sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

**TEZİN BAŞLIĞI:** Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyısal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi: Muallimköy’de Partikül Maddede ve Topraktaki Ağır Metal Kirliliği

**YAZARIN ADI:** Gözde ÖZKAN

Ülkemizin çevresel kirliliği açısından en kritik bölgelerinden biri olan Kocaeli iline bağlı Dilovası beldesinde, kanser nedeniyle ölüm vakalarının Türkiye ortalamasının üç katı olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada Dilovası komşuluğundaki GYTE Muallimköy Yerleşkesinde 2008 yılının Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında ve 2009 yılının Haziran ayında 1'er hafta olmak üzere toplam partikül madde (PM) ölçümleri yapılmıştır. Toplanan PM kadmiyum (Cd), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Demir (Fe) metalleri açısından incelenmiştir. Ayrıca Muallimköy ve Dilovası sınırları içerisinde 10 farklı noktadan alınan toprak örneklerinde Cu, Cd, Ni, Pb ve Fe analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tüm ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek TPM kirliliği 2008 Mayıs ayında  $362.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Mayıs 2009 ölçüm haftasının yağışlı olması nedeniyle TPM konsantrasyonlarının diğer aylardan oldukça düşük olduğu görülmektedir. Diğer çalışmalarla kıyaslandığında özellikle Cd kirliliğinin ( $13.79 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) birinci sırada yer alması bölgede ciddi bir ağır metal kirliliği olduğunu göstermektedir. Metallerin birbiriyle ve TPM ile korelasyonuna bakıldığında Cd, Cu ve TPM arasında yüksek korelasyon bulunurken Ni ile diğer metaller arasında ise herhangi anlamlı bir korelasyon belirlenmemiştir.

DLV bölgesinde toprak numunelerinin sonuçları bölgenin özellikle Cd ve Cu, GYTE bölgesinin ise Pb açısından ciddi derecede kirlendiğini göstermektedir. TPM'nin toprak yüzeylerinden kalkın tozlardan oluşup oluşmadığını anlamak için EF değerleri hesaplanmıştır. Bazı günlerde çok düşük değerler gözlemlenirken ( $<1$ ), Cd ve Cu genelde 10'un üzerinde EF değerleri bu metaller için bölgedeki emisyon kaynaklarının etkin olduğuna işaret etmektedir.

## SUMMARY

**TITLE OF THE THESIS:** Air Quality of Coastal Rural Area in the Neighborhood of Industrial Site: Heavy Metal Pollution in Particulate Matter and Soil at Muallimkoy

**NAME OF AUTHOR:** Gözde ÖZKAN

It has been known that death rate caused by cancer in Dilovasi, district of Kocaeli and one of the most critical areas, is three times higher than Turkey's average. On the scope of this study at the GYTE Muallimkoy Campus situated in the neighborhood of Dilovasi total particulate matter (TPM) measurements were conducted in April, May, and June of 2008 and June of 2009 for one week period. TPM was analyzed in terms of copper (Cu), cadmium (Cd), nickel (Ni), lead (Pb) and iron (Fe) content. In addition soil samples from 10 different points within Muallimkoy and Dilovasi area were collected and were analyzed in terms of Cd, Ni, Pb, Cu, and Fe.

The highest TPM concentration was observed in May, 2008 with a value of 362.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In the week of May 2009, on the other hand, lowest TPM concentrations were observed due to precipitation occurred in this particular period. Compared to other studies on the heavy metal content of TPM, Cd concentration (13.79  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) was found to be highest showing a serious Cd pollution in the ambient air of the region.

Based on analysis of soil samples from Dilovasi region has shown that Dilovasi especially was polluted in terms of Cd and Cu whereas Muallimkoy area has high Pb content in its soil. Calculated Enrichment Factors (EF) were mostly higher than 10 especially for Cd ve Cu indicating aerosols from the sources in the region instead of crustal sources.

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımı yönlendiren ve çalışmanın her aşamasında yanımda olan değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Pınar ERGENEKON' a, çalışmam boyunca desteklerini benden hiç esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. M. Salim ÖNCEL' e ve Araş. Gör. Aytuğ TEKBAŞ' a yardımlarından dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

Laboratuar çalışmaları sırasında ağır metal ölçümlerini AAS cihazında yoğun uğraşlar sonucunda gerçekleştiren Araş. Gör. Elif ŞENTÜRK' e ve gerekli malzemelerin temininde elinden gelen desteği veren Tekniker İpek AKIN' a yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TESEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	x
SEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Amaç ve Kapsam	1
2. KOCAELİ BÖLGESİ: MUALLİMKÖY	2
2.1. Genel Konum ve Fiziki Coğrafyası	2
2.2. Sanayi Yapısı	3
2.3. Meteorolojik Veriler	3
2.3.1. Sıcaklık	3
2.3.2. Rüzgar	4
3. PARTİKÜL MADDELER ( PM)	5
3.1. Partikül Madde Kaynakları	6
3.2 Partikül Maddelerin Atmosferde Kalış Süreleri	7
3.3. Sağlık Açısından Etkileri	7
4. AĞIR METALLER	9
4.1. Kurşun	12
4.1.1. Kurşun Kaynakları	12
4.1.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süreleri ve Çıkarılma Mekanizmaları	13
4.1.1.2 Toprak ve Bitkilerde Kurşun	13
4.1.2. Kurşunun Sağlık Açısından Etkileri	14
4.2. Kadmiyum	15
4.2.1. Kadmiyum Kaynakları	16
4.2.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süreleri ve Çıkarılma Mekanizmaları	16
4.2.1.2. Toprak ve Bitkilerde Kadmiyum	16
4.2.2. Kadmiyumun Sağlık Açısından Etkileri	17



4.3. Nikel	17
4.3.1 Nikel Kaynakları	17
4.3.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süreleri ve Çıkarılma Mekanizmaları	18
4.3.1.2. Toprak ve Bitkilerde Nikel	18
4.3.2. Nikelin Sağlık Açısından Etkileri	18
4.4. Bakır	19
4.4.1. Bakır Kaynakları	20
4.4.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süreleri ve Çıkarılma Mekanizmaları	20
4.4.1.2. Toprak ve Bitkilerde Bakır	20
4.4.2. Bakırın Sağlık Açısından Etkileri	21
4.5. Demir	21
4.5.1. Toprak ve Bitkilerde Demir	21
4.5.2. Demirin Sağlık Açısından Etkileri	22
4.6. Ağır Metallerin Ölçülmesi	22
4.6.1. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)	22
<b>5. MATERYAL METOD</b>	24
5.1. Çalışma Alanı	24
5.2. Numune Toplama Yöntemi	25
5.2.1. Hava Örneklerinin Toplanması	25
5.2.2. Toprak Numuneleri	26
5.3. Örneklerin Analizi	26
5.3.1. Hava Numunelerinin Ekstraksiyonu	26
5.3.2. Toprak Numunelerinin Ekstraksiyonu	27
5.3.3. Kalite Kontrol ve Güvence	29
5.3.3.1. AAS Kalibrasyon Grafikleri	29
<b>6. BULGULAR VE TARTIŞMA</b>	33
6.1. Havadan Toplanan Örnekler	33
6.1.1. TPM Konsantrasyonları	33
6.1.2. Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi Sonuçları	36
6.1.3. Hava Numunelerinde Ağır Metal Sonuçları	36
6.2. Toprak Numunesi Sonuçları	41
<b>7. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	55

<b>KAYNAKLAR</b>	57
<b>EK-1</b>	61
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	63

## SİMGELER DİZİNİ

<b><math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math></b>	:	Mikrogram/metre küp
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	:	Mikrometre
<b>AAS</b>	:	Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
<b>Cd</b>	:	Kadmiyum
<b>Co</b>	:	Kobalt
<b>Cr</b>	:	Krom
<b>Cu</b>	:	Bakır
<b>dk</b>	:	Dakika
<b>DLV</b>	:	Dilovası
<b>DMİ</b>	:	Devlet Meteoroloji İşleri
<b>EF</b>	:	Zenginleştirme Faktörü
<b>EPA</b>	:	Çevre Koruma Ajansı
<b>Fe</b>	:	Demir
<b>GF</b>	:	Cam Elyaf
<b>GPS</b>	:	Küresel Konumlandırma Sistemi
<b>GYTE</b>	:	Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
<b>Hg</b>	:	Civa
<b>HKKY</b>	:	Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
<b>IARC</b>	:	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
<b>ICP</b>	:	Inductive Couple Plasma (Endüktif olarak eşleşmiş plazma)
<b>m/s</b>	:	Metre/ saniye
<b>mL</b>	:	Mililitre
<b>mm</b>	:	Milimetre
<b><math>\text{ng}/\text{m}^3</math></b>	:	Nanogram/ metre küp
<b>Ni</b>	:	Nikel
<b>Pb</b>	:	Kurşun
<b>PM</b>	:	Partikül Madde
<b>ppm</b>	:	Milyonda bir parçacık
<b>PUF</b>	:	Poliüretan Köpük
<b>SEM</b>	:	Elektron Mikroskobu ile Tarama

<b>TKKY</b>	:	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
<b>TPM</b>	:	Toplam Partikül Madde
<b>TÜBİTAK</b>	:	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
<b>WHO</b>	:	Dünya Sağlık Örgütü
<b>WNW</b>	:	Batı Kuzey Batı
<b>Zn</b>	:	Çinko

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Muallimköy konumunu gösteren uydudan alınmış fotoğraf görüntüsü	2
2.2. Ortalama rüzgar hızına göre rüzgar gülü [DMİ, 2005]	4
3.1. Partiküler madde boyut dağılımı [Seinfeld,1986]	5
3.2. Partikül maddelerin akciğer üzerinde verdiği hasar [Öztürk, 2005]	8
4.1. AAS Temel Bileşenleri	23
5.1. Toprak numunelerinin alındığı noktalar	24
5.2. Hava numunelerinin alındığı nokta	24
5.3. Numune toplama cihazı	26
5.4. Toplanan Toprak Numuneleri	26
5. 5. Toprak horizonları	27
5.6. Mikrodalga ile numune ekstraksiyonu	28
5.7. Numunelerin AAS'da analizi	29
5.8. Kurşun kalibrasyon grafiği	30
5.9. Kadmiyum kalibrasyon grafiği	30
5.10. Bakır kalibrasyon grafiği	31
5.11. Nikel kalibrasyon grafiği	31
5.12. Demir kalibrasyon grafiği	32
6.1. 2008 Nisan ayında ölçülen TPM değerleri	34
6.2. 2008 Mayıs ayında ölçülen TPM değerleri	34
6.3. 2008 Haziran ayında ölçülen TPM değerleri	35
6.4. 2009 Mayıs ayında ölçülen TPM değerleri	35
6.5. Havadaki partiküllerin SEM analizi fotoğrafları	36
6.6. Nisan 2008'de alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb içerikleri	37
6.7. Mayıs 2008'de alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb içerikleri	38
6.8. Haziran 2008'de alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb içerikleri	38
6.9. Mayıs 2009'da alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb, Fe içerikleri	39
6.10. DLV 1. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	44
6.11. DLV 2. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	44
6.12. GYTE 3. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	45
6.13. GYTE 4. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	45

<b>6.14.</b> GYTE 5. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	46
<b>6.15.</b> DLV 6. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	46
<b>6.16.</b> DLV 7. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	47
<b>6.17.</b> DLV 8. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	47
<b>6.18.</b> DLV 9. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	48
<b>6.19.</b> DLV 10. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği	48
<b>6.20.</b> GYTE ve DLV bölg. toprak örneklerine ait ortalama metal kir. değerleri	49
<b>6.21.</b> Toprak numunelerinin alındığı noktalar	49
<b>6.22</b> Kurşun Kirlilik Haritası	50
<b>6.23</b> Kadmiyum Kirlilik Haritası	50
<b>6.24.</b> Bakır Kirlilik Haritası	51
<b>6.25.</b> Nikel Kirlilik Haritası	51
<b>6.26.</b> Demir Kirlilik Haritası	52

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b><u>Çizelge</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1. Sıcaklık değerleri [DMİ, 2005]	3
4.1. Sektörel bazda ağır metal kaynakları	9
4.2. Havadaki PM10, Kurşun için limit değerler ve limit değere ulaşılacak tarih	10
4.3. Havadaki Kadmiyum, Nikel için hedef değerler ve hedef değere ulaşılacak tarih	10
4.2. Yerkabuğu tabakası ve çeşitli sedimentlerin element bileşimleri	11
4.3. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri	11
5.1. Şahit numunelerde metal analizi ortalama ve standart sapmaları	29
6.1. TPM ölçüm sonuçlarının ortalama ve standart sapmaları	33
6.2. Korelasyon Sonuçları	39
6.3. Hava Örneklerindeki Ağır Metallerin Konsantrasyonlarının Diğer Çalışmalar ile Karşılaştırılması	40
6.4. Numune alma noktalarının koordinatları	42
6.5. Toprak Numunesi Ağır Metal Analiz Sonuçları	43
6.6. Yerden kalkan toz konsantrasyonunun hesaplanması	53
6.7. Toprakta ölçülen ağır metal konst. diğer çalışmalar ile karşılaştırılması	53

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Amaç ve Kapsam

Türkiye’de sanayileşmenin yoğun olarak yaşandığı bölgelerde çevresel sorunlar ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Yirminci yüzyılın başından itibaren modern tarıma geçilmesi ve sanayileşmenin hızlanması ile birlikte hızla artan dünya nüfusunun oluşturduğu etkiyle doğal kaynaklar, ekosistemler büyük ölçüde tahrip edilmiş, kirletilmiş ve bunların sonucunda hava ve toprak kirliliği de bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaya başlamıştır.

Dünya Sağlık Örgütüne (WHO) göre ölümlerin yıllık %4-8’i hava kirliliğinden kaynaklanmaktadır [Kathuria, 2002]. Ayrıca bir çok çalışmada atmosferik partikül maddenin solunum sistemine girişi ile kanser ve kalp hastalıkları gibi uzun vadeli sağlık etkilerine sebep olduğu vurgulanmıştır [Wichmann et al. 2000; Pope et al. 2002; Lee and Schwartz 1999; Dockery et al. 1992; Dockery and Pope 1994; Dockery 2001]. Ana kirlilik kaynakları antropojenik aktiviteler ile ilişkilidir. Bir çok ülkede, çevresel kirliliğin önlenmesi için söz konusu antropojenik aktivitelerden kaynaklanan emisyonlar ile ilgili yaptırımlar uygulanmaktadır [Lopez J.M. et.al., 2005].

Yoğun sanayileşmenin bulunduğu Gebze’de bulunan GYTE Muallimköy Yerleşkesi Dilovası Organize Sanayi bölgesine çok yakın olarak konumlanmıştır. Sağlık Bakanlığı’nın Dilovası beldesindeki ölüm nedenleri üzerine yaptığı çalışmada kanser nedenli ölüm vakalarının sayısının Türkiye ortalamasının üç katı olduğu gerçeği GYTE Muallimköy yerleşkesinin de içinde olduğu bölgenin hava kirliliği açısından incelenmesi gerekliliğini doğurmuştur. Bu tez çalışmasında bölge atmosferindeki ağır metallerin belirlenmesi amacıyla ortam havasından örnekler alınarak toplam partikül madde (TPM) ve TPM’deki ağır metal içeriği incelenmiştir. Ayrıca yerleşke ve yerleşke komşuluğundaki Dilovası (DLV) beldesinden toprak örneklerinin ağır metal içeriği tayin edilmiştir. Yerleşkede ölçülen parametrelerdeki zamana bağlı değişimler ile bunların meteorolojik şartlarla ve birbiriyle olan ilişkisini, istatistiksel yöntemlerle değerlendirilerek yerleşkedeki hava ve toprak kalitesinin durumu belirlenmeye çalışılmıştır.



## 2. MUALLİMKÖY

### 2.1. Genel Konum ve Fiziki Coğrafyası

Gebze'nin merkeze en yakın köyü olan Muallimköy merkezden 6 km uzaklıktadır. Gebze merkezinin hemen güneydoğusunda, E-5 karayolundan 1.5 km güneyde, İzmit Körfezi'nden 3 km kuzeyde yer alan Muallimköy, 5 km doğusunda Dilovası kasabası, 3 km kuzeydoğusunda Tavşanlı Köyü, batısında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi arazisi, kuzeybatısında ise Gebze ilçe merkezi ile sınırlıdır. Köy, 40° 47' kuzey enlemleri 29° 30' doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 120 metredir. 1987'de sadece 130 hanelik olan köy bu gün 175 haneden ibarettir. Köyün deniz istikameti çukurluk olup Haydarpaşa-Ankara demiryolu Muallimköy'ün 2 km güneyinden denize yakın bir yerden geçmektedir.



Şekil 2.1. Muallimköy konumunu gösteren uydudan alınmış fotoğraf görüntüsü

## 2.2. Endüstriyel Faaliyetler

Köyün arazisi taşlık olup taş ve mıcır ocakları açılmasına uygun olduğundan 1960'lı yılların başında bir taş ocağı işletmesi hizmete sokulmuştur. 1970'li yıllardan itibaren sayıları artmaya başlayan taş ve mıcır ocaklarının sayısı 1988 yılında 10'a yaklaşmıştır. Mayıs 1994 tarihinden sonra ise Tavşanlı Köyü'nde kendilerine gösterilen yerlere ocak açmaya başlamışlardır. Bu tarihten itibaren Muallim Köyü'ndeki taş, mıcır ve maden ocaklarının tamamı kapatılmıştır. Muallim Köyü'nün çevresinde çoğu 1998 yılından sonra olmak üzere 15'e yakın sanayi kuruluşu halen faaliyetlerini sürdürmektedir. Başlıcaları Lever-İş Deposu, Günsan Çelik Mamülleri, Meb Metal ve Bileşikleri Sanayi, Altaş Alüminyum İmalat Sanayi, Elba Lateks Sanayi , Çavuşoğlu Makina Sanayi, Hepşen Kimya Sanayi ,Ayhanlar Asfalt , Set Beton, Üç Öztürkler, Kabel Kablo Elemanları Sanayi, Profil Boru Sanayi, Klor, İnmet gibi sanayi kuruluşlarıdır. Bu sanayi kuruluşlarından bazıları Dilovası Organize Sanayi Bölgesi alanında olup Muallimköy sınırları içinde yer almaktadır

## 2.3. Meteorolojik Veriler

### 2.3.1. Sıcaklık

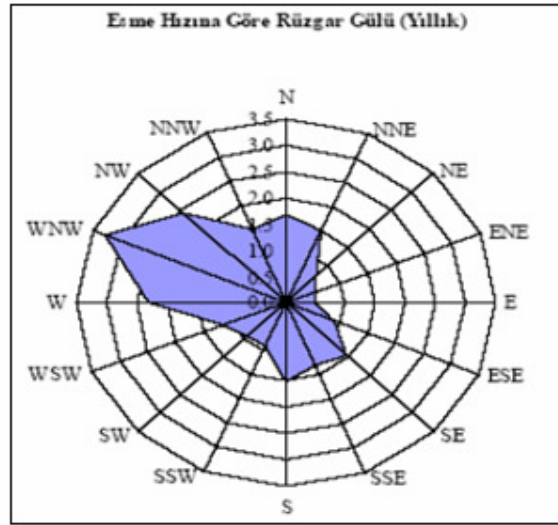
Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kocaeli Meteoroloji İstasyonu uzun süreli (1995-2004) gözlem kayıtlarına göre hesaplanan bölgedeki aylık sıcaklık değişimi Çizelge 2.1.'de verilmiştir; yıllık ortalama sıcaklık 14.9°C, ortalama düşük sıcaklık 10.9°C, ortalama yüksek sıcaklık ise 19.8°C'dir. Aylık ortalama sıcaklığın en düşük olduğu ay Ocak ayı, en yüksek olduğu aylar ise Temmuz ve Ağustos aylarıdır [DMİ, 2005].

**Çizelge 2.1.** Sıcaklık değerleri [DMİ, 2005].

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	YILLIK
En Yüksek Sıcaklık, °C	22.6	23.6	30.2	34.7	34.2	35.6	44.1	38.3	37.2	36.2	27.2	21.8	44.1
En Düşük Sıcaklık, °C	-6	-6.7	-3.8	-0.9	2.8	9.8	13.9	13.9	8	2.4	-0.3	-3.9	-6.7
Ortalama Sıcaklık, °C	6.4	6.9	8.4	12.8	17.9	22.1	24.6	23.7	20.2	16	11.8	8.3	14.9
Ortalama Düşük Sıcaklık, °C	3.5	3.3	4.6	8.5	13	17	19.7	19.5	15.9	12.4	8.2	5.5	10.9
Ortalama Yüksek Sıcaklık, °C	9.8	11.3	13.1	18	23.8	27.8	30.4	29.3	25.9	20.8	16.4	11.5	19.8

### 2.3.2. Rüzgar

Devlet Meteoroloji Enstitüsünden alınan rüzgar gülüne göre beldedeki hakim rüzgar yönü WNW (Batı Kuzey Batı) olarak belirlenmiştir (Şekil 2.2.). Kocaeli Meteoroloji istasyonu gözlem kayıtlarına göre bölgede yıllık ortalama rüzgar hızı 1.3 m/s'dir. Aylık ortalama rüzgar hızının en yüksek olduğu ay 1.6 m/s ile Mart ve Nisan ayları, en düşük olduğu ay ise 1 m/s ile Eylül ve Ekim aylarıdır.

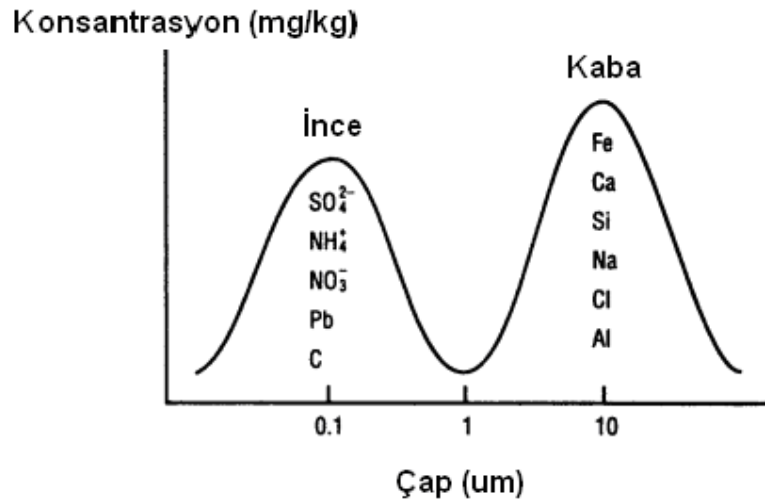


Şekil 2.2. Ortalama rüzgar hızına göre rüzgar gülü [DMİ, 2005].

### 3. PARTİKÜL MADDELER ( PM)

Partiküler madde, atmosferde veya bir gaz kütesinde, molekülden büyük ( $>0.0002 \mu\text{m}$ ) ve  $500\mu\text{m}$ 'den küçük katı veya sıvı halde bulunan maddelerdir. Partikül maddelerden kaynaklanan hava kirliliği bugün dünyada özellikle kentsel çevrelerin yüzleştiği bir çevre sorunudur. Hava kirliliğine bağlı olarak artan hastalık ve ölüm nedeniyle son yıllarda üzerinde en fazla durulan çevre kirliliği problemlerinden biridir. Dünya çapında bir milyardan fazla insan kabul edilemez hava kalitesine sahip şehirlerde yaşamaktadır.

Partikül madde (PM) boyutları açısından iki ana grupta incelenebilir. Çapları  $2.5 \mu\text{m}$ 'den küçük partiküller (PM<sub>2.5</sub>) ince partiküller, çapları  $2.5 \mu\text{m}$ 'den büyük olanlar da kaba partiküller olarak adlandırılır. İnce ve kaba partiküllerin genelde rastlanan kimyasal içeriği Şekil 3.1'de görülebilir.



Şekil 3.1. Partiküler madde boyut dağılımı [Seinfeld,1986]

Günümüzde kentsel yaşam alanlarında hava kirletici parametrelerden partikül maddelerin fiziksel ve kimyasal bileşimleri dolayısı ile önemli sağlık problemleri oluşturduğu bilimsel bir gerçektir. Çeşitli yakma prosesleri, hareketli ve sabit kaynaklardan yayılan PM ile kalp ve solunum sistemi rahatsızlıklarından meydana gelen hastalık ve ölüm oranları arasında doğrusal ilişkinin varlığı kanıtlanmıştır. Son yıllarda yapılan epidemiyolojik çalışmalarda havadaki partiküllerin sağlık üzerine etkisinin partikülün boyutuna göre değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. PM<sub>2.5</sub> daha büyük partiküllere göre farklı kimyasal bileşimlerinin de etkisiyle

sağlık üzerinde ciddi etkileri vardır. İtalya’da 8 büyük şehirde yapılan bir çalışmaya göre, havadaki partikül madde konsantrasyonu yıllık ortalama olarak,  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  indiğinde 2000 kişi ölüm/yıl,  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olduğunda 3500 kişi ölüm/yıl ve  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  indiğinde 5500 kişi ölüm/yıl ölüm oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

Dünya Sağlık Örgütüne göre partikül madde seviyesi yıllık ortalama olarak  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’den yüksek olamaz. AB standartlarına göre PM10 için 24 saatlik sınır değeri  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’dür (36 defadan fazla bu değer aşılamaz). Yıllık ortalama ise  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’den fazla olamaz. A.B.D. EPA standartlarına göre yıllık ortalama değer  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve günlük ortalama değer  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geçemez. Türkiye’de ise Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğine (HKKY) göre PM10 kış aylarında  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ve yıllık ortalama  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’den yüksek olamaz. Partikül madde konsantrasyonu  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aştığında alarm verilmesi gerekir. Türkiye’de partikül madde için verilen sınır değerleri A.B. ve A.B.D. standartlarına göre iki üç kata kadar daha yüksek kalmaktadır.

### 3.1. Partikül Madde Kaynakları

PM kaynağına göre iki ana sınıfa ayrılır. Atmosfere doğrudan atılan partiküller “birincil partiküller” olarak adlandırılır. “İkincil” partiküller ise gaz emisyonları sonucunda atmosferde oluşan partiküllerdir. Bunların kimyasal yapısı yere, zamana ve hava koşullarına göre değişir. Genellikle kaba partiküller birincil partiküllerden oluşurlar, ikincil partiküller ise daha çok ince partikülleri içerirler.

Havadaki birincil PM ısınma, motorlu taşıtlar ve endüstriyel tesislerde katı/sıvı yakıtların yakılması ile bazı endüstriyel tesislerde üretim işlemi esnasında oluşur. Örneğin çimento, madencilik, ve demir çelik sanayi gibi tesislerde üretim işlemleri esnasında önemli miktarda partikül madde meydana gelir. Ayrıca kömür yakan termik santraller de önemli miktarda partikül madde emisyonuna neden olur.

Çeşitli faaliyetlerden kaynaklanan emisyonlarının toz boyutu  $100-0.1 \mu\text{m}$ , smog boyutu  $0.5-0.001 \mu\text{m}$  ve gaz boyutu  $0.01-0.00001 \mu\text{m}$  arasında değişir. En önemli gaz

kirleticilerden olan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> gazları atmosferde reaksiyona girerek ikincil PM olarak sülfat ve nitrat partikülleri haline dönüşürler.

### **3.2. Partikül Maddelerin Atmosferde Kalış Süreleri**

Atmosferde kalma süresi boyuta ve nemseverlik özelliklerine bağlı olarak değişir. Çözünabilir tuzların nemsever özellikleri yüzünden nemli ortamda su alarak büyürler ve çözelti damlacıkları oluştururlar. Büyüklüklerine göre havada kalma süreleri birkaç saniyeden aylara kadar değişebilir. 0.1-10 µm arasındakiler için 1 gün ile birkaç hafta kalma süresi olabilmektedir.

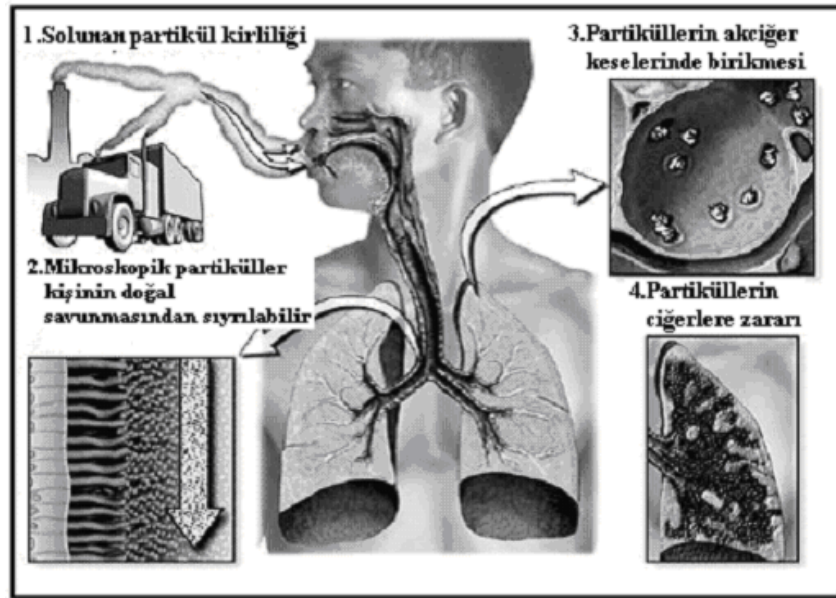
### **3.3. Sağlık Açısından Etkileri**

Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle bileşerek aside dönüşmektedir. PM10, akciğere kadar ulaşarak akciğerlerde birikir ve kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatarak nefes darlığına neden olmaktadır. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi için kalbin daha fazla çalışması gerektiği için kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Ayrıca akciğer dokusunun bozulması, akciğer fonksiyonunun azalması ve şiddetli astıma neden olmaktadır. PM2.5, akciğerlerin derinliklerine kadar inerek akut solunum semptomlarına, kronik bronşit çocuk hastalıklarına, prematüre ölümlere, kalp atışlarında düzensizliklere ve kalp krizine neden olmaktadır.

Havada bulunan partiküllerin % 0.01-3'ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirir. Bunların sağlık yönünden önemi, insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Partiküller metaller, sülfat, nitrat vb. kimyasal maddeler taşıyabilecekleri gibi biyolojik orijinli de olabilirler. Biyolojik orijinli olanlar reaktif akciğer hastalıklarına yol açabilirler. Metaller akciğer sıvılarında çözünabilirler, kimyasal reaksiyonlara girebilirler ve bağışıklık sistemini etkileyebilirler. Bazı partiküller II. Sınıf kanserojendir.

Alan/hacim oranı küçük partiküllerde daha fazla olduğu için kimyasal maddeler küçük partiküllerin üzerinde daha çok birikir. Bu çok küçük partiküller solunum yoluyla akciğerlere kadar inebildikleri için hem solunum yollarında hem de akciğerlerde çeşitli rahatsızlıklara neden olurlar. Küçük partiküller havada daha uzun süre kalıp daha geniş alanlara taşınabilirler. Bu bakımdan, küçük partiküllerin neden olduğu sağlık etkileri büyük partiküllere göre çok daha fazladır [Ertürk, 2007].

Partikül maddelerin sağlık üzerine etkileri akuttan daha çok kroniktir. Uzun süre partikül maddelere maruz kalındığında akciğerde partikül birikmesi sonucu sağlık problemleri görülmektedir. Partikül maddelerin akciğer üzerinde yaptığı tahribat Şekil 3.2.'de verilmiştir.



**Şekil 3.2.** Partikül maddelerin akciğer üzerinde verdiği hasar [Öztürk, 2005]





Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler (madenler, dökümhaneler vd.), metal içerikli ürünlerin insineratörlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar. Fosil kaynaklı katı ve sıvı yakıtların içerdiği pek çok metal (arsenik, kurşun, kadmiyum, selenyum, vanadyum gibi) yakın çevremizdeki havayı kirletir. Ayrıca egzoz gazlarından çıkan kurşun bileşikleri trafiğin yoğun olduğu şehirlerin havasını kirletir. Uçucu ağır metaller ve havadaki partiküllere yapışmış olan metaller geniş alanlara dağılabilir.

Ülkemizde Hava Kalitesi Yönetmeliğindeki Kirletici Konsantrasyonları 06/06/2008 tarih ve 26898 sayılı resmi gazete yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği Ek1’de B ve C maddesi altında verilmiş olup Çizelge 4.2.’de PM10 ve ağır metaller ile ilgili limit değerler özetlenmiştir

**Çizelge 4.2.** Havadaki PM10, Kurşun için limit değerler ve limit değere ulaşılacak tarih

<b>Kirletici</b>	<b>Limit Değer</b>	<b>Limit Değere Ulaşılacak Tarih</b>
PM 10	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 Ocak 2019
Kurşun	0.5 $\mu\text{m}/\text{m}^3$	1 Ocak 2019
Kadmiyum	5 $\text{ng}/\text{m}^3$	1 Ocak 2020
Nikel	20 $\text{ng}/\text{m}^3$	1 Ocak 2020

Motorlu taşıtlar ve hava taşıtlarından çıkan gazlar hava ve toprak kirliliğinde etkili olmaktadır. Bu gazlar karbon, nitrojen ve sülfür ile bazı ağır metalleri içerirler. Bu kirleticiler partikül olarak direkt veya atmosferden yağmurlarla topraklara katılırlar. Topraklardaki ağır metallerin doğal konsantrasyonları esas olarak topraklardaki ana materyallerin tip ve kimyasına bağlıdır. Yerkabuğu, bazı sedimentler ve genellikle topraklarda bulunan bazı ağır metallerin ortalama konsantrasyonları Çizelge 4.3.’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4. 3.** Yerkabuğu tabakası ve çeşitli sedimentlerin element bileşimleri

Element	Ana Kabuk	Ana Sediment	Nehir Suyu sed.	Deniz dibi kil	Toprak
Demir (%)	4.1	4.1	4.8	6.5	3.2
Bakır (ppm)	50	33	56	250	26
Kurşun (ppm)	14	19	150	80	29
Kadmiyum(ppm)	0.11	0.17	1	0.42	0.6
Civa(ppm)	0.05	0.19	----	0.08	0.1

Ülkemizde topraktaki ağır metal kirliliğine ait sınır değerler 10/12/2001 tarih ve 24609 sayılı resmi gazete yayımlanan Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği Ek1-A'da verilmiş olup, Çizelge 4.4'de özetlenmiştir [TKKY, 2001].

**Çizelge 4. 4.** Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **

\*pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırılabilir.

\*\* Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Ağır metaller bozunmadıkları için insan vücudunda ve sinir sisteminde tahribata yol açarak birikme eğilimindedirler. Bu sebeplerden dolayı kardiyovasküler hastalıklarda, üreme bozukluklarında ve kanserde rol oynamaktadırlar. Atmosferik iz metallerin solunmasının uzun vadede insan sağlığına ciddi etkileri vardır. Belirlenen limitlerin dışında bulunan her türlü metal, insan sağlığı üzerinde toksik etki gösterir. Hong Kong' da, PRD bölgesinde ve birkaç Asya ülkesinde; kentsel ve kırsal alanlarda partikül maddenin insan sağlığı açısından etkilerini belirlemek amaçlı çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmaların sonucunda kentsel alanlarda kırsal alanlara göre kanser oranlarında daha hızlı bir artış olduğu görülmüştür [Lam et al., 1997., Ho et al., 2003, Bergin et al., 2004, Cohen et al., 2004].

## 4.1. Kurşun

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Mavimsi veya gümüş grisi renginde yumuşak bir metaldir.

Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Dünya Sağlık Örgütüne göre çalışma ortamında izin verilen sınır  $0.1 \text{ mg/m}^3$ 'tür.

### 4.1.1. Kurşun Kaynakları

Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere kurşun yayılımını azaltmakla beraber kurşunsuz benzin bileşiminde katkı maddesi olarak tetraetil kurşun veya tetrametil kurşun gibi organik bileşiklerde bulunan kurşundan dolayı araçlar ve birçok birincil metal üretim aşamasından atmosfere kurşun ve bileşiklerinin yayılımı devam etmektedir. Dünyada en yaygın kurşun kullanımı Kuzey Amerika'dadır ve yıllık tüketim 1,300,000 ton seviyelerine ulaşır ve bu kullanım koşullarında atmosfere atılan miktar yıllık 600,000 ton seviyelerine ulaşır.

Bilimsel araştırmalar atmosferin kurşunla hızla kirlendiğini göstermektedir. Günümüzde kırsal kesimde atmosferdeki kurşun konsantrasyonu  $0.022 \text{ } \mu\text{g/m}^3$  iken, büyük şehir atmosferindeki kurşun konsantrasyonu  $1.11 \mu\text{g/m}^3$  mertebesindedir. Bu rakamlardan da anlaşılacağı gibi büyük şehrin havası kurşun bakımından hızla kirlenmektedir.

Atmosferin kurşunla kirlenmesi başlıca iki şekilde olur.

- 1) Gaz halinde
- 2) Partiküller halinde

Gaz halindeki kurşun benzin içindeki kurşun tetraetilen veya kurşun tetrametilin yanması sonucu meydana gelir ve eksoz gazlarıyla dışarıya atılır. Bunlardan başka benzine dikloroetilen de katıldığından, kurşun eksoz gazları içinde genellikle halojenli bileşiklerde bulunur.

1920'lerde kurşun bileşikleri (Kurşuntetraetil  $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ) benzine ilave edilmeye başlanmıştır ve bu kullanım alanı kurşunun ekolojik sisteme yayılımında önemli rol oynar (227.250 ton/yıl ABD). Yakıt katkı maddesi olarak kullanılan tetraetil kurşun ve tetrametil kurşunun her ikisi de renksiz sıvı olup, kaynama noktaları sırası ile  $110^\circ\text{C}$  ve  $200^\circ\text{C}$  dir.

Uçuculuklarının diğer petrol bileşiklerinden daha fazla olması nedeni ile ilave edildiği yakıtın da uçuculuğunu artırır.

Kurşun tüketiminin % 44'lük bölümü bataryalar için, % 12'lik bölümü ise benzinin içerisinde anki-knock madde olarak ilave edilen alkali kurşun bileşikleri şeklinde kullanılmaktadır [Kılıçel, F. 1992]. Kurşun kirliliğinin % 95'i bu kurşun katkılı benzin kullanan motorlar tarafında çevreye yayılmaktadır [Haktanır, K. 1995].Benzindeki alkil kurşununun %70'i yanmadan egzoz ile havaya verilmektedir [Milberg, 1980].

Partikül halinde kurşun bileşikleri çeşitli kaynaklardan gelebilir. Bunların başlıcaları şunlardır.

- 1) Kömürlerin yakılmasından
- 2) Fueloil yakılmasından
- 3) Alkil kurşun sentezi fabrikalarından
- 4) Kurşun elde etme fırınlarından
- 5) Pirinç imalathanelerinden
- 6) Kurşun oksit imalathanelerinden

#### **4.1.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süreleri ve Çıkarılma Mekanizmaları**

Kurşun atmosferde bulunan en önemli altı kirleticiden biridir. Genelde uçucu ve çapları 2.5 mm'nin altında olan kurşun bileşikleri atmosferde 7-30 gün gibi uzun süre kalabilirler. Kaynaktan çok uzun mesafelere kolayca taşınabilirler. Kurşun konsantrasyonunun en yüksek olduğu yerler, cadde/sokaklar, petrol istasyonları, kapalı otoparklar, tamir bakım atölyeleri, gişeler ve geçitlerdir.

#### **4.1.1.2. Toprak ve Bitkilerde Kurşun**

Kurşun toprak ve bitkilerde eser oranda bulunur. Genel olarak yeryüzündeki (üst tabaka) kurşun konsantrasyonu yer altındaki kurşun konsantrasyonundan daha yüksektir.

Değişik yüzdelerde olmak üzere çeşitli bitkilerde kurşun bulunur. Bitkilerdeki doğal kurşun seviyesi 5 ppm'nin altındadır. Bu doğal kurşun seviyesi bitkinin yetiştiği toprağa ve içinde bulunduğu atmosfere göre artabilir. Bitki tarafından alınan kurşunun büyük bir kısmı bitkinin köklerinde birikir. Kurşun bitkinin toprak üstündeki kısımlarında pek bulunmaz. Bitkinin kurşunu

bünyesine alması veya asimile etmesi topraktaki toplam kurşundan ziyade, topraktaki çözünebilir kurşun konsantrasyonu 0.05-5 ppm seviyesindedir. Çok çözünen kurşun bileşikleri toprakta çözünemeyen kurşun bileşikleri haline dönüşür. Bir çalışmada çözünebilir yüzdesi 2784 ppm olan bir toprak yapılmış, başka bir deyişle belirli miktarda toprak alınmış buna yukarıdaki konsantrasyonu sağlayacak kadar kurşun nitrat ilave edilmiş ve toprak üç gün sonra analiz edilmiştir. Analiz sonucu toprakta 17 ppm çözünebilir kurşun kaldığı görülmüştür.

Yakın bir geçmişte yapılan çalışmalar işlek yollara yakın topraklarda ve bitkilerde kurşun kirlenmesi olduğunu ortaya koymuştur. Kirlenme yola yaklaştıkça artmakta, uzaklaştıkça azalmaktadır. Ayrıca kirlenmenin söz konusu trafik hacmiyle de ilgili olduğu tespit edilmiştir. En şiddetli kirlenmenin yoldan yaklaşık 100 m uzaklıktaki bir şerit içinde olduğu görülmüştür. Yol kenarındaki bitkilerde görülen kurşun kirlenmesinin büyük bir kısmı yüzey kirlenmesi şeklindedir. Böyle kirlenmelerin büyük bir kısmı bitkinin iyi bir şekilde yıkanmasıyla giderilebilir ve kurşun düzeyi yola çok uzak yerlerden alınan bitkilerdeki kurşun düzeyine getirilebilir. Ancak yola yakın bitkilerin yıkanması mümkün olmadığından kurşun bu otları yiyen hayvanlara (koyun, keçi, inek) geçer ve vücutlarında birikir [Gündüz, 1998].

#### **4.1.2. Kurşunun Sağlık Açısından Etkileri**

İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125–200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1–2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300–400 mg'ı geçmemektedir. Buna rağmen çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500–1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir [John, H. D., 1996]. Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde %5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda kanda kurşun miktarı arttıkça zeka seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir. Diğer

taraftan kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır.

Kurşunun çoğu kemiklerde depolanmasına rağmen beyne, anne karnındaki cenine ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebekler ve çocuklarda düşük olan kurşun oranı, ilerleyen yaşla beraber, kurşuna maruz kalınmasıyla artış göstermektedir. Kanda 40 mg/L seviyesini aşınca tansiyon artırıcı etki de ortaya çıkar. Diğer taraftan kronik kurşun alınımı ile sperm sayısı ve morfolojisinde sınırlanır. Dünya sağlık örgütü sınıflandırmasına göre kurşun 2. sınıf kanserojen gruptadır.

Kandaki kurşun konsantrasyonunun 0.2 µg/ml limitini aşması durumunda olumsuz sağlık etkileri gözlenir. Kan kurşun konsantrasyonu 0.2 µg/ml limitini aşması ile kan sentezinin inhibasyonu, 0.3-0.8 µg/ml limitlerinde duyu ve motor sinir iletişim hızında azalma, 1.2 µg/ml limitinin aşılmasından sonra ise yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları meydana geldiği belirlenmiştir. Havadaki kurşun konsantrasyonu ile kandaki kurşun konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kurşunun havadaki 1 µg /m<sup>3</sup> konsantrasyonunun kanda 0.01-0.02 µg/ml lik konsantrasyonu oluşturduğu tespit edilmiştir. [European Commission DG Env. E3 Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, “Heavy Metals in Waste”, Danimarka 2002].

## 4.2. Kadmiyum

Gümüş beyazlığında, yumuşak, oldukça elektropozitif ve işlenebilir bir metal olan kadmiyum birçok özelliği ile çinkoya benzer. Kadmiyum ve bileşikleri yüksek derecede zehirli maddedir. Kadmiyum ilk kez 1817 yılında Almanya’da Friedrich Stromeyer tarafından keşfedilmiştir. Kadmiyumun doğada tek başına bulunduğu minerali yoktur. Çinko mineralinde CdCO<sub>3</sub> veya CdS halinde çok az miktarda bulunur. Kadmiyum hemen hemen bütün çinko filizlerinde bulunduğu için çinko elde ederken yan ürün olarak kadmiyum elde edilir. Kadmiyum yer kabuğunda 1 mg/kg’dan az miktarda bulunur [Şişman, 1999].

#### 4.2.1. Kadmiyum Kaynakları

Kadmiyumun yıllık doğaya yayılım miktarı 25,000 – 30,000 tondur ve bunun 4000 – 13.000 tonu insan faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkar. İnsan yaşamını etkileyen önemli kadmiyum kaynakları; sigara dumanı, rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, tohum aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır. Kadmiyum özellikle yeniden şarj edilebilen bataryalarda ve alaşımlarda kullanılmaktadır.

##### 4.2.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süresi ve Çıkarılma Mekanizmaları

Kadmiyum havada hızla kadmiyum oksite dönüşür. Kadmiyum sülfat, kadmiyum nitrat, kadmiyum klorür gibi inorganik tuzları suda çözünür. Havadaki kadmiyum fume konsantrasyonu 1 mg/m<sup>3</sup> limitini aşması durumunda, solunumdaki akut etkileri gözlemek mümkündür. Kadmiyumun vücuttan atılımının az olması ve birikim yapması nedeni ile sağlık üzerine olumsuz etkileri zaman doğrultusunda gözlenir.

Endüstriyel olarak kadmiyum zehirlenmesi kaynak yapımı esnasında kullanılan alaşım bileşimleri, elektrokimyasal kaplamalar, kadmiyum içeren boyalar ve kadmiyumlu piller nedeniyledir. Kadmiyum önemli miktarda gümüş kaynaklarda ve spreylere boyalarda da kullanılmaktadır [Kahvecioğlu ve Ark., 2002].

##### 4.2.1.2. Toprak ve Bitkilerde Kadmiyum

Kadmiyum diğer ağır metaller içinde, suda çözünme özelliği en yüksek olan elementtir. Bu nedenle doğada yayılım hızı yüksektir ve insan yaşamı için gerekli elementlerden değildir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı Cd<sup>2+</sup> halinde bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlere alınır ve akümüle olma özelliğine sahiptir. [Kahvecioğlu ve arkadaşları, 2002]. Kadmiyum gübre ve pestisitlerde bulunduğu topraklara çok kolay karışabilmektedir. Kadmiyumun insanlar tarafından yüksek alımı başlıca gıdalar yoluyla olmaktadır. Kadmiyum bakımından zengin gıdalar insan vücudunda kadmiyum konsantrasyonunu oldukça arttırabilir. Karaciğer, mantar, kabuklu deniz ürünleri, midye, kakao tozu ve deniz yosunu gibi gıdalarla vücuda alınmaktadır.

#### 4.2.2. Kadmiyumun Sağlık Açısından Etkileri

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre yerleşim alanlarındaki atmosferik ortalama  $0.001 \text{ g/m}^3$  düzeyinde kadmiyum ile kirlendiği hesaplanmıştır. Bunun sonucu olarak insanların solunum yolu ile günlük olarak  $0.02\text{-}2 \text{ mg}$  kadmiyum aldıkları saptanmıştır. Kadmiyum oksidin duman şeklinde yüksek oranda solunması akut, pnömönisit, akciğer ödemi ve öldürücü etkiler yaptığı ortaya çıkmıştır.

Uzun süreli maruziyetten en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir [W.H.O. Cadmium 1992].

#### 4.3. Nikel

Nikel, doğada çok düşük seviyede bulunan bir elementtir. Parlak, gümüşümsü, sert bir ferromanyetik olan nikel metali nitrik asitte çözünebilirken, seyreltik hidroklorik ve sülfürik asitte az oranda çözünebilmekte, sıcak-soğuk su veya amonyakta ise hiç çözünlük göstermemektedir. Nikelin büyük bir çoğunluğu (% 80), korozyon ve ısı direncinin yüksek, sertliğinin ve dayanımının iyi olması sebebiyle alaşım üretiminde kullanılmaktadır.

Çalışma yerlerinde toz olarak havada izin verilen değerler; nikel bazında  $0.015 \text{ mg/m}^3$  iken nikel-karbonil için  $0.007 \text{ mg/m}^3$ 'tür. Besin olarak toplam nikel alınımı, hayvan yiyecekleri veya bitkilerin tükettikleri miktarlara bağlıdır. Günlük nikel alınımının yaklaşık yarısı ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle olmaktadır.

##### 4.3.1 Nikel Kaynakları

Nikelin ana kullanım alanı paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretimleridir. Saf nikel kimyasal katalizör olarak elektrolitik kaplamada ve alkali pillerde, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, miktatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçaları ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır.



#### **4.3.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süresi ve Çıkarılma Mekanizmaları**

Doğal yayılımı yanında insan aktivitelerine bağlı olarak doğada bulunmaktadır. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri olumsuzdur. Nikel yakıtların yanması, madencilik, rafinasyon işlemleri, kentsel atıkların yakılması ile atmosfere yayılmaktadır. Bunun yanı sıra lağım çamuru karışmış toprakta ve sigarada (0 – 0.51 µg/sigara) bulunmaktadır [Emre, 2000].

#### **4.3.1.2. Toprak ve Bitkilerde Nikel**

Bitkiler nikeli absorbe ederek bünyelerine alır, sebze ve meyvelerden ekolojik döngüyle canlıların vücutlarına nikel alımı yüksektir. Nikelle kirlenen toprak veya su deriyle temas ettiğinde de nikel maruz kalınabilir. Nikelin az miktarda alınması vücut için gerekli olsada aşırı dozda alınırsa insan sağlığı için tehlikeli olabilir.

Nikel ve belirli nikel bileşenleri ciddi anlamda kanserojen olarak kabul edilen malzemeler listesinde bulunmaktadır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) nikel bileşenlerini grup 1'de (İnsanlarda kansere yol açtığına dair yeterli kanıt bulunan), nikeli grup 2B'de (İnsanlarda kansere yol açma olasılığı bulunan) listelemiştir.

#### **4.3.2. Nikelin Sağlık Açısından Etkileri**

Havadaki nikel bileşiklerinin solunması sonucunda, solunum savunma sistemi ile ilgili olarak solunum borusu irritasyonu, tahribatı, immunolojik değişim, alveoler makrofaj hücre sayısında artış, silia aktivitesi ve immünite baskısında azalma gibi anormal fonksiyonlar meydana gelir. Nikele maruziyetin oluşturabileceği başlıca sağlık riski solunum sistemi kanserleridir. Nikelle çalışanlarda astım gibi olumsuz sağlık etkilerinin yanı sıra, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu kanıtlanmıştır.

Deri absorpsiyonu sonucunda allerjik deri hastalıkları ortaya çıkar. Derideki etkileşim nikel içeren takı kullanımında ortaya çıkabilmektedir. Nikel madenciliği ve ergitme endüstrisinde mesleki maruziyet görülmektedir. Kimyasal endüstride ise nikel elektrolitik olarak kaplamada kullanılmaktadır.

Kompakt nikel ve nikel alaşımları, düşük oranda zehirli olmalarına rağmen metalik toz halindeki nikel ve nikelin kimyasal bileşikleri kanser yapıcı maddeler sınıflandırılmasında A1 (kanserojen) kategorisinde yer almaktadırlar [Emre, 2000].

#### **4.4. Bakır**

Bakır doğada çok yaygın bir maddedir. İnsanlar bakırı endüstride ve tarımda yaygın bir şekilde kullanırlar. Bakır üretimi son on yılda çok gelişmiştir ve buna bağlı olarak doğadaki bakır miktarı artmıştır. Bakır birçok çeşit gıdada, içme suyunda ve havada bulunabilir. Bundan dolayı her gün yiyerek, içerek ve soluyarak önemli bir miktar bakırı vücudumuza alırız. Bakırın absorpsiyonu gereklidir, çünkü bakır insan sağlığı için gerekli olan bir iz elementtir. İnsanların yüksek konsantrasyonlarda bakırı orantılı olarak idare edebilmelerine rağmen, çok fazla bakır önemli sağlık problemlerine yol açabilir. Vücutta bakır  $Cu^{1+}$  ve  $Cu^{2+}$  formlarında değişkenlik gösterirken, vücuttaki bakırın büyük çoğunluğu  $Cu^{2+}$  formundadır. Bakırın oksidasyon ve redüksiyon tepkimelerinde kolaylıkla elektron alıp vermesi nedeniyle son derece önemli bir elementtir.

Atmosfer koşullarında metalik gri tonunda bulunmayan iki metalden biri olan bakır, M.Ö. 5000 yılından beri tanınmaktadır ve doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir. Yıllık üretim miktarı, 14 milyon ton (2001 yılı) civarındadır.

Endüstride bakırın önemli rol oynamasının ve çeşitli alanlarda kullanılmasının nedeni çok farklı özelliklere sahip olmasıdır. Bakırın en önemli özelliklerinin arasında yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özellikleri sayılabilir.

##### **4.4.1. Bakır Kaynakları**

Bakırın alaşımları çok çeşitli olup endüstride (otomotiv, basınçlı sistemler, borular, vanalar, elektrik santralleri ve elektrik, elektronik vb.) değişik amaçlı kullanılmaktadır. Bakır; taşıtlardan, boya ve metal endüstrilerinden havaya karışmaktadır.

#### 4.4.1.1. Atmosferdeki Yaşam Süresi ve Çıkarılma Mekanizmaları

Fosil yakıtların yanması sonucunda bakır atmosfere karışmaktadır. Tarımsal kesimlerde havadaki ortalama bakır konsantrasyonu 5–50 ng/m<sup>3</sup> 'dür. Bakır metalurjik faaliyetler sonucunda atmosfere yayılmaktadır.

#### 4.4.1.2. Toprak ve Bitkilerde Bakır

Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapılı canlılar için zehir özelliği gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti-bakteriyel madde ve böcek zehri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Bakır noksanlığı fazla organik madde içeren topraklarda ve özellikle yeni tarım altına alınan organik topraklarda görülür. Bakır noksanlığı mineral topraklarda ve özellikle kumlu ve çakıllı topraklarda görülür.

Bakır birçok gıdada bulunmaktadır ve en çok da organ etlerinde, kabuklu deniz ürünlerinde, fındık ve tohumlarda bulunmaktadır. Buğday kepeği ve bütün tahıl ürünleri de bakır için iyi bir kaynaktır. Bitkilerin yetiştiği topraklardaki mineral miktarları değişkenlik gösterdiğinden, bitkilerdeki bakır miktarı da değişebilir.

Bakır bitkilerde klorofil oluşumuna yardım eder. Noksanlığında kloroz ve büyüme yavaş olur. Bakır topraklarda çözünür durumda ve değişebilir durumlarda bitkilere faydalıdır. İki değerde bakır katyonu şeklinde bitkiler tarafından alınır. Toprakta bakırın fazlası demirin alınmasının güçleştirir ve bitkilere zehir etkisi yapar. Bakır eksikliği özellikle kalevi topraklarda yetişen bitkiler üzerine bakır sülfat püskürtmek suretiyle giderilir.

#### 4.4.2. Bakırın Sağlık Açısından Etkileri

Bakır tozuna maruz kalma karaciğerde, böbrekte ve beyinde hasarlara neden olur. Akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak gözlenir. Genelde yiyecek ve içeceklere kazayla bakır ihtiva eden maddelerin karışmasıyla veya kasten bakır tuzlarının yutulması sonucu zehirlenme gerçekleşir. Ağız yoluyla alındığında akut zehirlenme insanlarda, 100 mg/kg'dır, ancak 600 mg/kg'a kadar emilim olduğunda dahi tedavisi mümkündür. İş yerlerinde havadaki bakır

tozları için sınır değerleri 1 mg/m<sup>3</sup>'dür. Ayrıca alınan doza bağlı koma durumuna ve ölümlere sebebiyet verebilir. İçme sularında Dünya Sağlık Örgütü tarafından açıklanan sınır değeri 2mg/L'dir. Gün içinde alınabilen maksimum bakır değeri kadınlarda 12mg/gün, erkeklerde 10mg/gün, 6 – 10 yaş grubu çocuklarda ise 3 mg/gündür [W.H.O. Cenova, 1996].

## **4.5. Demir**

Demir sağlığın sürdürülebilmesinde görev alan protein ve enzimlerin tamamlayıcı bir parçasıdır. İnsanlarda demir, oksijen taşınmasında yer alan proteinlerin zorunlu bir bileşenidir. Aynı zamanda, hücre gelişiminin ve çeşitlenmesinin düzenlenmesinde zorunludur. Demirin yetersiz alımı oksijenin hücrelere ulaştırılmasını kısıtlar, böylece yorgunluk, düşük iş performansı ve bağışıklığın azalmasına sebep olur. Diğer bir yandan demirin fazla alımı zehirlenme hatta ölüme sebep olabilir. Demirin vücutta yaklaşık üçte ikisi hemoglobinde bulunur ve kırmızı kan hücrelerindeki protein dokulara oksijen taşır.

### **4.5.1. Toprak ve Bitkilerde Demir**

Demir minör elementler arasında sayılmakla beraber, yer kabuğunda en fazla bulunan elementler arasında dördüncü sırayı alır. Bununla beraber, bitkiler tarafından az miktarda alınır. Demir klorofilin oluşumu için gereklidir. Demir noksanlığında klorofil iyi oluşamaz ve bitkilerde kolayca görülebilen kloroz hastalığı belirir. Demir noksanlığında bitkilerin yaprakları açık sarı renk alır. Bu durumun özellikle genç yapraklarda daha belirlidir. Yaprak damarları koyu renkli kaldığı halde damarlar arası açık renk alır. Demir klorozu yapraklara veya doğrudan doğruya toprağa ferrisülfat (FeSO<sub>4</sub>) vermek suretiyle önenebilir. Kalkerli topraklarda demir sülfatı toprağa vermek faydasızdır. Bitkilerin yapraklarına püskürtülmelidir [Ergene, 1997].

### **4.5.2. Demirin Sağlık Açısından Etkileri**

Altı yaş ve daha küçük çocuklarda, yanlışlıkla aşırı dozda alınmış demir içeren ürünler ölüme neden olmaktadır. Buna rağmen ağız yolu ile alınan elemental demirin öldürücü dozu yaklaşık olarak vücut ağırlığının 200-250 mg/kg kadardır. Akut zehirlenmenin semptomları vücut ağırlığının 20-60 mg/kg değerinde gözlenmektedir.

Demirin aşırı dozda alınması acil ve ciddi bir durumdur çünkü demir zehirlenmesinin ciddiyeti absorblanan elemental demirin miktarına bağlıdır.

## 4.6. Ağır Metallerin Ölçülmesi

Ağır metal analizlerinin yapılması için çok çeşitli yöntemler vardır. Doğru analitik yöntemin seçilmesi için bazı sayısal ölçütlere dikkat etmek gerekir. Bunlar kesinlik, duyarlık, tayin sınırı, derişim aralığı ve seçiciliktir. Işığı absorplayarak ağır metal analizi 2 şekilde mümkündür. Bunlar ICP-Inductive Couple Plasma (Endüktif olarak eşleşmiş plazma) ve Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) cihazlarıdır. Bu çalışmada AAS tercih edilmiştir.

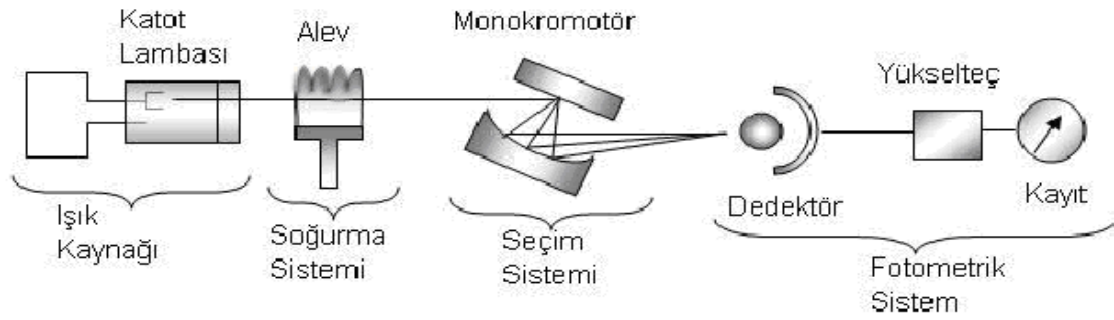
### 4.6.1 Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS)

Atomik absorpsiyon spektroskopisi, gaz halindeki ve temel enerji düzeyinde bulunan atomların, UV ve görünür bölgedeki ışığı absorblaması ilkesine dayanır. Oda sıcaklığında uyarılmış enerji düzeyindeki atom sayısı, temel enerji düzeyindeki atom sayısının yanında ihmal edilebilecek kadar azdır. Bu nedenle temel enerji düzeyindeki atom sayısının toplam atom sayısına eşit olduğu kabul edilebilir. Yani absorpsiyon miktarı temel düzeydeki atom sayısına bağlıdır.

Gaz haline getirilmiş atomların elektromanyetik ışımayı absorblaması sonucunda sadece elektronik enerji düzeyleri arasında bir geçiş söz konusudur. Bu nedenle atomların absorpsiyon ve emsion spektrumları dar hatlardan oluşmuştur. AAS her elementin bir çok absorpsiyon hattı vardır. Bunların içinden rezonans hat olarak isimlendirilen ve ışımanın dalgaboyunun, temel enerji düzeyine geçerken yaydığı ışımanın dalgaboyuna eşit olduğu hat seçilir.

Atomik absorpsiyon spektrofotometresinin bileşenleri, analiz edilecek elementin absorplayacağı ışığı yayan ışık kaynağı, örnek çözeltisinin atomik buhar haline getirildiğı atomlaştırıcı, çalışılan dalgaboyunu diğer dalgaboylarından ayrıştırılmasına yarayan monokromatör ve ışık şiddetinin ölçüldüğü dedektördür. Atomik soğurma bir elementin atomlarının iyonlaşmamış, uyarılmamış ve serbest halde buldukları zaman belirli dalga

boylarındaki elektromanyetik ışımayı soğurabilmeleri esasına dayanır. Belli elementin atomları yalnızca kendine özgü dalga boylarına ilişkin ışımayı soğurabilir.

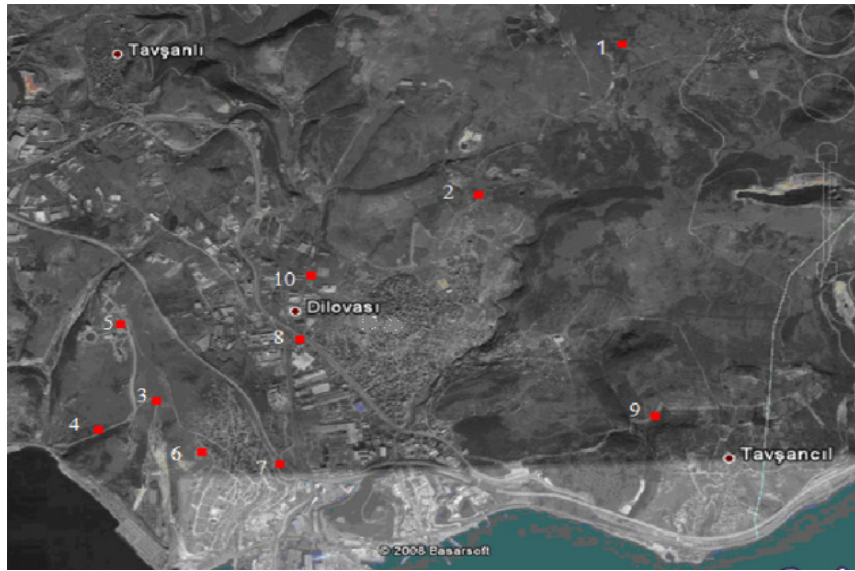


**Şekil 4.1.** AAS temel bileşenleri

## 5. MATERYAL METOD

### 5.1. Çalışma Alanı

Bu tezde hava örnekleri için GYTE Muallimköy yerleşkesi ve toprak örnekleri içinse Muallimköy ve Dilovası sınırları içerisinde 10 farklı nokta seçilmiştir. Muallimköy’de GYTE Muallimköy Çevre Mühendisliği binası terasından PUF cihazı ile (40° 47’ 23’’ K, 29° 30’ 28’’ D. Deniz seviyesinden yükseklik: 115m) alınan hava örneklerinde ve Muallimköy ve Dilovası sınırları içerisinde 10 farklı noktadan alınan toprak örneklerinde kadmiyum (Cd), Nikel (Ni), Kurşun (Pb), Bakır (Cu), Demir (Fe) analizleri yapılmıştır. Alınan hava ve toprak numune yerleri Şekil 5.1. ve Şekil 5.2. ile gösterilmektedir.



Şekil 5.1. Toprak numunelerinin alındığı noktalar



Şekil 5.2. Hava numunelerinin alındığı nokta

Toprak numunelerinin alındığı on nokta şu şekilde tanımlanmıştır: DLV 1 noktasında bodur çalılar ve çimler bulunmaktadır. DLV 2 noktası yola yakınlığı itibarıyla bitki örtüsü ihtiva etmemektedir. GYTE 3 noktası kısmen taşlık, iri parçalar içeren ve üzerinde bitki örtüsü bulunmayan bir noktadır. GYTE 4 noktası GYTE 3 noktasına kıyasla oldukça ince parçalar içermekte ve çimlerden oluşan bir bitki örtüsüne sahiptir. GYTE 5 noktası GYTE 3 noktası kadar olmamakla birlikte taşlık bir yapıya sahiptir ve bitki örtüsü ihtiva etmemektedir. DLV 6 noktası çimlerden oluşan bir bitki örtüsüne sahiptir. DLV 7 noktası GYTE 3 noktasına benzer özellikte olup taşlık, iri parçalar içeren ve üzerinde bitki örtüsü bulunmayan bir noktadır. DLV 8 noktası DLV 7 noktası kadar olmamakla beraber taşlık bir yapıya sahiptir. DLV 10 noktası taşlık bir yapıya sahiptir ve bitki örtüsü ihtiva etmemektedir. DLV 9 noktası ise DLV 10 noktasına göre daha taşlık bir yapıya sahiptir.

## **5.2. Numune Toplama Yöntemi**

### **5.2.1 Hava Örneklerinin Toplanması**

Numune toplama işlemi Andersen Instrument, Inc marka Model GPS-1 PUF aktif numune toplama cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada filtre olarak cam elyaf filtre seçilmiştir. Kullanılan GF/A – Cam elyaf filtreler 90mm çapında 1.6 µm toz tutma kapasitesine sahiptir. Numune toplamaya başlamadan önce cihaz bir kalibrasyon orifisi ile kalibre edilmiştir.

Filtre bölümüne temiz bir filtre kağıdı yerleştirildikten sonra klemp sıkıştırılıp hava kaçağının olmamasına dikkat edilmiştir. Cihazın 24 saat olan normal çalışma süreci başlatılmıştır. Bu süre sonunda cihaz kapatılarak geçen hava miktarı kaydedilmiştir. Bu işlem bu şekilde 24 saatlik periyotlar şeklinde sürdürülmüştür.

Havadan alınan örnekler; toplanan hava örnekleri için filtreler 105° C’de bir gün etüvde tutulmuş ardından bir gün desikatörde bekletilerek sabit tartıma getirilerek cihaza yerleştirilmiştir. PUF Örnekleyici kullanılarak 24 saat süre ile saatte 0.2 m<sup>3</sup>’lük hava çekilerek cam elyaf filtrelerden hava geçişi sağlanmıştır. PUF örnekleyici Şekil 5.3.’ de gösterilmiştir.





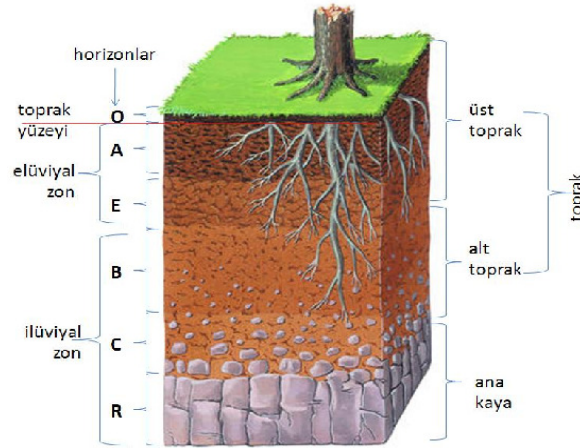
**Şekil 5.3.** Numune toplama cihazı

### 5.2.2 Toprak Numuneleri

Karelaj yöntemi ile belirlenen inceleme alanında toprakların önceden tahrip edilmemiş ve doğrudan nokta bir kaynağın etkisinde kalmamış olmasına dikkat edilerek 10 noktadan bu çalışma için toprak numuneleri alınmıştır. Topraklar paslanmaz çelik küçük küreklerle her bir noktadan yüzeyden(0-10cm) ve derinden (10-20cm) olmak üzere 2 adet numune, hava almayacak şekilde kilitli naylon poşetler içine konulmuştur (Şekil 5.4). Toprak horizonları Şekil 5.5’de görülebilir



**Şekil 5.4.** Toplanan toprak numuneleri



Şekil 5. 5. Toprak horizonları

### 5.3. Örneklerin Analizi

#### 5.3.1. Hava Numunelerinin Ekstraksiyonu

Filtreler cihaza yerleştirilmeden önce tartım odasında bulunan hassas terazide tartımları gerçekleştirilmiştir. Filtrelerden 24 saat süre ile hava geçişi sağlandıktan sonra tekrar tartıma alınmıştır. Toplam Partikül Maddeyi hesaplamak için aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır.

$$\text{Toplam Partikül Madde(TPM)} (\mu\text{g}/\text{m}^3) = \frac{(B-A) \times 1000000}{Q \times t}$$

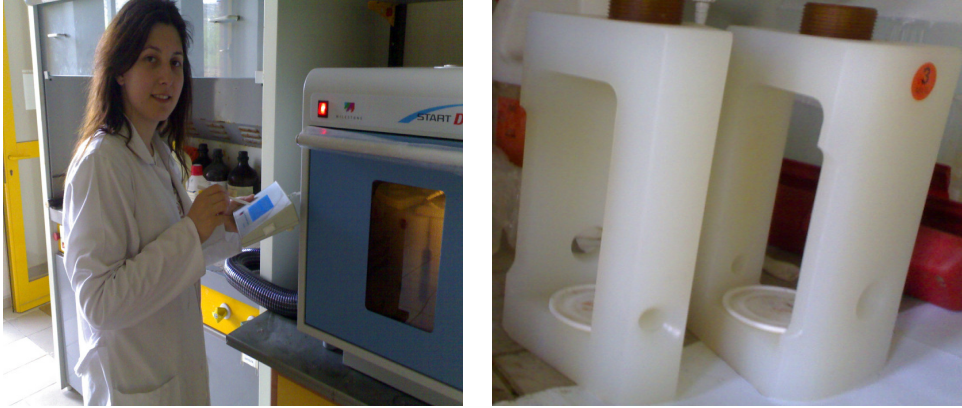
A= İlk Tartım(g)

B= Son tartım (g)

Q=Çekis Hızı(L/dk)

t= Numune toplama süresi(dk)

Filtrelerin üzerinde toplanmış olan partikül maddedeki ağır metal analizinin yapılması için şu işlemler gerçekleştirilmiştir: Mikrodalga fırında ekstraksiyon işlemi için filtreler teflon tüplerin içerisine yerleştirilip 8 mL nitrik asit, 1 mL perklorik asit ve 2 mL hidroflorik asit ile 600 watt ısı güçle, 150° C'de muamele edilmiştir. Mikrodalga ile asitle muamele işlemi Şekil 5.5. ile gösterilmiştir. Yarım saatlik muamele sonrasında soğutulmuş sistemden alınan asidik sıvı, kaba filtrelerden süzülerek saf su ile 100 mL'ye tamamlanarak AAS cihazında ağır metal analizlerine alınmıştır. AAS cihazının ağır metal ölçümlerinden önce kalibrasyonu yapılmıştır. Tüm filtrelerin aynı anda ekstraksiyonu yapılmış ağır metal ölçümleri de her bir parametre için aynı günde gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 5. 6.** Mikrodalga ile numune ekstraksiyonu

### 5.3.2. Toprak Numunelerinin Ekstraksiyonu

Bu çalışma süresince toprak numuneleri için en uygun metod bulunmaya çalışılmıştır. Konumuna dikkat edilmeden ön çalışma amacıyla alınan toprak numunelerinde yapılan ön denemeler sonucunda bu çalışmada uygulanacak metod şöyledir.

GYTE bölgesinden bir nokta baz alınarak 100 gram toprakta pH ölçümü yapılmıştır ve pH değeri 6'dan büyük olarak belirlenmiştir. Nem tespiti yapılmak maksatlı numuneler 105 °C de 1 gün bekletilerek nem miktarları aşağıdaki eşitlik yardımı ile bulunur.

$$\text{Nem miktarı} = \frac{\text{Nemli ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Kuru ağırlık} \times 100}$$

Toprak numune alma noktaları için su ve organik madde muhtevalarına bakılarak üst kısımdan alınan numunelerin içerdiği su miktarlarının % 2.5-5, 10-20cm' den alınan numunelerin içerdiği su miktarının ise % 4-11 arasında değiştiği görülmüştür. Organik madde içeriklerinin ise üst kısımlarda ve alt kısımlarda % 1-13 aralığında değiştiği görülmüştür.

Toprak numunelerinde ekstraksiyon işleminin etkin olarak gerçekleşebilmesi için toprak numuneleri havanda dövülerek tane boyutu ufaltılır. Her bir toprak numunesinin 0.25 gramı mikrodalga fırında ekstraksiyon işleminin gerçekleşmesi için teflon tüplerin içerisine yerleştirilip 2 mL nitrik asit, 1 mL perklorik asit ve 2 mL hidrflorik asit ile 600 watt ısı güç, 150 °C de muamele edilmiştir. Yarım saatlik muamele sonrasında soğutularak sistemden alınan asidik sıvı kaba filtrelerden süzülerek saf su ile 100 mL'ye tamamlanarak AAS

cihazında ağır metal analizlerine alınmıştır. Şekil 5.6. ile numunelerin saf suya geçirilmesi gösterilmiştir.



**Şekil 5. 7.** Numunelerin AAS’da analizi

AAS cihazında hangi metal analiz edilecekse o metale ait lamba takılır. Analizi yapılacak metal için bilinen derişimde çözeltiler kullanılarak kalibrasyon grafiği oluşturularak örnek çözeltilisindeki derişim saptanmıştır.

### 5.3.3. Kalite Kontrol ve Güvence

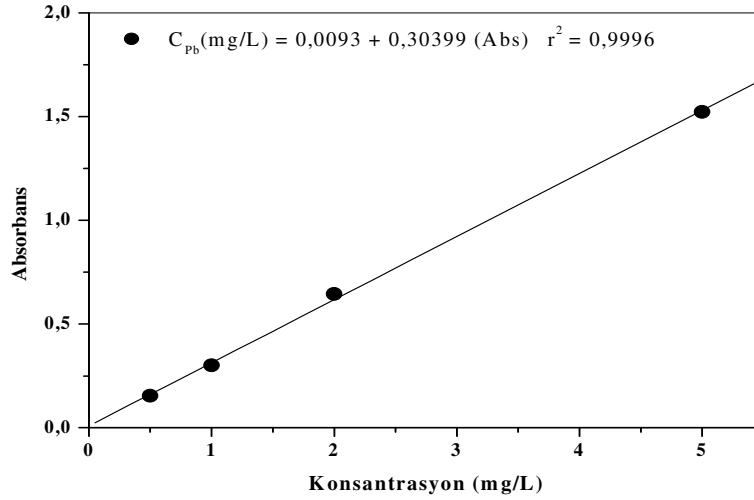
Örnekleme boyunca (ekstraksiyon ve analiz aşamalarında) herhangi bir metal kontaminasyonunu önlemek için plastik malzemeler tercih edilmiştir. Filtreler cihaza yerleştirilirken kendi kaplarında dış ortama maruz kalmadan taşınmıştır. Boş filtrelere (şahit numune) toplanan numunelere uygulanan işlemler sırasıyla uygulanarak metal içerikleri AAS ile analiz edilmiştir. Aynı işlemler n=2 tane boş filtreye uygulandıktan sonra filtrelerin metal içeriklerinin ortalama ve standart sapmaları Çizelge 5.1.’de verilmiştir. Gerçek örneklerdeki metal içeriğine kıyasla filtreden kaynaklanan metal içeriği çok düşük kaldığından ölçüm sonuçlarından bu değerler çıkartılmamıştır.

**Çizelge 5.1.** Şahit numunelerde metal analizi ortalama ve standart sapmaları

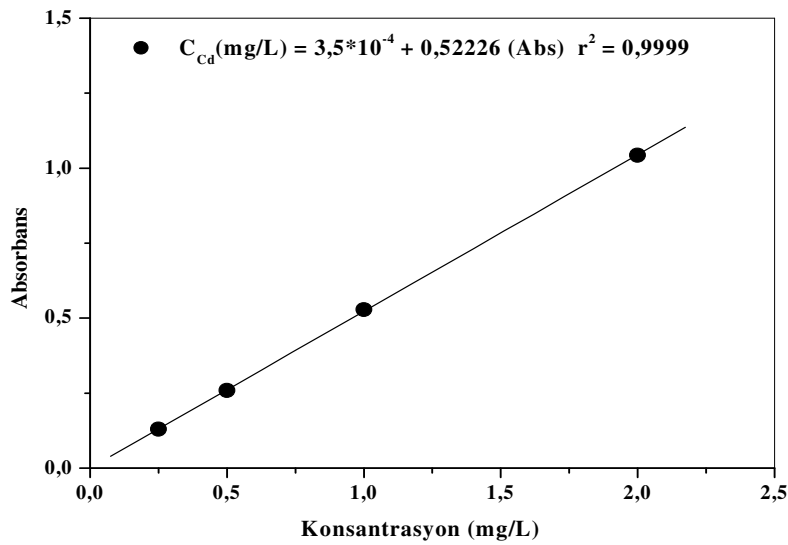
Şahit Numune	Fe (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Cd (mg/L)	Ni (mg/L)
<b>Ortalama</b>	2.55	0.615	0.495	0.465	1.3
<b>Standart sapma (±)</b>	0.05	0.075	0.015	0.015	0.03

### 5.3.3.1. AAS Kalibrasyon Grafikleri

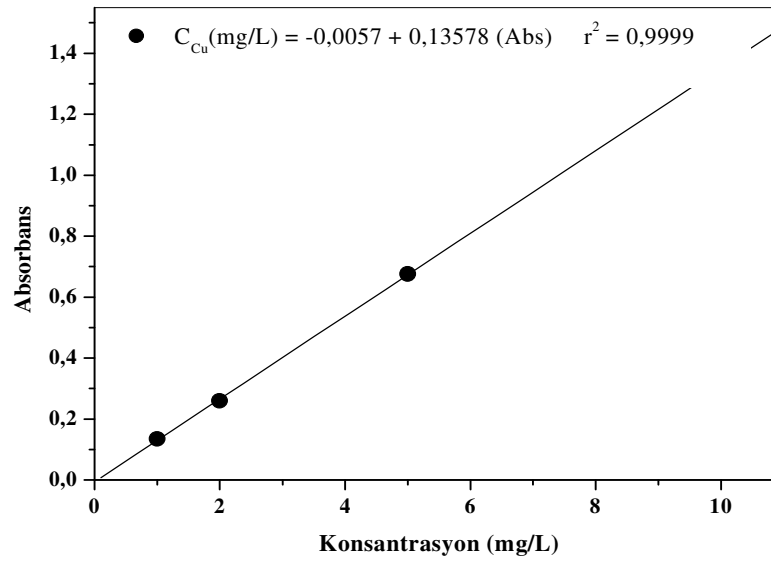
Her metal için analize başlamadan önce uygun kalibrasyon grafikleri elde edilerek analize başlanmıştır. Derişimi bilinen birkaç standart çözelti cihaza verilerek cihazın verdiği sonuçlar kaydedilmiştir. Şekil 5.7.-5.11’de görüldüğü gibi kalibrasyon doğrusuna ait  $r^2$  değerleri tüm metaller için 1’e çok yakın olarak hesaplanmıştır.



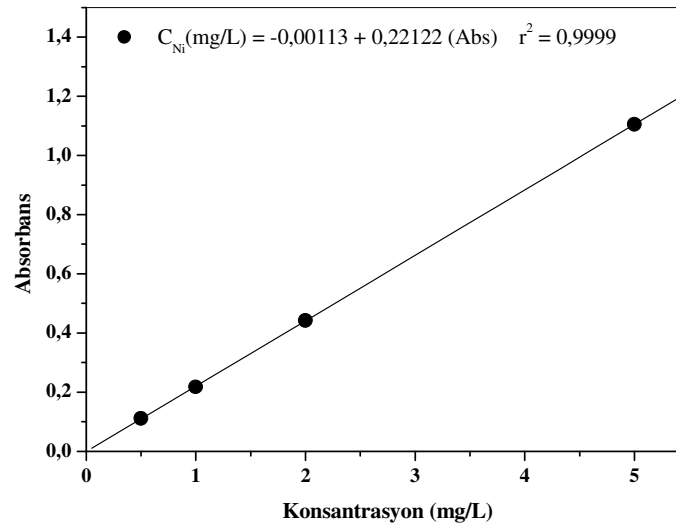
Şekil 5. 8 . Kurşun için hazırlanan kalibrasyon grafiği



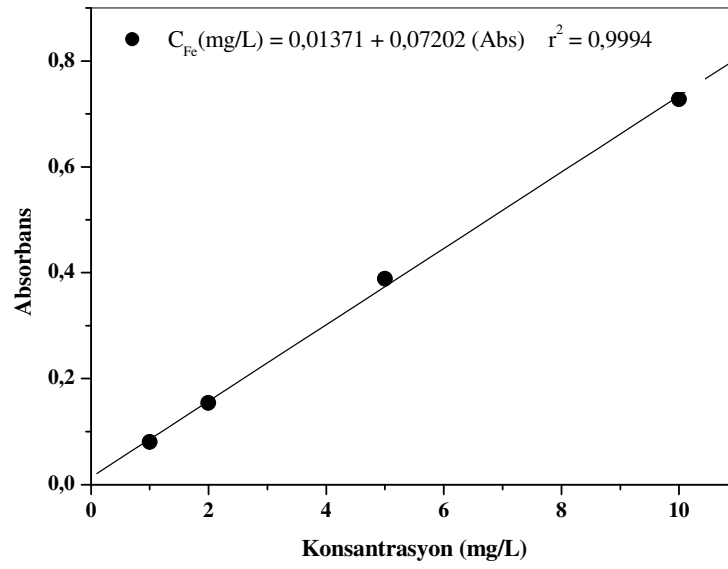
Şekil 5. 9. Kadmiyum için hazırlanan kalibrasyon grafiği



Şekil 5. 10. Bakır için hazırlanan kalibrasyon grafiği



Şekil 5. 11. Nikel için hazırlanan kalibrasyon grafiği



Şekil 5.12. Demir için hazırlanan kalibrasyon grafiği

## 6. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 6.1. Havadan Toplanan Örnekler

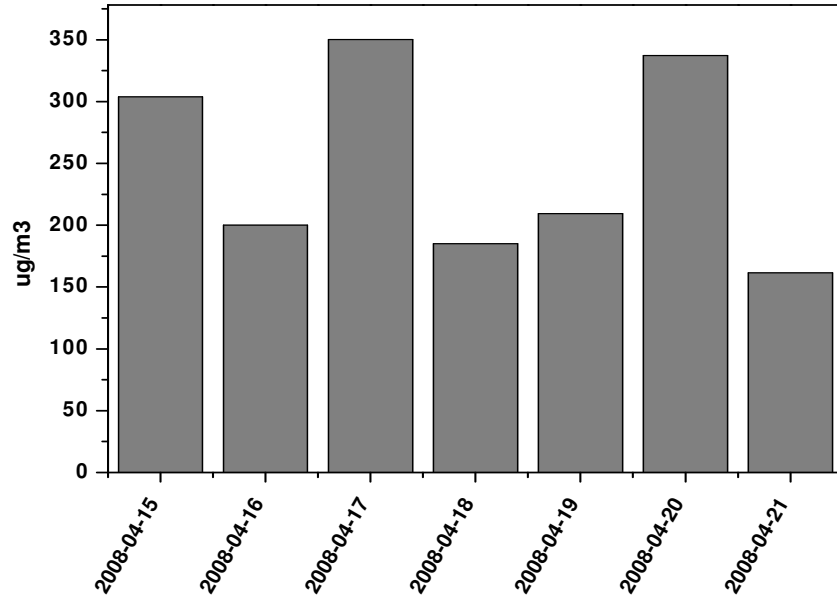
#### 6.1.1. TPM Konsantrasyonları

Nisan ayına ait TPM ölçüm sonuçlarının ortalama ve standart sapmaları Şekil 6.1.'de görülebilir. Nisan ayına ait ölçümler dikkate alındığında 17.04.08 tarihinde  $350.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile en yüksek konsantrasyon değerine ulaşılmıştır. Ayrıca bu dönemde ortalama TPM konsantrasyonu  $123.03 \pm 38.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak gözlemlenmiştir. 2008 ve 2009 Mayıs ayları içerisinde gerçekleşen 1'er haftalık ölçümlerin ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 6.1.'de görülmektedir. Şekil 6.2.- 6.4.' de irdelendiğinde 15.05.08 tarihinde alınan ölçüm sonucu  $362 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile en yüksek TPM konsantrasyonu iken bir yıl sonra TPM konsantrasyonunda ciddi bir düşüş olduğu görülmektedir. 2008 Haziran ayına bakıldığında ise en yüksek değer olan  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile 09.06.08 tarihinde ölçülmüş olup 2008 Mayıs ayı ölçümlerine yakın bir değer olduğu görülmektedir.

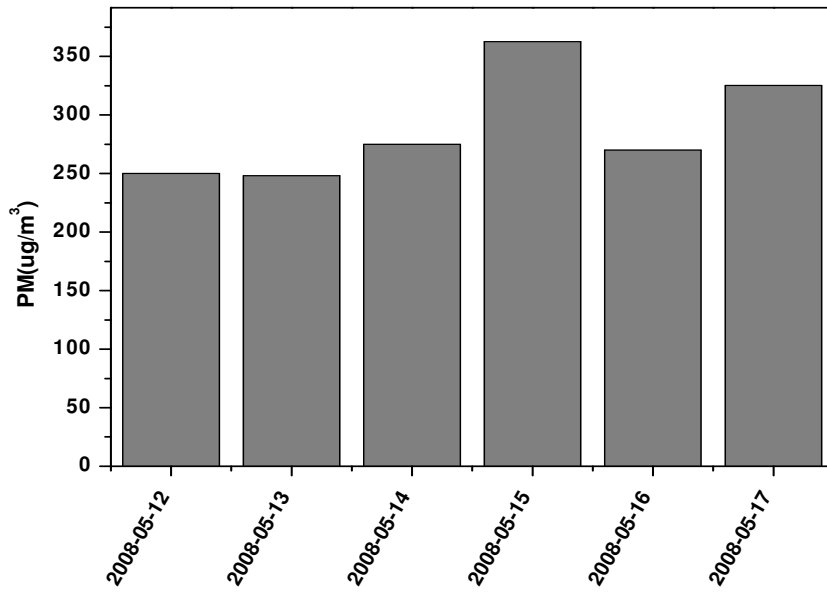
**Çizelge 6.1.** TPM ölçüm sonuçlarının ortalama ve standart sapmaları

<b>Ölçüm Zamanları</b>	<b>Ölçüm Sayısı</b>	<b>TPM Ortalamaları ve Standart Sapmaları (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Nisan 2008	7	$249.58 \pm 72.45$
Mayıs 2008	6	$288.44 \pm 41.76$
Haziran 2008	8	$291.18 \pm 60.9$
Mayıs 2009	8	$67.94 \pm 21.62$

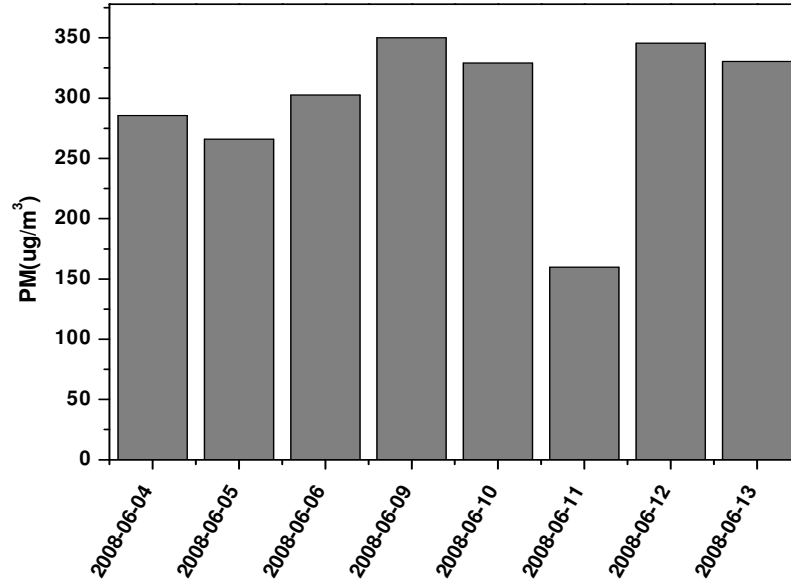




Şekil 6.1. 2008 Nisan ayında ölçülen TPM değerleri

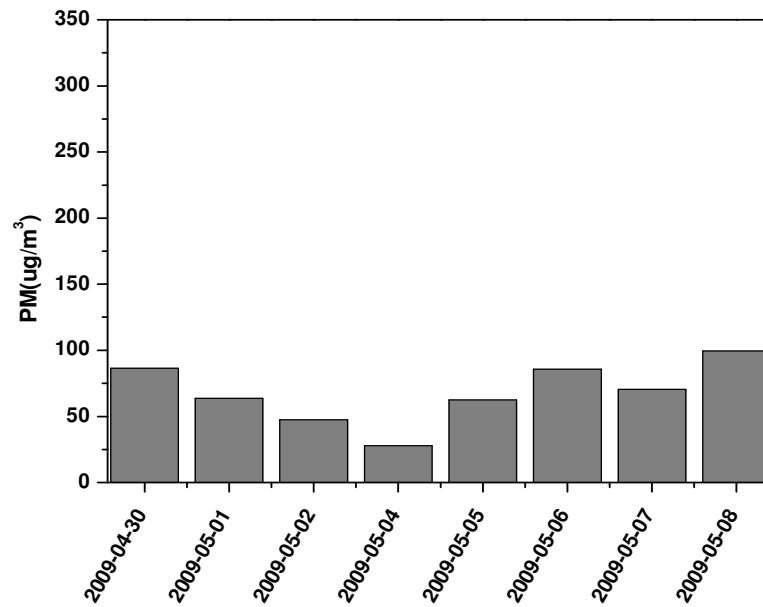


Şekil 6.2. 2008 Mayıs ayında ölçülen TPM değerleri



**Şekil 6.3.** 2008 Haziran ayında ölçülen TPM değerleri

Haziran ayında ölçülen TPM konsantrasyonları Şekil 6.3. ile verilmektedir. Bu periyotta en yüksek TPM konsantrasyonu 09.06.08 tarihinde  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Ortalama TPM konsantrasyonu ise  $291.18 \pm 60.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak ölçülmüştür.



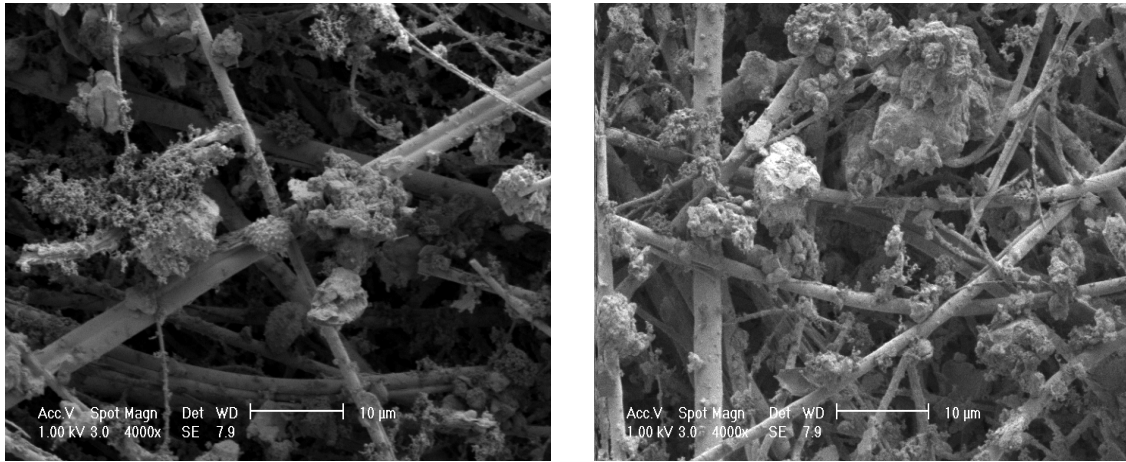
#### Şekil 6.4. 2009 Mayıs ayında ölçülen TPM değerleri

Şekil 6.4.'de 2009 Mayıs ayında alınan örneklerde en yüksek değer  $99.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ile 08.05.09 tarihinde ölçülmüştür. Tüm ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek sonuç 2008 Mayıs ayında  $362.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir.

#### 6.1.2. Elektron Mikroskobu (SEM) Analizi Sonuçları

2008 Nisan ve Mayıs aylarında toplanan 2 farklı hava numunesinde Şekil 6.5.'de görüldüğü gibi 24 saat süre ile hava geçişi sağlandıktan sonra filtrelerin SEM'de çekilmiş fotoğrafları görülmektedir. Bu iki fotoğrafa baktığımızda irili ufaklı parçacıkların cam elyaf filtrenin üzerinde tutunduğunu görebiliyoruz. İki filtre içinde boyut aralığı  $5-10\mu\text{m}$  aralığında değişmektedir.

Hindistanda yapılan bir çalışmada partikül maddelerin karakterizasyonu belirlenmeye çalışılmıştır. Partikül maddelerin yapısı hakkında bir şey söyleyebilmek için bu çalışmadaki SEM fotoğraflarıyla Hindistanda yapılan çalışmadaki SEM fotoğrafları karşılaştırıldığında bu çalışmada toplanan partiküllerin biyolojik madde veya metalik partiküller olduğu yorumu yapılabilir [Srivastava, 2005].

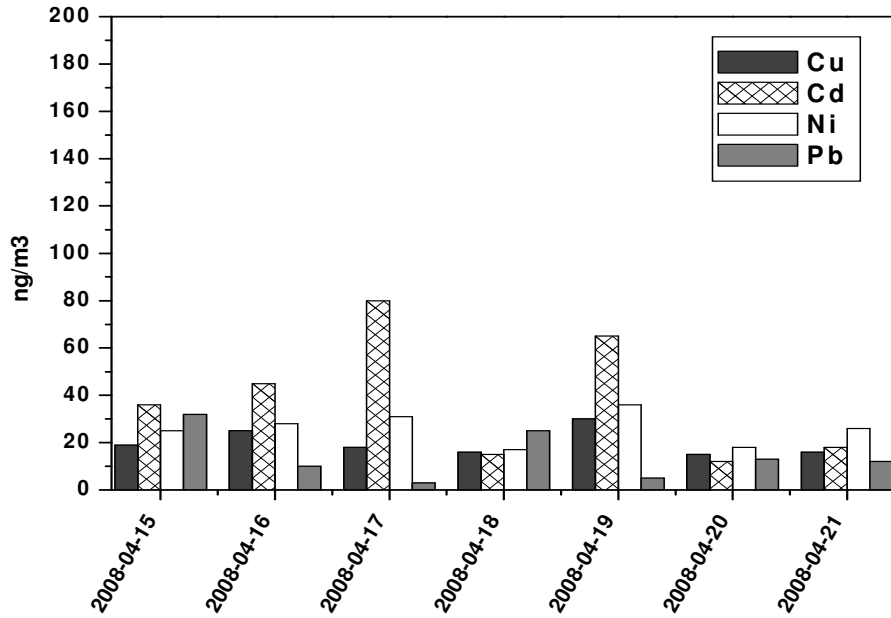


Şekil 6.5. Havadaki partiküllerin SEM analizi (4000 kez büyütülmüş) fotoğrafları

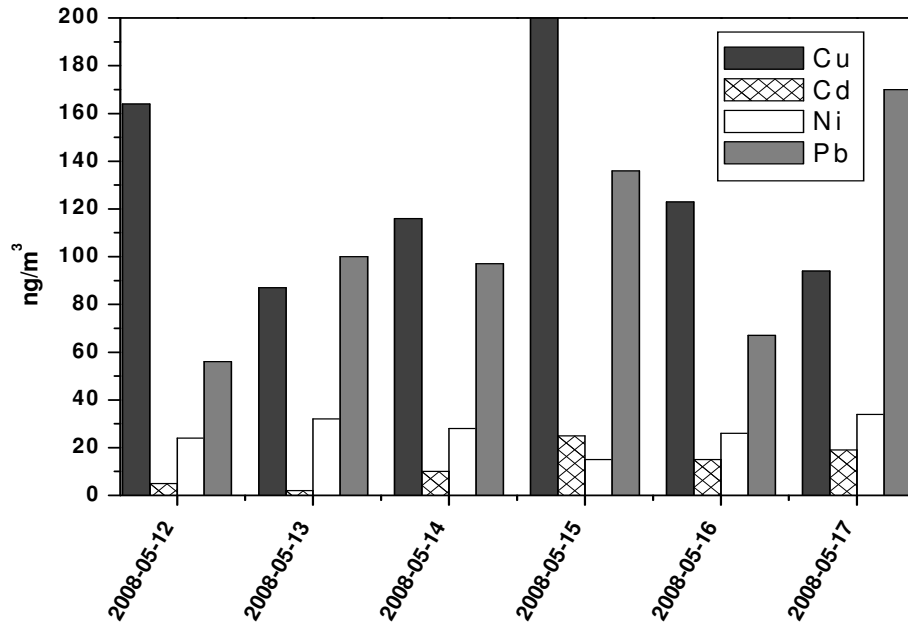
#### 6.1.3. Hava Numunelerinde Ağır Metal Sonuçları

İlerleyen grafikler hava numunelerinde ölçülen Cu, Ni, Cd, Pb metal konsantrasyonlarının periyotlar halinde gösterilmesi ile oluşturulmuştur. Şekil 6.6.'da da

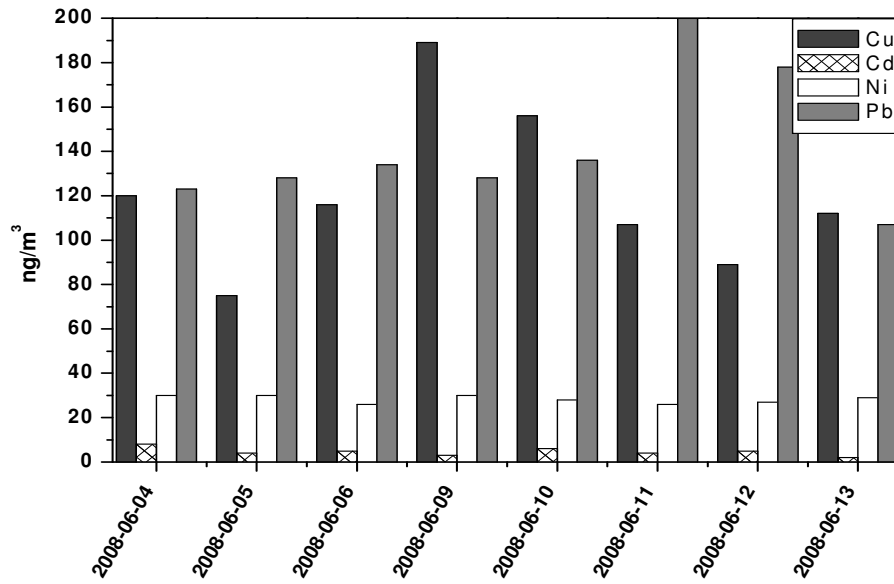
görüldüğü gibi Nisan ayı içerisinde en yüksek Cu sonucu 19.04.2008 tarihinde  $30 \text{ ng/m}^3$  olarak gözlenirken, Cd için 17.04.2008 tarihinde  $80 \text{ ng/m}^3$  olarak gözlemlenmiştir. Yine aynı periyotta ölçülen Ni ve Pb sonuçları sırasıyla, 19.04.2008'de  $36 \text{ ng/m}^3$  ve 15.04.2008'de  $32 \text{ ng/m}^3$  olarak bulunmuştur. Şekil 6.7.'den görüldüğü üzere Mayıs ayına ait ölçüm sonuçları içerisinde sırasıyla en yüksek Cu, Cd, Ni, Pb değerleri 15.05.2008'de  $206 \text{ ng/m}^3$  yine aynı tarihte  $25 \text{ ng/m}^3$ , 17.05.2008'de  $34 \text{ ng/m}^3$  ve 17.05.2008'de  $170 \text{ ng/m}^3$  olarak bulunmuştur. Haziran ayı Şekil 6.8. ile değerlendirmeye alındığında Cu konsantrasyonunun en yüksek olduğu gün 09.06.2008 tarihi olup değeri  $189 \text{ ng/m}^3$ 'tür. Cd konsantrasyonu 5-6-9.06.08 tarihinde ölçüm limitlerinin altında kalmıştır. Yine Cd için en yüksek değer 04.06.08 tarihinde  $8 \text{ ng/m}^3$  ölçülmüştür. Ni konsantrasyonu değerlendirildiğinde 4-5-9.06.08 tarihlerinde en yüksek değer olan  $30 \text{ ng/m}^3$  değerine ulaşılmıştır. Pb için ise 11.06.08 tarihinde  $201 \text{ ng/m}^3$  değeri ile en yüksek değer gözlemlenmiştir.



Şekil 6.6. Nisan 2008'de alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb içerikleri

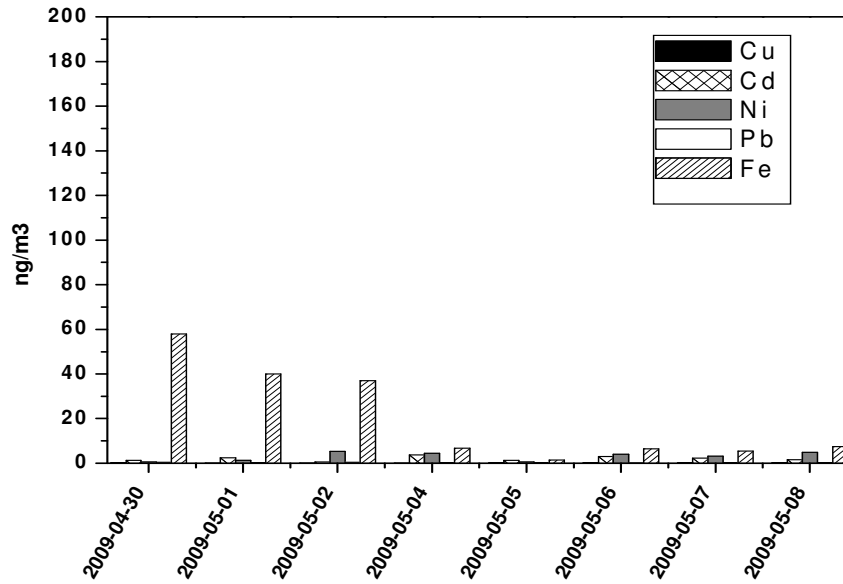


Şekil 6.7. Mayıs 2008’de alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb içerikleri



Şekil 6.8. Haziran 2008’de alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb içerikleri

Mayıs 2009’da diğer aylardan farklı olarak AAS’de Fe ölçümü de gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde Fe için en yüksek değer 30.04.2009 tarihinde  $58 \text{ ng/m}^3$  olarak gözlemlenmiştir. Diğer metallerin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ölçüm haftası boyunca havanın yağışlı olduğu dikkate alınırsa bu sonuçları doğrular niteliktedir.



Şekil 6.9. Mayıs 2009’da alınan örneklerin Cu, Cd, Ni, Pb, Fe içerikleri

Tüm ölçümler dikkate alınarak 4 ağır metal türünün birbirleri, TPM ve meteorolojik şartlarla olan ilişkisini Çizelge 6.2’de görülebilir.

Çizelge 6.2. Korelasyon Sonuçları

	TPM	T	R.Hızı	Cu	Cd	Ni	Pb
TPM	1						
T	0.08	1					
RH	0.16	0.01	1				
Cu	-0.47**	-0.02	0.48**	1			
Cd	0.70**	-0.06	-0.09	-0.49**	1		
Ni	-0.28	-0.12	-0.15	0.1	-0.02	1	
Pb	-0.2	0.58**	0.45*	0.53**	-0.33	-0.07	1

\*\*Korelasyon 0.01 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı

\* Korelasyon 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı

Tablo'da görüldüğü gibi TPM'nin özellikle Cd ile yüksek bir korelasyon gösterdiği görülmektedir. Cu ile de 0.01 seviyesinde anlamlı ancak negatif bir ilişki mevcuttur. Cd ile toplam partikül maddenin aynı kaynaktan geldiği söylenebilir. Kurşun ve Ni ile TPM arasında herhangi bir korelasyon bulunmamıştır. Metallerin kendi aralarındaki ilişkiye baktığımızda Cu ve Pb arasında pozitif anlamlı bir korelasyon ile Cd ve Cu arasında negatif bir korelasyon hesaplanmıştır. Bu durumda Cu ve Pb için aynı kaynaklar olması söz konusu olabilir. Ni ile diğer metallerle herhangi anlamlı bir korelasyonun olmamasından Ni kaynaklarının diğer metal kaynaklarından ayrı olabileceği sonucu çıkmaktadır. Sıcaklık sadece Pb konsantrasyonu ile RH de sadece Cu ve Pb metalleri ile korelasyon göstermektedir. Korelasyon değerleri toplamda 29 günlük veri ile hesaplanmıştır. Daha uzun süreli verilerin elde edilmesi ve daha fazla parametrenin ölçülmesi ile kaynaklara ilişkin daha detaylı istatistiksel çalışmalar (faktör analizi gibi) yapılabilir.

**Çizelge 6.3.** Hava Örneklerindeki Ağır Metallerin Konsantrasyonlarının Diğer Çalışmalar ile Karşılaştırılması

Parametre (ng/m <sup>3</sup> )	1	2	3	4	5	6
Cu	65.28±64.08	82.3±67.7	30.8±16.6	1.28	198.6	110
Cd	13.79±11.20	7.85±7.40	2.53±1.65		8.5	6.8
Ni	20.34±11.59					
Pb	64.25 ±61.55	269±238	53.5±43.1	146	573.6	430

1. Bu çalışma Muallimköy (n=21)
2. Zhongshan (n=26) [Lee, 2007]
3. Hok Tsui (n=22) [Lee, 2007]
4. Vietnam (n=61) [Hien, 2001]
5. Taiwan (n=43) [Fang, 2003]
- 6..China (n=618-728) [Okuda, 2004]

Bu çalışmada alınan ölçümler ile diğer çalışmalarda alınan ölçümleri irdelemek maksadı ile Çizelge 6.3. oluşturulmuştur. 3 ve 5 numara ile gösterilen çalışmalar kırsal alanda gerçekleştirilmiş olup diğer çalışmalar şehir merkezinden alınan örneklerin analiz sonucunu göstermektedir. Bizim çalışmamız ise kıyısız kırsal alanda olup endüstriyel bölge komşuluğundadır.

1 numara ile gösterilen bu çalışmada Cu konsantrasyonu 3 ve 4 nolu çalışma haricinde diğer çalışmalardan düşük gözlemlenmiştir. Cd konsantrasyonu ise tüm çalışmalar arasında

ilk sırada bulunmaktadır. Pb konsantrasyonu dikkate alındığında bu çalışmada alınan ölçüm 3. çalışma haricinde diğer çalışmalardan daha düşük olarak bulunmuştur.

Çalışmanın yapıldığı günler için rüzgar yön verileri 2008 Nisan ayında  $190^{\circ}$ -  $266^{\circ}$  Güney- Batı arasında, 2008 Mayıs ayında yapılan ölçümlerde 12-13.05.2008 tarihlerinde sırasıyla  $117^{\circ}$  ve  $134^{\circ}$  ile Doğu - Güney arasında diğer günlerde ise Güney- Batı arasında olduğu görülmektedir. 2008 Haziran ayında ise  $106^{\circ}$ -  $252^{\circ}$  Doğu- Batı yönleri arasında dağılım mevcuttur. 2009 Mayıs ayında genelde Güney- Batı arasından esmekte olmakla beraber 01.05.2009 - 07.05.2009 tarihlerinde  $276^{\circ}$ - $273^{\circ}$  ile Kuzey Batı Kuzey yönlerinden estiği görülmektedir. Rüzgar yönüyle konsantrasyon arasında doğrudan bir etki görülmemekle beraber yağışların etkisi çok daha belirgin olmuştur. Mayıs 2009 ölçümlerindeki düşük TPM konsantrasyonları buna işaret etmektedir.

## **6.2. Toprak Numunesi Sonuçları**

Küresel konumlandırma sistemi (GPS) ile numuneleri aldığımız noktaların tam olarak koordinatları ve yükseklikleri belirlenmiştir. Çizelge 6.4.'de 10 noktanın koordinatları ve yükseklikleri verilmiştir.



**Çizelge 6.4.** Numune alma noktalarının koordinatları

Numune No	Bulunduğu Yer	Yükseklik
DLV 1	40° 47' 16 K 29° 29' 48 D	133 m.
DLV 2	40° 47' 42 K 29° 29' 43 D	87 m.
GYTE 3	40° 47' 30 K 29° 30' 44 D	5 m.
GYTE 4	40° 46' 57 K 29° 30' 45 D	120 m.
GYTE 5	40° 46' 49 K 29° 30' 01 D	158 m
DLV 6	40° 46' 351 K 29° 31' 116 D	73 m
DLV 7	40° 46' 968 K 29° 31' 793 D	5 m
DLV 8	40° 47' 431 K 29° 31' 688 D	23 m
DLV 9	40° 46' 446 K 29° 34' 93 D	55 m
DLV 10	40° 47' 541 K 29° 31' 506 D	13 m

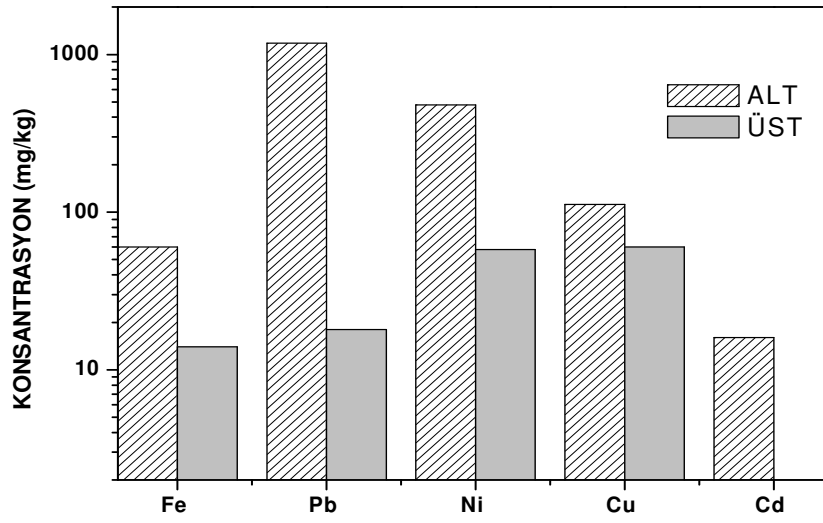
Yapılan bu çalışma kapsamında alınan toprak örneklerindeki ağır metal içerikleri Çizelge 6.5.'de verilmektedir. Yüzeiden alınan örneklerde ölçülen en yüksek Cd değerleri sırasıyla DLV 7 noktasında 840 mg/kg toprak, DLV 9 noktasında 712 mg/kg toprak ölçülmüştür. Yine yüzeiden alınan örneklerde GYTE 4 noktasındaki Pb değerinin 592 mg/kg toprak'dır. Toprak örneklerinde (10 - 20 cm) ölçülen en yüksek ağır metal değeri DLV 2 noktasında ölçülen 2260 mg/kg toprak ile demirdir. GYTE 4 ve DLV 2 noktalarında bakır sırasıyla 1808 mg/kg-toprak, 1740 mg/kg toprak'dır. Yine DLV 2 noktasında kurşun değeri 1544 mg/kg-toprak ölçülmüştür. Görüldüğü gibi (10 - 20 cm)'den alınan topraklarda ölçülen en yüksek Fe, Cu, Pb değerleri DLV 2 noktasında ölçülmüştür.

**Çizelge 6.5. Toprak Numunesi Ağır Metal Analiz Sonuçları**

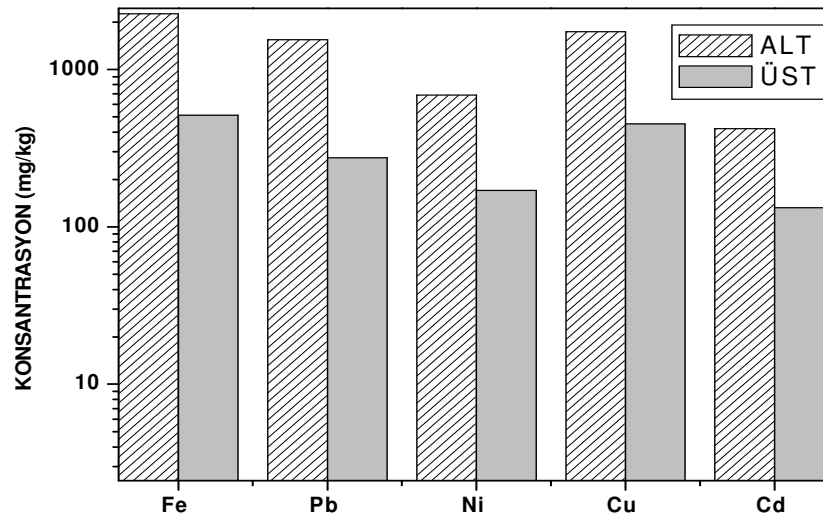
Numune Alma Noktaları	Fe (mg/kg toprak)		Pb (mg/kg toprak)		Ni (mg/kg toprak)		Cu (mg/kg toprak)		Cd (mg/kg toprak)	
	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm	0-10cm	10-20cm
<b>DLV 1</b>	14	60	18	1180	58	480	60	112	2	16
<b>DLV 2</b>	511.2	2260	275	1544	170	688	450	1740	132	420
<b>GYTE 3</b>	29	60	153	448	34	920	45	900	9	44
<b>GYTE 4</b>	18	68	592	140	144	936	80	1808	12	36
<b>GYTE 5</b>	24	260	34	328	68	20	46	12	1	0.4
<b>DLV 6</b>	44	226	132	41	256	240	160	48	560	103
<b>DLV 7</b>	40,8	190	96	33	212	139	364	46	840	202
<b>DLV 8</b>	66	176	100	52	208	139	132	41	8	3
<b>DLV 9</b>	304	754	104	41	208	50	80	35	712	120
<b>DLV 10</b>	220	1180	128	47	68	50	60	18	4	30

Toprak örneğinin alındığı derinliğe göre nasıl bir farklılaşma gösterdiği Şekil 6.10. - 6.19. 'da görülebilir. Çoğu nokta ve metal türü için alt tabakadaki konsantrasyonların daha yüksek olduğu (23 kata kadar) gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar bize toprakta uzun zaman sonucunda meydana gelen bir birikimin olduğunu göstermektedir. Yüzeyde gözlemlenen konsantrasyonların dış etkenler (rüzgar ve yağmur suyu ile yıkanma vb.) nedeniyle daha düşük olduğu söylenebilir.

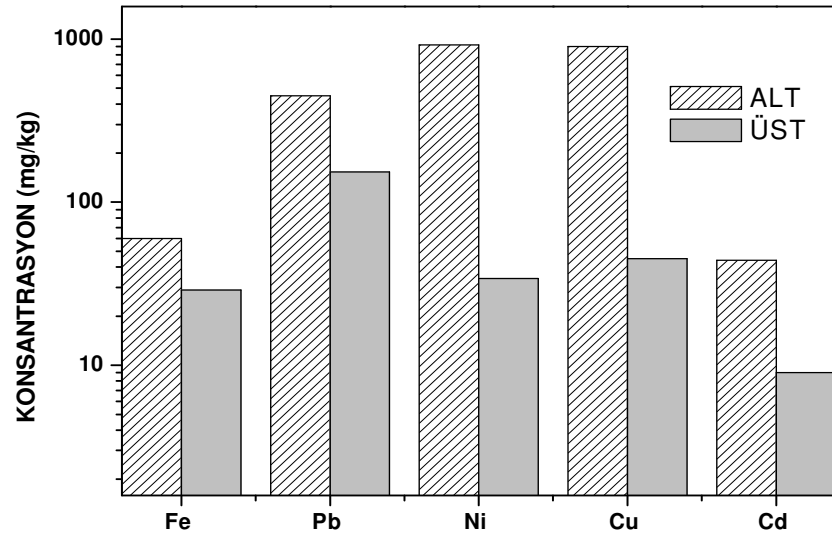
Sonuçların yönetmelikte yer alan ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırılmasını yapmak için alınan toprak örneklerinde pH değeri  $> 6$  olduğundan ölçüm sonuçları için Çizelge 4.3.'ün ikinci sütunu kullanılabilir. Bu değerlere göre Cd sınır değeri (10-20 cm) sadece GYTE 5 ve DLV 8 noktalarında aşılmamıştır. Pb sınır değeri (10-20 cm) DLV 1-2 ve GYTE 3-5 noktalarında aşılmıştır. Cu sınır değeri (10-20 cm) DLV 2 ve GYTE 3-4 noktalarında aşılmıştır. Ni ise GYTE 5 ve DLV 9-10 noktaları dışında sınır değerleri aştığı görülmektedir.



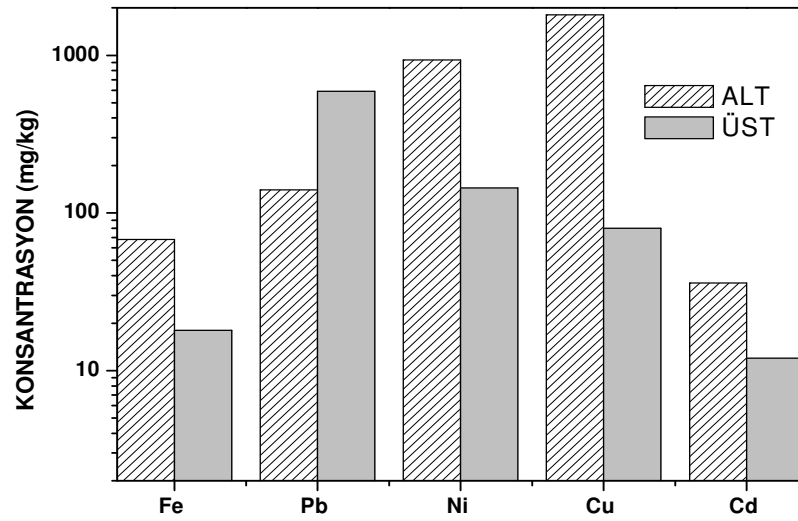
Şekil 6.10. DLV 1. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



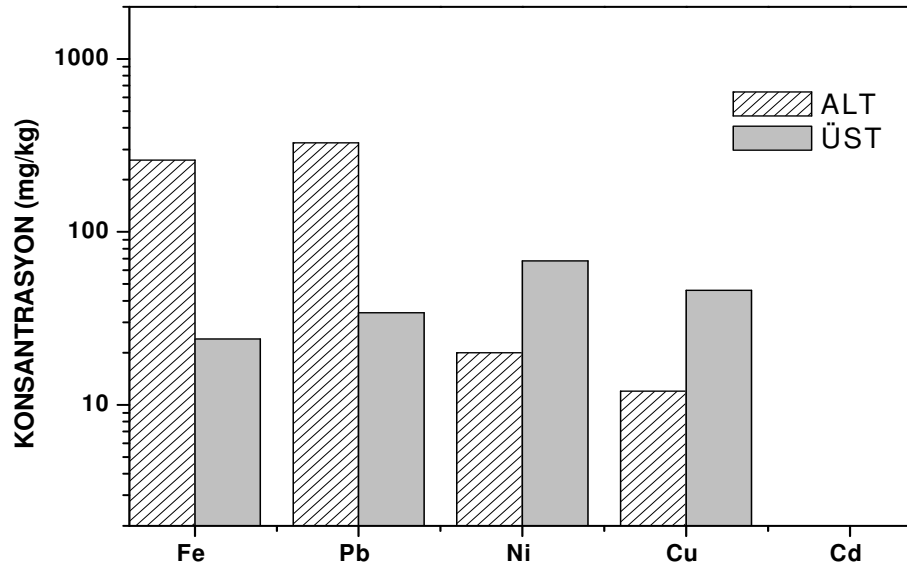
Şekil 6.11. DLV 2. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



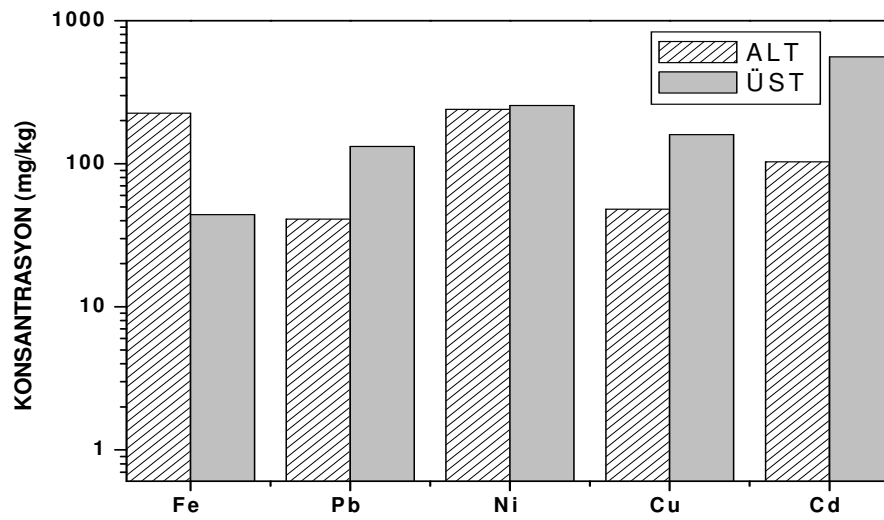
Şekil 6.12. GYTE 3. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



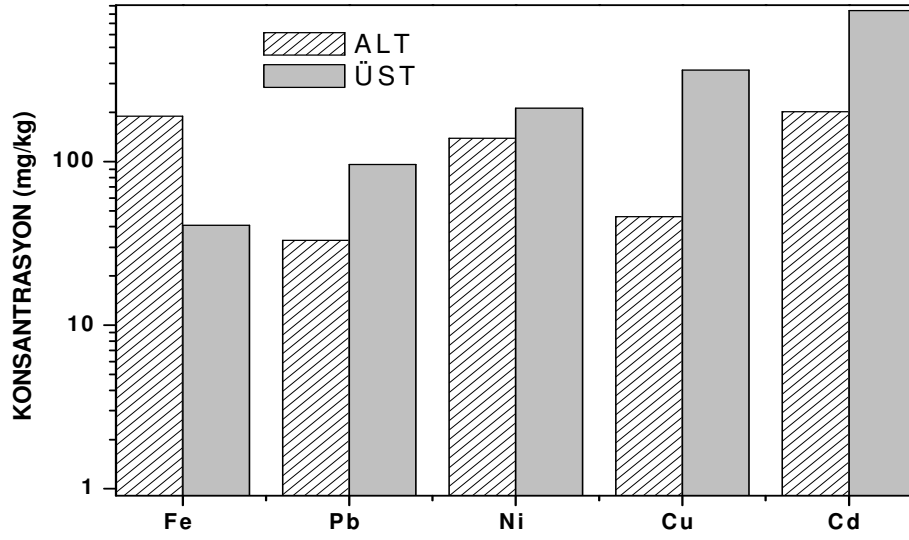
Şekil 6.13. GYTE 4. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



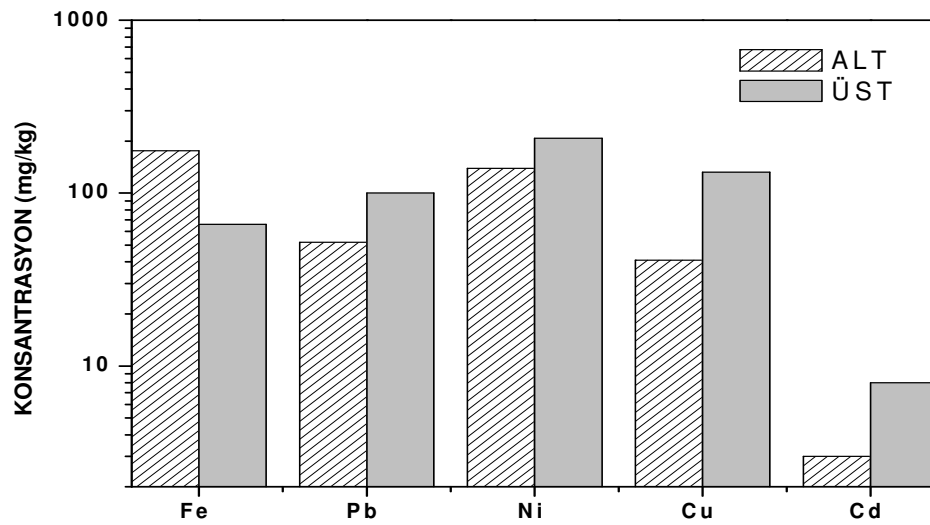
Şekil 6.14. GYTE 5. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



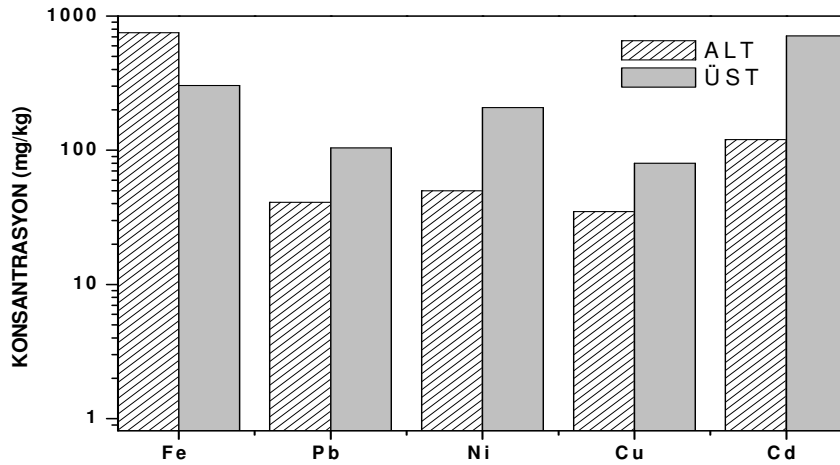
Şekil 6.15. DLV 6. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



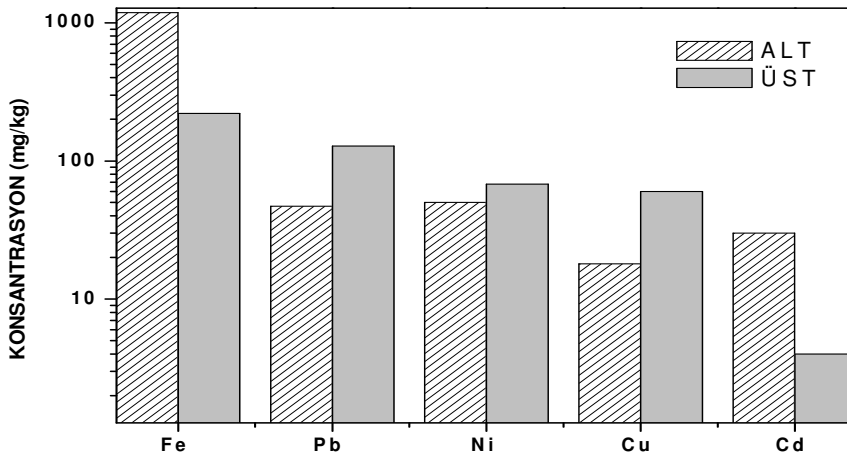
Şekil 6.16. DLV 7. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



Şekil 6.17. DLV 8. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği

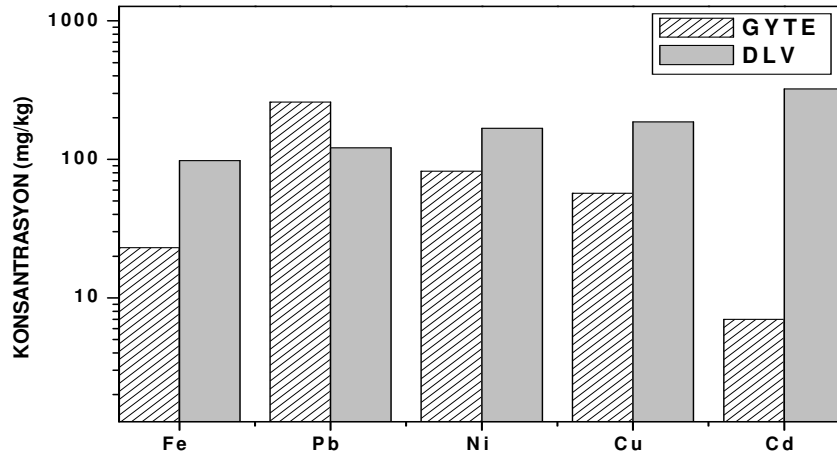


Şekil 6.18. DLV 9. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği



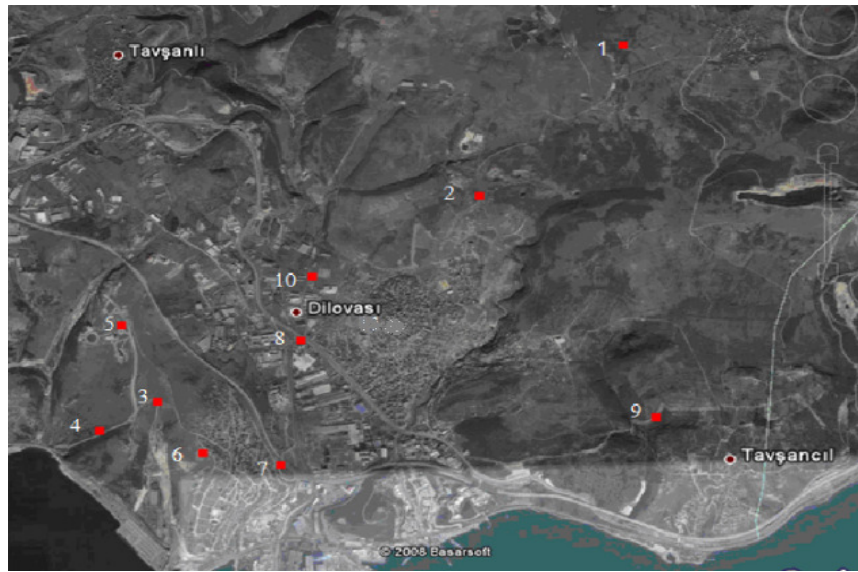
Şekil 6.19. DLV 10. Nokta'ya ait toprak örneğinin ağır metal içeriği

Kurşunun en önemli kaynağı kurşun açığa çıkaran kurşunlu benzin kullanımımızdır. Isınma amaçlı kömür yakılması sonucu kurşun ve kadmiyum havaya karışmaktadır. Taşıtlardan, boya ve metal endüstrilerinden bakır salınımı olmaktadır. Kentsel atıkların yakılması, rafinasyon işlemleri ile nikel havaya oradan da kuru ve yaş çökelmeler sonucu toprağa karışmaktadır. Şekil 6.20'de Dilovası ve GYTE noktalarının ortalama metal içerikleri verilmiştir. Dilovası bölgesinden alınan toprak örneklerinde özellikle Cd ile ciddi derecede kirlenmenin varlığı görülmektedir. GYTE noktalarında ise Pb içeriği daha yüksek bulunmuştur.



**Şekil 6.20.** GYTE ve DLV bölgelerindeki toprak örneklerine ait ortalama metal kirliliği değerleri

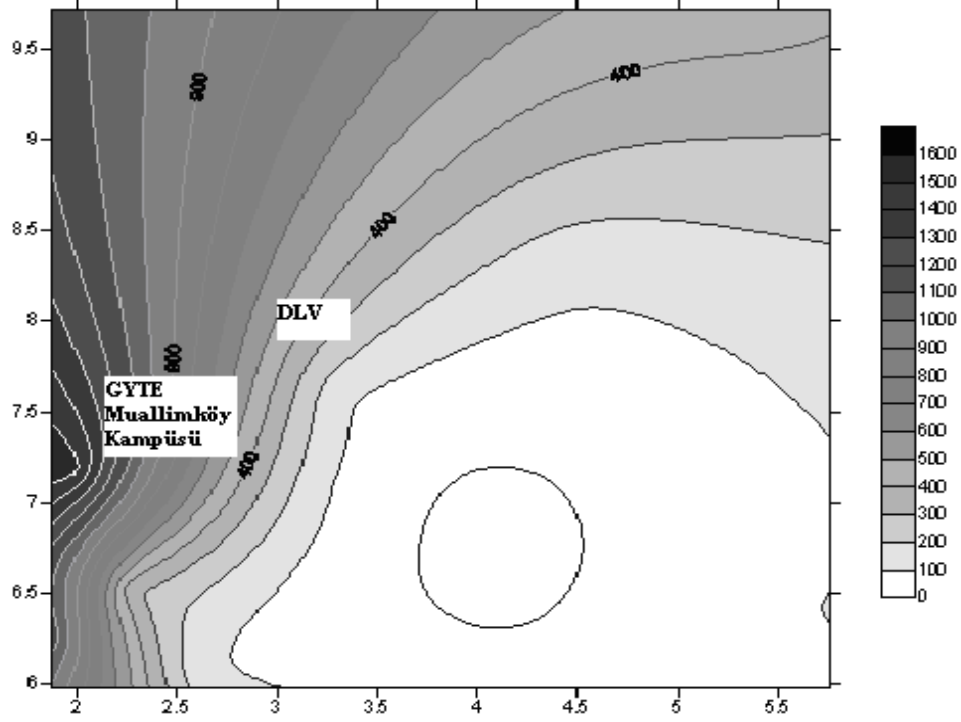
Bu çalışmada SURFER 8 haritalama programı ile Şekil 6.21.'deki toprak numunelerinin alındığı noktaları gösteren harita ve 10 noktada yapılan ölçüm değerleri kullanılarak toprağın kurşun, kadmiyum, bakır, nikel ve demir kirlilik haritaları oluşturulmuştur. Kirliliğin az olduğu bölgelerden kirliliğin yoğun olduğu yerlere doğru renk beyazdan koyu griye doğru gitmektedir.



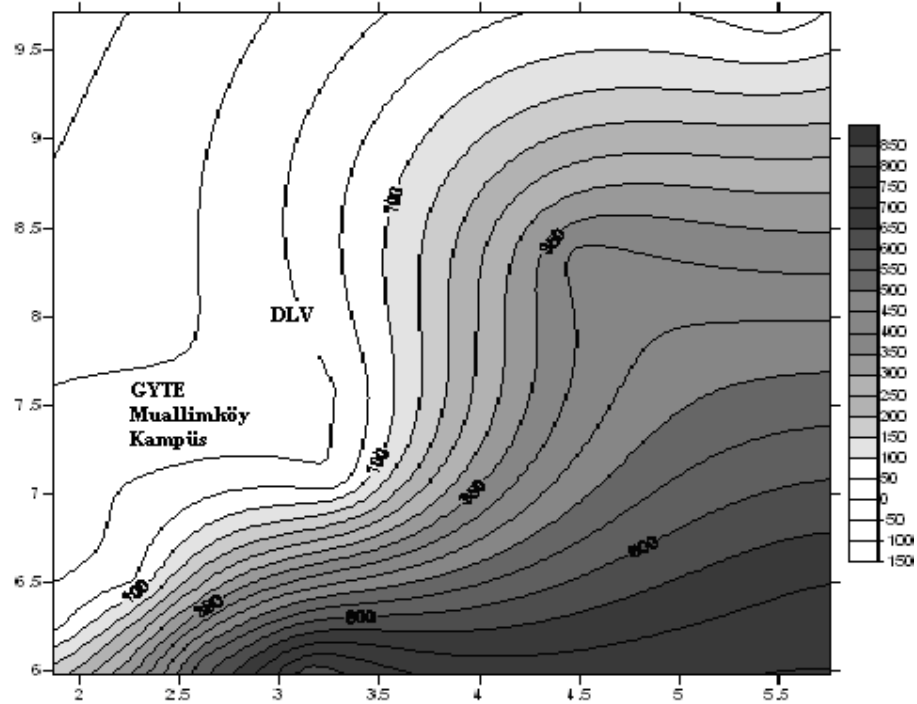
**Şekil 6.21** Toprak numunelerinin alındığı noktalar



Şekil 6.22’de görüldüğü gibi kurşun kirliliği GYTE noktalarında yoğun şekilde görülmektedir. Bu da bize DLV bölgesinden ve E-5 karayolundan (hakim rüzgar yönünde) kaynaklı kurşun taşınımı olduğunu göstermektedir

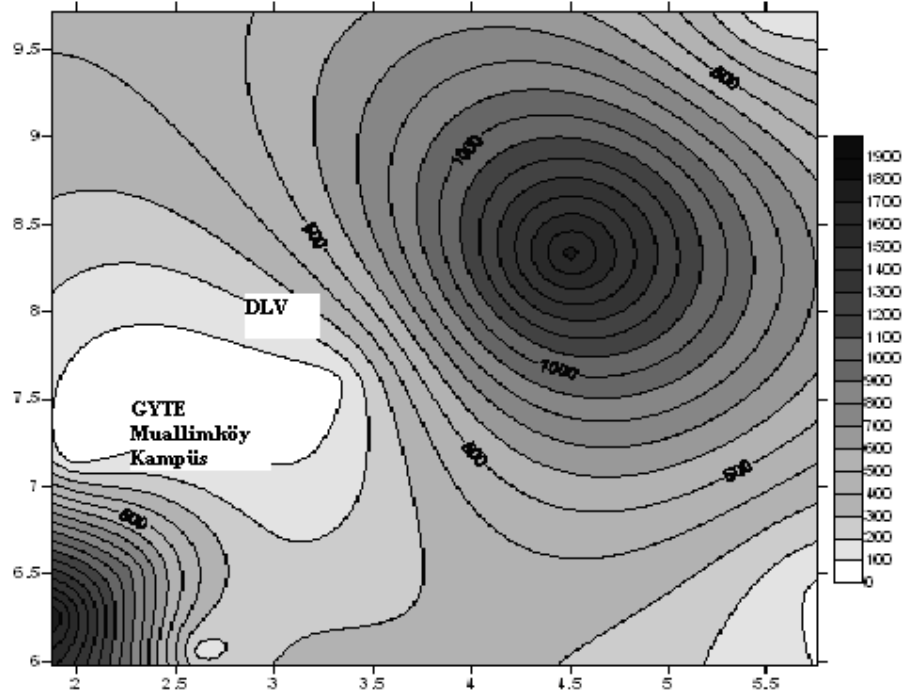


Şekil 6.22 Kurşun Kirlilik Haritası

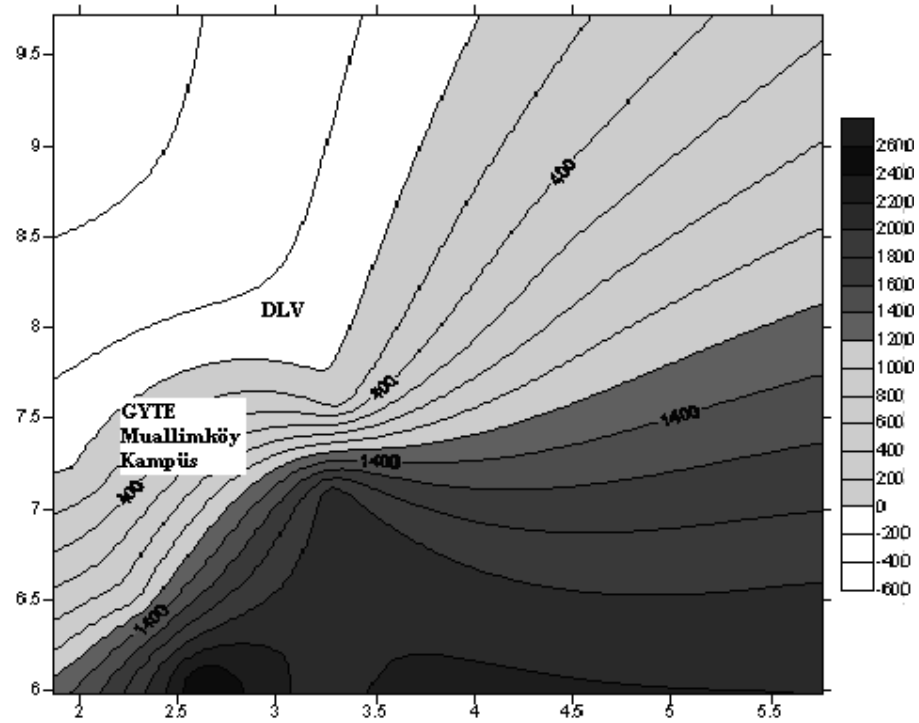


Şekil 6.23. Kadmiyum Kirlilik Haritası

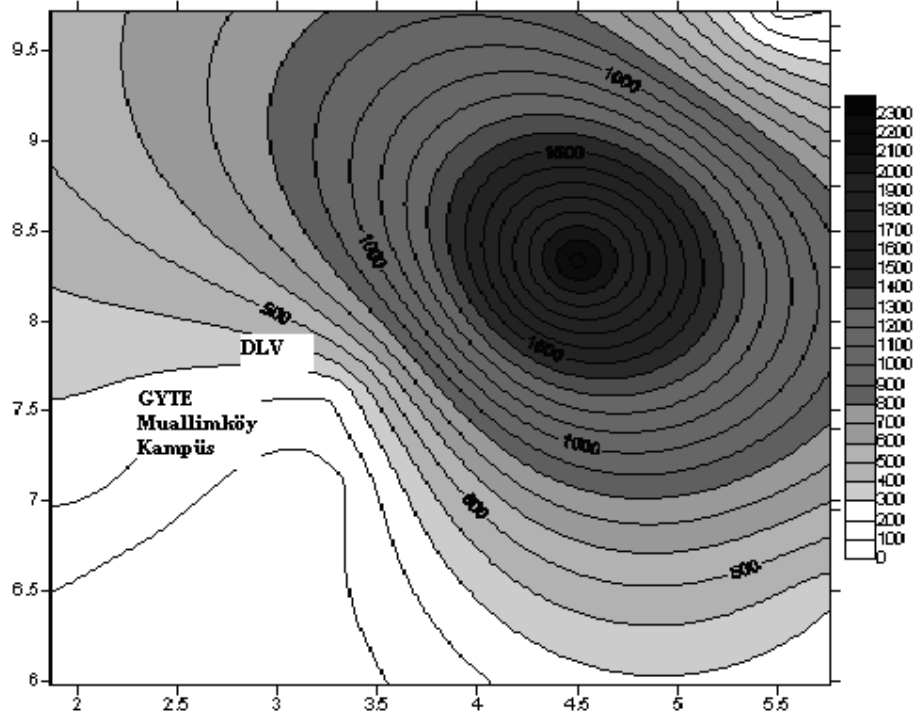
Şekil 6.24 ve 6.26'ye bakıldığında bakır ve demir kirliliğinin DLV 1 ve 2 noktalarına tekabül ettiğini görmekteyiz. Bu bölgelerde yoğun metal sanayisinin olduğu bilinmektedir.



Şekil 6.24. Bakır Kirlilik Haritası



Şekil 6.25. Nikel Kirlilik Haritası



**Şekil 6.26.** Toprakta Ölçülen Demir Miktarlarının Dağılım Haritası

Ortam havasında ölçülen TPM'nin ne düzeyde toprak yüzeylerinden kalkan tozlardan oluştuğunun ölçüsünü belirlemek üzere zenginleştirme faktörleri (EF) hesaplanmıştır. Toprakta bulunan Fe, Mn, Al gibi iz elementler baz alınarak EF hesaplanabilir. Bu çalışmada Fe, toprak metallerini temsilen seçilmiştir [Bilos et al., 2001; Kim et al., 2002]. EF faktörlerinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$EF = \frac{C_{X \text{ hava}} / C_{Fe \text{ hava}}}{C_{X \text{ toprak}} / C_{Fe \text{ toprak}}}$$

$C_{X \text{ hava}}$  = 2009 Mayıs ayı hava numunelerinin günlük (Cu, Ni, Pb, Cd) konsantrasyonu

$C_{Fe \text{ hava}}$  = 2009 Mayıs ayı hava numunelerinde günlük Fe konsantrasyonu

$C_{X \text{ toprak}}$  =GYTE 5 noktasında üst topraktan alınan (Cu, Ni, Pb, Cd) konsantrasyonu

$C_{Fe \text{ toprak}}$  =GYTE 5 noktasında üst topraktan alınan Fe konsantrasyonu

Çizelge 6.6'da hesaplanan EF değerleri verilmiştir. EF değerlerinin 10'dan düşük olması parikül maddenin büyük bir kısmının yer yüzeyinden havalanan tozlardan

kaynaklandığının bir göstergesidir [ Taşdemir, 2005]. Tablodaki değerlere baktığımızda bazı günlerde çok düşük EF değerleri gözlemlenirken (<1), Cd ve Cu genelde 10'un üzerinde EF değerleri bu metaller için bölgedeki emisyon kaynaklarının etkin olduğuna işaret etmektedir.

**Çizelge 6.6.** Zenginleştirme Faktörleri

Günler	Kirleticiler (Hava/ Toprak)			
	Cu	Pb	Ni	Cd
30.04.2009	1.71	0.47	0.15	0.5
01.05.2009	0.78	0.6	0.11	1.44
02.05.2009	0.99	0.8	0.51	0.39
04.05.2009	12.15	3.35	2.3	13.18
05.05.2009	41.59	17.9	3.84	20.87
06.05.2009	14.4	1.08	2.11	11.04
07.05.2009	14.33	2.71	2	10.11
08.05.2009	9.62	2	2.28	5.17

**Çizelge 6.7.** Toprakta ölçülen ağır metal konsantrasyonlarının diğer çalışmalar ile karşılaştırılması

Numune Alma Noktaları		Fe (mg/kg toprak)	Pb (mg/kg toprak)	Ni (mg/kg toprak)	Cu (mg/kg toprak)	Cd (mg/kg toprak)
Bu çalışma	GYTE (üst/alt)	23 / 129	259 / 305	82 / 625	57 / 906	7 / 26
	DLV (üst/alt)	98 / 692	121 / 419	168 / 255	186 / 291	322 / 127
Erzurum <sup>1</sup>		---	22-32	---	---	0.6 – 1.8
Tokat <sup>2</sup>		---	149	65	29	3
Sapanca <sup>3</sup>		---	46.99	34.76	35.85	---
İstanbul- Sakarya <sup>4</sup>		---	424.09	---	---	---
Spain <sup>5</sup>		260.8	43.7	1.4	9.57	0.2

<sup>1</sup>Turalıoğlu F.S., et al., 2001 <sup>2</sup>Tüzen M.,2003 <sup>3</sup> Şişman İ.,1999 <sup>4</sup> Mert S., 2004 <sup>5</sup>Espinosa A.,et al., 2002

Literatürde yapılan çalışmalar ve bizim çalışmamız Çizelge 6.7. ile kıyaslanmaktadır. Erzurum'da; 66 numune ile yapılan bir çalışmada, yol tozlarında Pb ve Cd konsantrasyonları AAS cihazı kullanılarak incelenmiş ve sırasıyla 22 – 32 mg/kg ve 0.6 – 1.8 mg/kg aralığında sonuçlar saptanmıştır [Turalıoğlu et al, 2001]. Tokat'ta; 2003 yılında 20 numune ile yapılan

bir çalışmada, yol tozlarında Pb, Ni, Cd, Cu, konsantrasyonları GF AAS ile incelenmiş ve sırasıyla 149, 65, 3, 29 mg/kg olarak saptanmıştır [Tüzen, 2003]. Sapanca'da; 1999 yılında TEM otoyolu çevresinden toplanan 24 toprak numunesi ile yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında maksimum miktarlar sırasıyla Cu, Pb, Ni için 35.85, 46.99, 34.76 mg/kg olarak bulunmuştur [Şişman, 1999]. İspanya'da 1996 yılında bahar aylarında yapılan çalışmada Ni, Cu, Cd için değerlerin diğer çalışmalara göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Görüldüğü gibi bizim çalışmamızda Muallimköy ve Dilovasında yapılan ölçümlerin ortalama (10-20 cm'den alınan örneklerin) konsantrasyonları yukarıda bahsedilen çalışmalardaki sonuçlardan önemli derecede daha yüksek çıkmıştır. Kocaeli'nde yapılan bir çalışmaya göre Dilovası başta olmak üzere Kocaeli genelinde yoğun bir atmosferik metal çökelinin olduğu vurgulanmıştır [Doğrul, 2004]. Bizim çalışmamız da Dilovası'nda yapılan ölçümlerin bu sonuçları doğrular niteliktedir.

İstanbul- Sakarya güzergahında 2004 yılında TEM ve D-100 çevresinden toplanan 38 toprak numunesi ile yapılan bir yüksek lisans tez çalışmasında Pb değerleri ölçülmüştür [Mert, 2004]. Söz konusu çalışmada Dilovası'na tekabül eden yerlerde kurşun konsantrasyonları, TEM-8 noktasında 424.09 mg/kg ve D100-9 noktasında 76.43 mg/kg olarak görülmektedir. Bizim çalışmamızda TEM ve D100 yakınında alınan 7 ve 8 nolu örneklerin sonucunda ise 96 ve 100 mg/kg değerleri ölçülmüştür. D100 kenarındaki noktalar için her iki çalışmada birbirine yakın sonuçların alındığı söylenebilir. TEM kenarından alınan örneklerdeki Pb konsantrasyonu ise bizim çalışmamızdaki kurşun değerinin yaklaşık 4 katı kadardır. Aynı çalışmada yola olan uzaklığa bağlı olarak Pb konsantrasyonlarının hızla düştüğü belirtilmiştir. Çalışmamızda alınan TEM civarındaki noktanın yol kenarına göre daha geride kalmasının, daha düşük Pb değerinin ölçülmesine neden olduğu söylenebilir [Mert, 2004].

## 7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında 2008 Nisan, Mayıs ve Haziran, 2009 yılı Mayıs ayından birer hafta süreyle alınan günlük hava numunelerinde TPM konsantrasyonları ve seçilen ağır metal içerikleri belirlenerek bölgenin partikül madde ve ağır metaller açısından hava kalitesinin durumu ortaya konmaya çalışılmıştır. Toplam 29 numunenin toplandığı çalışma kapsamında 2008 yılı ölçümlerinde Cu, Cd, Pb ve Ni 2009'da ise bu listeye Fe eklenmiştir.

Analiz sonuçları bölgede TPM konsantrasyonlarının zaman zaman çok yüksek değerlere ulaştığını göstermektedir. Bu da taşınım veya sürekli olmayan kaynakların varlığını akla getirmektedir. Tüm ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde en yüksek TPM kirliliği 2008 Mayıs ayında  $362.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Mayıs 2009'da diğer aylardan TPM ve metal değerlerinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ölçüm haftası boyunca havanın yağışlı olduğu dikkate alınırca bu sonuçları doğrular niteliktedir.

Metal içerikleri de aynı şekilde büyük bir değişim aralığında seyretmektedir. Diğer çalışmalarla kıyaslandığında bölgede özellikle Cd açısından ciddi bir metal kirliliğinden söz edilebilir. Metal ölçümlerinin korelasyonlarına bakıldığında Ni dışında türler arasında anlamlı seviyede bir korelasyon Cu, Cd ve TPM ile gözlemlenmiştir. Ni ile diğer metaller arasında herhangi anlamlı bir korelasyonun olmamasından Ni kaynaklarının diğer metal kaynaklarından ayrı olabileceği sonucu çıkmaktadır.

Ortam havasında ölçülen TPM'nin ne düzeyde toprak yüzeylerinden kalkan tozlardan oluştuğunun ölçüsünü belirlemek üzere zenginleştirme faktörleri (EF) hesaplanmıştır. Bazı günlerde çok düşük EF değerleri gözlemlenirken ( $<1$ ), Cd ve Cu genelde 10'un üzerinde EF değerleri bu metaller için bölgedeki emisyon kaynaklarının etkin olduğuna işaret etmektedir.

DLV bölgesinde toprak numunelerinin sonuçları bölgenin özellikle Cd ve Cu GYTE bölgesinin ise Pb açısından ciddi derecede kirlendiğini göstermektedir.

Çalışmada metal kirliliğinin ciddi boyutlarda olduğu görülmektedir. Bölgenin sağlık açısından ciddi sorunlar taşıması nedeniyle çalışma süresi daha uzun tutularak bölgedeki hava kirliliği parametrelerinin değişiminin belirlenmesi sağlanabilir.

Bu çalışma kapsamındaki 5 metal dışında ciddi sağlık sorunlarına yol açabilen diğer metal içeriklerinin (Civa, As, Cr gibi) de ölçülmesi bölgenin hava kalitesinin daha kapsamlı olarak incelenmesini gerçekleştirecektir.

Kaynakların belirlenmesi ile kirliliğin kontrolü ve hava kalitesi izlemelerinin yapılması esastır. Bu da ancak daha fazla sayıda ölçümün istatistiksel olarak değerlendirilmesiyle gerçekleştirilebilir. Daha çok sayıda metalin daha uzun sürede ölçülmesi ile kaynakların belirlenmesine yönelik saptamalar yapılabilir.

Toprak ölçümleri en üst 20 cm seviyesine kadar yapılmıştır. Daha derindeki topraktaki metal konsantrasyonlarının çoğu noktada daha fazla çıkmış olması topraktaki profilin daha derin noktalardan alınan örneklerle tamamlanmasının faydalı olacağını göstermektedir. Toprak örneklerinin pH'larının ölçülmesi topraktaki türlerin taşınımı hakkında bir fikir vereceğinden mutlaka yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada sınırlı sayıdaki toprak örneği için bu gerçekleştirilmiştir.

Hem hava hem toprak örneklerindeki ölçülen elementlerin hangi bileşikler halinde bulunduğu diğer önemli bir husustur. Bölgede daha sonra yapılan çalışmalarda X-ray Diffraction (XRD) metodu ile türler daha detaylı olarak belirlenebilir.

Çalışmada toplam partikül madde toplandığından boyuta ait bir sınıflandırılma yapılamamıştır. Bölgedeki partikül maddenin boyut dağılımının bilinmesi hava kalitesinin durumunu daha iyi değerlendirilmesini yapmak için büyük önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

Bilos, C., Colombo, J.C., Skorupka, C.N., Rodriguez Presa, C.N., Sources, distribution and variability of airborne trace metals in La Plata City area, Argentina. Environ. Pollut. 111, (2001) 149–158.

Doğrul A. , Akyol N. H., Yolcubal İ , Çobanoğlu G., BAP Proje No:2004/053 Kocaeli Üniversitesi, Türkiye, 2004

Emre, M.: “Nikelli ve Nikelsiz Altın Alaşımlarının Geniş Bir Bileşim Aralığında Fiziksel, Kimyasal, Mekanik ve Allerjen Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000

ERGENE, A., Toprak Biliminin Esasları, 1997.

Ertürk, F. ‘Hava Kirliliğinde Partikül Kontrolü Ders Notları’, 2007

Espinosa, A.J.F., Rodriguez, M.T., Barragan De La Rosa, F.J., Sanchez, J.C.J., A Chemical speciation of trace metals for fine urban particles. Atmos. Environ. 36, (2002) 773– 780

European Commission DG Env. E3 Project ENV.E.3/ETU/2000/0058, “Heavy Metals in Waste”, Danimarka, 2002

Fang, G.C., Chang, C.N., Chu, C.C., Wu, Y.S., Fu, P.P.C., Yang, I.L., Chen, M.H., Characterization of particulate, metallic elements of TSP, PM2.5 and PM2.5 10 aerosols at a farm sampling site in Taiwan, Taichung. Science of the Total Environment 308, (2003) 157–166

GÜNDÜZ, T., A.Ü. Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, ‘Çevre Sorunları Ders Notları’ 1998



Haktanır, K.; Arcak, S.; Erpul, G.: “Yol Kenarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi” Tr. Journal of Engineering and Environmental Sciences, 19, No.6, (1995), 423-432

Hien, P.D., Binh, N.T., Truong, Y., Ngo, N.T., Sieu, L.N., 2001. Comparative receptor modelling study of TSP, PM<sub>2</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Ho Chi Minh City. Atmospheric Environment 35, 2669–2678

John, H. D.; Howard, G. J., 1996 “Fundamental Toxicology for Chemists”, Cambridge, UK

Kahvecioğlu Ö., (2007) Kartal G., Güven A., Timur S. Metallerin Çevresel Etkileri -I İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Kathuria, V., 2002. Vehicular pollution control in Delhi. Transport Res. D—Tr E 7, 373–387.

Kılıçel, F., 1992. “Çinkur Çevresindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin AAS Yöntemiyle Tayini”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, FBE, Kayseri

Kim, K.H., Lee, J.H., Jang, M.S., 2002. Metals in airborne particulate matter from the first and second industrial complex area of Taejon City, Korea. Environ. Pollut. 118, 41– 51.

Lee C.S.L., Li X-D, Zhang G., Li J., Ding A., “Wang T. Heavy metals and Pb isotopic composition of aerosols in urban and suburban areas of Hong Kong and Guangzhou, South China—Evidence of the long-range transport of air contaminants” Atmospheric Environment 41 (2007) 432–447

Lopez J.M., Callen M.S., Murillo R., Garcı a T., Navarro M.V., de la Cruz M.T., Mastral A.M., (2005) Levels of selected metals in ambient air PM<sub>10</sub> in an urban site of Zaragoza (Spain) Environmental Research 99 (2005) 58–67

Mert, S.: “İstanbul ve Sakarya Arasında Yol Kenarlarındaki Toprak ve Bitkilerde Kurşun Konsantrasyonunun Belirlenmesi ”, Yüksek Lisans Tezi, GYTE, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.

Milberg, R.P.; Lagerwerff, J.V.; D.L.: “Soil Lead Accumulation Alongside a Newly Constructed Roadway”, *Environ. Qual.*, 9, (1980), 6-8.

Okuda, T., Kato, J., Mori, J., Tenmoku, M., Suda, Y., Tanaka, S., He, K., Ma, Y., Yang, F., Yu, X., Duan, F., Lei, Y., 2004. Daily concentrations of trace metals in aerosols in Beijing, China, determined by using inductively coupled plasma mass spectrometry equipped with laser ablation analysis, and source identification of aerosols. *Science of the Total Environment* 330, 145–158.

Öztürk, M. ‘Partikül Madde Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi’ Ankara, 2005

Seinfeld JH, 1986 A Report on PM10 and PM2.5 mass concentrations, USA

Srivastava, A. ‘A study to characterize the suspended particulate matter in an indoor environment in Delhi’ India, 2005

Şişman, İ. “Sapanca Bölgesinde TEM Otoyolundan Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği”Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adapazarı, Türkiye, 1999

Taşdemir, Y., Kural C., Cindoruk, S.S., Vardar, N., 2005. Assessment of trace element concentrations and their estimated dry deposition fluxes in an urban atmosphere

Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 2001. 24609.

Turalıoğlu, F. S.; Nuhoglu, A.; Karaca A.: “Lead and Cadmium Pollution in Some Major Roadsides in Erzurum City, Turkey”, *Fresenius Environmental Bulletin*, 11, (2002) 971-978

Tüzen, M.: “Investigation of Heavy Metal Levels in Street Dust Samples in Tokat, Turkey”, *Journal of Trace and Microprobe Techniques* 21, (2003) 513

W.H.O., Cadmium, Environmental Health Criteria No:134. Geneva., 1992.

W.H.O., “Trace Elements in Human Nutrition and Health”, Geneva, 1996

Wichmann HE, Spix C, Tuch T, Wolke G, Peters A, Heinrich J, Kreyling WJ, Heyder J Daily mortality and fine and ultrafine particles in Erfurt, Germany. Part I. Role of particle number and particle mass. Health Effects Institute Report No. 98, (2000) 5–93

Yavuz Ö., Dış Ortam Hava Kirliliğinin Organizmada Yarattığı Etkilerin Vücut Sıvıları ve Ekshale Havada Ölçümü, Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya AD

## EK- 1

### **Yüksek Hacimde Numune Toplayıcı Kalibrasyonu**

Cihazı kalibrasyona hazırlama işlemi su sıra ile gerçekleştirilir.

- 1) Numune başlığı yüksek hacimde numune toplama cihazı üzerine dikkatlice oturtularak vidalar iyice sıkılır.
- 2) Filtre destek kısmı yerleştirilmeden orifis numune başlığı üzerine sabitlenir.
- 3) Boyar maddenin bir kısmı gözün manometrede ayırım yapabileceği şekilde saf su ile seyreltilir.
- 4) Seyreltilmiş boyar madde U tipi manometre içerisine hava boşluğu olmayacak ve her iki uç arasında su seviyesi eşitlenecek şekilde doldurulur.(Bir kolda su seviyesinin biraz fazla olması normaldir) Hava boşluğu kalmamasına dikkat edilmelidir.
- 5) U tipi manometrenin orfisle bağlantısı yapılır.
- 6) U tipi manometrenin bağlantı vidalarının tamamen sıkılmaması gerekmektedir. Tamamen sıkıldığında okuma yapmak mümkün olmayabilir.
- 7) Ortam sıcaklığı veri kağıdına not edilir.
- 8) Ortam barometrik basıncı veri kağıdına not edilir.
- 9) Orfis eğim ve kesim noktası bilgileri veri kağıdına kaydedilir.

#### Kalibrasyon:

- 1) Magnehelic ayarlayıcıda 20 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. (Saat yönüne akış ayarlama düğmesini çevirdiğimizde akış azalacaktır.)Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.
- 2) Magnehelic ayarlayıcıda 30 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. (Saat yönüne akış ayarlama düğmesini çevirdiğimizde akış azalacaktır.)Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.
- 3) Magnehelic ayarlayıcıda 40 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. (Saat yönüne akış ayarlama düğmesini çevirdiğimizde akış azalacaktır.)Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.

4) Magnehelic ayarlayıcıda 50 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. (Saat yönüne akışayarlarlama düğmesini çevirdiğimizde akış azalacaktır.)Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.

5) Magnehelic ayarlayıcıda 60 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. (Saat yönüne akış ayarlarlama düğmesini çevirdiğimizde akış azalacaktır.)Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.

6) Magnehelic ayarlayıcıda 70 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. (Saat yönüne akış ayarlarlama düğmesini çevirdiğimizde akış azalacaktır.)Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.

Hesaplamalar:

1) Orfis manometre (Y 3 ) değeri için veri kağıdındaki hesaplama işlemleri yapılır.

2) Moniör magnehelic (Y 4 ) değeri için veri kağıdındaki hesaplama işlemleri yapılır.

3) Kalibre edilmiş orfis akısı için veri kağıdında ki (X1 ) hesaplama işlemleri yapılır.

Kalibrasyon eğilim çizgisinin çizilmesi:

1) X1 değeri x eksenine, Y 4 değeri y eksenine gelecek şekilde değerler yerleştirilir.

2) Bu değerlerden geçen lineer eğilim çizgisi çizilir.

3) Doğrunun eğimi, kesim noktası ve regrasyon değeri(R-Kare) bulunur. Veri kağıdına kaydedilir.

Korelasyon katsayısı (CC1): Eğim (M1):

(CC2): (M2):

Kesişim noktası (B1):

(B2):

Kalibrasyon tarihi:.....

Kalibrasyon Hava Sıcaklığı:.....C°

Kalibrasyon Açık Hava Basıncı:.....''Hg.....mm''Hg

## ÖZGEÇMİŞ

Gözde ÖZKAN, 1985 yılında Çankırı'da doğdu. İlköğrenimini PETKİM İlkokulu'nda, orta ve lise eğitimini Oruç Reis Anadolu Lisesinde tamamladı. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 2007 yılında mezun olarak Çevre Mühendisi ünvanını aldı. 2007 yılı güz döneminde Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı.