

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

GEBZE ORTAM HAVASINDAKİ PARTİKÜL
MADDENİN AĞIR METAL İÇERİĞİNİN
İNCELENMESİ

KADİR ULUTAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GEBZE
2010

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

GEBZE ORTAM HAVASINDAKİ PARTİKÜL
MADDENİN AĞIR METAL İÇERİĞİNİN
İNCELENMESİ

KADİR ULUTAŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Pınar ERGENEKON

GEBZE
2010



YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 07.06.2010 tarih ve 2010-25 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 30.06.2010 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Kadir ULUTAŞ'ın tez çalışması Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

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

ÜYE

: Yrd. Doç Dr. Salim ÖNCEL

ÜYE

: Dr. Naciye ÖZTÜRK

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ... / ... / 2010 tarih ve 2010 / sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: GEBZE ORTAM HAVASINDAKİ PARTİKÜL MADDENİN AĞIR METAL İÇERİĞİNİN İNCELENMESİ

YAZARIN ADI : Kadir ULUTAŞ

Hava kirliliği özellikle endüstriyel bölgelerde en önemli çevre problemlerinden biridir. Bu çalışmada 604 km²'lik bir alanda 297.029 kişinin yaşadığı endüstriyel bir bölge olan Gebze ilçe sınırları içindeki ortam hava kalitesi toplam partikül madde (TPM) ve TPM'nin ağır metal içeriği açısından (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Pb) incelenmiştir. İnceleme kapsamında ilçe sınırları içinde birincisi Gebze Belediye Binası (GBB), diğeri ise Beylikbağı Mahallesiinde bulunan Beylikbağı Mahalle Parkı (BMP) olmak üzere seçilen toplam iki noktadan yüksek hacimli örnekleyici kullanılarak mart, nisan, mayıs ve haziran 2009 dönemine ait hava numuneleri toplanmıştır.

Seçilen her iki noktadan 24 saatlik ve gece gündüz farkını değerlendirebilmek üzere Mayıs ve Haziran aylarında 12 saatlik numuneler toplanmıştır. 2009 yılı Mart ayında 26, Nisan ayında 44, Mayıs ayında 71, Haziran ayında 31 olmak üzere toplam 172 numune toplanmıştır. Eş zamanlı yapılan örneklemlerin gravimetrik analiziyle TPM konsantrasyonları, kimyasal ekstraksiyonu takiben Atomik Absorpsiyon Spektrometre (AAS) analizi ile de ağır metal içerikleri belirlenmiştir. TPM ve onun yedi ağır metal içeriği sonuçları zamana (gece-gündüz ve haftasonu-hafta içi ayırımı gözetilerek), konuma, meteorolojik faktörlere bağlı olarak gösterdikleri değişim uygun istatistik metotlar kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca ana bileşenler analizi yapılarak kirlilik kaynaklarının her iki nokta için endüstriyel, trafik ve yerden kalkan tozlar olarak sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında elde edilen veriler kullanılarak GBB ve BMP için sırasıyla TPM 188,5 µg/m³ ve 188,8 µg/m³; Pb 0,19 µg/m³ ve 0,16 µg/m³; Cd 0,033 µg/m³ ve 0,037 µg/m³; Cu 0,14 µg/m³ ve 1,13 µg/m³; Cr 0,084 µg/m³ ve 0,083 µg/m³; Ni 0,066 µg/m³ ve 0,055 µg/m³; Mn 0,277 µg/m³ ve 0,282 µg/m³; Fe 2,33 µg/m³ ve

2,21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. GBB noktasına kıyasla BMP noktası için çok yüksek seyreden Cu konsantrasyonları bu alanda noktasal bir kaynağın varlığına işaret etmiştir. Bölgenin özellikle Cd açısından kirli olduğu görülmüştür.

SUMMARY

TITLE OF THE THESIS: AN INVESTIGATION ON HEAVY METAL CONTENT OF TSP IN GEBZE AMBIENT AIR

NAME OF AUTHOR: Kadir ULUTAŞ

Air pollution is one of the most important environmental problems especially in industrial areas. In this study, ambient air quality in Gebze, which is an industrial area with an area of 604 km² and a population of 297.029 people, was investigated on the basis of total suspended particulates (TSP) and its heavy metal content (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, and Pb). On the scope of the study first sampling point was chosen as Gebze Municipal Building (GBB) at the town center and the other was Beylikbaşı Park (BMP) in the Beylikbaşı district. Samples were collected by using high volume samplers during March, April, May, and June of 2009.

24-hour samples were collected in March and April and to be able to evaluate day and night effect on the measured parameters 12 hour samples were also collected during only May and June. Number of samples for March, April, May, and June are 26, 44, 71, and 31, respectively. TSP concentrations were determined by gravimetric analysis and heavy metal content of TSP were measured by Atomic Absorption Spectrometer following chemical extraction. Spatial and temporal variation of TSP and its heavy metal content together with the correlation with meteorological factors were investigated and compared by using appropriate statistical methods. In addition by using principal component analysis source apportionment for each sampling point was performed.

The results of analyses for GBB and BMP points respectively were TPM 188,5 µg/m³ and 188,8 µg/m³; Pb 0,188 µg/m³ and 0,161 µg/m³; Cd 0,033 µg/m³ and 0,037 µg/m³; Cu 0,137 µg/m³ and 1,129 µg/m³; Cr 0,084 µg/m³ and 0,083 µg/m³; Ni 0,066 µg/m³ and 0,055 µg/m³; Mn 0,277 µg/m³ and 0,282 µg/m³; Fe 2,33 µg/m³ and 2,21 µg/m³. Cu concentrations were found to be much higher at BMP point compared to

GBB point indicates a point source for Cu at this site. The region is especially polluted in terms of Cd.

TESEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında yönlendirme ve bilgilendirmeleri ile bana yol gösteren, ilgi ve alakaları ile görüşlerimi dikkate alan danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Pınar ERGENEKON'a, bilgi ve tecrübeleri ile çok ciddi katkılarda bulunan Sayın Yrd. Doç. Dr. Salim ÖNCEL'e, gerekli olan cihazın teminindeki desteklerinden dolayı Sayın Prof. Dr. Kadir ALP ile Sayın Dr. Asude Ö. HANEDAR'a ve bugünlere gelmemde katkısı olan tüm hocalarıma sonsuz şükranlarımı arz ederim.

Her şartta yardımları ile yanımda olan Sayın Hasan BİTMEZ'e ile Sayın Hilal A.OYBAK'a, tez çalışmamın gerçekleşebilmesi için cihazların kurulumunda gerekli kolaylıkları gösteren dönemin Gebze Belediyesi Başkan Yardımcılarından Sayın Zinnur BÜYÜKGÖZ'e, işyerinde gösterdiği kolaylıklar ve desteklerinden dolayı başta Birim Müdürüm Ramazan KILINÇ olmak üzere katkısı olan tüm mesai arkadaşlarıma ve laboratuvar çalışmaları esnasında yardımlarından dolayı İpek AKIN ile Metin ARDUÇ'a teşekkür ederim.

Varlıkları ile hayatımın her aşamasında bana en büyük desteği veren, benim için her şeyden çok değerli olan ailemin her ferdine ayrı ayrı teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmayı eğitime verdiği önem ve desteklerinden dolayı Gebze Belediyesi Başkanlarından merhum Ahmet PENBEGÜLLÜ'ye ve değerli arkadaşım merhum İrem B. KARASU'ya ithaf ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	vi
TESEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
2. GEBZE BÖLGESİ	4
2.1. Genel Konum ve Fiziki Coğrafyası	4
2.2. İdari Yapı	5
2.3. Sanayi Yapısı	5
2.4. İklim Koşulları ve Meteorolojik Veriler	6
2.4.1. Sıcaklık	7
2.4.2. Ortalama Bağıl Nem ve Basınç	7
2.4.3. Yağış Miktarı	8
2.4.4. Rüzgar Hızı ve Yönü	8
3. HAVA KİRLİLİĞİ VE PARTİKÜL MADDE	10
3.1. Hava Kirliliği Kaynakları	11
3.1.1. Sanayi Kaynaklı	11
3.1.2. Evsel Kaynaklı	12
3.1.3. Trafik Kaynaklı	13
3.2. Partikül Madde	13
3.2.1. Fiziksel Özellikleri	14
3.2.2. Partikül Madde Kaynakları	16
3.2.3. Sağlık Açısından Etkileri	18
3.2.4. Partikül Maddelerin Atmosferde Yer Aldıkları Süreçler ve Taşınımları	19
3.2.5. Ortam Havasındaki PM Sınır Değerleri	20
4. AĞIR METALLER	22
4.1. Ağır Metal Türlerine Genel Bakış	22

4.2. Kurşun (Pb)	24
4.2.1. Kurşunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	24
4.2.2. Kurşun Kaynakları	24
4.2.3. Kurşunun Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	25
4.3. Kadmiyum (Cd)	27
4.3.1. Kadmiyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	27
4.3.2. Kadmiyum Kaynakları	27
4.3.3. Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	28
4.4. Krom (Cr)	29
4.4.1. Kromun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	29
4.4.2. Kromun Kaynakları	30
4.4.3. Kromun Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	30
4.5. Bakır (Cu)	31
4.5.1. Bakırın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	31
4.5.2. Bakırın Kaynakları	32
4.5.3. Bakırın Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	33
4.6. Nikel (Ni)	33
4.6.1. Nikelin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	33
4.6.2. Nikelin Kaynakları	34
4.6.3. Nikelin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	35
4.7. Mangan (Mn)	35
4.7.1. Manganın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	35
4.7.2. Manganın Kaynakları	36
4.7.3. Manganın Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	36
4.8. Demir (Fe)	37
4.8.1. Demirin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	37
4.8.2. Demirin Kaynakları	37
4.8.3. Demirin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri	38
4.9. Ortam Havasında Ağır Metal Standartları	38
5. MATERYAL METOD	41
5.1. Çalışma Alanı	41
5.1.1. Numune Alma Noktaları	41
5.2. Numune Toplama Stratejisi	42
5.3. Numune Analizi ve Konsantrasyon Hesaplanması	44

5.3.1. TPM Konsantrasyonlarının Belirlenmesi	44
5.3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi	46
5.3.3. Yüksek Hacimde Numune Toplayıcı Kalibrasyonu	46
5.4. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi Kalibrasyon Grafikleri	51
5.5. Kalite Kontrol ve Güvence	54
5.5.1. Numune Alma ve Ekstraksiyonlar	54
5.5.2. Verilerin Kontrolü	54
6. BULGULAR	56
6.1. Meteorolojik Veriler	56
6.1.1. Sıcaklık	56
6.1.2. Ortalama Bağıl Nem	57
6.1.3. Yağış Miktarı	57
6.1.4. Rüzgâr Yönü ve Hızı	58
6.2. Toplam Partikül Madde ve Ağır Metal Ölçüm Sonuçları	59
6.2.1. TPM Konsantrasyonları	59
6.2.1.1. GBB Noktasına Ait TPM Konsantrasyonları	59
6.2.1.2. BMP Noktasına Ait TPM Konsantrasyonları	62
6.2.1.3. GBB ve BMP Noktalarının TPM Bazında Karşılaştırılması	65
6.2.2. Ağır Metal Konsantrasyonları	67
6.2.2.1. GBB Noktası Ağır Metal Konsantrasyonları	67
6.2.2.2. BMP Noktası Ağır Metal Konsantrasyonları	72
6.2.2.3. GBB ve BMP Noktalarının Karşılaştırılması	78
6.3. Kaynakların İstatistiksel Yöntemlerle Ayrımı	83
6.3.1. GBB Noktası	84
6.3.2. BMP Noktası	85
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	88
ÖZGEÇMİŞ	97
EKLER	98

SİMGELER DİZİNİ

AAS	: Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
ALP	: Alkalenfosfataz
ATSDR	: Toksik Maddeler ve Hastalık Sicil Ajansı
BMP	: Beylikbağı Mahalle Parkı
Cd	: Kadmiyum
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
dk	: Dakika
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
Fe	: Demir
GBB	: Gebze Belediye Binası
GF	: Cam Elyaf
GOSB	: Organize Sanayi Bölgesi
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi
GYTE	: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
HKKY	: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
İMES	: İstanbul Makine Endüstri Sanayi
ml	: Mililitre
Mn	: Mangan
NAAQS	: Ulusal Ortam Havası Kalite Standardı
ng/m ³	: Nanogram/metre küp
Ni	: Nikel
PAH	: Polisiklikaromatikhidrokarbon
Pb	: Kurşun
PM	: Partikül Madde
ppb	: Milyarda bir parçacık
ppm	: Milyonda bir parçacık
PSD	: Ciddi Kötüleşmeyi Önleme
PUF	: Poliüretan Köpük
SEM	: Elektron Mikroskobu ile Tarama
TLV	: Eşik Sınır Değeri

TPM	: Toplam Partikül Madde
TÜBİTAK MAM	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi
TWA	: Zaman Ağırlıklı Ortalamalar
UVS	: Uzun Vadeli Sınır
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	: Mikrogram/metreküp

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1. Gebze ilçesinin konumu	4
2. 2. Gebze ilçesi yerleşim planı	5
2. 3. 2009 yılına ait düşük ve yüksek sıcaklık grafiği	7
2. 4. 2009 yılına ait basınç grafiği	8
2. 5. 2009 yılına ait yağış grafiği	8
2. 6. 2009 yılına ait ortalama rüzgar hızı grafiği	9
2. 7. 2009 yılına ait rüzgar yönü grafiği	9
3. 1. Hava kirliliği kaynakları ve kirlletici türleri	10
3. 2. Partikül boyutu [Heinshon et al, 1999'dan uyarlanmıştır]	14
3. 3. Cadde kenarında örneklenen PM filtre kağıdına ait SEM görüntüsü	15
3. 4. Partikül maddenin kimyasal içerik bazında boyut dağılımı	15
3. 5. İnce boyutta doğal ve insan kaynaklı partiküller	18
3. 6. Kaba boyutta doğal ve insan kaynaklı partiküller	18
5. 1. Numune alma noktaları ve muhtemel kirlletici kaynakları	41
5. 2. Filtre kağıdı hazırlama prosedürü.	45
5. 3. Ağır metal analizi için ekstraksiyon prosedürü	47
5. 4. Yüksek hacimli numune toplama cihazı için akış kalibrasyon eğrisi	51
5. 5. Nikel kalibrasyon grafiği	52
5. 6. Krom kalibrasyon grafiği	52
5. 7. Demir kalibrasyon grafiği	52
5. 8. Kurşun kalibrasyon grafiği	52
5. 9. Kadmiyum kalibrasyon grafiği	53
5. 10. Mangan kalibrasyon grafiği	53
5. 11. Bakır kalibrasyon grafiği	53
6. 1. Çalışma aylarına ait sıcaklık değişim grafiği	56
6. 2. Çalışma aylarına ait nem değişim grafiği	57
6. 3. Çalışma aylarına ait günlük yağış grafiği	58
6. 4. GBB noktasına ait TPM konsantrasyonları	60
6. 5. GBB noktasına ait gece ve gündüz TPM konsantrasyonları	61
6. 6. Gece-gündüz ortalama TPM konsantrasyonları	61

6. 7. Hafta sonu-hafta içi ortalama TPM konsantrasyonları	61
6. 8. GBB noktasına ait aylık ortalama TPM konsantrasyonları	62
6. 9. BMP noktasına ait günlük TPM konsantrasyonları	63
6. 10. BMP noktasına ait gece ve gündüz TPM konsantrasyonları	64
6. 11. Gece-gündüz ortalama TPM konsantrasyonları	64
6. 12. Hafta sonu-hafta içi Ortalama TPM konsantrasyonları	64
6. 13. BMP noktasına ait aylık ortalama TPM konsantrasyonları	65
6. 14. GBB ve BMP noktalarının eş zamanlı ölçümlerine ait TPM konsantrasyonları	65
6. 15. Aylık ve ortalama TPM konsantrasyonunun GBB ve BMP noktalarındaki eş zamanlı ölçümleri	66
6. 16. GBB noktasına ait günlük Pb, Cd, Cr, Ni ağır metal konsantrasyonları	68
6. 17. GBB noktasına ait günlük Cu, Mn, Fe ağır metal konsantrasyonları	68
6. 18. Gece-gündüz ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları	69
6. 19. Gece-gündüz ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları	69
6. 20. Hafta sonu-hafta içi ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları	70
6. 21. Hafta sonu-hafta içi ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları	70
6. 22. GBB noktasına ait aylık ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları	70
6. 23. GBB noktasına ait aylık ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları	70
6. 24. TPM'de belirlenen eser element içeriği	71
6. 25. Eser elementlerin ilgileşimi	72
6. 26. BMP noktasına ait günlük Pb, Cd, Cr, Ni ağır metal konsantrasyonları	73
6. 27. BMP noktasına ait günlük Cu, Mn, Fe ağır metal konsantrasyonları	74
6. 28. Gece-gündüz ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları	75
6. 29. Gece-gündüz ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları	75
6. 30. Hafta sonu-hafta içi ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları	75
6. 31. Hafta sonu-hafta içi ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları	75
6. 32. BMP noktasına ait aylık ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları	76
6. 33. BMP noktasına ait aylık ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları	76
6. 34. TPM'de belirlenen eser element içeriği	76
6. 35. Eser elementlerin yüksek kuvvette ilgileşimi	77
6. 36. Eser elementlerin orta kuvvette ilgileşimi	78
6. 37. GBB ve BMP noktalarındaki Pb ve Ni konsantrasyonlarının karşılaştırılması	78
6. 38. GBB ve BMP noktalarındaki Cd ve Cr konsantrasyonları karşılaştırılması	79

6. 39. GBB ve BMP noktalarındaki Cu, Mn ve Fe konsantrasyonlarının karşılaştırılması	79
6. 40. BMP ve GBB noktalarına ait ağır metal konsantrasyonlarının (BMP/GBB) oranı	80

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2. 1. 2009 Yılına Ait Ortalama Meteorolojik Veriler	7
3. 1. Tahmin Edilen PM Kaynakları ve Miktarları	17
3. 2. Partikül Madde Sınır Değerleri	20
4. 1. Kurşun için Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri	39
4. 2. Farklı Ortam Havası Kalitesi Yıllık Standartlara Göre Kurşun Limitleri	40
5. 1. Yüksek Hacimli Örneklem Cihazı Kalibrasyon Hesaplama Tablosu	50
5. 2. Ağır Metal Ölçüm Özet Tablosu	55
5. 3. Ağır Metal Eş Zamanlı Ölçüm Özet Tablosu	55
6. 1. Aylara Ait Sıcaklık Değerleri	56
6. 2. Aylara Ait Nem Değerleri	57
6. 3. Aylara Ait Toplam Yağış Miktarları	58
6. 4. Aylara Göre Rüzgâr Hızı ve Yönü Değerleri	59
6. 5. GBB Noktası İçin En Küçük ve En Büyük Değerler	67
6. 6. GBB Noktası İçin Ortalama Değerler	69
6. 7. Korelasyon Sonuçları	71
6. 8. BMP Noktası İçin En Küçük ve En Büyük Değerler	73
6. 9. BMP Noktası İçin Ortalama Değerler	74
6. 10. Korelasyon Sonuçları	77
6. 11. Korelasyon Katsayıları	81
6. 12. GBB Noktası Rüzgar Yönü Konsatrasyonları	81
6. 13. BMP Noktası Rüzgar Yönü Konsatrasyonları	82
6. 14. Ağır Metallerin Konsantrasyonlarının Diğer Çalışmalar ile Karşılaştırılması	82
6. 15. GBB Noktası PCA Sonuçları	84
6. 16. BMP Noktası PCA Sonuçları	86

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Sanayileşen birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de sanayileşme ile birlikte hızlı bir kentleşme, beraberinde çeşitli çevre sorunlarını getirmiştir. Kentleşme yönünden hızlı gelişen bölgelerdeki başlıca çevre sorunlarını evsel ve sanayi kaynaklı atıksuların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesiyle oluşan su kirliliği, giderek artan miktarda çıkan katı atıklar ve trafik, ısınma ve sanayiden kaynaklanan hava kirliliği şeklinde sıralayabiliriz.

Ülkemizde hızlı bir sanayileşme sürecine maruz kalan ve göç nedeni ile nüfusu artmakta olan yerlerden biri de Kocaeli’ye bağlı Gebze ilçesidir. Mevcut durumu itibari ile Gebze ilçesi, Marmara Bölgesi’nde, İzmit Körfezinin kuzeybatısında yer almakta olup doğusunda Dilovası ve Körfez, batısında Darıca, Çayırova ve İstanbul-Tuzla, kuzeyinde İstanbul-Şile ilçeleri ile çevrilidir. Asya ile Avrupa kıtalarını birbirine bağlayan bir hat üzerindeki konumu kara, deniz ve hava ulaşım avantajları ile bir çok sanayi kuruluşu için cazibe merkezi olmuştur. 2006 verilerine göre 10 milyon doların üzerinde ihracat yapan 48 sanayi kuruluşu Gebze’de bulunmaktadır. Ayrıca 2007 yılı verilerine göre ülkemizde faaliyet gösteren ilk 500 sanayi kuruluşunun 39’u yine Gebze’de faaliyetlerini sürdürmektedir [Gebze Ticaret Odası, 2008]. Bunun neticesinde işgücü talebi artmış ve nüfus artışı da beraberinde gelmiştir. Ayrıca artan nüfus ve sanayi ile birlikte kıtalar arası köprü vazifesi görmesinin de etkisi ile yoğun bir trafik potansiyeli oluşmuştur. Tüm bu etkenler bir araya geldiğinde karşımıza ciddi derecede bir hava kirliliği sorunu çıkmıştır.

Ulusal basında gündeme yansıyan ve bölgede yaşayan insanların şikâyetleri ile hava kirliliği, bölgesel anlamda çevre sorunları içinde ön plana çıkmıştır. Ancak Gebze ilçesinde hava kalitesinin tespiti için yönetmeliklerde belirlenen birçok kirlletici parametrenin sürekli ölçümünü yaparak kirliliğin boyutunu açığa çıkaracak bir izleme istasyonu bulunmamaktadır. Çeşitli çevresel etkilerin yanında özellikle uzun vadede canlı bünyesinde birikimi neticesinde kanserojen etki göstermesi

açısından bölge ortam havasına ait partikül maddedeki ağır metallerin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Çoğu ülkede olduğu gibi Türkiye’de sanayileşmiş bölgelerdeki hava kalitesinin ağır metal içeriğinin belirlenmesi halk sağlığı ve çevreye etkisi açısından önemi haiz bir konudur. Bu konuda yurt dışında örneğin İtalya’nın Campi Salentina şehrinde toplam 10 parametre (9 adet ağır metal ve PM₁₀) incelenerek değerlendirildiği çalışma gibi [Buccolieri et al, 2004] Türkiye’de de endüstriyel bölgelere ait ortam havasındaki ağır metallerin dağılımı çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. Yüksek hacimli numune alma cihazı, düşük hacimli numune alma cihazı ve çökeltme kapları ile alınan numuneler yardımıyla İstanbul’da atmosferik kurşun konsantrasyonların izlendiği çalışma [Tayanç ve ark; 2003] sonuçları İstanbul’da atmosferik kurşun seviyelerinin ulaştığı değerler yaygın olarak kullanılan kurşun sınır değerlerini geçtiğini göstermiştir. Nüfusun ve araç yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde kurşun seviyelerinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Endüstriyelleşmekte olan kalabalık şehirlerde, özellikle kurşunsuz benzin kullanımının yaygınlaşmadığı bölgelerde, trafik yoğunluğunun meteorolojik durumların kritik olduğu günlerde ciddi hava kirliliğine yol açan önemli bir unsur olduğu belirlenmiştir [Tayanç ve ark, 2003]. Başka bir çalışma Ağustos 2002 tarihinde Soma’nın Turgutalp yöresinde yol kenarında yetişen tütün yapraklarındaki termik santralin ve yoğun trafiğin sebep olduğu ağır metal kirliliğini tespit etmek amacıyla yapılmıştır[Sesli, 2002]. Araştırmada yol kenarına daha yakın olan yapraklarda kirlilik miktarının daha fazla olduğu anlaşılmış olup Soma Termik Santralinin hava kalitesine olan olumsuz etkisi çok net biçimde ortaya konmuştur. Bölgede tütün yapraklarındaki kurşun miktarlarının termik santralin etkisine bağlı olarak yüksek çıktığı belirlenmiştir. Bir başka çalışmada ise kurşun ve civa ağır metal iyonlarının albino farelerde canlı ağırlık ve serum alkalen fosfataz düzeyi üzerine etkisi incelenmiştir. Deneme süresi bitiminde fareler ilk olarak tartılmış ve sonrasında kesim esnasında alınan kan örneklerinde alkalenfosfataz (ALP) enzim düzeyi otoanalizör kullanılarak belirlenmiştir. Farelerde uygulanan metal iyon dozunun artması ile birlikte canlı ağırlık değerlerinde ve serum alkalen fosfataz düzeylerinde belirgin azalma olduğu gözlenmiştir [Yalçın, 2007]. Ayrıca Gebze bölgesini de içine alan bir tez çalışmasında D100 karayolu boyunca yol kenarlarından toprak ve bitki örnekleri alınarak ağır metal içeriği belirlenmiştir [Öncel ve ark, 2004].

Ancak Türkiye'nin önemli bir sanayi bölgesi olan Gebze'de ortam havasındaki ağır metallerin dağılımı ile ilgili yayınlanmış bir çalışma bulunmamaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi olumsuz sağlık etkileri nedeniyle yaygın olarak ölçülen ve sürekli izlenen parametrelerden olan ağır metallerin bu tez çalışmasında Gebze için ölçülmesi planlanmıştır. Bu amaçla Gebze ilçesi sınırları içinde iki nokta tespit edilmiştir. Tespit edilen iki noktadan Gebze ortam havasındaki toplam partikül madde (TPM), ve partikül maddenin ağır metal (Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb) içeriğinin ölçümü yapılarak bölgenin hava kalitesinin bu parametreler bazında değerlendirilmesi ilk olarak gerçekleştirilmiştir.

Örneklemlerin eş zamanlı yapılabilmesi için iki adet yüksek hacimli örnekleyici kullanılmıştır. Toplanan numunelerin analizi atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS) ile yapılmış olup tüm çalışma süresince kontrol işlemleri özenle gerçekleştirilmiştir. Belirlenen noktalardan toplanan numunelerde gravimetrik ve kimyasal analizler ile birlikte Gebze ortam havasındaki TPM ve partikül maddenin ağır metal içeriği belirlenip meteorolojik veriler de kullanılarak Gebze ortam hava kalitesinin mevcut durumu hakkında bilgi edinilmiştir. Çalışma kapsamında her iki noktada eş zamanlı olarak ölçümlerin zamana ve konuma göre gösterdiği değişimler incelenerek kirliliğin en yoğun olduğu şartlar belirlenmiş ve verinin istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi neticesinde endüstriyel, trafik ve yerden kalkan tozlar olmak üzere kaynak sınıflandırılması ve kaynakların katkısı incelenmiştir.

2. GEBZE BÖLGESİ

2.1. Genel Konum ve Fiziki Coğrafyası

Gebze, Marmara Bölgesi'nde Kocaeli Yarımadası'nın kuzeybatısında yaklaşık 604 km² olan bir alan üzerinde bulunmaktadır. İzmit Körfezinin kuzeybatısında bulunan Gebze'nin doğusunda Dilovası ve Körfez, batısında Darıca, Çayırova ve Tuzla, kuzeyinde Şile ilçeleri ile çevrilidir. Gebze ilçe sınırları coğrafi konumu itibariyle 40° 45' 08" ile 41° 02' 38" kuzey enlemleri ile 29° 19' 56" ile 29° 45' 14" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Gebze Marmara sahiline 7 km, İzmit'e 49 km, İstanbul'a 45 km uzaklıkta bulunmaktadır. Gebze'nin deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 130 metredir.



Şekil 2. 1. Gebze İlçesinin konumu.

Kocaeli'nde bitki örtüsü, genelde Marmara Bölgesi özelliğini taşımakla birlikte, kıyısıyla dağlık alanlar arasında önemli farklılıklar görülür. Ayrıca kuzeyden güneye doğru gidildikçe Karadeniz kıyısına özgü bitki topluluklarının yerini Akdeniz bitkileri almaya başlar. Gebze İlçe yüzölçümlerine oranla %23,9'luk oranı ile tarım topraklarının varlığı bakımından son sırada yer alır [İl Çevre Durum Raporu, 2008].

2.2. İdari Yapı

İdari ve hizmet yönünden yerinden yönetim ülkemizde kamu hizmetleri il özel idareleri, belediye yönetimi, katma bütçeli kamu kurumları, özerk kamu iktisadi teşebbüsleri ve kamu kurumu niteliğindeki meslek kuruluşları ile yerine getirilmeye çalışılmaktadır. Bu bağlamda Gebze Belediyesi, mücavir alan içersinde 13.07.2005 tarih ve 5393 Sayılı Belediyeler Kanunu'nda yapılan değişiklikten sonra 23 mahalleye ve 18 köye hizmet vermektedir (Şekil 2.2.).



Şekil 2. 2. Gebze İlçesi yerleşim planı.

2.3. Sanayi Yapısı

Gebze ve civar bölgesinde 1960'lı yıllarda başlayan sanayileşme günümüzde bu bölgeyi Türkiye'nin sanayi merkezi haline getirmiştir. D100 (E-5 olarak bilinen) kara yolu hattı 1960'lı yıllarda başlayan sanayileşmenin ilk oluşum bölgesidir. D100 karayolu boyunca kurulu bulunan işletmelerin birçoğu Türkiye'nin önde gelen işletmelerindendir. 1980'lere gelindiğinde D100 karayolu üzerindeki yoğunluk devam etmekle birlikte Diliskelesi ve Çayırova arasındaki bölge hem sanayi hem de yerleşim alanlarının iç içe olduğu bir bölge haline gelmiştir.

İstanbul ve Anadolu arasında geçiş bölgesinde yer alan Gebze’de, liman ve ulaşım merkezlerine olan yakınlığı, yetişmiş insan gücü, depo, antrepoların yoğunluğu ile sanayiye olan bu talep neticesinde devlet ve özel sektör temsilcileri bir araya gelerek organize sanayi bölgeleri kurulmuştur. 1990’lı yıllarda yeni sanayi tesisleri kentin kuzey, kuzey batı ve kuzeydoğu kesimlerinde kurulmaya başlamıştır. Günümüzde bu bölgede TEM yolu çevresinde ve daha kuzeyde organize olarak kurulu bulunan Gebze Organize Sanayi Bölgesi, Plastikçiler Organize Sanayi Bölgesi, ve Güzeller Organize Sanayi Bölgesi mevcuttur.

13.07.2005 tarih ve 5393 Sayılı Belediyeler Kanunu öncesi bünyesinde 11 sanayi bölgesi barındıran Gebze’de, yeni kanunla ilçe sınırları içinde 3 sanayi sitesi bulunmakla birlikte yakın mesafede, Tuzla’da Deri ve Endüstri Organize Sanayi Bölgesi, Dericiler Serbest Bölgesi ve İstanbul Kimyacılar Organize Sanayi Bölgesi yer almaktadır. Ayrıca Çayırova’da Taşıt Araçları Organize Sanayi Bölgesi, Dilovası’nda İMES Organize Sanayi Bölgesi, Dilovası Organize Sanayi Bölgesi aktif olarak faaliyette bulunmaktadır.

Tüm bu sanayi kuruluşları ve kentleşmenin boyutu düşünüldüğünde yakın geçmişimize kadar ihmal edilen çevre soruları günümüzde kent merkezi ve diğer yerleşim alanlarında ciddi boyutta gün yüzüne çıkmıştır.

2.4. İklim Koşulları ve Meteorolojik Veriler

Gebze’nin iklimi, genellikle Karadeniz ve Akdeniz bölgeleri arasında bir geçiş özelliği taşımaktadır. Yaz mevsimi sıcak ve az yağışlı, kış mevsimi oldukça serin ve daha çok yağışlı geçmektedir. Yıllık yağış ortalaması 550 milimetredir ve en çok yağış aralık-ocak aylarında, en az yağış ise ağustos ayında gözlemlenir. En sıcak ay ortalaması 24,2 °C ile Ağustos ayında, en soğuk ay ortalaması ise 6,5 °C ile Ocak ayında görülür [Gebze Ticaret Odası, 2008].

Meteorolojik ölçümler, sabit ve hareketli kaynaklardan çıkan kirleticilerin alıcıya nasıl ve hangi konsantrasyonda ulaştığını anlayabilmek için önemlidir. Çünkü hava kirleticilerin yayılımı, taşınımı ve seyrelmesi meteorolojik olaylarla çok yakın

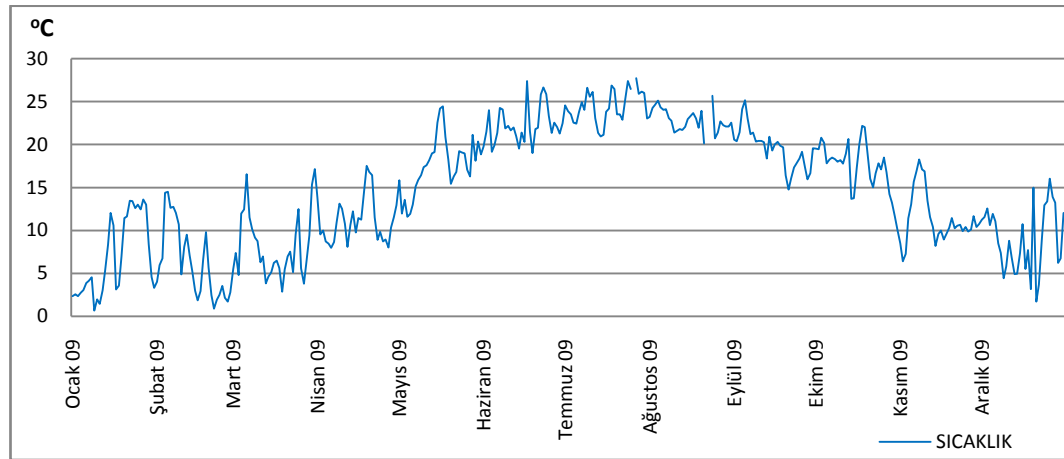
ilişkilidir. Meteorolojik olayları belirleyen faktörlerden en önemlileri sıcaklık, nem, yağış miktarı, rüzgâr yönü ve hızıdır. Aşağıda sırasıyla 2009 yılına ait ortalama meteorolojik veriler gösterilmektedir (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2. 1. 2009 Yılına Ait Ortalama Meteorolojik Veriler

	Değerler		
Sıcaklık	36,1 °C (max)	-17,8 °C (min)	14,7 °C (ortalama)
Nem oranı	100,0% (max)	% 34,4 (min)	% 73,8 (ortalama)
Rüzgar Hızı	53,1 km/s (max)		3.6 km/s (ortalama)
Basınç	103,7 hPa (max)	99,7 hPa (min)	101,5 hPa (ortalama)
Yağış	479,4 mm (toplam)		

2.4.1. Sıcaklık

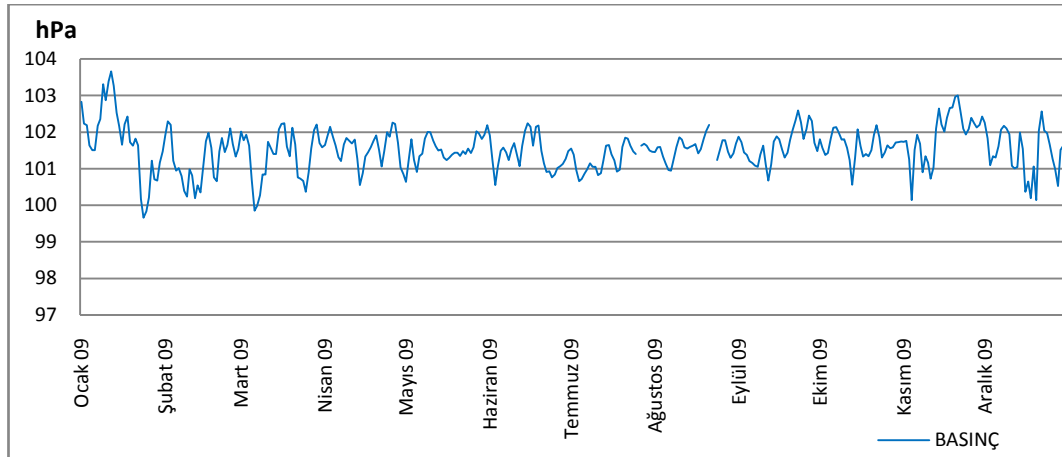
2009 yılına ait TÜBİTAK MAM kaynaklı yılın yüksek, düşük ve ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 36,1 °C, -17,8 °C, 14,7 °C'dir. Şekil 2.3.'de 2009 yılı sıcaklık değerleri görülmektedir.



Şekil 2. 3. 2009 yılına ait sıcaklık grafiği.

2.4.2. Ortalama Bağıl Nem ve Basınç

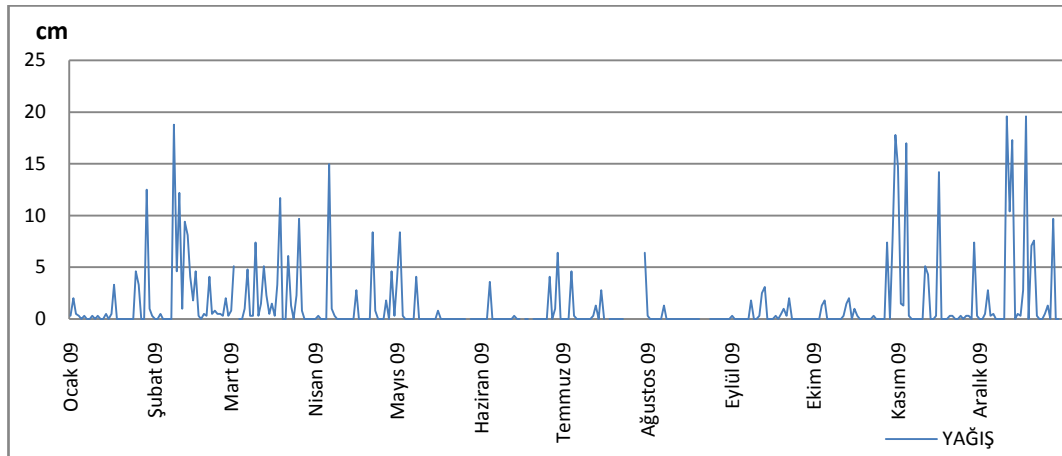
2009 yılı ortalama nem oranı % 73,8'dir. Ayrıca en yüksek basınç değeri 103,7 hPa'dır. Şekil 2.4.'de 2009 yılı basınç değerleri görülmektedir.



Şekil 2. 4. 2009 yılına ait basınç grafiği.

2.4.3. Yağış Miktarı

2009 yılı ortalama yağış miktarı 479,4 mm'dir. Şekil 2.5.'de 2009 yılı yağış değerleri görülmektedir.

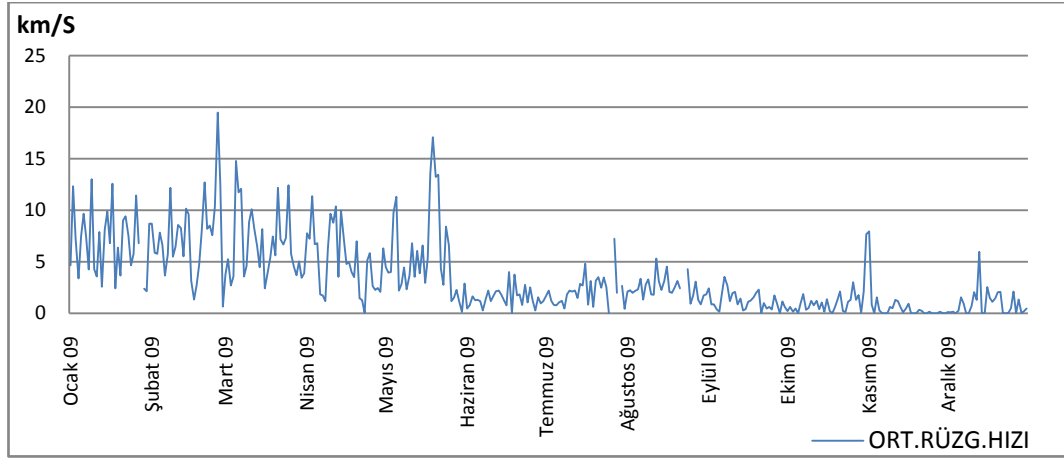


Şekil 2. 5. 2009 yılına ait yağış grafiği.

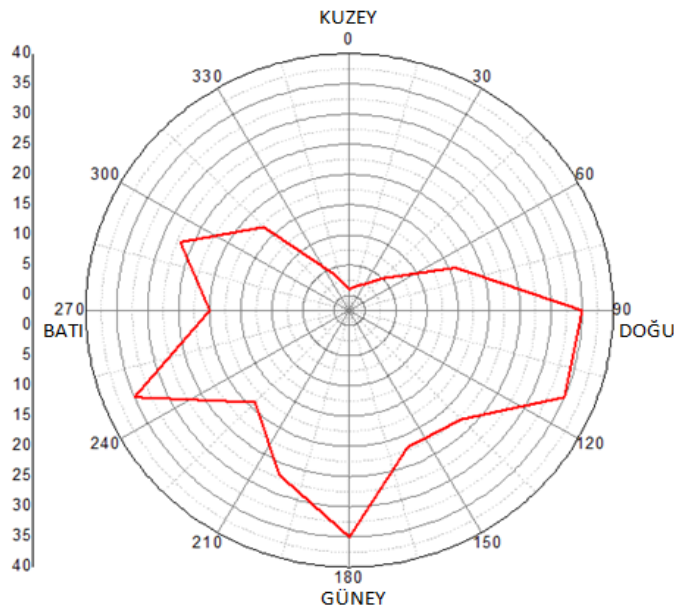
2.4.4. Rüzgar Hızı ve Yönü

2009 yılı için bölgede en yüksek rüzgar hızı 53,1 km/s hızla kuzey kuzeybatı yönlüdür. Şekil 2.6.'da 2009 yılı ortalama rüzgar hızları değerleri, Şekil 2.7.'de ise günlük esen rüzgar yönlerinin 2009 yılı içindeki sayılarına göre oluşturulan rüzgar yönleri görülmektedir. Yönler belirlenirken kuzey (K) 360; kuzey-kuzeydoğu (KKD) 22,5; kuzeydoğu (KD) 45; kuzeydoğu-doğu (KDD) 67,5; doğu (D) 90, doğu-güneydoğu (DGD) 112,5; güneydoğu (GD) 135; güneydoğu-güney (GDG) 157,5;

güney (G) 180; güney-güneybatı (GGB) 202,5; güneybatı (GB) 225; güneybatı-batı (GGB) 247,5; batı (B) 270; batı-kuzeybatı (BKB) 292,5; kuzeybatı (KB) 315; kuzeybatı-kuzey (KBK) 337,5 ifadeleri kullanılmıştır.



Şekil 2. 6. 2009 yılına ait ortalama rüzgar hızı grafiği.

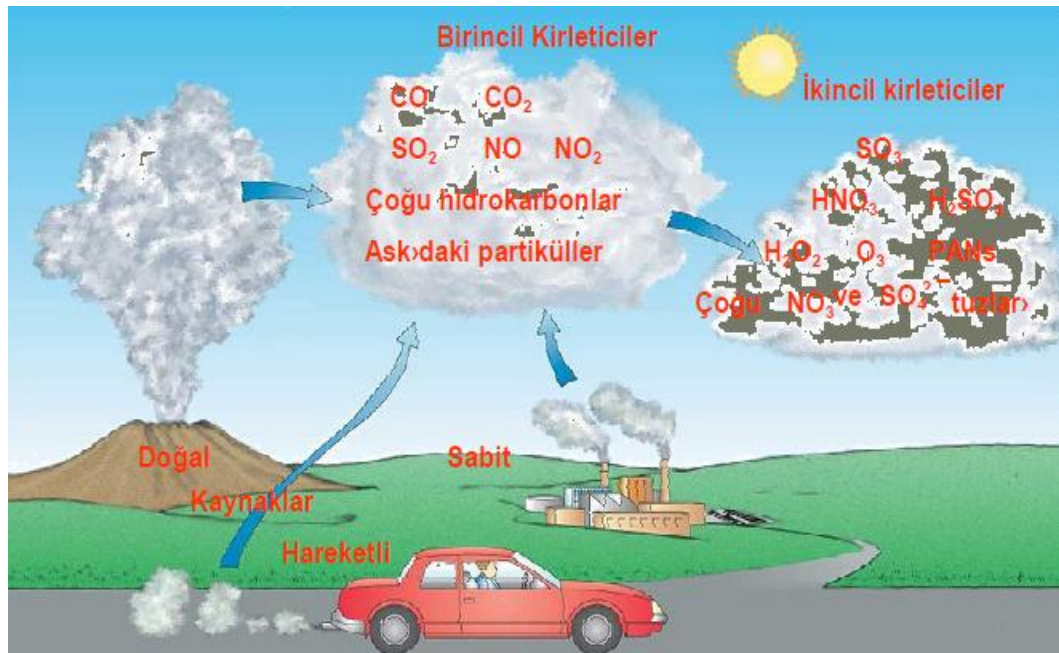


Şekil 2. 7. 2009 yılına ait rüzgar yönleri.

3. HAVA KİRLİLİĞİ VE PARTİKÜL MADDE

Hava kirliliği, sanayi devrimi sonrasında günümüze kadar kullanıla gelen bir deyimdir. Doğa veya insan kaynaklı salınımlar sonucu, atmosferde bulunan kirleticilerin belirli seviyeleri aşması ve uygun meteorolojik koşullar altında canlı ve cansız varlıklar üzerinde olumsuz etkiler yapması olayına hava kirliliği ismi verilmektedir. Hava kirleticileri çok çeşitli olmakla beraber, kentsel hava kirliliği genellikle atmosferde bulunan kükürdioksit (SO_2), ozon (O_3), azot oksitler ($\text{NO}+\text{NO}_2$) gibi gazların ve partikül madde (PM) konsantrasyonlarının ölçülmesiyle saptanmaktadır [Dündar ve ark, 2009].

Hava kirleticileri genel olarak kaynaklarına göre sınıflandırılırlar. Atmosfere doğrudan salınan kirleticiler birincil kirleticiler, atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşanlar ise ikincil kirleticiler olarak adlandırılır [Godish 1997]. Şekil 3.1.'de hava kirleticisi kaynakları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. 1. Hava kirliliği kaynakları ve kirleticisi türleri.

Dünyada hızlı kentleşme ve enerji tüketiminin artışı ile birlikte hava kirliliği de artmaktadır. 1980'li yıllara kadar dünyada 1,3 milyar kişinin hava kalite standartlarının üstünde kirlilik içeren şehirlerde yaşadığı bilinmekte ve 2030 yılına kadar bu sayıda beş katlık bir artış olması beklenmektedir [WHO, 1992]. Avrupa'da

ise nüfusun yaklaşık %30-40'ı Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü standartlarının üzerindeki kirletici konsantrasyonlarına maruz yaşamaktadır [Patil et al, 2003]. Bu kirleticiler nedeniyle ortaya çıkan sağlık sorunları ve bunların ekonomiye yansımaları konusunda Dünya Bankası tarafından gelişmekte olan ülkeler için hazırlanan raporlara göre, hava kirliliğinin bu ülkelere verdiği zarar, yaklaşık olarak milli gelirlerinin % 6'sı kadardır ve her yıl yaklaşık bir milyon insan solunum yolları rahatsızlıkları sebebi ile beklenenden daha erken hayatını kaybetmektedir [Hughes,1999; World Bank, 1997].

3.1. Hava Kirliliği Kaynakları

Kentlerde hava kirliliğine neden olan kirleticiler, endüstriyel gelişmişliğe bağlı olarak sanayi kaynaklı, nüfus, nüfus yoğunluğu, ısınma amaçlı yakıt kalitesi gibi faktörlere bağlı olarak evsel kaynaklı ve yine nüfus, nüfus yoğunluğu, şehirleşme ve ulaşım niteliklerine bağlı olarak trafik kaynaklı olmak üzere üç başlıkta değerlendirilebilir.

3.1.1. Sanayi Kaynaklı

Sanayi kaynaklı hava kirliliği, üretim ve ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan ve prosesten çıkan atık gazların arıtılmadan atmosfere verilmesinden kaynaklanmaktadır. Üretim sürecinde ucuz yöntem ve eski teknoloji kullanımı endüstriyel kirliliğe büyük katkı sağlamaktadır. Gelişmiş ülkelerin çevre koruma nedeni ile terk ettiği teknolojilerin bazı sanayi kuruluşları tarafından daha ekonomik olduğu düşüncesi ile tercih edilmesi hava kalitesine olumsuz katkı sağlamaktadır. Ayrıca sanayi tesislerinin atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak için arıtma ünitelerinin olmayışı veya bu ünitelerin yeteri etkinliğe sahip olmayışı hava kirliliğine neden olmaktadır.

Bursa'daki çeşitli endüstrilere ait emisyon değerlerinin hesaplandığı bir çalışmada yakıt kullanımı ve emisyon faktörleri esas alınarak endüstriyel, evsel ısınma, trafik ve güç santralleri gibi çeşitli kaynaklar değerlendirilmiştir. Endüstrilerde çeşitli proseslerden kaynaklanan ve yine endüstrilerde çeşitli amaçla

için yakıt yakılması sonucu oluşan kirletici miktarları toplam miktarın PM bazında %44 ve SO_x bazında %33'ünü teşkil etmektedir [Taşdemir ve ark, 2000]. Bu çalışmadan da görüleceği gibi endüstriyel kaynaklı hava kirleticileri önemli bir seviyede bulunmaktadır.

Hava kirleticilerin başında yer alan sanayi kaynaklı kirliliğin plânsız ve kontrolsüz gelişen endüstrinin sonucu olduğu özellikle sanayi bölgelerine yakın yerleşim alanlarında net bir şekilde görülmektedir [Can ve ark, 1997]. Şehir merkezlerine yakın bölgelerde faaliyete başlayan sanayi kuruluşları kontrol edilmediği takdirde, artan nüfus ve gelişen kentleşme neticesinde çevreye verdiği olumsuz etkiler artmaktadır.

3.1.2. Evsel Kaynaklı

Şehirlerde ısınma sistemlerinden kaynaklanan kirleticilerin, toplam kirletici emisyonları içinde çok önemli yeri vardır. Örneğin, kış günlerinde evsel ısınmadan kaynaklanan PM emisyonları oranının genel emisyonlar içindeki yeri %82 olarak bulunmuştur. Evsel ısınmada kömür kullanımından vazgeçildiğinde ise 24 saatlik PM ortalama konsantrasyonlarında %55'lik azalma görülmektedir [Barna et al, 2002].

Hava kirliliği ülkemizde de özellikle kış mevsiminde ısınma ihtiyacının yüksek olduğu büyük şehirlerde kullanılan ısıtma sistemleri ve yakıtların düşük kaliteli olması sebebi ile önemli problemler oluşturmaktadır. Şehirlerde SO₂ ve PM emisyonlarının havadaki konsantrasyonları çok yüksek değerlere ulaştığı için 1983 yılından itibaren bu emisyonların sistematik ölçümlerini yapmak üzere yurt çapında bir alt yapı oluşturulmuştur [Çevre Atlası, 2004; Öztürk, 2005]. Yakacak kalitesindeki gelişmeler ve doğal gazın ısınma amaçlı kullanımının artması ile beraber hava kalitesinde PM ve SO₂ açısından olumlu gelişmeler olmasına rağmen bu gazların gözlemlenen konsantrasyonları insan sağlığını ciddi ölçüde tehdit edecek kadar yüksektir. Özellikle büyükşehirlerde hava kirliliğinin en önemli kaynaklarından birinin de konutlarda kış aylarında ısınma amacıyla kullanılan düşük kalitedeki yakıtların yakılması olduğu görülmektedir [Dalyan, 2002].

3.1.3. Trafik Kaynaklı

Günlük yaşantımızda vazgeçilmez bir yere sahip olan ulaşım araçları, hava kirlenmesi şikayetlerinde önemli bir yere sahiptir. Hava kirletici emisyonlar yoğun trafiğin yaşandığı ana cadde, kavşak ve karayolları etrafında önemli boyutlara ulaşabilmektedir. Ayrıca yer seviyesindeki bu emisyonların dispersiyonu da güç olmaktadır.

Araçlardan kaynaklanacak başlıca emisyonlar NO₂, CO, HC, SO₂, PM ve PM içindeki kurşundur. Özellikle egzoz gazlarından kaynaklanan PM emisyonları az olmasına rağmen içerdikleri kurşun nedeniyle insan sağlığını ve doğayı tehdit edebilmektedir. Araçlardan kaynaklanan bu emisyonlar aracın yaşı, motorun çalışma devri, çalışma sıcaklığı, ortam sıcaklığı, ortam basıncı, yakıt türü ve kalitesi gibi parametrelere bağlıdır.

Egzoz emisyonları insan sağlığı üzerinde kronik olabilecek etkilere sahiptir. Özellikle çocuk ve yaşlılar üzerinde oluşturacakları hastalık etkileri çok ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. İnsan sağlığı yanında ekolojik çevrede meydana getirdiği olumsuzluklar da uzun vadede kendini yenileyemeyecek dereceye ulaşabilmektedir [Dülgeroğlu, 2002].

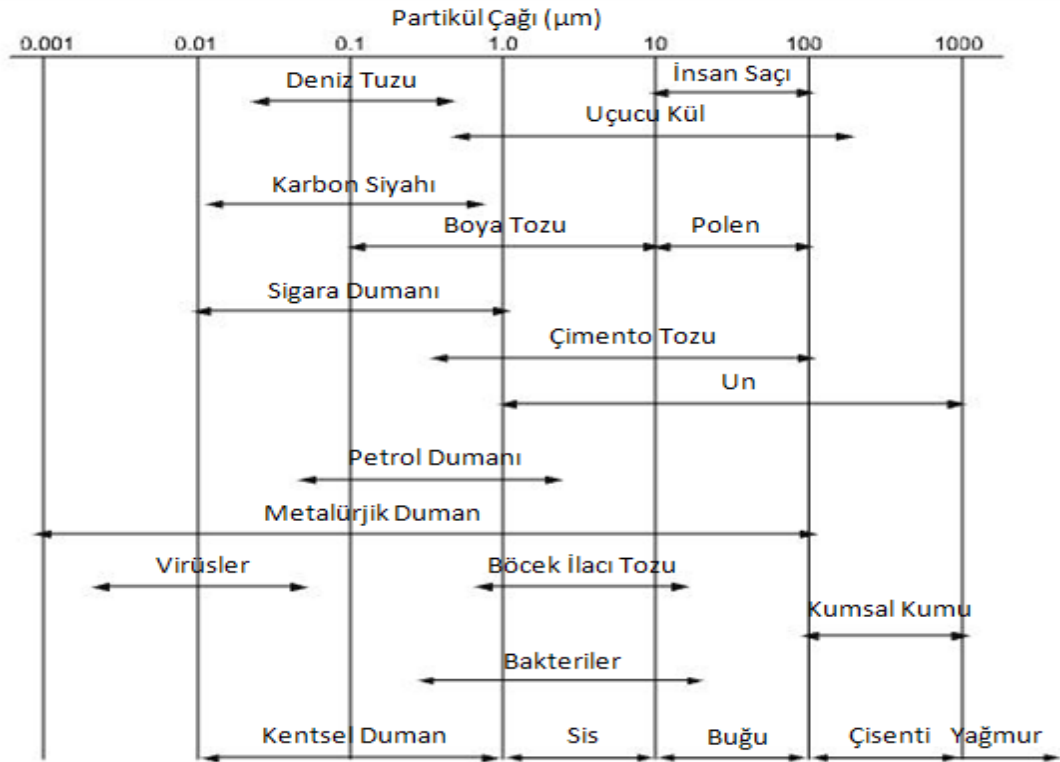
3.2. Partikül Madde

Partikül madde (PM) terimi, havada bulunan katı partiküller ve sıvı damlacıklarını ifade eder. Atmosferdeki partikül maddelerin konsantrasyonu atmosferik şartlar, coğrafi ve kirletici kaynakların konumları ve atmosferik döngüler gibi faktörlere bağlı olarak büyük değişkenlik gösterebilir [Noll et al, 1988]. Kimyasal içerikleri açısından organik, inorganik ya da bunların karışımından oluşabilirler. Partikül maddelerin sağlık etkilerini, atmosferde taşınma ve çıkarılma mekanizmalarını ve aynı zamanda da arıtılma yöntemlerini belirleyen en önemli özelliklerinden biri boyutlarıdır. Bu özellik solunum sistemlerine nüfuz etmelerinin yanında, PM'lerin atmosferde kalış sürelerini ve çökme hızlarını da etkiler [Taşdemir, 1999; Taşdemir ve ark, 2002].

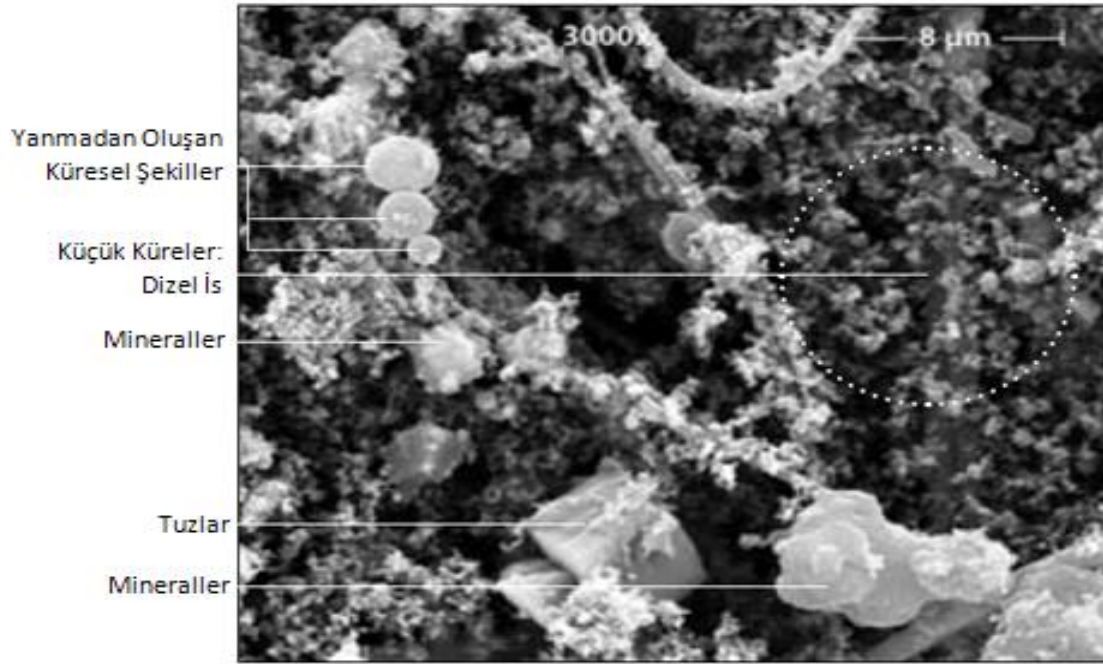
3.2.1. Fiziksel Özellikleri

Katı veya sıvı hallerde bulunabilen PM boyutları geniş bir aralığa sahiptir. PM boyutları açısından iki ana grupta incelenebilir. Çapları $2,5\ \mu\text{m}$ 'den küçük partiküller ($\text{PM}_{2,5}$) ince partiküller, çapları $2,5\ \mu\text{m}$ 'den büyük olanlar da kaba partiküller olarak adlandırılır. İnce partiküller ancak elektronik mikroskop ile tespit edilebilecek kadar küçüktürler. Burada belirtilen çap, gerçek parçacık gibi aynı çökme hızına sahip küre şeklindeki su damlacığının çapı olarak bilinen aerodinamik çaptır [Heinsohn et al, 1999].

Partikülün fiziksel boyutları hem sağlığa olan etkileri açısından hem de atmosferde kalış süresini belirleme açısından önemlidir. Genelde çapı $10\ \mu\text{m}$ 'nin altında olan partiküller (PM_{10}) veya özellikle $\text{PM}_{2,5}$ solunum sisteminde derinlere kadar inebildikleri için daha tehlikelidir. Ayrıca daha küçük olan bu partiküller rüzgarla kilometrelerce taşınabilmekte ve atmosferden çıkış süreleri daha uzun olmaktadır.

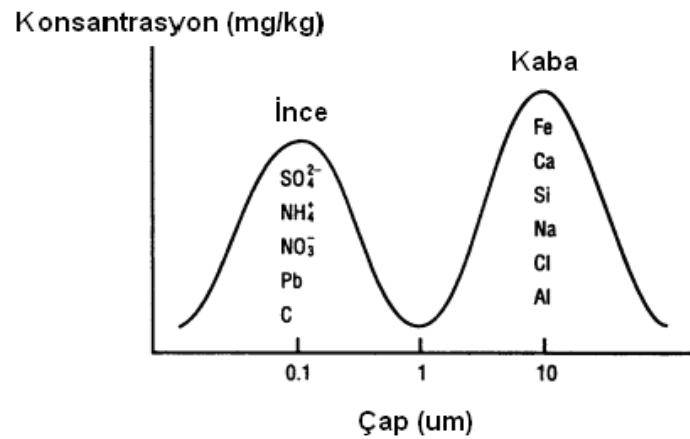


Şekil 3. 2. Partikül boyutu [Heinshon et al, 1999'dan uyarlanmıştır].



Şekil 3. 3. Cadde kenarında örneklenen PM filtre kağıdına ait SEM görüntüsü [Trimbacher et al, 2002].

PM₁₀, ortalama insan saçı çapından 5 kat, PM_{2.5} ise 20 kat daha küçüktür (Şekil 3.2.). PM'lerin bileşenleri, kaynakları, şekilleri ve boyutları Şekil 3.3.'de görüldüğü gibi çok farklı olabilir. İnce ve kaba partiküllerin genelde rastlanan kimyasal içeriği Şekil 3.4.'de görülebilir.



Şekil 3. 4. Partikül maddenin kimyasal içerik bazında boyut dağılımı [Seinfeld et al, 1998].

3.2.2. Partikül Madde Kaynakları

Partikül maddeler birincil ve ikincil olmak üzere kaynağına göre iki ana sınıfa ayrılır. Birincil partiküller atmosfere doğrudan atılan partiküller, gaz emisyonlarının uğradıkları tepkimeler sonucu atmosferde oluşanlar ise ikincil partiküller olarak isimlendirilmiştir. Genel olarak kaba partiküller birincil partiküllerden oluşurlar, ikincil partiküller ise daha çok ince partikülleri içerirler [Seinfeld et al, 1998].

PM kaynaklarını aynı zamanda doğal ve insan kaynaklı (antropojenik) olarak ikiye ayırmak da mümkündür. Başlıca doğal PM kaynakları deniz spreyleri, karasal tozlar, volkanlardır. Bunun yanında gaz bileşenlerini içeren kimyasal reaksiyonlar, yanma prosesleri, ulaşım, zirai faaliyetler, yapı, madencilik antropojenik PM kaynaklarındandır.

Antropojenik kökenli kaynaklardan çıkan PM daha küçük boyutlarda olup, insan sağlığı için daha tehlikelidirler. Bulunulan bölgeye bağlı olarak PM konsantrasyon seviyesi değişkenlik gösterebilir. Örneğin kırsal alanlarda düşük konsantrasyon değerleri ölçülürken, kentsel özellikle endüstriyel alanlarda bu değerler yüksek seviyelere çıkabilmektedir. Büyük oranda kış aylarında ısınmadan kaynaklanan PM emisyonu, kalorisi düşük, kükürt, uçucu madde ve kül oranı yüksek kalitesiz katı yakıtların yanması sonucu meydana gelir. Kükürt oranı yüksek sıvı yakıtlarda kükürt dioksit ve PM emisyonuna neden olur.

Özellikle büyük şehirlerde artan trafik yoğunluğu PM emisyonunun artışına katkıda bulunmaktadır. Trafikte seyreden taşıt sayısı arttıkça ve taşıt hızı azaldıkça egzozdan atılan kirletici miktarı da artmaktadır. Ayrıca motorin kullanan araçlar benzinli araçlara göre daha fazla miktarda egzozdan PM₁₀ atmaktadırlar.

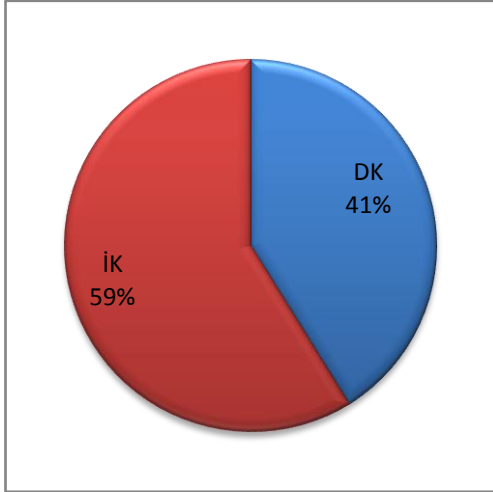
Gerekli tedbirler alınmadan çalışan çimento, kireç, taş ocakları, atmosferde ciddi miktarda PM kaynağı oluşturmaktadır. Ayrıca maden işleme tesisleri de diğer önemli PM kaynaklarından biridir.

Yeterli arıtma tesisi imkanları bulunmayan asfalt ve beton fabrikaları ve toprak yollar da ayrı birer PM kirletici kaynağıdır [Öztürk, 2008].

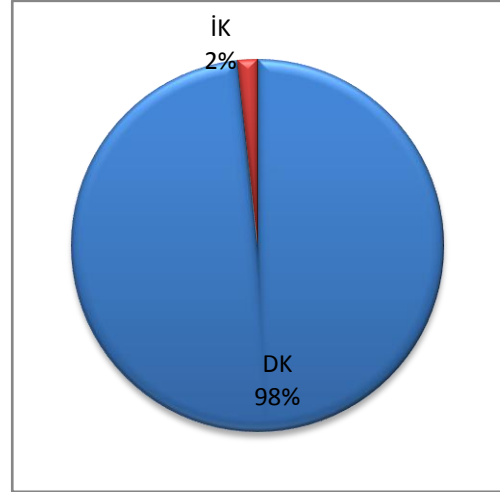
PM kaynakları doğal ve insan kaynaklı (antropojenik), ince, kaba ve karışık boyuttaki durumlarının incelendiği Çizelge 3.1.'de ideal düzeyde ince boyutta %41 doğal kaynaklı, %59 insan kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 3.5.). Kaba boyutta doğal-insan kaynaklı partiküller olarak değerlendirme yapıldığında %98 doğal kaynaklı, %2 insan kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 3.6.).

Çizelge 3. 1. Tahmin Edilen PM Kaynakları ve Miktarları [Seinfeld et al, 1998].

Kaynak			Miktar (Tg/Yıl)			Boyut
DOĞAL						
BİRİNCİL			Düşük	Yüksek	İdeal	
Toprak Tozu			1000	3000	1500	Çoğu Kaba
Deniz Tozu			1000	10000	1300	Kaba
Volkan Tozu			4	10000	30	Kaba
Biyolojik Parçalar			26	80	50	Kaba
İKİNCİL						
Biyolojik Sülfatlar	Gazlardan	Oluşan	80	150	130	İnce
Volkanik Sülfatlar	Gazlardan	Oluşan	5	60	20	İnce
VOC'lerden Maddeler	Oluşan	Organik	40	200	60	İnce
NO ₂ 'den Oluşan Nitratlar			15	50	30	Kaba ve İnce
TOPLAM			2170	23540	3120	
İNSAN KÖKENLİ						
BİRİNCİL						
Endüstriden Kaynaklanan Toz			40	130	100	Kaba ve İnce
İs			5	20	10	Çoğu İnce
İKİNCİL						
SO ₂ 'den Kaynaklanan Sülfatlar			170	250	190	İnce
Biyokütle Yakımı			60	150	90	İnce
NOX'lardan Kaynaklanan Nitratlar			25	65	50	Çoğu Kaba
VOC'lerden Maddeler	Oluşan	Organizk	5	25	10	İnce
TOPLAM			305	640	450	
GENEL TOPLAM			2475	24180	3570	



Şekil 3. 5. İnce boyutta doğal ve insan kaynaklı partiküller.



Şekil 3. 6. Kaba boyutta doğal ve insan kaynaklı partiküller.

3.2.3. Sağlık Açısından Etkileri

Havadaki partikül madde insan sağlığını olumsuz etkileyen en önemli çevresel maddelerden biridir. Partikül madde çapı ile sağlık üzerindeki olumsuz etkisi ters orantılı biçimde artmaktadır. Başka bir deyişle partikül çapı küçüldükçe PM_{10} 'un sağlık üzerine olumsuz etkisi artmaktadır. Boyutu dışında partikül maddenin içeriği de sağlık etkisinin ciddiyetini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Yani partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir.

Akciğere kadar ulaşabilen partikül maddelerin bazıları kana bile karışabilir. Kanser yapıcı organik kimyasallar (PAH, dioksin, furan gibi) içeren PM'ler sağlık açısından çok tehlikelidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle bileşerek aside dönüşmektedir. Uzun süre solunulan kurum, uçucu kül, benzin ve dizel egzoz partikülleri, benzo (a) pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdikleri için kanser riski taşımaktadır.

Partikül maddelerin kronik etkisi sağlık üzerine akut etkisinden daha fazladır. Uzun süre partikül madde kirliliğine maruz kalındığında akciğerde partikül birikmesi sonucu sağlık problemleri görülmektedir. PM_{10} , akciğere kadar ulaşp, kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşümünü yavaşlatmakta buda nefes darlığına neden

olmaktadır. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi için kalbin daha fazla çalışması gerekir bu da kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır.

Yetişkin bir insan günde ortalama 13.000-16.000 litre veya ömrü boyunca 400-450 milyon litre hava solumaktadır. 70 kg ağırlığındaki bir kişi günde ortalama 20 m³ hava solumaktadır. Çocuklar ise ağırlığı başına yetişkinlere göre %50 daha fazla hava solumaktadırlar. Çocukların solunum sistemleri gelişmekte olduğundan dolayı, vücutları çevresel şartlara karşı çok daha hassastır [Öztürk, 2008].

3.2.4. Partikül Maddelerin Atmosferde Yer Aldıkları Süreçler ve Taşınimleri

Çapları 10 µm'nin altında olan partikül maddeler rüzgarla kilometrelerce taşınabilecek fiziksel yapıya sahiptir. PM'ler kaynaklarına bakılmaksızın atmosferde bir kere yer aldıktan sonra çeşitli mekanizmalarla konsantrasyon ve boyut değiştirebilirler. Bazen bir tanecik üzerine yoğunlaşırken, bazen de tanecik üzerinden buharlaşabilir. Suyun süper doymunlaşması ile bulut veya sis damlası haline gelmesini sağlayabilir. Ayrıca diğer PM'ler ile koagüle olabileceği gibi kimyasal tepkimelerde de rol alabilir.

Atmosferde kalma süresi, boyuta ve nem severlik (hygroscopic) özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Çözünebilir tuzların nem sever özellikleri yüzünden nemli ortamda su alarak büyürler ve çözelti damlacıkları oluşturmaya neden olur. Büyüklüklerine göre havada kalma süreleri birkaç saniyeden aylara kadar değişebilir. 0.1-10 µm arasındakiler için atmosferde kalma süresi 1 gün ile birkaç hafta olabilmektedir [Özkan, 2009].

PM'ler uçucu olmayan maddelerin (yer kabuğu mineralleri, demir gibi) atmosferde taşınımı sağlaması yönünden ayrıca bir öneme sahiptir. Bunun yanında bulut ve sis damlacıklarının oluşmasında çekirdek görevi görebilirler. Ayrıca atmosferde olan kimyasal (heterojen kimya) tepkimelerinde etkinlik göstermektedirler. Bunların yanı sıra atmosferin optik özelliklerinde de etkinlikleri söz konusudur. Bir yandan güneşin batımı esnasında oluşan muhteşem gün batımı

görüntüsüne neden olurken diğer yandan yüksek yoğunlukta bulunduklarında görüş mesafesine (netliğine) yaptıkları olumsuz katkılarla etkileri görülebilir [Ertürk ve ark, 2008]. Ayrıca güneş ışığı ile olan etkileşimleri partikül maddenin içeriğine göre yerel ölçekte soğuma veya ısınmaya da neden olabilir. Elementel karbon partikülleri ısınmaya neden olurken sülfat partikülleri ışığı saçarak soğuma etkisi gösterebilirler.

3.2.5. Ortam Havaındaki PM Sınır Değerleri

Partikül maddenin insan sağlığına ve çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurularak bu maddeler için bazı standartlar geliştirilmiştir. Bu standartlar yardımıyla ülkeler havadaki partikül madde konsantrasyonunu azaltmayı hedeflemişlerdir.

Aşağıda çeşitli ülkelere ait havadaki partikül madde konsantrasyonu ile ilgili uygulanan sınır değerler verilmiştir.

Çizelge 3. 2. Partikül Madde Sınır Değerleri [Öztürk, 2008].

Ülkeler	PM ₁₀			PM _{2,5}	
	Yıllık ortalama (µg/m ³)	24 saatlik ortalama (µg/m ³)	1 saatlik (µg/m ³)	Yıllık (µg/m ³)	24 saatlik (µg/m ³)
A.B.D.	50	< 150	-	15	< 35
Japonya	-	100	200	-	-
İngiltere	40	50	-	-	-
AB ülkeleri	< 40	< 50	-	-	-
Avustralya	-	< 50	-	< 8	< 25
Kanada	< 70	< 120	-	-	-
WHO	< 20	50	-	-	-
Türkiye *	<40	<50			
Türkiye**	< 150	< 300			
Türkiye (Kış)**	< 200				

*Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (05-05-2009 tarihli ve 27219 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 01 Ocak 2019 tarihinde ulaşılması öngörülen değer)

**Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nde geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri başlığı altında baz alınarak her yıl belirli oranda düşürülmesi istenen referans değer.

Partikül madde ile ilgili sınır değerlerin yer aldığı Çizelge 3.2. incelendiği zaman görülecektir ki standart değerleri en yüksek olan ülke Türkiye'dir. Türkiye için belirlenen 24 saatlik partikül madde sınır değeri, A.B.D. belirlediği sınır değerinin 2 kat, Japonya'nın 3 kat, Avustralya ve A.B. değerinin 6 kat, Kanada'nın 2,5 kat ve Dünya Sağlık Teşkilatı'nın 6 kat üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

Türkiye'nin yıllık sınır değerleri yine aynı tabloda diğer ülkelerin sınır değerleri ile karşılaştırıldığında A.B.D.'nin belirlediği sınır değerinin 3 kat, A.B. değerinin 3,75 kat, Kanada'nın 2,14 kat ve Dünya Sağlık Teşkilatı'nın 7,5 kat üzerinde olduğu görülmektedir. Fakat yeni yönetmelikte 2019 için bu sınır değerlerin ABD'nin altına düştüğü ve AB ile aynı seviyeye geldiği görülmektedir.

4. AĞIR METALLER

4.1. Ağır Metal Türlerine Genel Bakış

İnsan faaliyeti neticesinde kullanılan metaller, toprağa, suya ve havaya insanlık tarihi boyunca karışa gelmiştir. Ağır metaller, günlük yaşantımızda kullandığımız birçok malzemede bulunmaktadır. Endüstri devrimi ile birlikte başlayan hızlı sanayileşme sürecinde, hem üretim aşamalarından hem de ağır metal içerikli yakıtların kullanımından aşırı metal kirliliği, özellikle endüstri bölgelerinde ortaya çıkmıştır.

Fiziksel özellikleri yönünden yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten yüksek olan metallere ağır metal denir. Ağır metal kapsamında kimyasal maddelerin çevreye verdikleri zarar ekolojik sistemde çok belirgin bir noktaya ulaşmıştır. Ağır metaller diğer metallere kıyasla canlı organizmasında birikimi daha fazla olduğu için olumsuz etkisi daha belirgin olmaktadır. Bu grupta bakır, krom, kadmiyum, demir, mangan, nikel ve kurşun gibi 60'ın üzerinde metal yer almaktadır.

Ağır metallerin çoğu ekolojik sisteme doğal çevrimlerden çok insan faaliyetleri ve bu faaliyetler esnasında vuku bulan kazalar sonucu girmektedir. Doğal çevrimler neticesinde yıllık 7600 ton kadmiyum, 18800 ton arsenik, 3600 ton cıva, 332000 ton kurşun atmosfere karışmakta iken insan faaliyetlerinden kaynaklanan miktar, kadmiyum için 8 kat, cıva, kurşun için 6 kat, arsenik için 3 kat daha fazladır. [Rether, 2002; Almanya Federal Çevre Ajansı, 1997].

Doğaya yayılımları dikkate alındığında çok farklı faaliyetler sonucu atmosfere bırakılan ağır metallerin kuru ve yaş çökelme ile toprağa buradan yüzey sularına ardından yer altı sularına karıştığı ve nihayetinde ekolojik döngüye dahil olarak çevreye olumsuz etkisini göstermeye başladığı görülmektedir.

Yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak biyolojik sisteme katılımlarına göre iki grupta sınıflandırılan ağır metallerden yaşamsal olanlarının organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir [Bigersson et al, 1988]. Bunun

yanında yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. [Duffus et al, 1996]. Bir ağır metalin yaşamsal nitelikte olup olmadığı maruz kalan organizmayla da ilgilidir. Yani bir ağır metal bitkilerde toksik özellik taşıırken hayvanlarda bir iz elementi olarak bulunması gerekebilir. Ağır metallerin bünye içindeki konsantrasyonu ile etkisi bazı organizmalarda paralellik gösterebilir. Kursun ve cıva ağır metal iyonlarının albino farelerde canlı ağırlık ve serum alkalen fosfataz düzeyi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada deneme süresi bitiminde fareler ilk olarak tartılmış ve sonrasında kesim esnasında alınan kan örneklerinde alkalenfosfataz (ALP) enzim düzeyi otoanalizör kullanılarak belirlenmiştir. Farelerde uygulanan metal iyon dozunun artması ile ağır metal etkisini göstermiş bununla birlikte canlı ağırlık değerlerinde ve serum alkalen fosfataz düzeylerinde ve belirgin azalma olduğu gözlenmiştir [Yalçın ve ark, 2007]. Bu çalışmadan da anlaşılabacağı üzere sınır değerini aşan ağır metaller toksik etkisi gösterirler. Bu nedenle devamlı alınan sıvı ve katı gıdaların maksimum konsantrasyon değerleri sınırlandırılmış ve kontrolü yasal kuruluşlar tarafından gerçekleştirilmiştir.

Ağır metallerin kimyasal reaksiyonlardaki etkileri, fizyolojik ve taşıyım sistemlerine etkileri, kanserojen ve mutojen olarak yapı taşlarına etkileri, alerjik olarak etkileri ve spesifik etkileri insan metabolizması üzerinde görülmektedir.

Kurşunun en yüksek yayılımına sahip olması, kadmiyumun toksikolojik olarak en büyük hasara yol açması ve kromun yaşamsal özellik göstermesine rağmen aldığı değeriğe göre kanserojen özellik göstermesi incelemelerde göz önünde tutulması gereken hususlardır. Ayrıca kemik erimesi, saç ve deri üzerindeki etkileri açısından bakır, kanserojen, solunum ve alerjik etkileri yönünden nikel, solunum ve beyinde meydana getirdiği olumsuz etki yönünden mangan, vücuttaki peroksitlerle reaksiyona girerek zehirlenmeye neden olan demir, üzerinde durulması gerek ağır metallerden ön plana çıkanlarıdır [Kahvecioğlu ve ark, 2007].

4.2. Kurşun (Pb)

4.2.1. Kurşunun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Kurşun, insan faaliyetleri sonucu yüksek miktarda atmosfere verilen ağır metallerin başında gelir. Keşfinden günümüze kadar sürekli olarak artış gösteren kurşun tüketiminin ekolojik sisteme zararı üst seviyededir.

Atom numarası 82 ve atom kütlesi 207,19 olan kurşun, mavi-gümüş rengi karışımı bir elementtir. 327,5 °C de erir ve 1740 °C de kaynar. Doğada, kütle numaraları 208, 206, 207 ve 204 olmak üzere 4 izotopu vardır. Kurşunun son katmanında dört açık elektron olmasına rağmen, genellikle bileşiklerinde +4 yerine +2 değerlik alır. Çünkü kalan son iki elektron kolayca iyonize olabilir. Nitrattan ve klorattan farklı olarak kurşun (II) tuzları suda çok daha az çözünür. Kurşunun kararlı bileşiklerinde (kurşun tetra-etil veya kurşun tetra-metil gibi) kurşun direkt olarak bir karbon atomuna bağlanmıştır. Bu bileşikler kaynama noktaları, sırasıyla 110 °C ve 200 °C olan renksiz sıvılardır.

4.2.2. Kurşun Kaynakları

Kurşun atmosferde bulunan en önemli kirleticiden biridir. Genelde uçucu ve çapları 2,5 µm'nin altında olan kurşun bileşikleri atmosferde 7-30 gün gibi uzun süre kalabileceği gibi kaynaktan çok uzun mesafelere kolayca taşınabilirler. Kurşun konsantrasyonunun en yüksek olduğu yerler, caddeler, sokaklar, petrol istasyonları, kapalı otoparklar, tamir bakım atölyeleri, gişeler ve geçitlerdir.

Doğal olarak bulunabilen metaller arasında yer alan kurşunun en çok rastlanılan cevherleri, sülfür minerali galen (PbS) ve onun oksitlenmiş ürünleri olan serüsit (PbCO₃) ve anglezittir (PbSO₄).

1920'lerde kurşun bileşikleri (kurşun tetraetil Pb(C₂H₅)₄) benzine ilave edilmeye başlanması ile birlikte kurşunun ekolojik sisteme yayılımı da hız kazanmıştır. Kurşun tetraetil ve kurşun tetrametil kurşun renksiz sıvı halde bulunur

ve yakıt katkı maddesi olarak kullanılır. Bunların uçuculuğu diğer petrol bileşiklerinden daha fazla olduğu için ilave edildiği yakıtın da uçuculuğunu artırır ve atmosfere yayılımını hızlandırır. Atmosfere yayılan kurşun miktarı kurşunsuz benzin kullanımı ile birlikte azalmaktadır. Ancak kurşunsuz benzin bileşiminde bulunan kurşun birçok birincil metal üretim sürecinde atmosfere yayılımı halen devam etmektedir. Kurşunun günümüzde yüksek oranlarda paslanmaya karşı oksit boya hammadresi olarak kullanımı atmosfere yayılımında etkili olmuştur. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler.

Atmosferdeki kurşun konsantrasyonu ile sanayileşme ve araba kullanımı arasındaki ilişki çok belirgindir. Kurşunlu benzin, boya maddeleri, endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyenin üzerinde kurşun bulundurabilmektedir [Kahvecioğlu ve ark, 2007].

Atmosferin kurşunla kirlenmesi gaz ve partiküler hallerde olabilir. Benzin içindeki kurşun tetraetilen veya kurşun tetrametilin yanması sonucu gaz halindeki kurşun meydana gelir ve eksoz gazlarıyla dışarıya atılır. Partikül halde bulunan kurşun bileşikleri kömürlerin yakılmasından, fueloil yakılmasından, alkil kurşun sentezi fabrikalarından, kurşun elde etme fırınlarından, pirinç imalathanelerinden, kurşun oksit imalathanelerinden kaynaklanmaktadır.

Yıllık tüketimi 1.300.000 ton seviyelerinde olan Kuzey Amerika, atmosfere atılan yıllık 600.000 ton seviyesindeki miktar ile dünyada kurşunu en yaygın kullanan ülkelerin başında gelmektedir.

4.2.3. Kurşunun Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Kurşunun vücuttaki absorpsiyonu normalde % 5 gibi düşük bir oranda olup çocuklarda bu oran daha yüksektir. Birçok kişinin günlük maruz kaldığı kurşun miktarı 300-400 mg civarında olmasına rağmen günümüzde yaşayan insan kemiklerindeki kurşun miktarı, çok eski dönemlerde yaşayanların kemiklerindeki 500-1000 katı kadar fazla olduğu o döneme ait iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri ile ortaya çıkartılmıştır [Duffus, 1980]. Yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl olan kurşun zamana bağlı olarak kemiklerde birikip böbreklerde

çözünerek tahribata neden olur. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır.

Hafif tatlımsı bir tada sahip olan kurşunoksit boya maddelerinin döküntülerinin özellikle kurşuna karşı hassasiyetleri daha fazla olan küçük çocuklar tarafından yenmesi, çocuklar üzerinde ciddi problemlere sebep olmuştur. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda kandaki kurşun miktarı ile IQ seviyesinin ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.

Vücuda giren kurşunun çoğu kemiklerde depolanmakla birlikte beyinde, anne karnındaki ceninde ve anne sütünde de bulunabilmektedir. Kurşun oranı bebeklerde ve çocuklarda düşük seviyededir. Ancak kurşuna maruz kalınmasıyla ilerleyen yaşla beraber bu oran artış göstermektedir. Ayrıca kurşun bir nevi nörotoksin olduğundan anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır.

Kandaki kurşun konsantrasyonunun 0,2 µg/ml limitini aşması durumunda olumsuz sağlık etkileri gözlenir. Kandaki kurşun konsantrasyonu 0,2 µg/ml limitini aşması ile kan sentezinin inhibasyonu, 0,3-0,8 µg/ml konsantrasyon aralığında duyu ve sinir iletişim hızında azalma, 1,2 µg/ml konsantrasyon değerinin aşılmasından sonra yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları meydana geldiği belirlenmiştir. Ayrıca kurşun miktarı kanda 40 mg/l seviyesini aştığı zaman tansiyon artırıcı etkiye neden olmaktadır. Diğer taraftan kronik kurşun alınması, sprem sayısının ve morfolojisinin sınırlanmasına neden olur. Dünya sağlık örgütü sınıflandırmasına göre (1995) kurşun 2. sınıf kansorejen gruptadır [Özkan 2009].

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. Havadaki kurşun konsantrasyonu ile kandaki kurşun konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kurşunun havadaki 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonunun kanda 0,01-0,02 $\mu\text{g}/\text{ml}$ lik konsantrasyonu oluşturduğu tespit edilmiştir [European Commission, 2002].

4.3. Kadmiyum (Cd)

4.3.1. Kadmiyumun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Nemli havada yavaş yavaş oksitlenen kadmiyum, yumuşak, mavimsi bir metaldir. Periyodik cetvelde IIB grubunda bulunur. Atom numarası 48 ve atom ağırlığı 112,40'tır. Bileşiklerinde (2+) değerlikli kadmiyum atomunda elektronların orbitallere dağılımı $4d^{10} 5s^2$ 'dir. Kadmiyumun 104 Cd ile 118 Cd arasında bir seri izotopları vardır. Tabiatta en çok bulunan 110 Cd ve 114 Cd izotoplarıdır. Kadmiyum 321 °C'de erir, 767 °C'de kaynar. Erime gizli ısı 13,2 cal/gr'dır. Gizli buharlaşma ısı 286,4 cal/gr'dır. Yoğunluğu 8,65 g/cm³'tür. Bazlarda çözünmeyen kadmiyum birçok bakımdan çinkoya benzerlik gösterir.

4.3.2. Kadmiyum Kaynakları

Saf halde bulunmayan kadmiyum, mineralde bulunan saf metallerin elde edilmesinde yan ürün olarak elde edilir. Kadmiyum mineralleri yer kabuğunun yaklaşık % 0,01'den azını teşkil eder. Kadmiyum elde etmek için işlenen başlı başına bir mineral mevcut değildir. Genel olarak minerallerde çinko ile beraber olarak bulunur. En çok bilinen kadmiyum minerali grinokin (CdS) olup genelde çinko sülfür minerallerinde % 2 oranında bulunur. Kadmiyuma, çinkoda bulunan kurşun ve bakır minerallerinde de rastlanır.

Günümüzde çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini alan kadmiyum, çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Endüstriyel alanlarda kadmiyum, nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle deniz koşullarına dayanıklılığı nedeniyle gemi sanayinde, çeliklerin kaplanması, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılmaktadır. Kaynak yapımı esnasında kullanılan alaşım bileşimleri, elektrokimyasal kaplamalar, kadmiyum içeren boyalar ve kadmiyumlu piller, endüstriyel olarak kadmiyum zehirlenmesine neden olur. Kadmiyum önemli miktarda gümüş kaynaklarda ve spreylere boyalarda da kullanılmaktadır [A.B.D. ATSDR, 2008].

Ayrıca kadmiyum olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunmakta ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda önemli miktarda kadmiyum kirliliğine sebep olmaktadır. Endüstri bölgelerinde havadaki kadmiyum oranı kırsal alanlara oranla çok daha yüksektir.

4.3.3. Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Yaşamsal olarak insan faaliyetlerini etkileyen önemli kadmiyum kaynakları arasında 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 gazları yer almaktadır.

Yeryüzünde bir arada ve benzer yapıda bulunan kadmiyum ve çinko insan vücudunda benzer fonksiyonel özelliklere sahiptir. Önemli enzim ve organ fonksiyonların gerekli şekilde gerçekleşmesini engelleyen kadmiyum çinko ile yer değiştirebilir. Kadmiyum zehirlenmesi ve çinko yetersizliğiyle vücuttaki çinko ve kadmiyum oranlarının arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır.

İnsan yaşamı için gerekli olmayan kadmiyum, diğer ağır metaller içinde suda çözünme özelliği ve doğada yayılım hızı en yüksek olan metallere dendir. Suda çözünebilir özelliğinden dolayı bitki ve deniz canlıları tarafından biyolojik sistemlerine alınan Cd^{2+} , birikme olma özelliğine sahiptir.

Yeni doğmuş bebeklerde kadmiyum hiç bulunmamaktadır. Çünkü kurşun ve cıvanın aksine kadmiyum kan yoluyla anne karnındaki bebeğe geçmemektedir. Kadmiyum normal olarak insan vücudunda 40 mg'a kadar bulunmakta olup günlük vücuttan atılan kadmiyum miktarı 40 µg'dır [Kahvecioğlu ve ark, 2007].

Kadmiyum ve bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde biriktiğinden kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliği, kadmiyum içeriği 0,01 mg/m³ havanın 14 günden daha fazla solunması durumunda belirtileri görülebilir. Ayrıca ilerleyen yaşlarla böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da sebep olabilmektedir. 14 günden fazla 0,005 mg/kg/gün doza maruz kalındığı durumda, kısa süreli olarak 0,05 mg/kg kadmiyum alınımları mide rahatsızlıklarına neden olurken, ayrıca böbrek ve

kemiklerde de önemli problemlere neden olmaktadır [Kahvecioğlu ve ark, 2007]. Halsizlik, baş ağrısı, ateş, terleme, kaslarda gerilme ve ağrıya beraber kusma gibi belirtiler 24 saatlik süre içinde kadmiyumdan kaynaklanan akut zehirlenmenin habercisidirler. Bu belirtiler üç gün en şiddetli düzeye yükselir ve bir hafta içinde yeni bir yükleme söz konusu değil ise kaybolmaya başlar. Kadmiyumun etkisi kronik zehirlenme böbrek hasarı ile ortaya çıkar. Kadmiyum alınımları aşırı dozda olduğu zaman (60-480 µg/g) böbrekler üzerinde tahrip edici etki ortaya çıkar ve bu tüm canlılarda görülebilir.

Vücuttaki yarılanma ömrü 10-25 yıl arasında değişen kadmiyum vücut tarafından kalsiyum gibi algıların ve kadmiyum vücutta birikmeye başlar. Vücutta kalsiyum eksilmesinden dolayı kemikler yavaş yavaş zayıflamaya başlar. Ayakta durmak hatta öksürmek bile kemiklerin kırılmasına neden olur [Öztürk, 2004]. Ayrıca kansızlık, dişlerin dökülmesi ve koku duyusunun yitirilmesinde etkilidir.

4.4. Krom (Cr)

4.4.1. Kromun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Gümüş gibi parlak, mavimsi beyaz, sert bir maden olan krom havaya karşı çok dayanıklı olup nemli havada bozulmaz, yani paslanmaz. Bu niteliğinden dolayı, paslanma olasılığı büyük olan madenlerden birçoğu ince bir krom tabakası ile kaplanır.

Yoğunluğu 6,9 g/cm³ olan kromun erime noktası 1550°C ve kaynama noktası 2482°C'dır. Krom, periyodik sistemin VI B sütununda bulunan bir geçiş elementidir. Atom numarası 24 ve atom ağırlığı 51,996'dır. Elementin doğal ve kütle numaraları Cr50, Cr52, Cr53, Cr54 olan dört izotopu vardır. Bunlardan en bol bulunanı Cr52 dir. Krom atomunun elektron dağılımı 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 3d⁵ 4s¹ şeklindedir. Kromun yükseltgenme hâli (0) dan (6+) ya kadar değişir. Bununla beraber en çok bulunan yükseltgenme basamakları 2+, 3+ ve 6+'dır.

Krom, sulu hidroklorik asit ve sülfürik asitte çözünür. Doğada serbest halde bulunmayan serbest bir metal olan krom, yerkabuğundaki volkanik kayaların yaklaşık % 0,037'sini oluşturur.

4.4.2. Kromun Kaynakları

Bazı kirlenmemiş topraklarda 4 g/kg krom bulunmasına rağmen çok toprakta az miktarda krom (2-60 mg/kg) bulunur. [Mertz, 1987]. Kayalardan toprağa, oradan suya, doğaya ve havaya karışan krom tekrar toprakla buluşarak doğal bir döngüyü tamamlar. Fakat bu döngüden yılda yaklaşık olarak 6.700 ton krom ayrılarak deniz ve okyanus tabanında çöker.

En iyi krom kaynakları et, hububat, bakliyat ve baharatlardır. Bunun yanında en az krom süt ürünlerinde, pek çok sebze ve meyvelerde bulunur. Dolayısıyla günlük alınan krom miktarı tüketilen besin maddeleri ile yakından ilgilidir.

Krom metal alaşımlandırmada, boya, çimento, kağıt ve kauçuk malzemeler için pigment olarak kullanılmaktadır. Ayrıca alaşım elementi olarak yaygın bir şekilde kullanılır.

4.4.3. Kromun Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkileyen kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine ve oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlıdır.

Krom, doğada her yerde kolayca bulunan bir metal olup havada $> 0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kirlenmemiş suda ortalama $1 \mu\text{g}/\text{L}$ bulunur. Yetişkin bir insanın krom ihtiyacını karşılaması için günde ortalama 30-200 μg alması gerekmektedir. Bu miktarın toksik bir etkisi yoktur. Günlük olarak atılan krom miktarı 0,5 – 1,5 μg 'dır.

Deri tarafından hemen adsorbe edilen çözeltideki krom, kırmızı kan hücreleri vasıtasıyla böbreklere giderek dışarı atılır [Mertz, 1987]. İnsan organizmasındaki

krom eksikliği, şeker hastalığı olarak kendini gösterir [WHO, 1996]. Kurşunun toksikliğini krom eksikliği artırır. Ayrıca biyolojik sistemlerdeki aşırı Cr^{6+} farklı tipte kanser oluşumlarına neden olabilir. Cilt kanserine neden olan krom kaynağı bilinmemesine rağmen kromat bilenen en genel alerjik maddedir. Yapılan incelemeler sonucu, krom ile solunum ve deri temasında bulunan kişilerde sağlık problemleri tespit edilmiş ancak krom için kesin bir sınır değeri belirlenememiştir. Burun akmaları, burun kanamaları, kaşınma ve üst solunum yollarında delinmelerin yanı sıra kroma karşı alerji gösteren insanlarda da astım krizleri Cr^{6+} 'nın hava yoluyla vücuda alınmasından kaynaklanabilir. Hava yolu ile alınan Cr^{3+} , Cr^{6+} olumsuz etkiye sahip değildir.

Cr^{3+} oksidant değildir, tahrip edici değildir, hücre zarına geçmez ve kanserojen bir madde olarak düşünülmemeyebilir. Ancak Cr^{6+} hücre zarından kolaylıkla geçerek Cr^{3+} 'a indirgenir ve (6+) değerlikli kromun biyolojik etkisi bu indirgenme reaksiyonundan kaynaklanır. Ölümle sonuçlanan patolojik değişimler yüksek dozda Cr^{6+} bileşiklerinin alımına bağlı olarak şiddetli ve sıkça görülmektedir. Cr^{6+} bileşiklerinin tahriş edici ve korozyif özellikleri bunun deri, sindirim sistemi ve akciğerler ile teması halinde oluşur. Özellikle bronş sisteminde etkili olan Cr^{6+} 'nın kanserojen özelliği laboratuvar deneylerinde tespit edilmiştir. Ayrıca deride iritasyon ve ülser düşük seviyelerde kroma maruz kalındığında, böbreklerde ve karaciğerde hasara yol açabildiği gibi dolaşım sistemini ve sinir dokularını tahrip ise uzun süreli maruz kalındığında meydana gelebilir [Kahvecioğlu ve ark, 2007].

Hayvanlar üzerinde Cr^{3+} ile yapılan deneylerde olumsuz bir durum gözlenmemiş ve ayrıca krom üç bileşikleri kullanılan işletmelerde çalışan insanlarda kanser vakalarına rastlanmamıştır. Kromatlama yapan, cevherden dikromatların ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) üretilmesinde ve krom üretiminde çalışan ve izolasyonunda çalışan işçilerde yapılan araştırmalarda bronşit kanserinin arttığı belirlenmiştir.

4.5. Bakır (Cu)

4.5.1. Bakırın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Atmosfer koşullarında metalik gri tonunda bulunmayan 2 metalden biri olan bakır, kırmızı renkli bir metaldir. Periyodik cetvelde 1B grubundadır. Atom numarası 29, Atom ağırlığı 63,546'dır. . Erime noktası 1083 °C, kaynama noktası 2595 °C'dir. Kararlı izotoplarının kütle numaraları 63 ve 65'tir. Radyoaktif izotoplarının kütle numaraları 58, 59,60, 61, 62, 64, 66, 67 ve 68'dir. 20°C'deki yoğunluğu 8,95 g/cm³'tür Elektron dizilişi 1s², 2s² 2p⁶, 3s², 3p⁶ 3d¹⁰, 4s¹'dir. Değerliği +1 ve +2'dir. Erime ısısı 50,6 cal/g'dır.

Hidrojenden pasif olup, civa, gümüş, altın ve platinden aktiftir. Bakıra oksijensiz asitler etki etmez. Bakır atmosferik şartlara oldukça dayanıklıdır. Kükürt ve bileşikleri aşındırıcı etki yaparlar. Mukavemeti düşük, döküm ve kaynak kabiliyeti iyi değildir.

Tabii bakır, sülfürlü cevherleri, oksitli cevherleri olmak üzere üç sınıfa yarılan bakır, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, aşınmaya ve korozyon direnci, çekilebilme ve dövülebilme özelliklerine sahiptir.

4.5.2. Bakırın Kaynakları

Çoğu kaya ve toprakta olduğu gibi, okyanus çamurunda, nehir kumlarında, deniz bitkilerinin küllerinde, deniz mercanlarının birçoğunda, insan karaciğerinde ve salyangoz gibi yumuşakçalarda bulunan bakır, tabiatta metal olarak bir çok yerlerde dağınık haldedir.

Doğada 200'den fazla bakır minerali bulunmakla beraber sadece 20 tanesi bakır cevheri olarak endüstriyel öneme sahiptir ve dünya bakır rezervlerinin % 68'ini Şili, ABD, Sovyetler Birliği, Zambiya, Peru, Zaire ve Kanada; % 32'sini ise diğer ülkeler oluşturmaktadır. Yıllık üretim miktarı 14 milyon ton (2001 yılı) civarındadır [Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001].

Bakır hava sever bir kimyasal özelliğe sahiptir. Buna rağmen, ortam havasındaki bakır konsantrasyonu üretim yapan sanayi birimlerine olan uzaklıkla yakından ilgilidir. Atmosfere yayılan bakırın ancak % 1'i biyolojik olarak

kullanılabilir iyon halinde kalırken diğer kısım sedimente olarak çökelir [Merian, 1984].

Doğada pek çok sebze ve meyvede bulunan bakır, taşıtlardan, boya ve metal endüstrilerinden havaya karışmaktadır [Özkan, 2009]. Özellikle hava kirliliğine metal sanayisi içinde bakır ve bakır bileşenli madde üretimi yapan ve işleyen endüstri tesislerinin etkisi büyüktür [Tanrıvermiş ve ark., 1997]. Endüstriyel bakır üretim ve işlemenin yanında bakır bileşenli böcek ilaçları, benzinli ve dizel yakıtlar atmosferde bakır kirliliğine neden olmaktadır [Moran K. D., 2004].

4.5.3. Bakırın Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Bakırın kimyasal formu ve canlı büyüklüğü, bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisini değiştirir. Büyük canlılarda temel yapı bileşeni olarak bulunması gerekirken küçük ve basit yapıları canlılarda için zehirlilik özelliği gösterebilir. Dolayısıyla bakır ve bileşikler tarım zararlılarına ve yumuşakçalara gibi küçük ve basit yapıları canlılara karşı fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehiri olarak kullanılabilir.

Vücudun temel fonksiyonları için gerekli olan bakırın fazla miktarda bünyeye alınması vücuda zarar verebilir. Uzun süre bakıra maruz kalan kişide burun, ağız ve gözlerde tahrişine neden olabilir [A.B.D. ATSDR, 2004]. Akut bakır zehirlenmeleri seyrek olarak gözlenir. Bu durumda gözlenen belirtiler tükürük salgılamasının artması, mide ağrıları, bulantı, ishaldir. Koma veya ölüm nedenleri alınan doza bağlıdır. Bakır içeren maddelerin yiyecek ve içeceklere bilmeyerek bulaşması veya bilerek bakır tuzlarının yutulması sonucu bakır zehirlenmesi gerçekleşir ve bakır çalığı olarak bilinir [Mertz, 1987].

4.6. Nikel (Ni)

4.6.1. Nikelin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Nikel, günümüzde çokça kullanılan ve eski çağlardan beri bilinen gümüş renkte bir metaldir. Nikelin yoğunluğu 8,9 g/cm³, erime noktası 1455 °C'dir. Atom

ağırlığı 58,71 dir. Atom ağırlıkları 58, 60, 61, 62 ve 64 olan izotopları vardır. Nikelin atom numarası 28'dir. Periyodik cetvelde VIII B grubunda bulunur. Elektron dizilişi, $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2$ şeklindedir.

Kobalttan pasif, kalaydan aktiftir. Normal şartlarda kuvvetli asitlerle reaksiyona girer. Bu reaksiyonda tuz ve hidrojen meydana gelir. Nikelin tuzları çok hafif asidiktir. Sulu seyreltik nikel oksit çözeltisinin pH'sı 6,7'dir.

Yüzeyindeki oksit tabakası atmosferik etkiyle oluşur ve oksitlenmenin ilerlemesini önler. Nikel, manyetik özelliğe sahiptir ve bu özelliğini 360 °C'ye kadar korur. Bakır ile birlikte kullanıldığında mekanik özellikleri, işlenebilirliği ve döküm özellikleri ile iyi bir alaşım meydana gelmesini sağlayan önemli bir alaşım elementi olan nikel aynı zamanda altın için mükemmel bir beyazlaştırıcıdır.

4.6.2. Nikelin Kaynakları

Kükürt içerikli cevherler en önemli nikel kaynaklarıdır. Doğada bulunma sıklığı 24. sırada olan nikel çoğunlukla sülfat ve oksitler şeklindedir. Ortalama konsantrasyonu % 0,008 olan nikelin toplam rezervi 130×10^6 ton olarak tahmin edilmektedir.

Kaplama teknolojisinin elektrolitik olarak geliştirilmesiyle nikel geniş bir kullanım alanına sahip olmuştur. Korozyonunun, ısı direncinin, sertliğinin ve dayanıklılığının yüksek olduğu için nikelin büyük bir çoğunluğu (% 80) alaşım üretiminde kullanılmaktadır. Bundan dolayı nikelin genel olarak kullanımı paslanmaz çelik, bakır-nikel alaşımları ve diğer korozyona dayanıklı alaşım üretim alanlarıdır. Elektrolitik kaplama, alkali piller, pigmentler, madeni para, kaynak ürünleri, mıknatıslar, elektrotlarda, elektrik fişlerinde, makine parçaları ve tıbbi protez üretiminde saf nikel kimyasal katalizör olarak kullanılmaktadır [Habashi, 1997].

Nikel yakıtların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılımı gerçekleşmektedir. Kimya

endüstrisinde elektrolitik olarak kaplamada kullanılan nikel, nikel madenciliği ve ergitme endüstrisinde mesleki sıkıntılara neden olmaktadır.

4.6.3. Nikelin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Orta seviyede zehirleyici özelliğe sahip olan nikel vücutta çok az miktarda kırmızı kan hücrelerinin yapımında kullanılmakla beraber yüksek konsantrasyonları çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Organik formu, inorganik formuna göre daha zehirleyici olan nikel, kanserojen bir madde olmasının yanında deriyi tahriş edebilen ve kalp-damar sistemine çok zararlı olabilen bir metaldir. Buna rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenmelerle çok sıklıkla karşılaşmamaktadır.

Nikel, 0,18-5 ppm seviyesindeki dozunun aşılması durumunda, bazı bitki türleri (baklagiller gibi) için yararlı bir elementtir [Kahvecioğlu ve ark, 2007].

Metalik toz halindeki nikel ve nikelin kimyasal bileşikler kanser yapıcı maddeler sınıflandırılmasında A1 (kanserojen) kategorisinde yer almalarına rağmen kompakt nikel ve nikel alaşımları, düşük oranda zehirlilik özelliğindedir. [Emre, 2000]. Kanserojen etki, solunum sistemine etki ve dermatolojik (alerjik) etki olmak üzere nikelin toksikolojik etkileri temel olarak 3 grupta incelenebilmektedir. Nikel alerjisi sürekli bir biçimde nikel veya nikel alaşımları içeren takıların kullanılması ile özellikle kadınlar için alerjik bir tehlike oluşturmaktadır.

4.7. Mangan (Mn)

4.7.1. Manganın Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Toz haline getirilebilen mangan, gümüş parlaklığında, sert ve kırılgan bir metaldir. Erime noktası 1245 °C, kaynama noktası 2150 °C'dir. Özgül ağırlığı 7,43 g/cm³'tür. Mn sembolüyle gösterilip, atom numarası 25'tir. Elektron düzeni 3d⁵ 4s²'dir. Bileşiklerinde 1+, 2+, 3+, 4+, 5+, 6+ ve 7+ değerliklerini alabilir. (2+) değerlikli oksidi oldukça bazik olup, zayıf asitlerde, mangan tuzlarını verecek şekilde

çözünür. Manganın (2+) ve (6+) değerlikli tuzları, çözeltiler içinde, diğer tuzlarından daha karardır.

4.7.2. Manganın Kaynakları

Çelik üretiminde mamülün özelliklerini değiştirmek için katkı maddesi olarak kullanılan mangan, tabiatta proluzit (MnO_2), manganit ($Mn_2O_3 \cdot H_2O$), hausmannit (Mn_3O_4) gibi oksit mineralleri şeklinde ve mangan silikat ($MnSiO_3$), mangat spat ($MnCO_3$), mangan sülfür (MnS) şeklinde bulunur.

Manganlı çelikler, koruyucu zırhlarda, kasalarda ve ağır iş makinelerinin çeşitli parçalarında yüksek mukavemetinden dolayı kullanımı tercih edilmektedir. Manganlı tunç bakır, çinko, kalay ve mangandan oluşan alaşımdır ve deniz endüstrisinde deniz suyunun paslandırma ve çürütme etkisinin bulunduğu gemi pervanelerinin yapımında kullanılır. Ayrıca manganlı bakır teller, elektrik akımına karşı büyük bir direnç gösterdiklerinden dolayı akım geçirildiğinde çok ısınır. Bu nedenle bu teller elektrikli ısıtıcılarda ve tost makinelerinde kullanılır. Sodyum permanganat ve potasyum permanganat ve el fenerleri için pil yapımında kullanılan mangan dioksit günlük yaşamda faydalı mangan bileşiklerinden bazılarıdır. Aynı zamanda boya ve cilaların çabuk kurumalarını sağlamak için mangan dioksit kullanılır.

Doğada kaya içinde katı, suda küçük tanecik ve havada toz halde bulunabilen mangan bileşikleri toprağa birkaç gün içinde inerler. Endüstriyel faaliyet ve fosil yakıt kullanımı ile manganın havadaki konsantrasyonu arasında yakın ilişki vardır [Temel Britannica, 1992].

4.7.3. Manganın Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Manganın bitkiler tarafından kolayca alınabilmesi için toprak çözeltisi içinde iyon halinde bulunması gerekir. Mangan hayvanlar için karbonhidrat, protein ve yağ enzimlerinde kullanılan otuzaltı enzimin temel bileşenidir. Yetersiz seviyede mangan alan bir hayvan doğal büyümede, kemik yapısında ve üremede problem yaşar. Bunun yanında bazı hayvanlar için öldürücü doz çok düşük seviyede olabilir ve bu seviyenin üzerine çıkılması durumunda hayati faaliyet tehlikeye girebilir.

Mangan, karaciğer, akciğer rahatsızlıklarına, kan basıncının düşmesine ve beynin zarar görmesine neden olur. Mangan insan hayatını sürdürmek için gerekli olmasına rağmen insan vücudunda yüksek konsantrasyonda olması halinde toksik etki gösteren bir elementtir. Ancak yüksek konsantrasyonda alınması da sağlık sorunlarına neden olur. Özellikle ıspanak, çay gibi bitkiler ile birlikte vücuda girer. Tahıllar ve pirinç, soya, yumurta, fındık, zeytin yağı, yeşil fasulye yüksek konsantrasyonlu yiyecek maddeleridir. İnsan bünyesine girişinden sonra mangan, kana, karaciğere, böbreklere, pankreasa taşınır. Mangan etkileri özellikle solunum yollarında ve beyinde oluşur. Unutkanlık ve sinirsel bozukluklar mangan zehirlenmesi belirtilerindendir. Uzun süre mangana maruz kalan bir erkek üreme problemi yaşayabilir. Şizofrene, kas zayıflığına, baş ağrısına ve uykusuzluk rahatsızlıklarına neden olur. Mangan insan sağlığı için temel bir element olduğundan dolayı eksikliği kilo, kan pıhtılaşması, deri problemleri, kolesterol seviyesinin düşmesi, iskelet rahatsızlıkları, üreme sorunları, nörolojik etkiler ve saç rengi değişikliği gibi sorunlara neden olabilir [Lenntch, 2009].

4.8. Demir (Fe)

4.8.1. Demirin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Saf demir gümüş parlaklığında, gri renkte, dövülebilen, işlenebilen, kolayca tel ve levha haline getirilebilen orta sertlikte (kobalt ile nikel arasında) bir metaldir. Periyodik sistemin VIII B grubunda bulunur. Atom numarası 26, atom ağırlığı 55,85, özgül ağırlığı 7,86 g/cm³tür. Erime sıcaklığı 1535°C, kaynama sıcaklığı ise 2740 (3000) °C'dir. Dört tane kararlı izotopu vardır. Bunlar 54, 56, 57 ve 58 kütle numaralıdır. Elektron düzeni 3d⁶ 4s², bileşiklerindeki değeri 2+, 3+ ve az olarak da 4+'dır. Nemli havalarda kolay paslanabilen demir, ısı ve elektrik akımını iyi iletirse de bakıra göre düşüktür.

4.8.2. Demirin Kaynakları

Doğada en çok bulunan metallerden olan demir, demir cevherlerinden elde edilir ve doğada nadiren element halde bulunur. Tüm metaller içinde en çok

kullanılan demir dünya genelinde üretilen bütün metallerin ağırlıkça %95'ini oluşturur. 2000 yılında dünyada 1,1 milyar ton demir cevheri üretilmiştir. Dünyada 48 ülkede demir cevheri üretimi yapılmakta olup en büyük beş üretici Çin, Brezilya, Avustralya, Rusya ve Hindistan'dır. Bu beş ülkenin toplam üretim içindeki payı %70'dir. Ekonomik ve fiziksel (özellikle yüksek mukavemet) özelliklerin dolayı demir, otomotiv, gemi gövdesi yapımı, ve binaların yapısal bileşeni olarak kullanımında bulunur. Yeryüzünde %5 oranında bulun demirin büyük bir çoğunluğu, hematit, manyetit, ve takonit mineralleri içinde oksitli olarak görülür.

4.8.3. Demirin Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Sağlıklı bir yaşamın sürdürülmesi için vaz geçilmez bir yere sahip olan demir, protein ve enzimlerin temel yapı taşlarındandır. Özellikle insan bünyesinde hücre gelişiminin ve çeşitlenmesinin düzenlenmesinde ve oksijen taşıyan proteinlerde bulunması zorunlu olan tamamlayıcı bir öğedir. Bu nedenle yetersiz demir alımı oksijenin hücrelere ulaşımını engeller ve bünye üzerinde olumsuz etki gösterir. Bunun aksine fazla demir alımı durumu zehirlenmelere hatta ölümlere neden olabilir. Vücutta bulunan demirin yaklaşık 2/3'ü hemoglobinde ve solunum enzimlerinde oksijen taşımak üzere bulunur [Özkan, 2009].

Kan dolaşımına giren demir, kalp, karaciğer ve diğer organların hücrelerine de zarar vermeye başlar ve bu da, uzun süreli organ hasarlarına veya aşırı dozdan ölümlere kadar gidebilir. İnsan vücudunda demir, yapı taşı olarak görev yapmaktadır [ODTÜ Sağlık ve Rehberlik Merkezi, 2009].

4.9. Ortam Havasında Ağır Metal Standartları

Bu çalışmada yer alan tüm metaller için belirlenmiş bir standart bulunmamaktadır. Ancak bunlardan kurşun, kadmiyum ve nikel için standartlar belirlenmiştir. Bu standartlar Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 05.05.2009 tarihli ve 27219 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'nin Ek- I kısmının Limit Değerler, Hedef Değerler, Uzun Vadeli Hedefler, Değerlendirme Eşikleri, Bilgilendirme ve Uyarı Eşikleri başlığının B ve C

fıkralarında verilmiştir (Çizelge 4.1.). Verilen değerlere ulaşılması ve bunun için gösterilecek tolerans oranları yine aynı tabloda belirtilmiştir.

Söz konusu yönetmelik öncesi bu değer kurşun için $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken yeni yapılan düzenleme ile 01 Ocak 2019 yılında $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a ulaşılması hedeflenmektedir. Ayrıca 01 Ocak 2020 tarihi itibari ile kadmiyum ve nikel için ulaşılması istenen limit değerler sırasıyla $5 \text{ ng}/\text{m}^3$, $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ 'tür. Bu değerler Avrupa Birliği hava kalitesi standartları değerleriyle aynıdır.

Çizelge 4. 1. Kurşun için Limit Değerler, Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri.

Kirletici	Limit değer	Tolerans payı	Limit değere ulaşılacak tarih
Kurşun	$0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Sınayi faaliyetlerden uzun yıllar boyunca kontamine olmuş sanayi kaynaklarının yakınlarında $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1.1.2014 tarihinde $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (% 100) ve 1.1.2019 tarihine kadar veya madde 12 (4)'e göre belirlenen "alt bölge"ler ve "bölge"lerde 1 Ocak 2019 + 5 yıla kadar tolerans payı sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır	1 Ocak 2019 veya madde 12 (4) 'e göre belirlenen "bölge" ve "alt bölge"lerde 1 Ocak 2019 +5 yıl. Böyle durumlarda limit değer 1 Ocak 2019 dan itibaren $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olur.

Kurşun için 1970'lerde gelişmiş ülkelerde gerek boya maddelerindeki kullanımı ve gerekse yemek saklama kutularındaki kullanımına yönelik sınırlayıcı yasalar çıkarılmıştır. [Kahvecioğlu ve ark, 2007].

Yerleşim bölgelerinde yaşayan canlıları kurşun kirliliğinden korumak için ulusal ve uluslar arası kuruluşların belirlediği kurşun limitleri Çizelge 4.2.'te verilmiştir. NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) ABD'nin hava kalitesi standartlarıdır. PSD (Prevention of Significant Deterioration) hava kirliliğinin uzun vadeli etkilerinden korunmak için ulaşılması gereken minimum kirliliği belirler. [Tayanç ve ark, 2003].

Çizelge 4. 2. Farklı Ortam Havası Kalitesi Yıllık Standartlara Göre Kurşun Limitleri.

Standart	Limit Değer (Havada)
NAAQS	1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
HKKY	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
WHO	0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PSD	0,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Kadmiyum ortam havasının ortalama olarak $0,001 \text{ g}/\text{m}^3$ düzeyinde kadmiyum kirliliğinde olduğu Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre tespit edilmiştir. Bunun neticesinde insanların solunum yolu ile günlük olarak ortalama 0,02-2 mg kadmiyum aldıkları saptanmıştır. Dünya sağlık örgütü sınıflandırmasına göre (1993) kadmiyum birinci sınıf kansorejen maddedir [Duffus, 1980].

Nikel için $0,015 \text{ mg}/\text{m}^3$ (TWA-8 saat), nikel-karbonil için $0,007 \text{ mg}/\text{m}^3$ (TWA-8 saat) olan değerler, çalışma ortamlarında toz halinde havada izin verilen nikel bileşiklerine aittir.

Metalik nikel için TWA değeri $1 \text{ mg}/\text{m}^3$ ve soluma durumunda TLV değeri $1,5 \text{ mg}/\text{m}^3$ 'dür [The National Toxicology Program, 2009].

5. MATERİYAL METOD

5.1. Çalışma Alanı

Gebze ilçe sınırları coğrafi konumu itibarıyla $40^{\circ} 45' 08''$ ile $41^{\circ} 02' 38''$ kuzey enlemleri ile $29^{\circ} 19' 56''$ ile $29^{\circ} 45' 14''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Bu çalışmada 604 km^2 'lik bir alanda 297.029 kişinin yaşadığı Gebze ilçe sınırları içinde iki nokta tespit edilmiş olup numuneler bu noktalardan toplanmıştır.

5.1.1. Numune Alma Noktaları



Şekil 5. 1. Numune alma noktaları ve muhtemel kirletici kaynakları (BMP ve GBB ve 1. Taşocakları, 2. GOSB, 3. Sanayi Kuruluşları).

Bu noktalar tespit edilirken öncelikli olarak cihaz için elektrik enerjisinin sağlanması göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca cihazların muhafazası içinde numune toplanılan bu yerlerde güvenlik mevcut olması bu noktaların tercih edilmesinde etkili olmuştur. Bu sayede elektrik kesintisi, arıza gibi durumlarda anında müdahale şansı bulunmuştur.

Bu noktalardan birincisi deniz seviyesinden yüksekliği 183 m olan Gebze Belediye Binası (GBB) çatısı ($40^{\circ} 48' 19''$ K, $29^{\circ} 26' 21''$ D) ikincisi ise deniz seviyesi

yüksekliği 33 m olan Beylikbağı Mahallesi'nde bulunan Beylikbağı Mahalle Parkı (BMP) (40° 48' 22" K, 29° 23' 03" D) olarak belirlenmiştir (Şekil 5.1.).

GBB noktası D-100 karayolunun 1 km kuzeyinde, taş ocaklarının 5 km güney batısında, Gebze Organize Sanayi Bölgesi'nin 3,5 km güney doğusunda olup yerleşim alanı içindedir. Bunun yanında BMP noktası D-100 karayolunun 0,5 km kuzey doğusunda, metal işleyen sanayi tesislerinin 1 km doğu ve kuzey doğusunda olup sanayi ve yerleşim alanı içinde yer almaktadır. Halka açık bir park olduğu için burada cihazın etrafı özel bir kafes ile kapatılmıştır. Bu iki nokta arasındaki mesafe 4,6 km'dir.

2007 sayımlarına göre Gebze genelinde bina sayısı toplam 32.246 adettir. Daire bazında değerlendirme de ise bu sayı toplam 85.884 adettir. GBB noktasının bulunduğu Gebze merkezdeki Güzeller Mahallesi'ndeki toplam konut sayısı 2.412 adet, daire sayısı ise 5.677 adettir. Beylikbağı Mahallesi'nde ise bu değerler konutta 931 adet, dairede 2.780 adettir [Gebze Belediyesi, 2007].

Tespit edilen iki noktaya eş zamanlı yapılabilmesi için iki adet yüksek hacimli örnekleyici kullanılarak Gebze ortam havasındaki toplam partikül madde (TPM), ve partikül maddenin eser elementlerden Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb içeriğinin ölçümü yapılmak üzere numune toplanmıştır.

5.2. Numune Toplama Stratejisi

İki adet Andersen Instrument, Inc marka Model GPS-1 PUF aktif numune toplama cihazı ile numune toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kullanılan GF/A – Cam elyaf filtreler 90 mm çapında 1,6 µm toz tutma kapasitesine sahiptir. Her iki numune toplama cihazı toplama işlemi öncesinde, (05.03.2009) ortasında (12.05.2009) ve sonunda (18.06.2009) olmak üzere cihaz bir kalibrasyon orifisi ile 3 kere kalibre edilmiştir. Ayrıca cihazlar genel bir temizlik işlemine tabi tutularak cihazdan bulaşabilecek kirlilik önlenmiştir. Numune toplamaya hazır halde bulunan cihaza filtre kağıtları yerleştirilmeden önce her bir filtre kağıdı için filtre kağıdı hazırlama prosedürü uygulanmıştır (Şekil 5.2.).

1. Filtre kağıtları kutularından çıkartılıp ve 105°C etüvde 24 saat bekletilir.
2. 24 saat desikatörde bekletilip tartım odasında hassas terazide sabit tartımı yapılarak boş filtre kağıdı ağırlığı kaydedilir.
3. Alüminyum folyoya sarılır ve dış etkilere maruz kalmayacak biçimde cihaza yerleştirilinceye kadar bir kaptan muhafaza edilir.

Yukarıda açıklanan prosedüre tabi tutulan GF/A – cam elyaf filtreler cihazın hazır olup olmadığının kontrolünden sonra cihaza takılarak numune toplama işlemi başlatılır. Bu aşamada filtre kağıdı hazırlama prosedürüne devam edilir.

1. Kullanıma hazır filtreler cihazın filtre bölümüne hava kaçağı olmayacak şekilde dikkatlice yerleştirilir ve vidaları sıkılır.
2. Cihaz çalıştırılmadan önce başlangıç saati, magnehelik değeri ve sayaç kayıt edildikten sonra cihaz çalıştırılır. Bu aşamada numune toplama süresi 24 ve 12 saatlik sürelerde ayrı ayrı toplanmıştır.
 - i. **24 saatlik süre için;** genel olarak filtreler saat 17:30 civarında cihaza yerleştirilmiştir. Bu nedenle ertesi gün yine aynı saat civarında filtre kağıdı alınmıştır. Ancak 24 saatlik sürenin büyük kısmı ertesi güne tekabül ettiği için elde edilen veriler ertesi günün değerleri olarak yorumlanmıştır.
 - ii. **Gece 12 saatlik süre için;** genel olarak filtreler saat 17:30 civarında cihaza yerleştirilmiş ve ertesi gün sabah 07:30 civarında filtreler alınmıştır. Bu durumda yine toplama süresinin büyük kısmı ertesi güne tekabül ettiği için elde edilen veriler ertesi günün 12 saatlik gece değerleri olarak yorumlanmıştır.
 - iii. **Gündüz 12 saatlik süre için;** genel olarak filtreler saat sabah 07:30 civarında cihaza yerleştirilmiş ve aynı gün akşam 17:30

civarında filtreler alınmıştır. Bu durumda elde edilen veriler aynı günün 12 saatlik gündüz değerleri olarak yorumlanmıştır.

3. Numune toplama süresi sonunda cihaz durdurulur ve bitiş saati, magnehelik değeri ve sayaç kayıt edilir.
4. Filtre kağıdının üzerindeki birikintiye temas etmeyecek bir şekilde kağıt cihazdan alınır ve tekrar alüminyum folyoya sarılarak desikatörde 24 saat tekrar tartımı yapılınca kadar bekletilir.

5.3. Numune Analizi ve Konsantrasyon Hesaplanması

İki ayrı noktada toplanan ve eş zamanlı yapılan bu çalışmada toplam partikül madde ve ağır metaller olmak üzere numune analizleri yapıp konsantrasyonları hesaplanmıştır.

5.3.1. TPM Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

TPM konsantrasyonu hesabını yapabilmek için öncelikli olarak temiz filtre kağıtlarının tartımının yapılmış olması gerekir. Bunun için filtre kağıdı hazırlama prosedürü uygulanır. Bu prosedür gereği işlem gören filtre kağıdı tartım odasında ikinci kez tartılarak aradaki fark tespit edilir.

TPM konsantrasyonu şu şekilde hesaplanır.

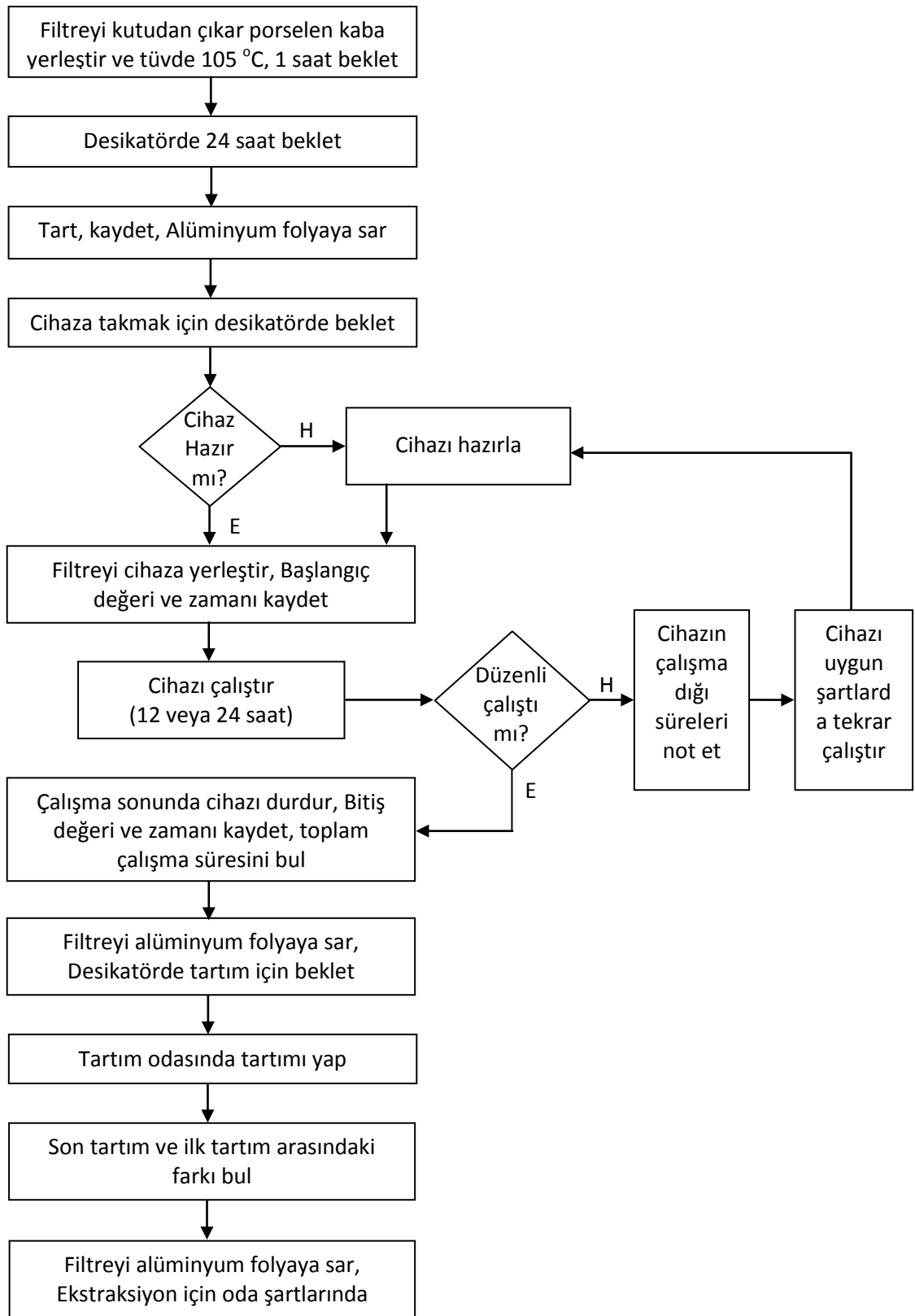
$$(TPM)Toplam\ Partikül\ Madde\ \left(\mu\frac{g}{m^3}\right) = \left(\frac{B - A}{Q \times t}\right) \times 1000000 \quad (1)$$

A= İlk tartım (g)

B= Son tartım (g)

Q=Çekis hızı(L/dk)

t= Numune toplama süresi (dk)



Şekil 5. 2. Filtre kağıdı hazırlama prosedürü.

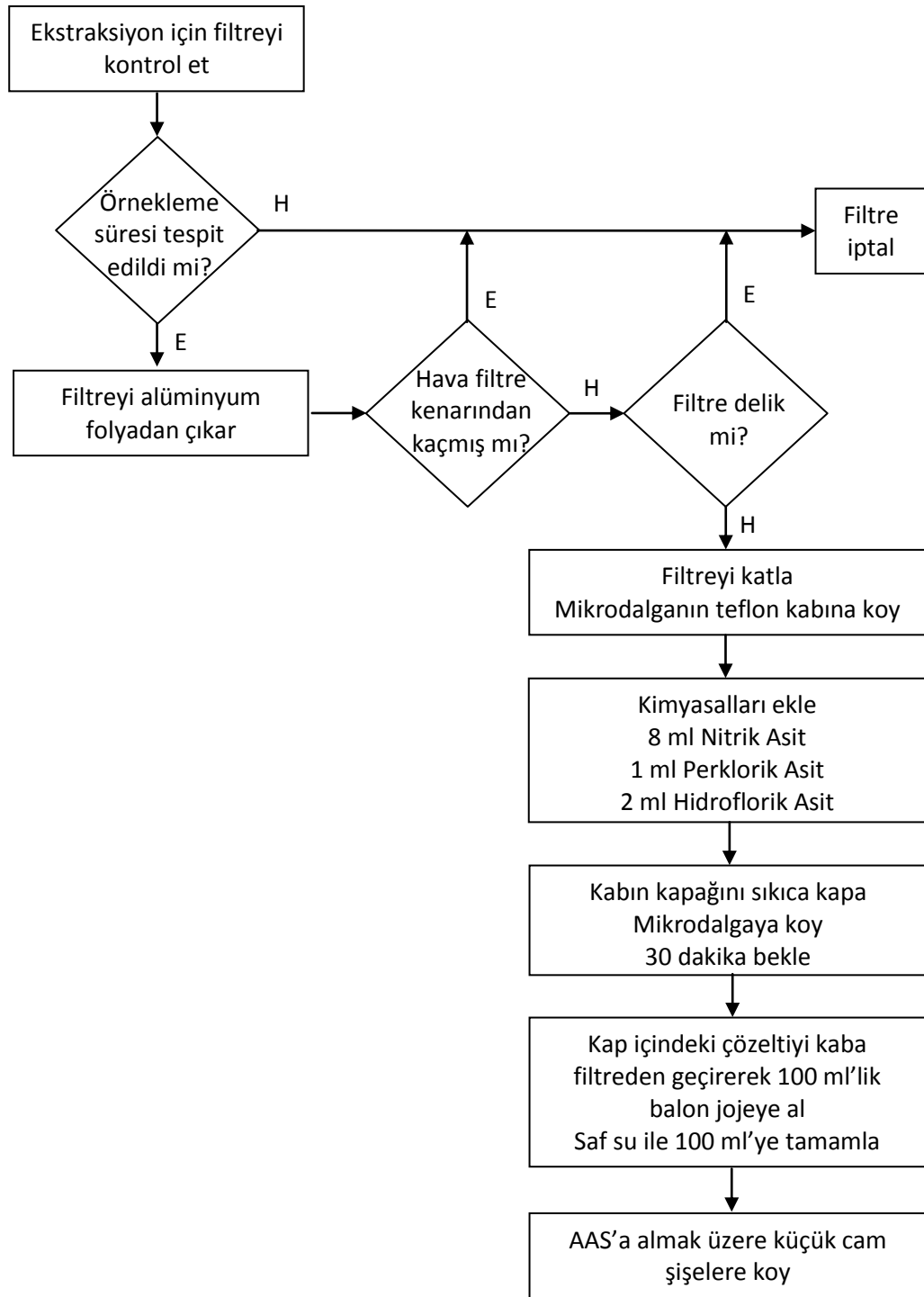
5.3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Filtre kağıdı üzerinde toplanmış olan partikül maddedeki ağır metal analizinin yapılması için öncelikli olarak mikro dalga fırında ekstraksiyon işlemi gerçekleştirir. Bu işlem sırası ağır metal analizi için ekstraksiyon prosedüründe şu şekilde açıklanmıştır.

1. Mikrodalga fırında ekstraksiyon işlemi için teflon tüpler kullanılmadan önce iyice temizlenir.
2. Teflon tüpün içine analizi yapılacak filtre kağıdı yerleştirilip sırasıyla 8 mL nitrik asit, 1 mL perklorik asit ve 2 mL hidroflorik asit ilave edilir. Mikrodalga fırında ve 600 watt ısıt güçle, 150 °C’de, 30 dakika işlem görür.
3. Yarım saatlik muamele sonrasında soğutulur ve asidik sıvı, kaba filtrelerden süzülerek 100 mL’lik balon jojeye alınır.
4. Saf su ile 100 mL’ye tamamlanarak cam şişelerde AAS veya Alevli AAS cihazında ağır metal analizi yapılmak üzere laboratuvar ortamında bekletilir.
 - i. Gözlenebilme sınırlarının ppm düzeyinde olduğu örneklerde alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi kullanımı tercih edilir.
5. Ağır metal ölçümleri yapılmadan önce AAS veya Alevli AAS cihazının kalibrasyonu yapılır ve her bir parametre için tüm numunelerin analizleri aynı kalibrasyonda tamamlanır.

5.3.3. Yüksek Hacimde Numune Toplayıcı Kalibrasyonu

Her iki numune toplama cihazı toplama işlemi öncesinde, (05.03.2009) ortasında (12.05.2009) ve sonunda (18.06.2009) olmak üzere cihaz bir kalibrasyon orifisi ile 3 kere kalibre edilmiştir. Kalibrasyon ergisinden faydalanılarak toplam hava numunesi hacmi bulunur.



Şekil 5. 3. Ağır metal analizi için ekstraksiyon prosedürü.

Cihazı kalibrasyona hazırlama işlemi su sıra ile gerçekleştirilmiştir.

1. Numune başlığı yüksek hacimde numune toplama cihazı üzerine dikkatlice oturtularak vidaları 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.
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 basınç veri kağıdına not edilir.
9. Orfis eğim ve kesim noktası bilgileri veri kağıdına kaydedilir.

Kalibrasyon

1. Magnehelic ayarlayıcıda 10 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.
2. Magnehelic ayarlayıcıda 20 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.

3. Magnehelic ayarlayıcıda 30 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.
4. Magnehelic ayarlayıcıda 40 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.
5. Magnehelic ayarlayıcıda 50 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.
6. Magnehelic ayarlayıcıda 60 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.
7. Magnehelic ayarlayıcıda 70 inch okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir.

Hesaplamalar

1. Orifis manometre (Y3) değeri hesaplanarak veri kağıdında kaydedilir.
2. Moniör magnehelic (Y4) değeri hesaplanarak veri kağıdında kaydedilir.
3. Kalibre edilmiş orfis akısı (X1) değeri hesaplanarak veri kağıdında kaydedilir.

Tanımlar

Y1: Kalibrasyon orfisi okuması: inch H₂O

Y2: Monitör Maghenelic okuması inch H₂O

Pa : Barometrik Basınç mmHg

B1: Kalibrasyon orfisi manometre kesim noktası (B1=-0,083)

M1: Kalibrasyon orfisi manometre eğimi (M1=9,39)

$$Y3 = Y1 \times \left[\left(\frac{Pa}{760} \right) \times \left(\frac{298}{Ta + 273} \right) \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$Y4 = Y2 \times \left[\left(\frac{Pa}{760} \right) \times \left(\frac{298}{Ta + 273} \right) \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$X1: \text{Orifis akış değeri, (sm}^3\text{)} = \frac{Y3 - B1}{M1} \quad (4)$$

P std: Standart barometrik basınç, 760 mm Hg

T a: Sıcaklık °C (kalibrasyon esnasında)

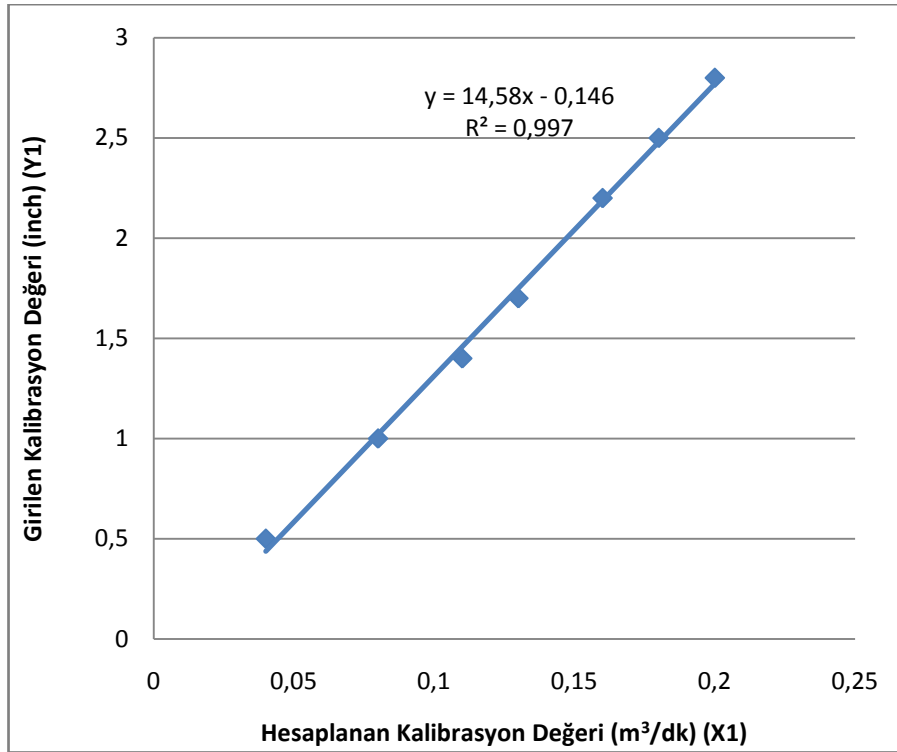
T std: Standart sıcaklık, 25°C

Örnek hesaplama

Magnehelic ayarlayıcıda 10 inch (Y2) okuma yapılacak şekilde hava akısı ayarlanır. (Bu işlem 20, 30, 40, 50, 60, ve 70 inch için tekrarlanır.) Manometrede okunan değer veri kağıdına kaydedilir. (Bu işlem 20, 30, 40, 50, 60 ve 70 inch için karşılık gelecek şekilde veri kağıdına kaydedilir). Y3 ve Y4 hesaplanırken kalibrasyon esnasındaki basınç (Pa= 987) ve sıcaklık (Ta= 25) değerleri ve Formül 2. ve Formül 3. kullanarak hesaplandıktan sonra X1, B1=-0,082944, M1=9,389600 sabit değerleri ve formül 4. kullanılarak hesaplanır. Burada bulunan X1 standart dakikalık hava akımının (m³) cinsinden ifadesidir. Çalışma esnasında çekilen hava miktarını (m³) bulmak için cihazın çalıştığı magnehelik (40) değerine karşı gelen X1 değeri (0,13) cihazın çalışma süresi ile (dk) çarpılır. Aşağıda PUF cihazı için yapılmış kalibrasyon eğrisi görülmektedir (Şekil 5.4.).

Çizelge 5. 1. Yüksek Hacimli Örnekleme Cihazı Kalibrasyon Hesaplama Tablosu.

Kalibrasyon için Değerler		Kalibre Edilmiş Değerler		
Y1 (inch H ₂ O)	Y2 (inch H ₂ O)	Y3 (inch H ₂ O)	Y4 (inch H ₂ O)	X1 (m ³ /dk)
2,8	70	1,83	45,73	0,20
2,5	60	1,63	39,20	0,18
2,2	50	1,44	32,67	0,16
1,7	40	1,11	26,13	0,13
1,4	30	0,92	19,60	0,11
1	20	0,65	13,07	0,08
0,5	10	0,33	6,53	0,04



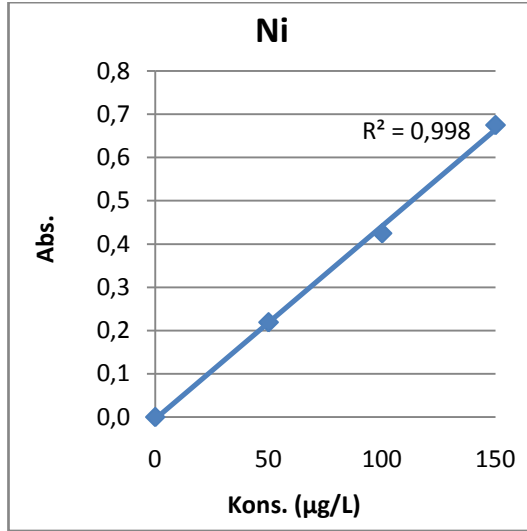
Şekil 5. 4. Yüksek hacimli numune toplama cihazı için akış kalibrasyon eğrisi.

5.4. Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi Kalibrasyon Grafikleri

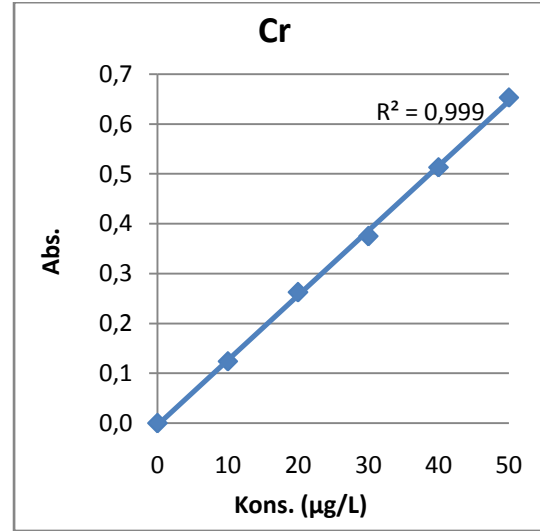
Numunelerdeki elementlerin ppm ve ppb düzeyde niceliksel analizi için atomik absorpsiyon spektroskopisi kullanılmıştır. Analizi yapılacak olan eser miktardaki metallerin çözeltisi hazırlanarak hangi metalin analizi yapılacak ise cihaza o metalin katot lambası takılıp belirli konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltiler metalin absorbans yaptığı dalga boyunda okunarak girilen konsantrasyonları ile hesaplanan konsantrasyonların eğrileri hazırlanmıştır. Analiz edilecek örnekte bulunan tayin edilecek elementlerin gözlenebilme sınırlarına göre spektrometredeki atomlaştırıcı olarak grafit fırın ünitesi kullanılmıştır. Gözlenebilme sınırlarının ppm düzeyinde olduğu örneklerde alevli atomik absorpsiyon spektroskopisi ile çalışılmıştır. Bu çalışmada 3 parametrenin (Cd, Cu ve Mn) analizleri alevli atomik absorpsiyon spektroskopisinde yapılmıştır.

ASS cihazında yapılan 4 parametre (Ni, Cr, Fe, Pb) için analize başlamadan önce cihaz kalibrasyonu yapılmış ve en uygun kalibrasyon grafikleri elde edildikten sonra analize başlanmıştır. Derişimi bilinen Fluka marka standart çözelti cihaza

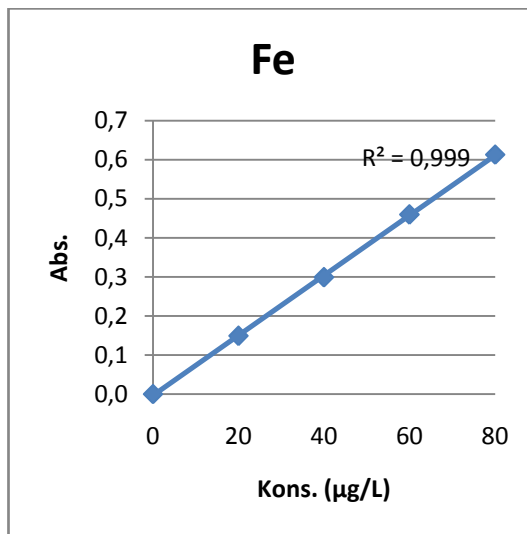
girilerek cihazın hesapladığı sonuçlar kaydedilerek grafikler oluşturulmuştur. Kalibrasyon doğrusuna ait R^2 değerleri tüm metaller için 1'e çok yakın olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.5.-5.11.).



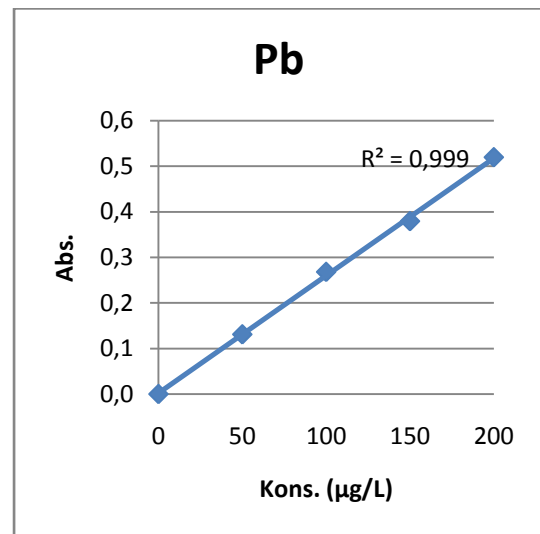
Şekil 5. 5. Nikel kalibrasyon grafiği.



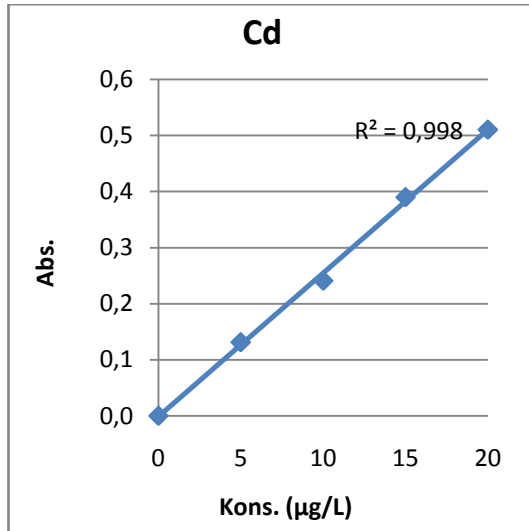
Şekil 5. 6. Krom kalibrasyon grafiği.



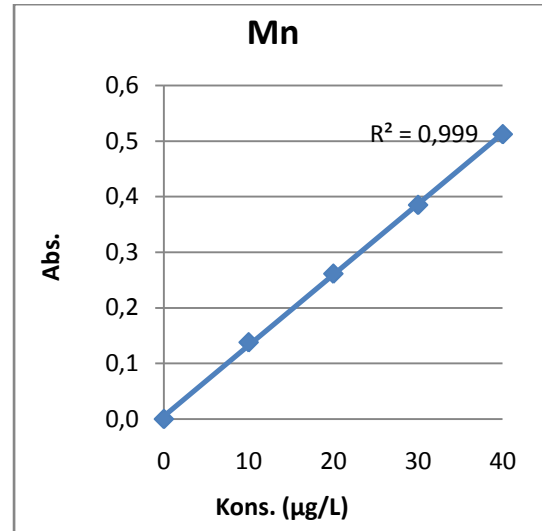
Şekil 5. 7. Demir kalibrasyon grafiği.



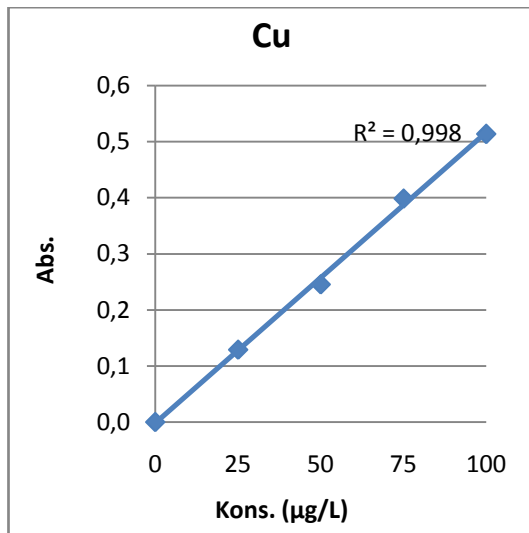
Şekil 5. 8. Kurşun kalibrasyon grafiği.



Şekil 5. 9. Kadmiyum kalibrasyon grafiği.



Şekil 5. 10. Mangan kalibrasyon grafiği.



Şekil 5. 11. Bakır kalibrasyon grafiği.

5.5. Kalite Kontrol ve Güvence

5.5.1. Numune Alma ve Ekstraksiyonlar

Gerek genel çalışma ve gerekse laboratuvar ortamı çalışmalarının sağlıklı ve güvenilir bir biçimde yürütmek ve arzu edilen başarıyı elde etmek için temel kalite ve güvenilirlik kurallarının gereğini yapmak büyük önem taşımaktadır.

Laboratuvar malzeme ve cihazlarının kullanımından kaynaklanabilecek olumsuzlukları önlemek için uyulması gereken laboratuvar kuralları dikkate alınarak çalışmalar yürütülmüştür.

Çalışma esnasında, öncesinde ve sonrasında doğabilecek tüm ihtimaller düşünülerek hata oranını minimize etmek için özellikle laboratuvar ortamı özenle seçilmiş ve çok dikkatli kullanılmıştır. Bunun için çalışmanın her aşamasında yapılan tartım, ekstraksiyon ve analiz işlemlerinde herhangi bir kontaminasyonun vuku bulmamasına azami derecede özen gösterilmiştir. Ayrıca filtre kağıtlarının taşınmasında dış ortamla temasını önlemek için gerekli tedbirler alınmıştır.

Yapılması planlanan bir işlem önceden prosedürleri okunarak gerekli işlemler tasarlanmış ve işlem sırasına uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Filtre kağıtlarına etraftan kirletici bulaşmayacak şekilde kapalı kutuda tutulması ve AAS için bekleyen ekstrakte edilmiş numunelerin uygun ortam ve kapta saklanması ve etiketlenmesi esnasında tüm ayrıntılar göz önünde bulundurularak sade ve anlaşılır bir biçimde yapılmıştır.

5.5.2. Verilerin Kontrolü

Mart, nisan, mayıs ve haziran aylarının belirli günlerinde toplanan numunelerin kontrolü özenle yapılmıştır. Bunun neticesinde kenardan hava kaçan, belirlenemeyen süredeki elektrik kesintileri ve kimyasal işlemler esnasında vuku bulan olumsuz şartlar da göz önünde bulundurularak 172 adet numune TPM analizleri için geçerli

sayılmış, bunlardan 4 adet numune ağır metal analizlerinde yanlış prosedür uygulandığından dolayı geçersiz sayılarak çalışmanın güvenilirliğini sağlamak için iptal edilmiştir (Çizelge 5.2.).

Ayrıca çalışmaya konu olan her iki nokta için eşzamanlı olarak yapılan ölçümlerin aylara, hafta sonu-hafta içi ve gece-gündüz durumlarına göre değerlendirilen örnek sayısı bir nokta için 72 olmak üzere toplamda 148 adet numunedir (Çizelge 5.3.).

Çizelge 5. 2. Ağır Metal Ölçüm Özet Tablosu.

		Mart	Nisan		Mayıs	Haziran	Toplam
GBB	H.İçi	8	19	Gece	12	7	64
				Gündüz	12	6	
	H.Sonu	5	9	Gece	6	2	30
				Gündüz	6	2	
Toplam		13	28		36	17	94
BMP	H.İçi	3	13	Gece	12	5	50
				Gündüz	12	5	
	H.Sonu	5	4	Gece	6	2	24
				Gündüz	5	2	
Toplam		8	17		35	14	74
Genel Toplam		21	45		71	31	168

Çizelge 5. 3. Ağır Metal Eş Zamanlı Ölçüm Özet Tablosu.

		Mart	Nisan		Mayıs	Haziran	Toplam
GBB BMP	H.İçi	2	13	Gece	12	5	48
				Gündüz	12	4	
	H.Sonu	5	4	Gece	6	2	24
				Gündüz	5	2	
Toplam		7	17		35	13	72

6. BULGULAR

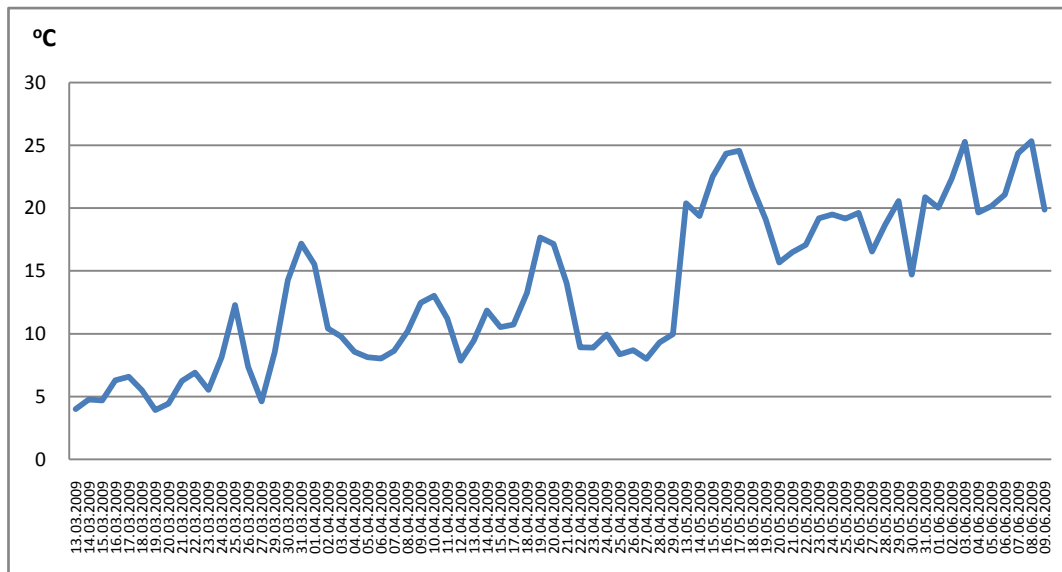
6.1. Meteorolojik Veriler

6.1.1. Sıcaklık

Çalışmanın gerçekleştirildiği mart, şubat, mayıs ve haziran aylarının tüm günlerine ait TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Gebze Kampüsü kaynaklı sıcak değerleri Çizelge 6.1.'de verilmiştir. Ayrıca ölçüm yapılan günlere ait sıcaklık grafikleri Şekil 6.1.'de verilmiştir. Bu ölçüm yapılan günlere ait en düşük sıcaklık 3,9 °C ile 19.03.2009 tarihinde, en yüksek sıcaklık ise 25,3 °C ile 08.06.2009 tarihinde gerçekleşmiş olup ortalama sıcaklık 15,4 °C'dir.

Çizelge 6. 1. Aylara Ait Sıcaklık Değerleri.

Aylar	Yüksek °C	Düşük °C	Ortalama °C
Mart	22,8	-17,8	7,3
Nisan	23,3	2,8	10,8
Mayıs	30,6	8,3	17,4
Haziran	36,1	12,8	22,7
Ortalama	28,2	1,5	14,6



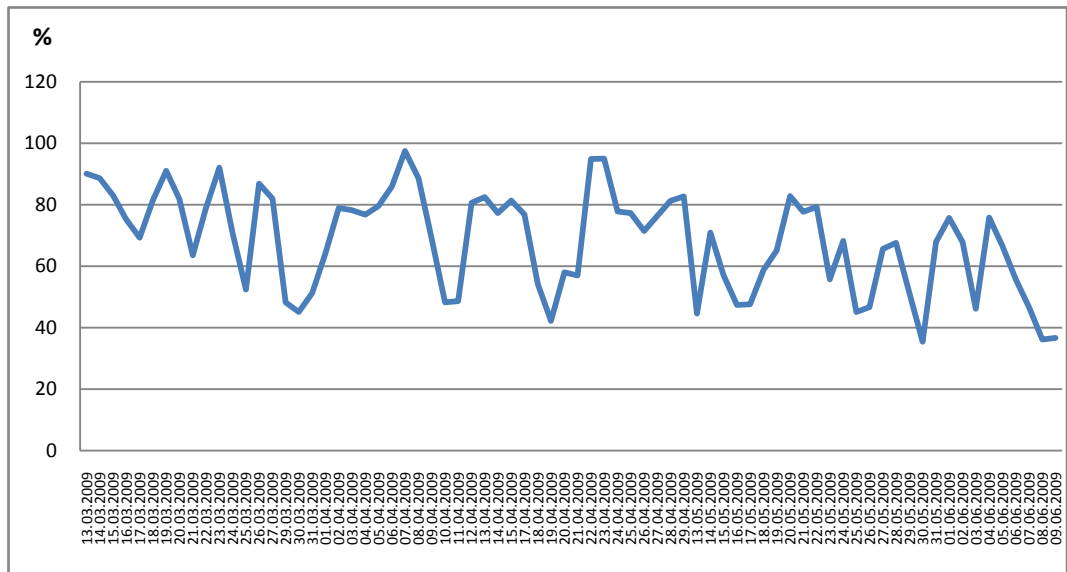
Şekil 6. 1. Çalışma aylarına ait sıcaklık değişim grafiği.

6.1.2. Ortalama Bağıl Nem

Meteorolojik verilerin kaynağı olan TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Yer ve Deniz Bilimleri Enstitüsü Gebze Kampüsü değerlerine göre bu dört ay için en yüksek ortalama bağıl nem oranı %100 ortalama en düşük değer %10 ve ortalama değer %68'dir (Çizelge 6.2.). Şekil 6.2.'de çalışma süresince gerçekleşen nem miktarlarının günlük olarak değişimleri gösterilmektedir.

Çizelge 6. 2. Aylara Ait Nem Değerleri.

Aylar	Yüksek (%)	Düşük (%)	Ortalama (%)
Mart	100,0	10,0	72,9
Nisan	100,0	19,0	74,2
Mayıs	100,0	20,0	64,4
Haziran	98,0	20,0	60,3
Ortalama	99,5	17,3	68,0



Şekil 6. 2. Çalışma aylarına ait nem değişim grafiği

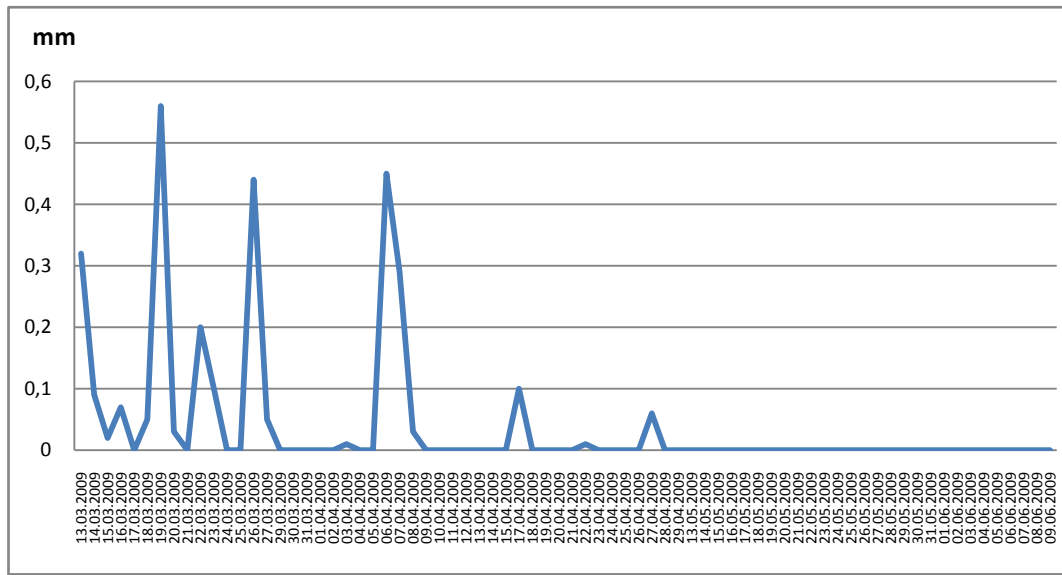
6.1.3. Yağış Miktarı

Çizelge 6.3.'te çalışma süresi içindeki aylara göre toplam yağış miktarları verilmiştir. Verilere göre ortalama aylık değer olarak en fazla yağış mart ayında, en az yağış mayıs ayında görülmüştür. Şekil 6.3.'te çalışma süresince gerçekleşen yağış miktarlarının günlük olarak değişimleri gösterilmektedir. Ölçüm yapılan dönemde en

sık ve en yüksek miktarda yağış mart ayında görülmüş olmakla beraber tüm aylarda en az bir defa olmak üzere yağış olayı gözlemlenmiştir.

Çizelge 6. 3. Aylara Ait Toplam Yağış Miktarları.

Aylar	Toplam Yağış (mm)
Mart	67,8
Nisan	26,2
Mayıs	13,2
Haziran	14,7
Ortalama	30,5



Sekil 6. 3. Çalışma aylarına ait günlük yağış grafiği.

6.1.4. Rüzgâr Yönü ve Hızı

Çizelge 6.4.'te çalışma süresi içindeki aylara göre en yüksek rüzgar hızı, yönü ve ortalama rüzgar hızı verilmiştir. Verilere göre en yüksek ve ortalama hız sırasıyla 53,1 km/s batı-kuzey batıdan ve 6,6 km/s ile mart ayına ait olup en düşük değerler 22,5 km/s güneybatıdan ve 1,6 km/s aylık ortalama hızdır. Yönler belirlenirken kuzey (K) 360; kuzey-kuzeydoğu (KKD) 22,5; kuzeydoğu (KD) 45; kuzeydoğu-doğu (KDD) 67,5; doğu (D) 90, doğu-güneydoğu (DGD) 112,5; güneydoğu (GD) 135; güneydoğu-güney (GDG) 157,5; güney (G) 180; güney-güneybatı (GGB) 202,5; güneybatı (GB) 225; güneybatı-batı (GBB) 247,5; batı (B) 270; batı-kuzeybatı (BKB) 292,5; kuzeybatı (KB) 315; kuzeybatı-kuzey (KBK) 337,5 ifadeleri kullanılmıştır.

Çizelge 6. 4. Aylara Göre Rüzgâr Hızı ve Yönü Değerleri.

Aylar	En Yüksek (km/s)	Hakim Rüzgar Yönü	Ortalama (km/s)
Mart	53,1	BKB	6,6
Nisan	35,4	BKB	5,0
Mayıs	45,1	BKB	5,7
Haziran	22,5	GB	1,6

6.2. Toplam Partikül Madde ve Ağır Metal Ölçüm Sonuçları

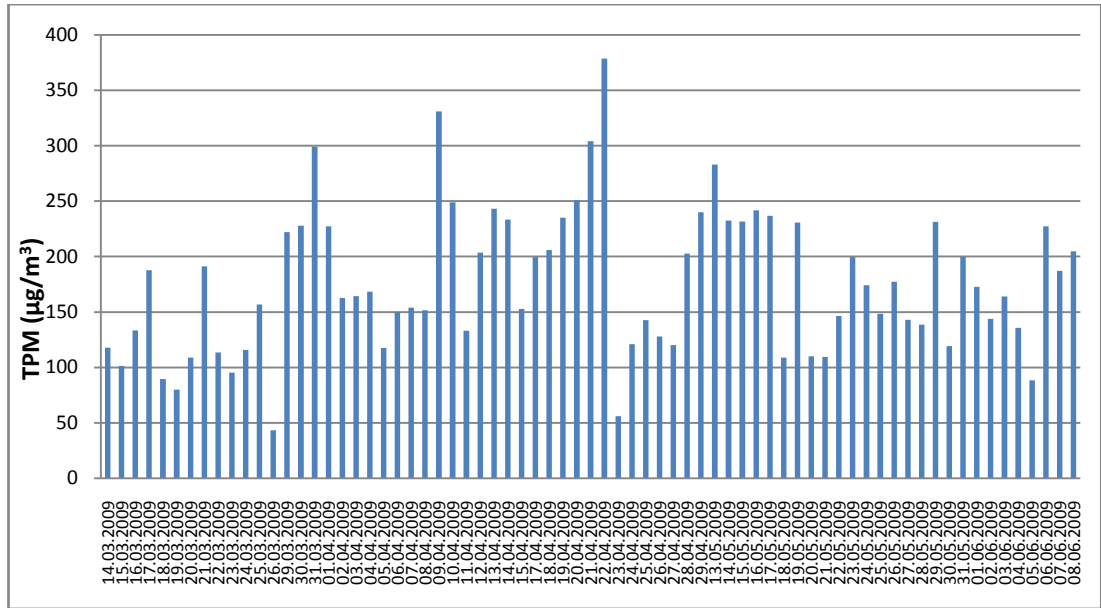
Ölçülen TPM konsantrasyonları ve TPM'deki eser element miktarları her iki örnekleme noktası aşağıdaki bölümde ayrı ayrı özetlenmiştir. Takip eden bölümde ise karşılaştırmalı olarak eş zamanlı yapılan örneklemeler değerlendirilecektir.

6.2.1. TPM Konsantrasyonları

6.2.1.1. GBB Noktasına Ait TPM Konsantrasyonları

GBB noktası için mart, nisan, mayıs ve haziran aylarında hafta içi 66 adet ve hafta sonu 30 adet olmak üzere toplam 96 adet ölçüm yapılmıştır. Mayıs ve haziran aylarındaki örnekler ise gece-gündüz farkını da gösterecek şekilde yaklaşık 12 saatlik periyotlarda toplanmıştır.

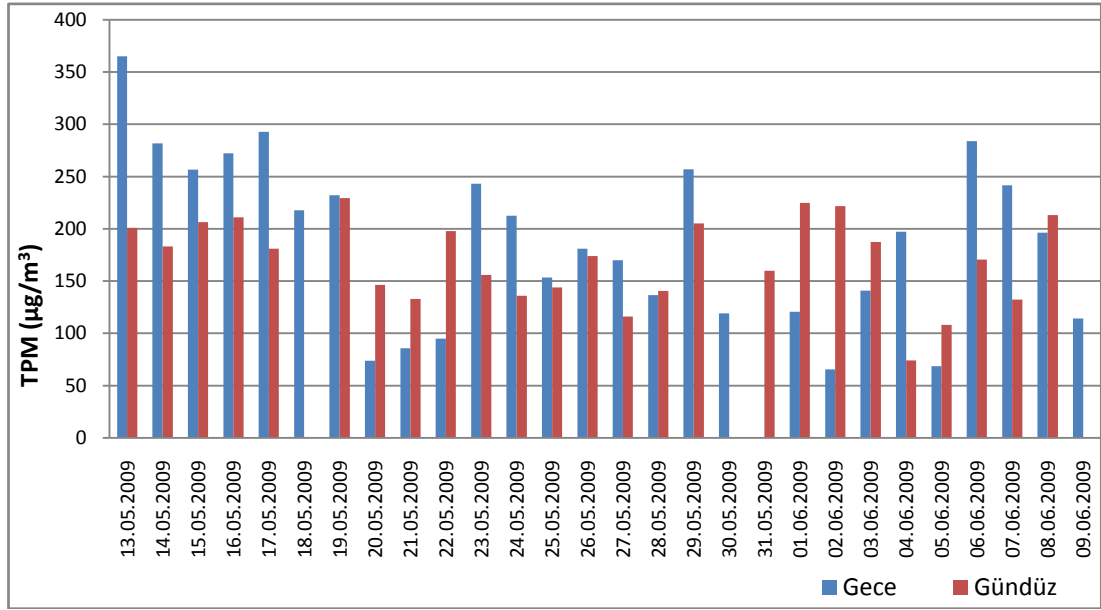
Şekil 6.4.'te çalışmanın tümünü kapsayan TPM konsantrasyonlarının ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı dönemde en küçük değer $43,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 26.03.2009 Perşembe gününe, en büyük değer ise $390,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 18.05.2009 pazartesi gününe aittir.



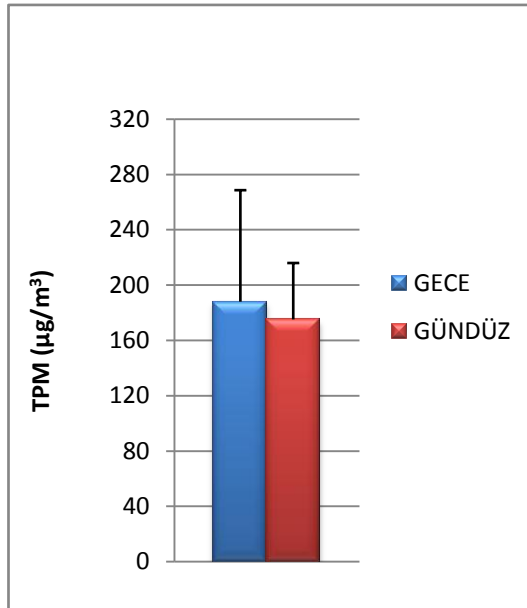
Şekil 6. 4. GBB noktasına ait TPM konsantrasyonları.

Çalışma boyunca yapılan gece-gündüz ölçümleri Şekil 6.5.'te gösterilmiştir. Çoğunlukla TPM gece konsantrasyonlarının gündüz konsantrasyonlardan daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu istasyonda aynı güne ait yapılan gece ve gündüz ölçümlerinin toplam 24 adetinden sadece 8'inde gündüz ölçümleri geceye nazaran daha yüksek çıkmıştır. Tüm günlere ait gece gündüz ortalamaları bakıldığında da gece ölçümleri çok az bir farkla daha büyük olduğu görülmektedir (Şekil 6.6.). TPM ortalama değerleri için gece $188,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gündüz $175,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Eşleştirilmiş t testi uygulanarak gece ve gündüze ait ortalamalar karşılaştırılmış ve aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p=0,21$; $n=24$)

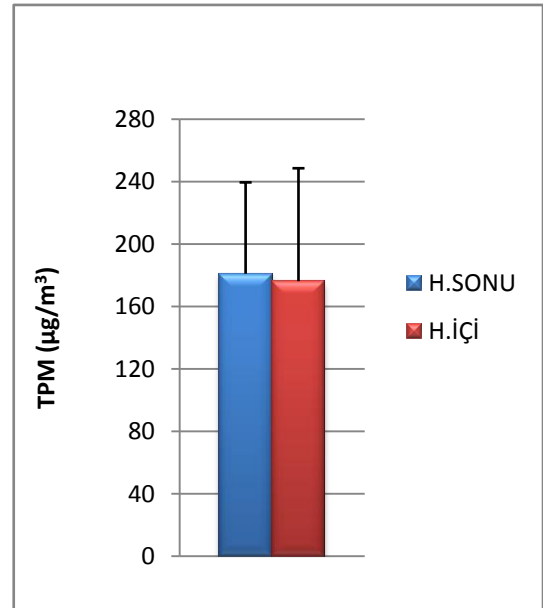
Hafta sonu-hafta içi TPM ölçümlerinin ortalamaları Şekil 6.7.'de verilmiştir. TPM ortalama değerleri için hafta sonu $180,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hafta içi $176,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Ortalamalar arasındaki karşılaştırma bağımsız t testi ile değerlendirilmiş ve arada anlamlı bir fark görülmemiştir ($p=0,78$; $n_{\text{haftasonu}}=30$; $n_{\text{haftaiçi}}=66$).



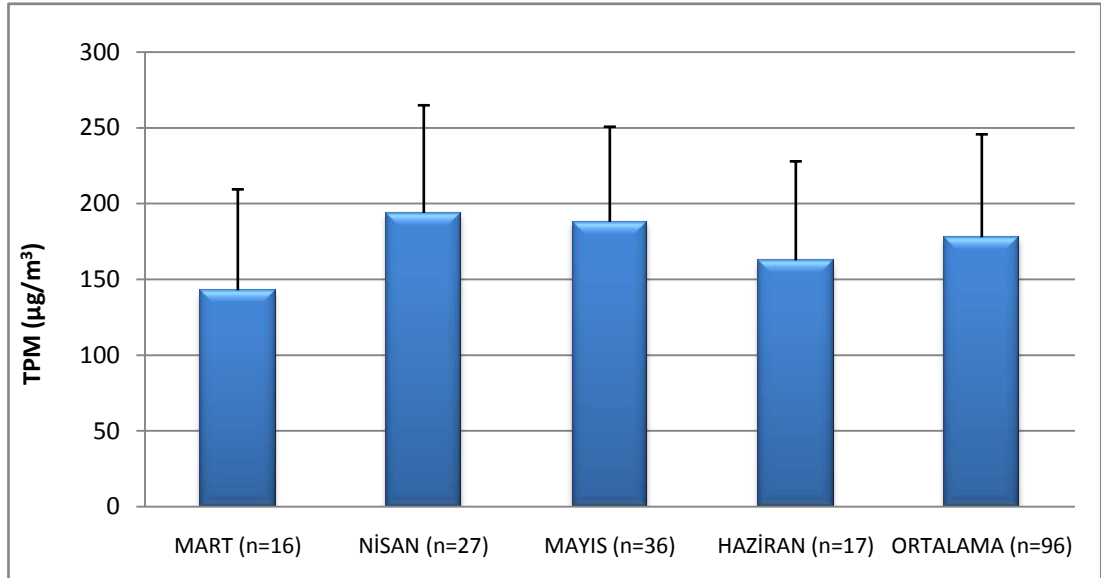
Şekil 6. 5. GBB noktasına ait gece ve gündüz TPM konsantrasyonları.



Şekil 6. 6. Gece-gündüz ortalama TPM konsantrasyonları ($n_{\text{gece}}=27$, $n_{\text{gündüz}}=24$).



Şekil 6. 7. Hafta sonu-hafta içi ortalama TPM konsantrasyonları ($n_{\text{haftasonu}}=30$, $n_{\text{haftaiçi}}=66$).



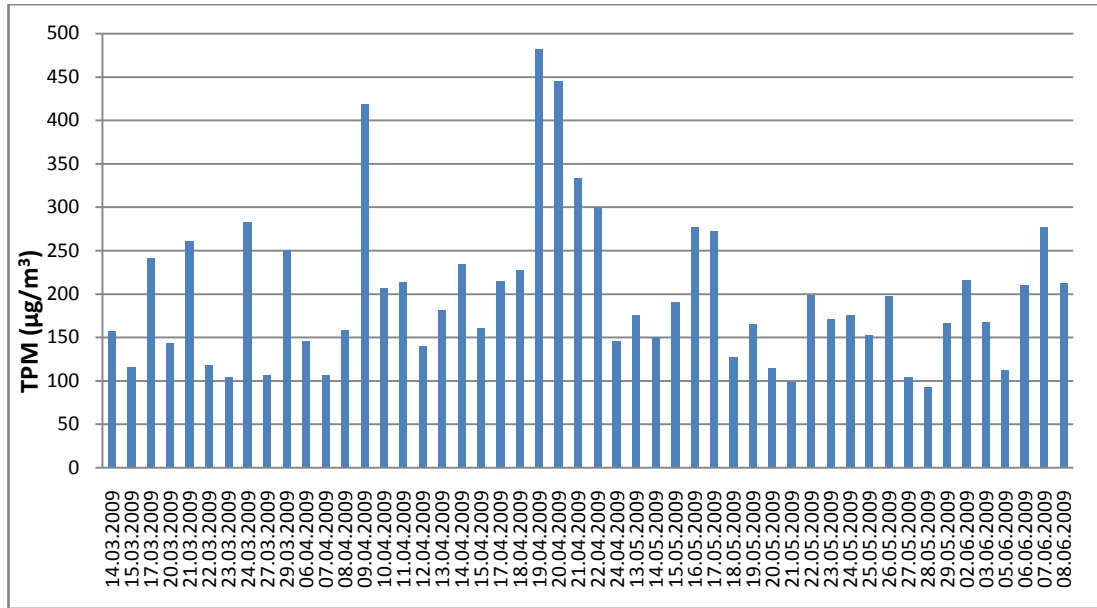
Şekil 6. 8. GBB noktasına ait aylık ortalama TPM konsantrasyonları.

Aylara göre TPM ölçümlerinin ortalamaları Şekil 6.8.'te gösterilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeye göre en yüksek konsantrasyona $193,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değer ile nisan ayında ulaşılmıştır, bunu $188,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile mayıs ayı, $162,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile haziran ayı takip etmiştir. En düşük değer $142,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile mart ayına ait olup genel ortalama $177,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. En fazla yağışın Mart ayında görülmesi bu düşük konsantrasyonların nedeni olduğu söylenebilir.

6.2.1.2. BMP Noktasına Ait TPM Konsantrasyonları

BMP noktası için mart, nisan, mayıs ve haziran aylarının belli günlerinde yaklaşık 24 saatlik periyotlarda gerçekleştirilen ölçümler yapılmıştır. Mayıs ve haziran aylarında gece-gündüz farkını da gösterecek şekilde yaklaşık 12 saatlik periyotlarda toplanmıştır. Bu dört aylık süre içinde toplam 76 adet ölçümün 52 adeti hafta içine 24 adeti de hafta sonuna denk gelmiştir.

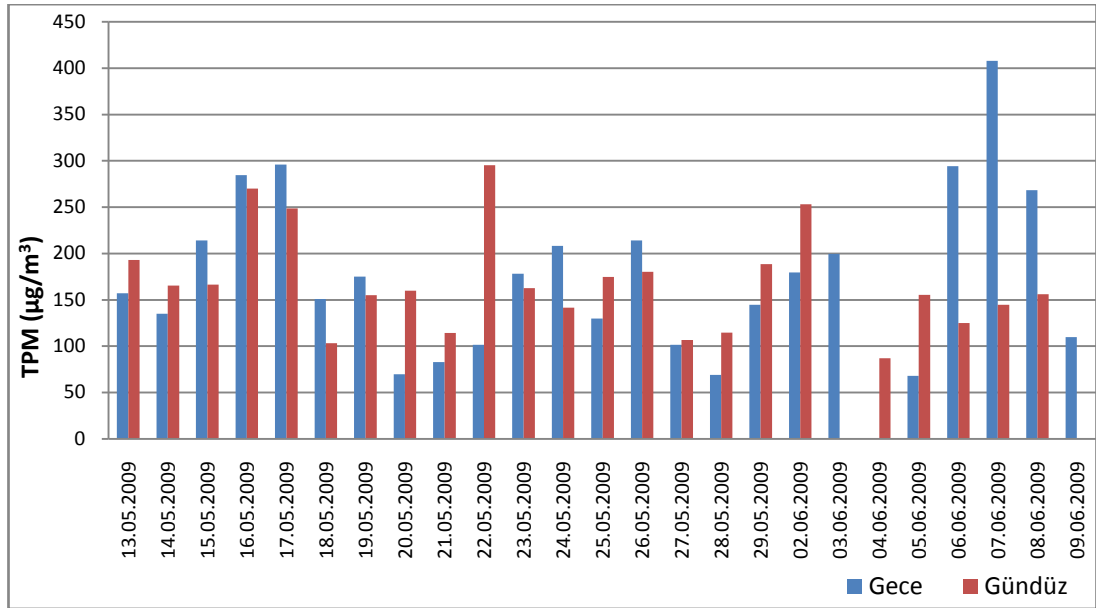
Şekil 6.9.'da BMP noktası için çalışmanın tümünü kapsayan TPM konsantrasyonlarının ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı dönemde en küçük değer $91,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 28.05.2009 Perşembe gününe, en büyük değer ise $481,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile 19.04.2009 pazar gününe aittir.



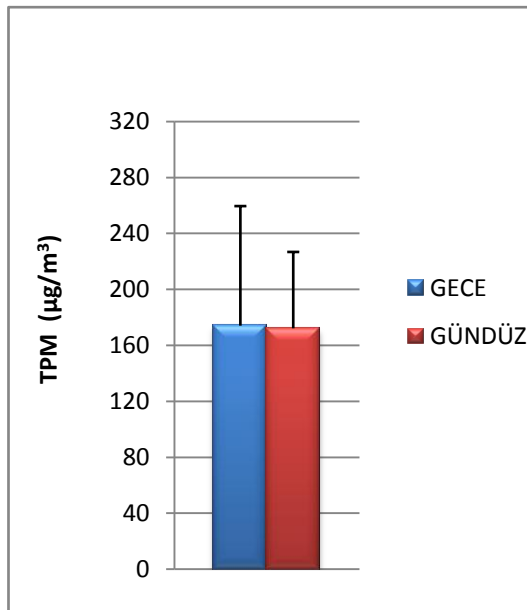
Şekil 6. 9. BMP noktasına ait günlük TPM konsantrasyonları.

Çalışma boyunca BMP noktası için yapılan gece-gündüz ölçümleri Şekil 6.10.'da gösterilmiştir. Çoğunlukla TPM gece konsantrasyonlarının gündüz konsantrasyonlardan daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Bu istasyonda aynı güne ait yapılan gece ve gündüz ölçümlerinin toplam 22 adetinden 10'unda gündüz ölçümleri geceye nazaran daha yüksek çıkmıştır. Tüm günlere ait gece gündüz ortalamaları bakıldığında da gece ölçümleri çok az bir farkla daha büyük olduğu görülmektedir (Şekil 6.11.). TPM ortalama değerleri için gece $174,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gündüz $172,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Eşleştirilmiş t testi uygulanarak gece ve gündüze ait ortalamalar karşılaştırılmış ve aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p=0,73$; $n=22$)

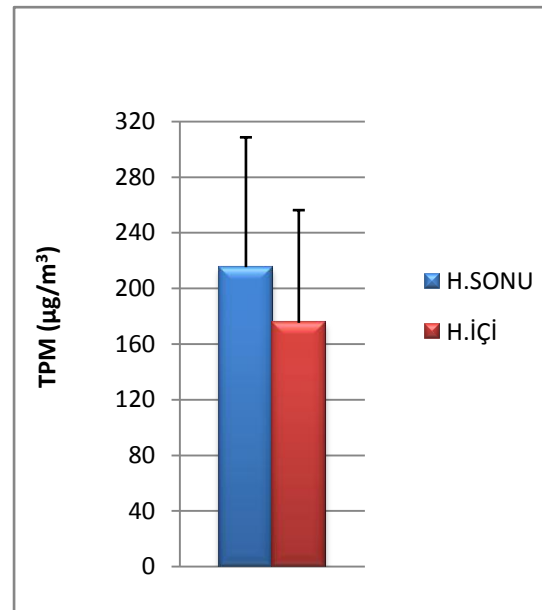
Hafta sonu-hafta içi TPM ölçümlerinin ortalamaları Şekil 6.12.'de verilmiştir. TPM ortalama değerleri için hafta sonu $215,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hafta içi $175,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir. Ortalamalar arasındaki karşılaştırma bağımsız t testi ile değerlendirilmiş ve arada anlamlı bir fark görülmemiştir ($p=0,06$; $n_{\text{haftasonu}}=24$; $n_{\text{haftaiçi}}=52$).



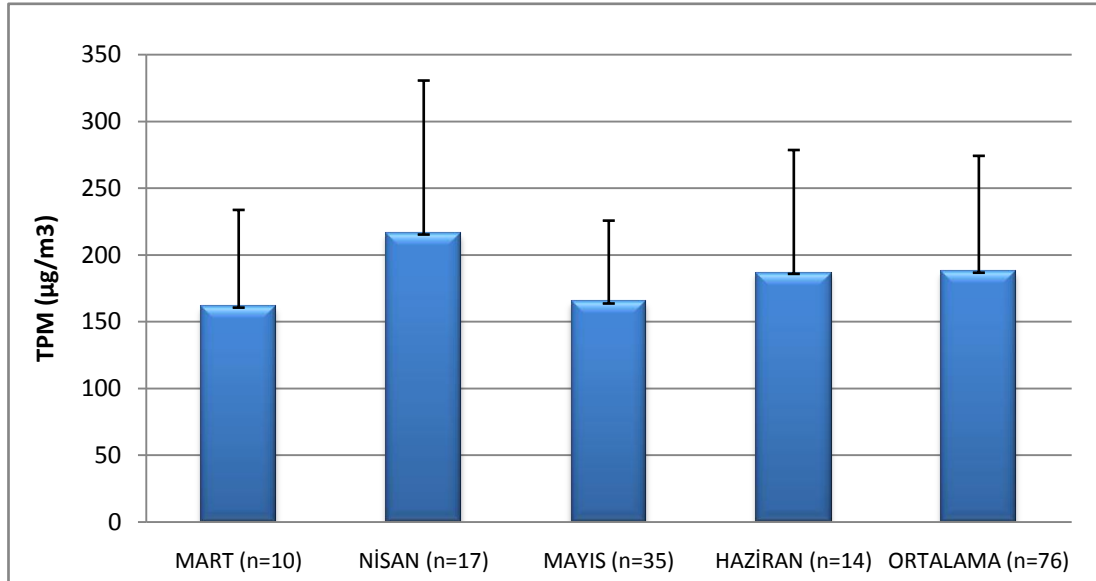
Şekil 6. 10. BMP noktasına ait gece ve gündüz TPM konsantrasyonları.



Şekil 6. 11. Gece-gündüz ortalama TPM konsantrasyonları ($n_{\text{gece}}=25$, $n_{\text{gündüz}}=23$).



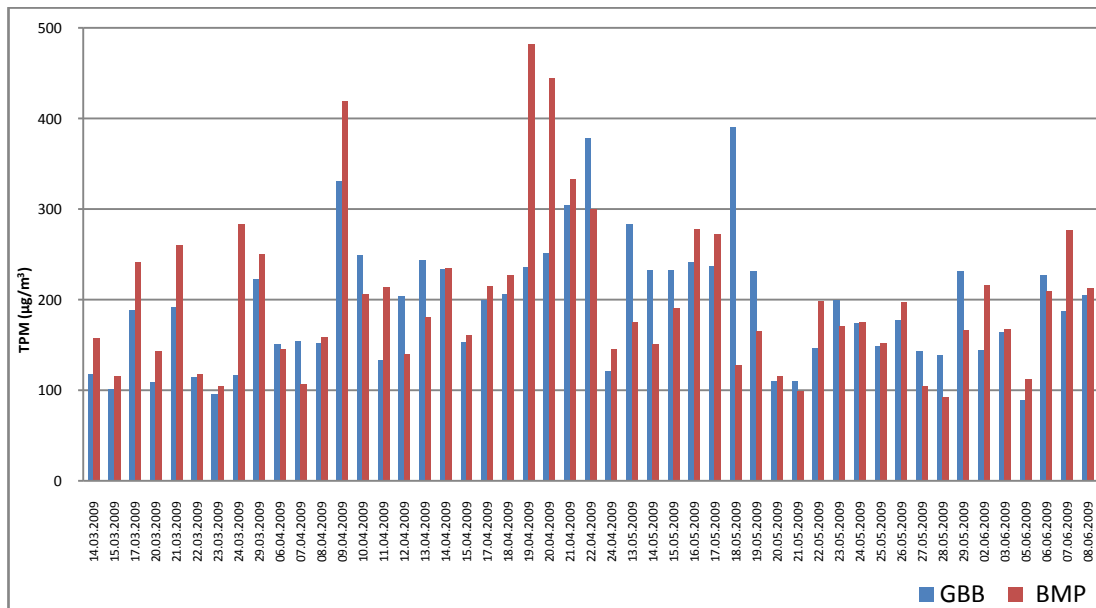
Şekil 6. 12. Hafta sonu-hafta içi Ortalama TPM konsantrasyonları ($n_{\text{haftasonu}}=24$, $n_{\text{haftaiçi}}=52$).



Şekil 6. 13. BMP noktasına ait aylık ortalama TPM konsantrasyonları.

Aylara göre TPM ölçümlerinin ortalamaları Şekil 6.13.'te gösterilmiştir. Yapılan bu değerlendirmeye göre en yüksek konsantrasyona $216,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değer ile nisan ayında ulaşılmıştır, bunu $186,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile haziran ayı, $164,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile mayıs ayı takip etmiştir. En düşük değer bu noktada da $161,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile yoğun yağışların görüldüğü mart ayına ait olup genel ortalama $187,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür.

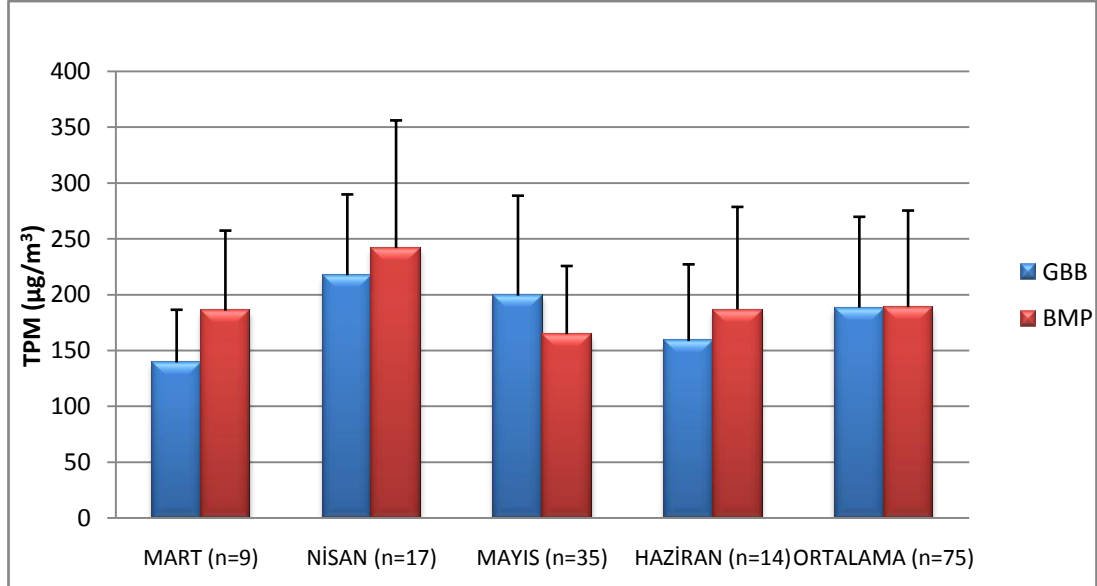
6.2.1.3. GBB ve BMP Noktalarının TPM Bazında Karşılaştırılması



Şekil 6. 14. GBB ve BMP noktalarının eş zamanlı ölçümlerine ait TPM konsantrasyonları.

Yapılan bu çalışmada her iki noktaya ait verilerin değerlendirilmesi için eşzamanlı ölçümler yapılmıştır. Her bir nokta için eş zamanlı ölçümü gerçekleştirecek toplam 75 adet ayrı numunenin 24 saatlik periyoda tekabül edecek şekilde ortalamaları hesaplanarak eş zamanlı ölçümlerin TPM konsantrasyonlarına ait grafik Şekil 6.14.'deki gibi oluşturulmuştur. 75 adet numuneden 24 saatlik toplam 49 günün ortalama değer hesaplanmıştır. Eş zamanlı olarak her iki noktaya ait TPM konsantrasyonlarına göre değerlendirmeye konu 49 günün 34 gününde BMP geri kalan 15 gününde ise GBB noktasına ait değerler büyük çıkmıştır.

Her iki noktanın eş zamanlı ölçümlerine ait aylık ortalama TPM konsantrasyon Şekil 6.15.'te görülmektedir. Çalışmaya konu olan dört ayın eş zamanlı aylık ortalama TPM değerlerinde mart, nisan ve haziran aylarında BMP noktası daha yüksek iken sadece mayıs ayında GBB noktasının daha yüksek olduğu görülmektedir. Tüm çalışma süresince genel ortalamalarına göre bir değerlendirme yapılacak olursa TPM konsantrasyonlarının BMP noktasında $188,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, GBB noktasında ise $188,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 15. Aylık ve ortalama TPM konsantrasyonunun GBB ve BMP noktalarındaki eş zamanlı ölçümleri.

Her iki nokta için eşleştirilmiş t testi uygulanarak ortalamalar karşılaştırılmış ve aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p=0,45$; $n=75$). Her ay için eşleştirilmiş t testi yapıldığında mart ve mayıs ayları için anlamlı bir fark olduğu görülmüştür ($p_{\text{mart}}=0,02$; $p_{\text{nisan}}=0,27$; $p_{\text{mayıs}}=0,04$; $p_{\text{haziran}}=0,10$). Yani mart ayında

BMP noktası daha yüksek iken Mayıs ayında daha düşük olduğu görülmüştür ($p < 0,05$).

TPM konsantrasyonlarının iki noktadaki oranı (TPM_{BMP}/TPM_{GBB}) aylara göre sırasıyla 1,33; 1,11; 0,83 ve 1,18'dir. Aynı şekilde her iki nokta arasında Mart, Nisan ve Haziran aylarında kuvvetli bir korelasyon ($r=0,719$; $0,642$; $0,733$) olduğu görülürken Mayıs ayında ($r=0,268$) bu kuvvetli korelasyon görülmemektedir. Noktaların TPM açısından bazı zamanlar farklı kirletici kaynaklardan etkilendiği söylenebilir.

6.2.2. Ağır Metal Konsantrasyonları

6.2.2.1. GBB Noktası Ağır Metal Konsantrasyonları

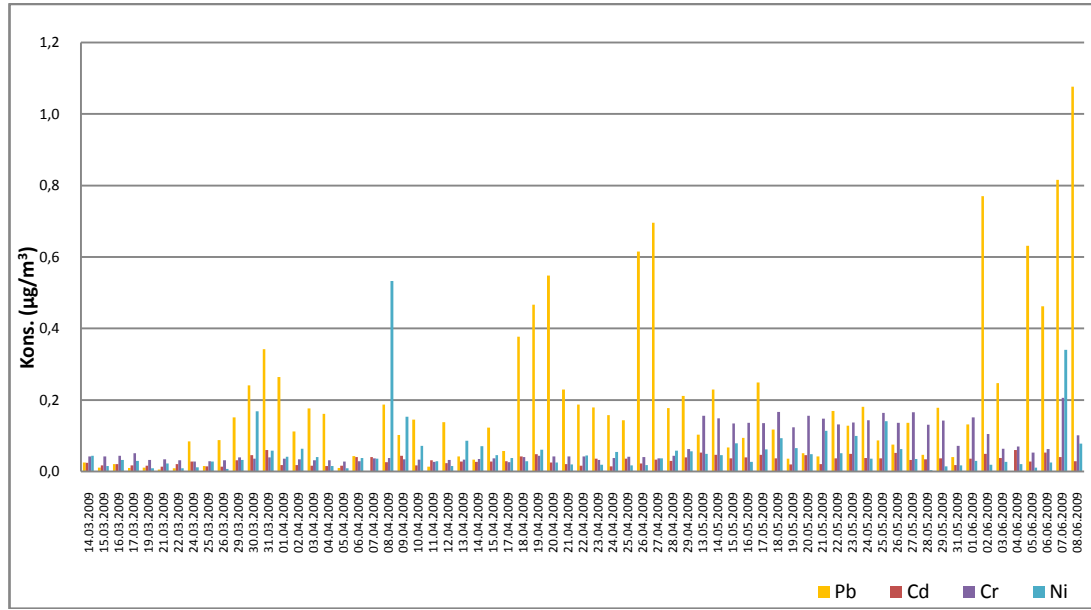
GBB noktası için Mart, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarının belli günlerinde yaklaşık 24 saatlik periyotlarda gerçekleştirilen ölçümler yapılmıştır. Mayıs ve Haziran aylarında gece-gündüz farkını da gösterecek şekilde yaklaşık 12 saatlik periyotlarda toplanmıştır. Bu dört aylık süre içinde her bir metal için 94 olmak üzere toplam 94×7 adet ağır metal ölçümü yapılmıştır (Çizelge 5.2.). Bunlardan hafta içi toplam 64 adet örnekleme yapılmıştır. Yine aynı şekilde hafta sonu toplam 30 adet örnekleme yapılmıştır.

Çizelge 6. 5. GBB Noktası İçin En Küçük ve En Büyük Değerler.

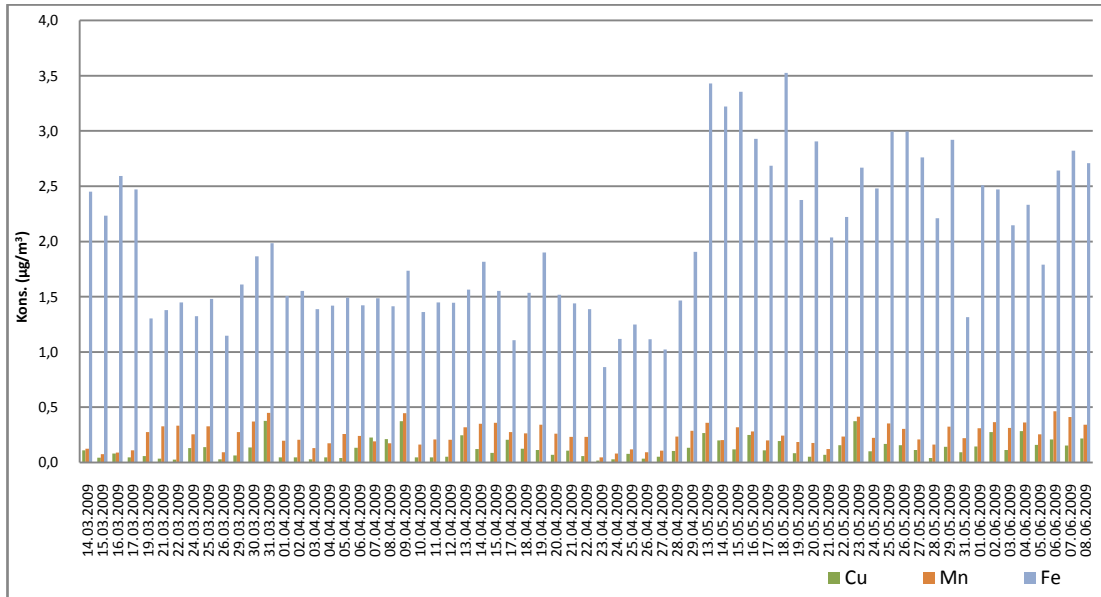
	En Küçük Değer Kons.($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	En Büyük Değer Kons.($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Pb	0,01	1,93
Cd	0,01	0,06
Cr	0,03	0,22
Ni	0,00	0,53
Cu	0,02	0,38
Mn	0,05	0,46
Fe	0,86	3,53

Şekil 6.16. ve Şekil 6.17.'de çalışmanın tümünü kapsayan ağır metal konsantrasyonlarının ölçüm sonuçları 24 saatlik periyoda tekabül edecek şekilde

gösterilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı döneme ait konsantrasyon aralıkları Çizelge 6.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 6. 16. GBB noktasına ait günlük Pb, Cd, Cr, Ni ağır metal konsantrasyonları [07.04-04.06.2009 Pb değeri (1,61; 1,93) ortalamasının çok üzerinde ($> \text{ortalama} + 4$ standart sapma) olduğundan değerlendirmeye alınmamıştır].



Şekil 6. 17. GBB noktasına ait günlük Cu, Mn, Fe ağır metal konsantrasyonları.

Çalışma boyunca yapılan gece-gündüz ölçüm ortalama değerleri Şekil 6.18. ve Şekil 6.19.'da gösterilmiştir. GBB noktasına ait haftasonu-haftaiçi değerlerine ait grafikler Şekil 6.20. ve Şekil 6.21.'de gösterilmiştir. Genel olarak ağır metallerin gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlardan daha yüksek olduğu gibi

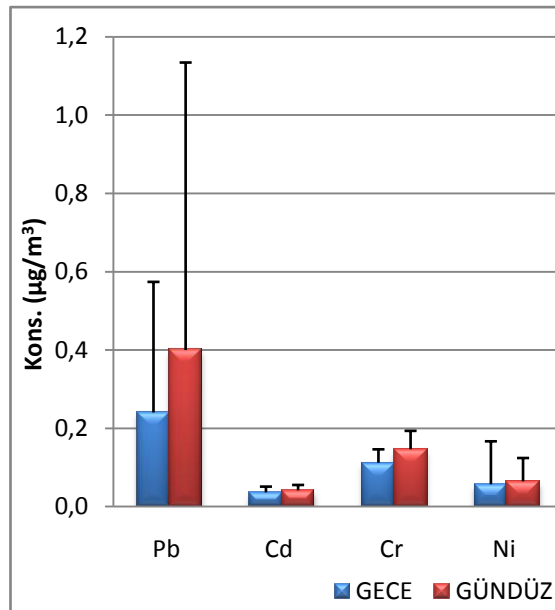
hafta içi değerlerinin hafta sonu değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 6.6.).

Eşleştirilmiş t testi uygulanarak gece-gündüz ve haftasonu-haftaiçi ortalamalar karşılaştırılmış ve gece-gündüz Cr ve Fe ölçümleri haricinde ($p < 0,01$) aralarında anlamlı bir fark olmadığı görülmüştür ($p > 0,2$).

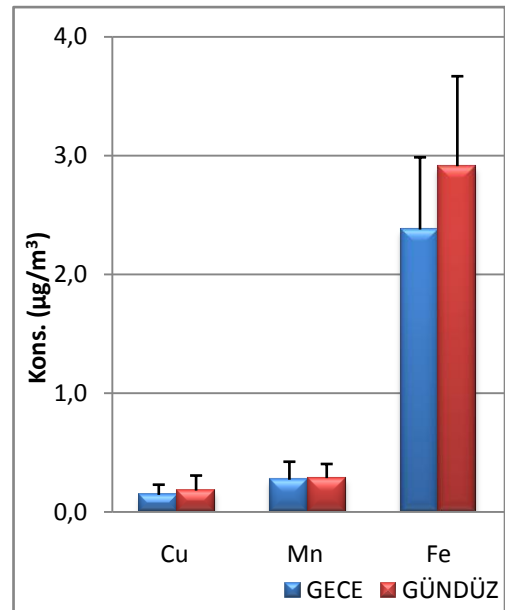
Çizelge 6. 6. GBB Noktası İçin Ortalama Değerler.

	Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
GECE (n=27)	0,24	0,04	0,14	0,11	0,06	0,27	2,38
GÜNDÜZ (n=26)	0,27	0,04	0,18	0,15	0,06	0,28	2,91
H.SONU (n=30)	0,21	0,03	0,12	0,09	0,06	0,24	1,89
H.İÇİ (n=64)	0,21	0,03	0,14	0,09	0,06	0,25	2,01

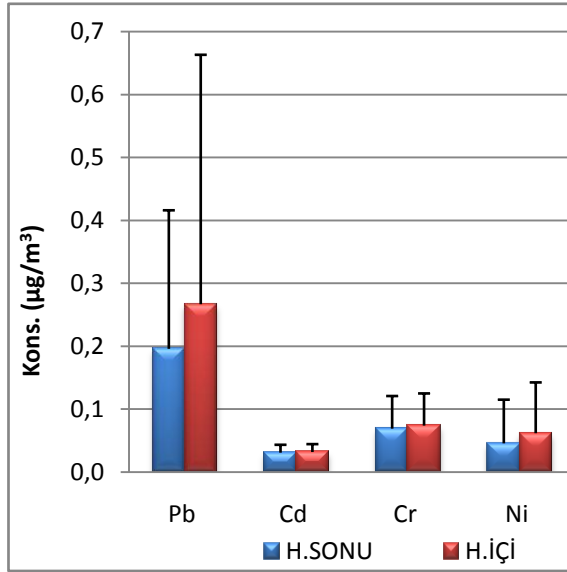
*Pb için $n_{\text{gece}}=27$; $n_{\text{gündüz}}=25$; $n_{\text{haftasonu}}=30$; $n_{\text{haftaiçi}}=62$



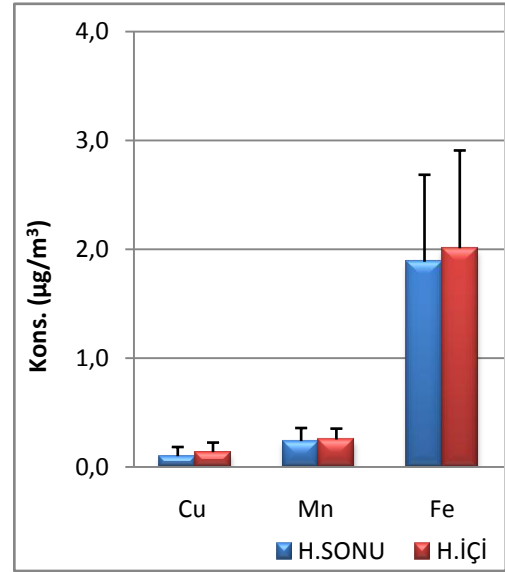
Şekil 6. 18. Gece-gündüz ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları, [$n_{\text{gece}}=27$; $n_{\text{gündüz}}=26$, (Pb için $n_{\text{gece}}=27$; $n_{\text{gündüz}}=25$)].



Şekil 6. 19. Gece-gündüz ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları.

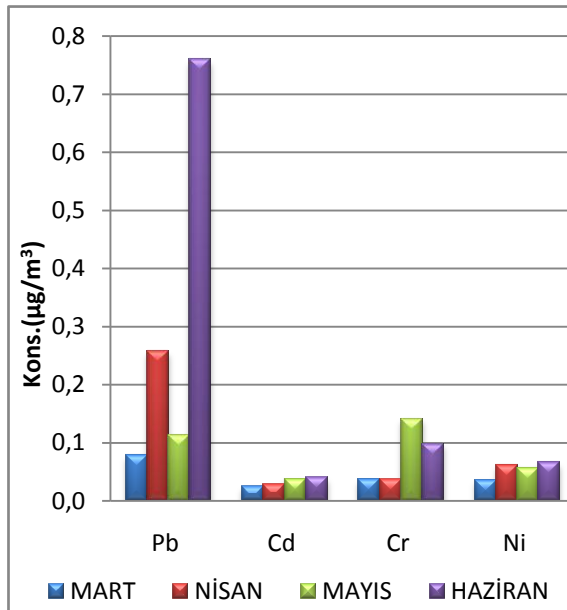


Şekil 6. 20. Hafta sonu-hafta içi ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları, [$n_{\text{haftasonu}}=30$; $n_{\text{haftaiçi}}=64$, (Pb için $n_{\text{haftasonu}}=30$; $n_{\text{haftaiçi}}=62$)].

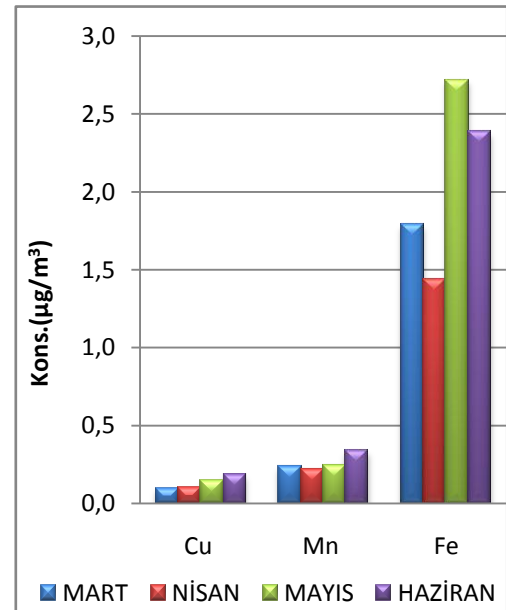


Şekil 6. 21. Hafta sonu-hafta içi ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları.

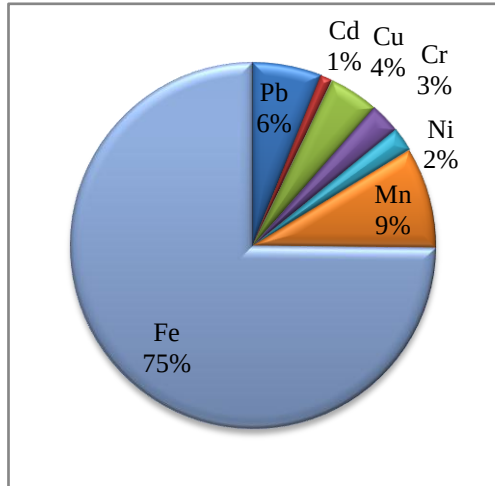
Aylara göre ağır metal ölçümlerinin ortalamaları Şekil 6.22. ve Şekil 6.23.'te gösterilmiştir. Mart ayı için 13 adet, nisan ayı için 28 adet, mayıs ayı için 36 adet, haziran ayı için de 17 adet numunenin 24 saatlik periyoda tekabül edecek şekilde ortalamaları hesaplanmıştır.



Şekil 6. 22. GBB noktasına ait aylık ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları, [$n_{\text{mart}}=13$, $n_{\text{nisan}}=28$, $n_{\text{mayıs}}=36$, $n_{\text{haziran}}=17$].



Şekil 6. 23. GBB noktasına ait aylık ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları.



Şekil 6. 24. TPM'de belirlenen eser element içeriği.

GBB noktası için eş zamanlı ortalama değerler Pb için $0,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cd için $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cu için $0,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cr için $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Ni için $0,07 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Mn için $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Fe için $2,33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. GBB noktasındaki toplam eser element içeriği $3,12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ve bu ortalama TPM içeriğinde ($188,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 0,02'lik bir oranı temsil etmektedir. TPM içindeki 0,02'lik bir toplam değere sahip olan bu çalışmadaki eser elementlerin ortalamaları yüzdesel olarak Fe (%77), Mn (%9), Pb (%6), Cu (%4), Cr (%2) Ni (%3), Cd (%1) olduğu görülmüştür (Şekil 6.24.).

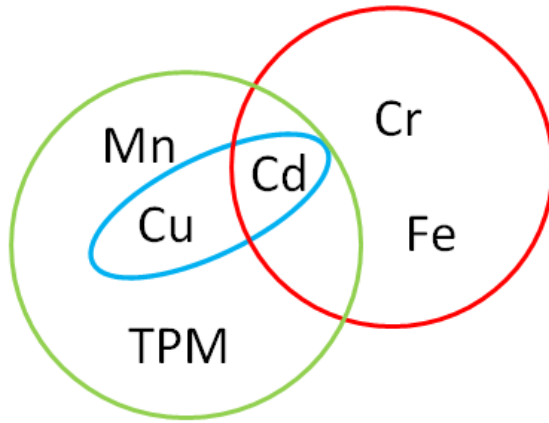
Çizelge 6. 7. Korelasyon Sonuçları.

	SCK LK	NEM	YĞŞ	R.HZ	R.YN	BANÇ	TPM	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Mn	Fe
TPM	,224 (*)	-,302 (**)	-,281 (**)	,043	-,062	,170	1							
Pb	,318 (**)	-,256 (*)	-,134	-,348 (**)	-,008	,009	,080	1						
Cd	,468 (**)	-,350 (**)	-,104	-,264 (**)	,046	-,028	,259 (*)	,327 (**)	1					
Cu	,415 (**)	-,313 (**)	-,079	-,230 (*)	-,021	,107	,336 (**)	,326 (**)	,671 (**)	1				
Cr	,680 (**)	-,382 (**)	-,259 (*)	,047	-,094	,103	,129	,047	,378 (**)	,234 (*)	1			
Ni	,086	-,093	-,101	-,027	-,044	,044	,157	,283 (**)	,202 (*)	,280 (**)	,242 (*)	1		
Mn	,438 (**)	-,429 (**)	-,106	-,104	-,101	,173	,500 (**)	,364 (**)	,602 (**)	,633 (**)	,296 (**)	,294 (**)	1	
Fe	,703 (**)	-,495 (**)	-,243 (*)	,032	-,109	,158	,287 (**)	,151	,526 (**)	,409 (**)	,868 (**)	,193	,497 (**)	1

**Korelasyon 0,01 seviyesinde, * Korelasyon 0,05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı

Tüm ölçümler değerlendirilerek 7 ağır metal türünün birbirleri, TPM ve meteorolojik şartlarla olan ilgileşimi Çizelge 6.7.'de görülmektedir.

Çizelge 6.7.'ten görülebileceği üzere sıcaklık ile sadece Cr ve Fe arasında yüksek seviyede bir korelasyon vardır. Nem, yağış, rüzgar hızı ve basınç ile hiçbir metal arasında yüksek seviyede bir korelasyon mevcut değildir. Cd ile Cu ve Mn, Cu, Cd, TPM arasında yüksek seviyede bir korelasyon olduğundan aynı kaynaklardan etkilendiği söylenebilir. Ayrıca Cr, Fe, Cd arasında yüksek seviyede bir korelasyon görülmektedir. Her üç metal kaynağı topluluğunun ortak elemanı Cd'dur. Sonuç olarak genel bir ifade ile Cd, Cu, Cr, Mn ve Fe aynı kaynaklı olabileceği düşünülebilir. Dolayısıyla bu beş metal kaynağının birbirinden etkileşiminin olabileceği düşünülebilir (Şekil 6.25.).



Şekil 6. 25. Eser elementlerin ilgileşimi.

6.2.2.2. BMP Noktası Ağır Metal Konsantrasyonları

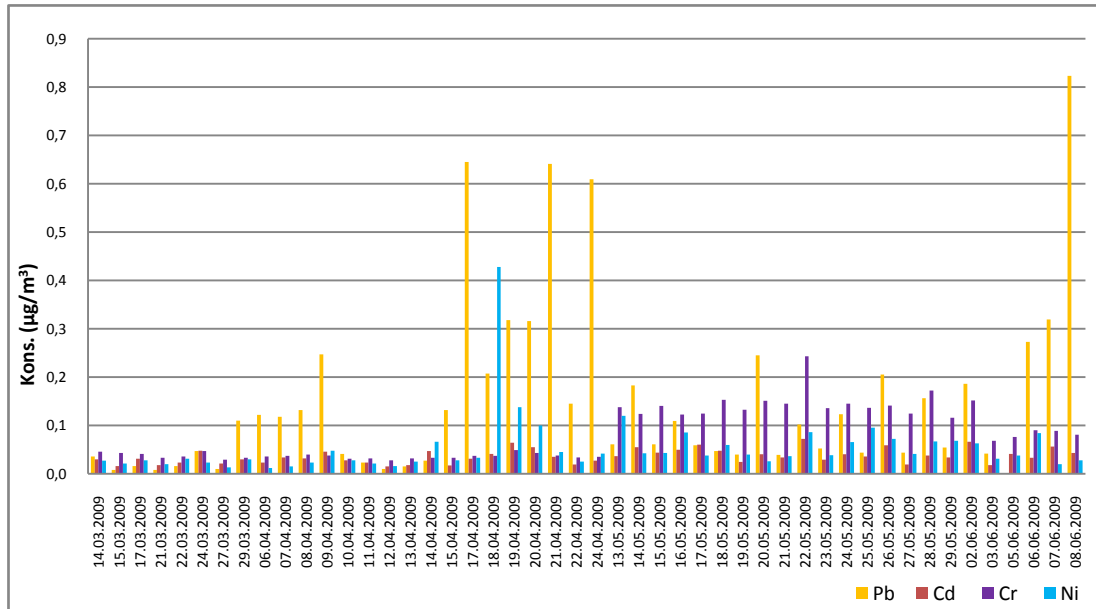
BMP noktası için mart, nisan, mayıs ve haziran aylarının belli günlerinde yaklaşık 24 saatlik periyotlarda gerçekleştirilen ölçümler yapılmıştır. Mayıs ve haziran aylarında gece-gündüz farkını da gösterecek şekilde yaklaşık 12 saatlik periyotlarda toplanmıştır. Bu dört aylık süre içinde her bir metal için 74 olmak üzere toplam 518 adet ağır metal ölçümü yapılmıştır (Çizelge 5.2.). Bunlardan hafta içi toplam 50 adet hafta sonu içinde toplam 24 adet örnekleme yapılmıştır.

Şekil 6.26. ve Şekil 6.27.'de çalışmanın tümünü kapsayan ağır metal konsantrasyonlarının ölçüm sonuçları 24 saatlik periyoda tekabül edecek şekilde

gösterilmiştir. Ölçümlerin yapıldığı dönemde en küçük ve en büyük değerler aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 6.8.).

Çizelge 6. 8. BMP Noktası İçin En Küçük ve En Büyük Değerler.

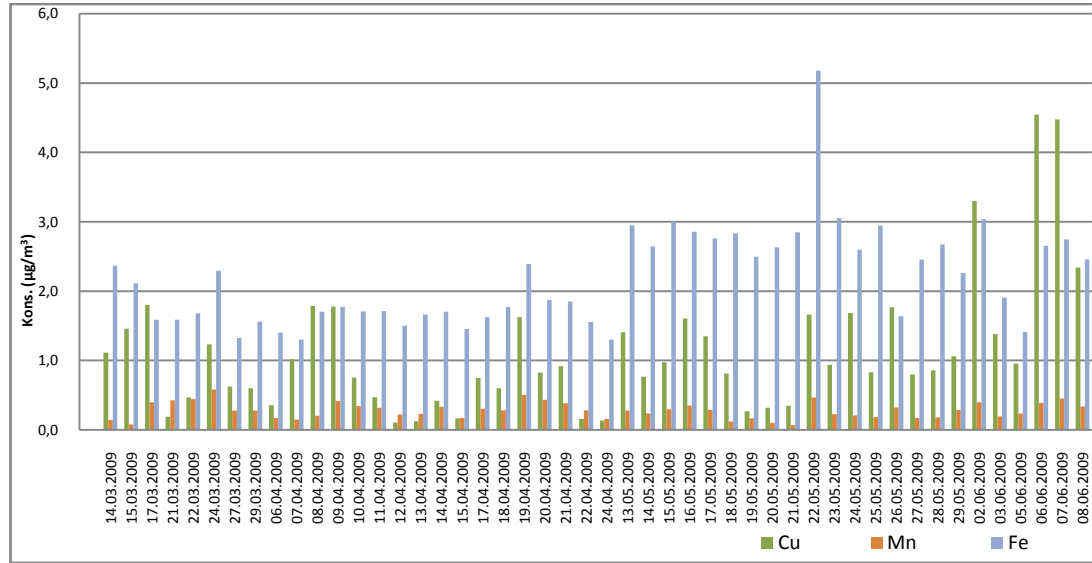
	En Küçük Değer Kons.($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	En Büyük Değer Kons.($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Pb	0,01	1,33
Cd	0,02	0,07
Cr	0,03	0,24
Ni	0,01	0,43
Cu	0,11	4,55
Mn	0,07	0,58
Fe	1,30	5,18



Şekil 6. 26. BMP noktasına ait günlük Pb, Cd, Cr, Ni ağır metal konsantrasyonları (05.06.2009 Pb değeri (1,33) ortalamanın çok üzerinde olduğundan değerlendirmeye alınmamıştır).

Çalışma boyunca yapılan gece-gündüz ve haftasonu-haftaiçi ölçüm ortalama değerleri Şekil 6.28.-6.29. ve Şekil 6.30.-6.31.'de gösterilmiştir. Genel olarak ağır metallerin gündüz konsantrasyonlarının gece konsantrasyonlardan Cu ve Ni haricinde daha yüksek olduğu görülmektedir. Hafta sonu ve hafta içi değerlendirmesinde ise Pb, Cd ve Cr için hafta içi değer büyük iken Cu, Ni, Mn ve Fe için hafta sonu değer daha büyüktür (Çizelge 6.9.). Eşleştirilmiş t testi uygulanarak her iki durum için gece-gündüz, hafta sonu-hafta içi ortalamalar karşılaştırılmıştır. Hafta sonu-hafta içi değerlerinde tüm türler için anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,10$). Gece gündüz karşılaştırmasında ise sadece Cu için anlamlı

bir fark bulunmuştur ($p<0,01$). Gece Cu ölçüm sonuçları gündüz Cu konsantrasyonlarının yaklaşık 4 katı kadar yüksek bir değerde olduğu görülmüştür.

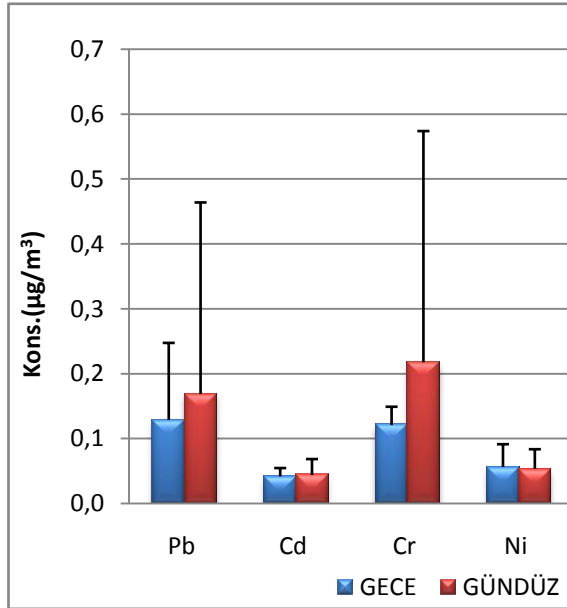


Şekil 6. 27. BMP noktasına ait günlük Cu, Mn, Fe ağır metal konsantrasyonları.

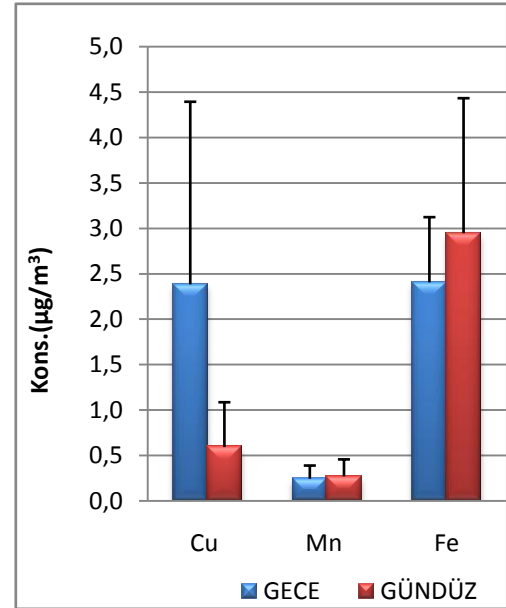
Çizelge 6. 9. BMP Noktası İçin Ortalama Değerler.

	Pb* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
GECE (n=25)	0,13	0,04	2,38	0,12	0,06	0,24	2,41
GÜNDÜZ (n=23)	0,17	0,04	0,59	0,22	0,05	0,27	2,95
H.SONU (n=24)	0,11	0,04	1,62	0,09	0,06	0,30	2,24
H.İÇİ (n=50)	0,17	0,04	1,10	0,14	0,05	0,27	2,16

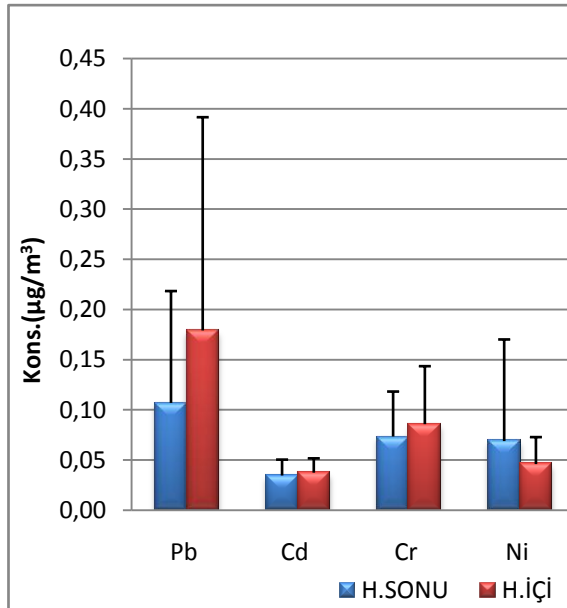
*Pb için $n_{\text{gece}}=24$; $n_{\text{gündüz}}=23$; $n_{\text{haftasonu}}=48$



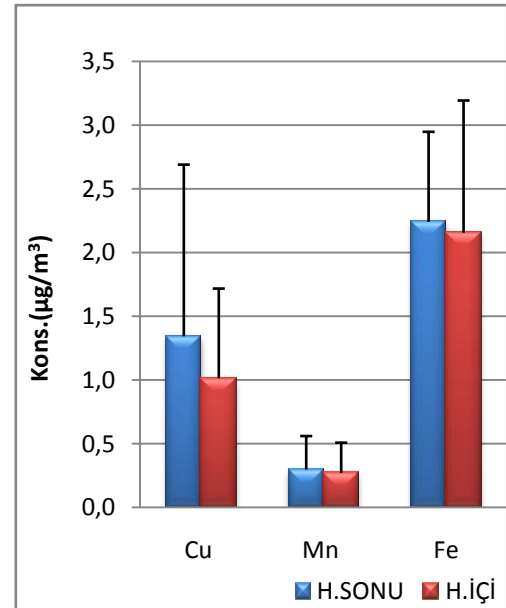
Şekil 6. 28. Gece-gündüz ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları, [ngece=25; ngündüz=24 (Pb için ngece=24; ngündüz=23)].



Şekil 6. 29. Gece-gündüz ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları.

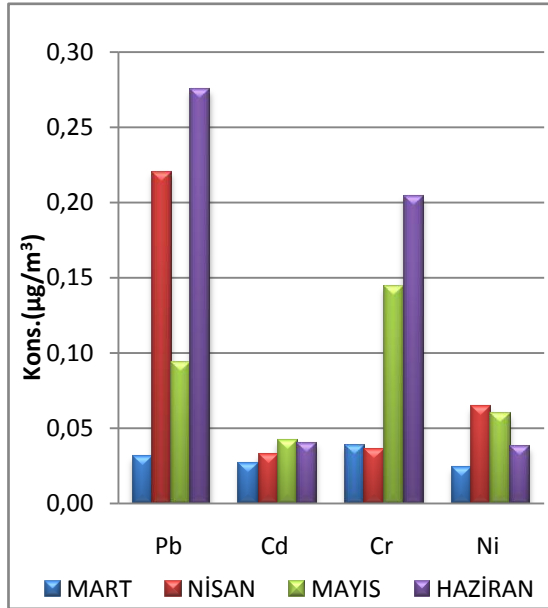


Şekil 6. 30. Hafta sonu-hafta içi ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları, [nhaftasonu=24; nhaftaiçi=50, (Pb için nhaftasonu=48)].

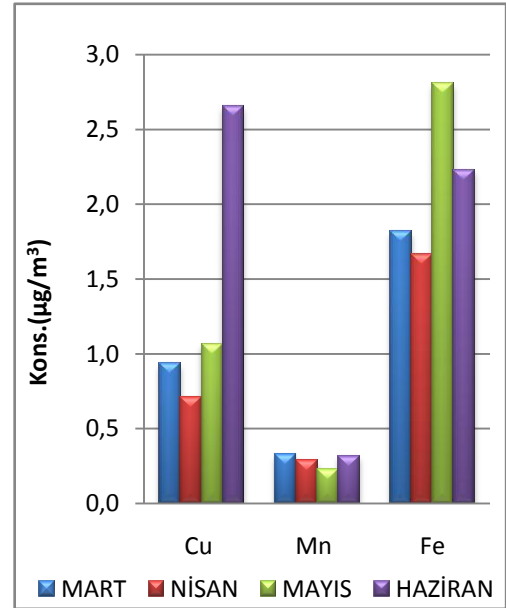


Şekil 6. 31. Hafta sonu-hafta içi ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları.

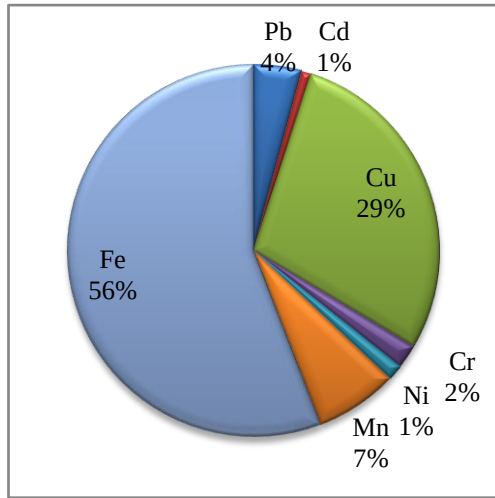
Aylara göre ağır metal ölçümlerinin ortalamaları Şekil 6.32. ve Şekil 6.33.'te gösterilmiştir. Mart ayı için 8 adet, nisan ayı için 17 adet, mayıs ayı için 35 adet, haziran ayı için de 13 4adet numunenin 24 saatlik periyoda tekabül edecek şekilde ortalamaları hesaplanmıştır.



Şekil 6. 32. BMP noktasına ait aylık ortalama Pb, Cd, Cr, Ni konsantrasyonları, [$n_{\text{mart}}=8$, $n_{\text{nisan}}=17$, $n_{\text{mayıs}}=35$, $n_{\text{haziran}}=14$ (Pb için , $n_{\text{haziran}}=12$)].



Şekil 6. 33. BMP noktasına ait aylık ortalama Cu, Mn, Fe konsantrasyonları.



Şekil 6. 34. TPM’de belirlenen eser element içeriği.

BMP noktası için ortalama değerler Pb için $0,16 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cd için $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cu için $1,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cr için $0,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Ni için $0,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Mn için $0,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Fe için $2,21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür. BMP noktasındaki toplam eser element içeri $3,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’tür ve bu ortalama TPM içeriğinde ($188,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 0,02’lik bir oranı temsil etmektedir. TPM içindeki 0,02’lik bir toplam değere sahip olan bu çalışmadaki eser elementlerin ortalamaları yüzdesel olarak Fe (%56), Cu (%29), Mn (%7), Pb (%4), Cr (%2), Ni ve Cd (%1) olduğu görülmüştür (Şekil 6.34.).

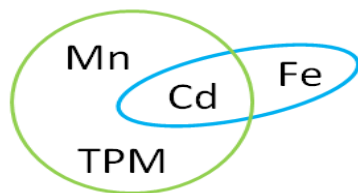
Tüm ölçümler dikkate alınarak 7 ağır metal türünün birbirleri, TPM ve meteorolojik şartlarla olan ilgileşimi Çizelge 6.10.'da görülebilir.

Çizelge 6.10.'dan görülebileceği üzere sıcaklık, nem, yağış, rüzgar hızı ve basınç ile hiçbir metal arasında yüksek seviyede bir korelasyon mevcut değildir. TPM ile Mn arasında yüksek seviyede bir korelasyon olduğundan aynı kaynaklardan etkilendiği söylenebilir. Yine aynı şekilde Cd ile Mn ve Fe arasında yüksek seviyede bir korelasyon olması aynı kaynaktan etkilendiğine işaret edebilir. Sonuç olarak genel bir ifade ile TPM ve Mn aynı kaynaklı olabileceği gibi Cd, Mn ve Fe kaynaklarının da aynı olabileceği düşünülebilir. Bu durumda TPM ve Mn aynı kaynaklı metal kümesi ile Cd, Mn ve Fe aynı kaynaklı metal kümesinin ortak elemanı Mn olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu dört parametre kaynağının birbirinden etkileşiminin olabileceği düşünülebilir (Şekil 6.35.-6.36). Ayrıca sıcaklık ile Cd ve Fe, TPM ile Cd ve Cu, Mn ile Fe ve son olarak Cu ile Mn arasında da orta kuvvette korelasyon olduğu görülmektedir.

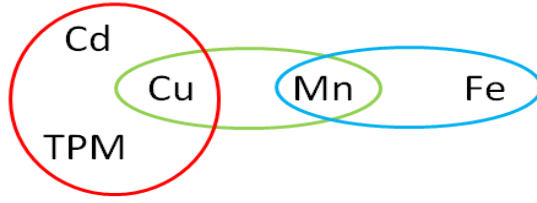
Çizelge 6. 10. Korelasyon Sonuçları.

	SCK LK	NEM	YAĞ Ş	R.HZ	R.Y N	BSN Ç	TPM	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Mn	Fe
TPM	,017	-,279 (*)	-,115	-,185	,068	,061	1							
Pb	,193	-,155	-,091	-,213	,032	-,261 (*)	,204	1						
Cd	,421 (**)	-,214	-,223	-,188	,088	,070	,396 (**)	,198	1					
Cu	,063	,037	-,149	-,467 (**)	,164	,095	,371 (**)	,118	,252 (*)	1				
Cr	,202	,047	,193	-,060	,160	,044	-,178	-,077	,055	-,033	1			
Ni	,117	-,212	-,173	-,060	,019	,030	,223	,060	,285 (*)	,092	-,011	1		
Mn	,126	-,229 (*)	-,116	-,273 (*)	,173	,104	,675 (**)	,205	,642 (**)	,425 (**)	,001	,218	1	
Fe	,454 (**)	-,185	-,264 (*)	,093	-,048	,132	,087	-,016	,650 (**)	,176	,147	,197	,486 (**)	1

**Korelasyon 0.01 seviyesinde, * Korelasyon 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı



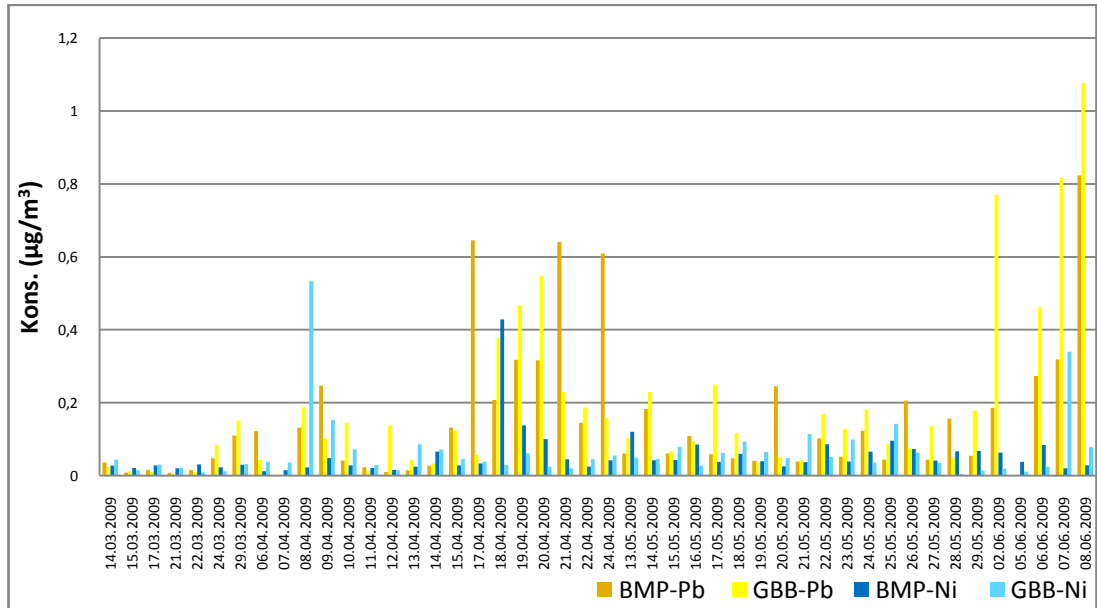
Şekil 6. 35. Eser elementlerin yüksek kuvvette ilgileşimi.



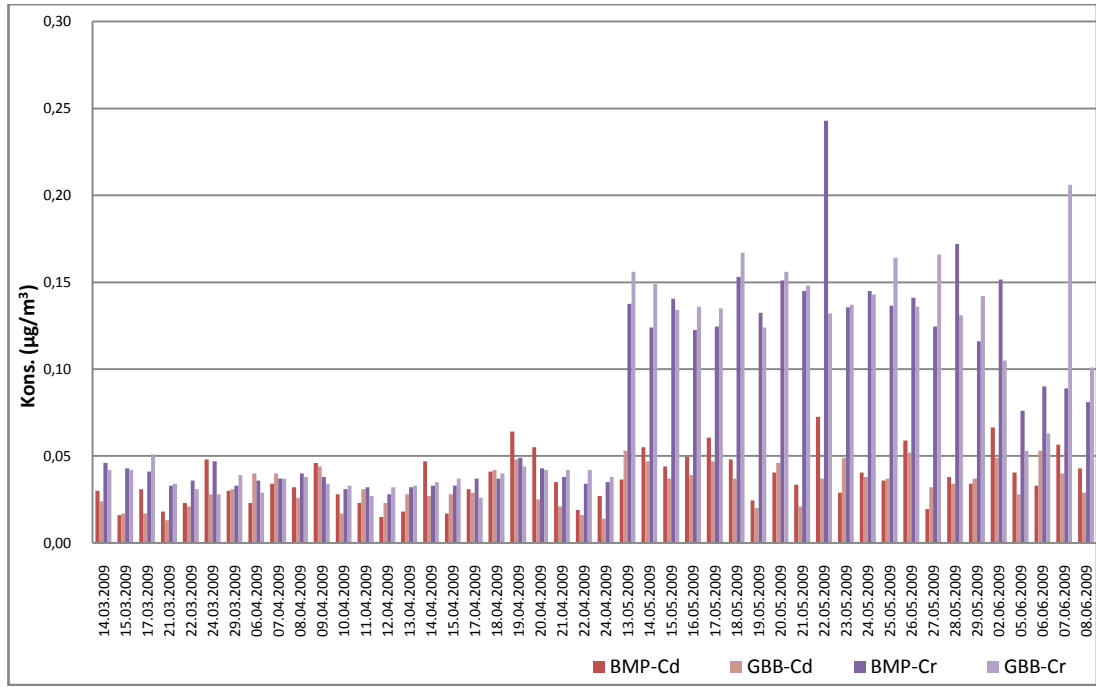
Şekil 6. 36. Eser elementlerin orta kuvvette ilgileşimi.

6.2.2.3. GBB ve BMP Noktalarının Karşılaştırılması

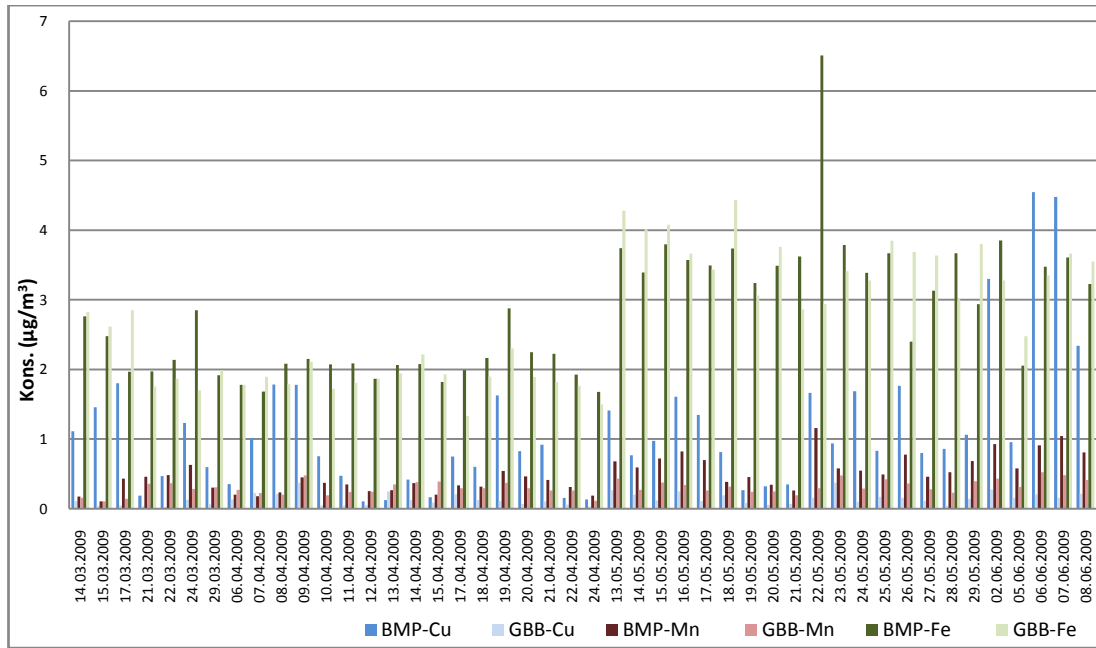
Her iki nokta için yapılan ağır metal ölçümlerinde eş zamanlı olarak değerlerendirilebilecek toplam 72 numune vardır. Bunlardan 48 adeti 12 satlik periyotlardaki gece gündüz ölçümlerine gerikalan 24 adeti ise günlük değerlendirme yapılacak olan 24 saatlik periyotlara tekabül etmektedir. Bunlardan hafta içi toplam 48 adet örnekleme yapılmıştır. Yine aynı şekilde hafta sonu toplam 24 adet örnekleme yapılmıştır.



Şekil 6. 37. GBB ve BMP noktalarındaki Pb ve Ni konsantrasyonlarının karşılaştırılması.



Şekil 6. 38. GBB ve BMP noktalarındaki Cd ve Cr konsantrasyonlarının karşılaştırılması.

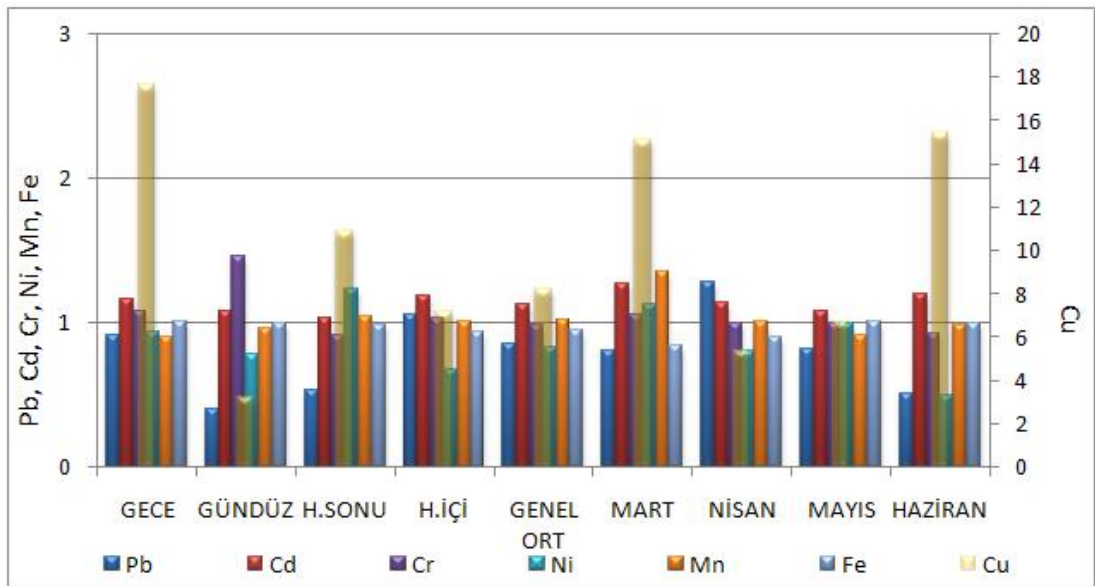


Şekil 6. 39. GBB ve BMP noktalarındaki Cu, Mn ve Fe konsantrasyonlarının karşılaştırılması.

BMP noktası özellikle Cu başta olmak üzere Cd ve Mn konsantrasyonları GBB noktasından büyük değerlere sahiptir. Ancak diğer parametreler için GBB noktasının değerleri BMP noktasının değerlerinden yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 6.37.-6.39.). Şekil 6.40.'ta her iki noktaya ait tüm konsantrasyon değerlerinin BMP/GBB oranları görülmektedir. Buradan da anlaşılabileceği üzere BMP Cu konsantrasyon değeri

GBB Cu değerinin yaklaşık 8 kat fazlasıdır. BMP noktasında Cd ve Cu değerleri GBB noktası değerlerinden yüksektir. GBB noktasında Pb, Ni ve Fe değerleri BMP noktası değerlerinden yüksek durumdadır. Geri kalan Cr ve Mn değeri ise her iki nokta içinde eşit sayılabilecek durumdadır.

Eş zamanlı ölçümlerin karşılaştırıldığı Çizelge 6.11.'da korelasyon katsayıları incelenmiştir. Yapılan bu korelasyon incelemesinde Mn ve Fe için her iki istasyondaki ölçümler arasında yüksek seviyede bir korelasyon (0,519 ve 0,542) olduğundan aynı kaynaklardan etkilendiği söylenebilir.



Şekil 6. 40. BMP ve GBB noktalarına ait ağır metal konsantrasyonlarının (BMP/GBB) oranı.

Ayrıca rüzgar yönlerine göre konsantrasyonuna bakıldığında özellikle batıdan esen rüzgarlarla birlikte GBB noktasındaki yedi elementin dördünde (Pb, Cd, Ni, ve Mn) yönlere göre ortalama konsantrasyonunun en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. batı yönlü rüzgar konsantrasyon ortalamaları diğer yönlere göre Pb, Ni ve Mn için sırasıyla 1,33; 136 ve 1,87 kat daha fazladır. Cu, Cr ve Fe için en yüksek konsantrasyonun olduğu yön sırasıyla güney, kuzeybatı ve kuzeybatı olup konsantrasyonlar diğer yönlere göre ciddi bir farklılık göstermemektedir (Çizelge 6.12.).

Çizelge 6. 11. Korelasyon Katsayıları.

	G.Pb	G.Cd	G.Cu	G.Cr	G.Ni	G.Mn	G.Fe
B.Pb	,271 (*)	,006	,174	-,133	,003	,091	-,082
B.Cd	,138	,398 (**)	,306 (**)	,273 (*)	,079	,220	,301 (*)
B.Cu	,199	,290 (*)	,194	,085	,360 (**)	,436 (**)	,143
B.Cr	,710 (**)	,286 (*)	,089	,155	-,057	,144	,216
B.Ni	-,017	,296 (*)	,156	,025	-,085	,209	,061
B.Mn	,154	,272 (*)	,284 (*)	,010	,162	,519 (**)	,121
B.Fe	-,039	,351 (**)	,297 (*)	,590 (**)	,107	,263(*)	,542 (**)

**Korelasyon 0.01 seviyesinde, * Korelasyon 0.05 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı

Çizelge 6. 12. GBB Noktası Rüzgar Yönü Konsantrasyonları.

GBB	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Mn	Fe
K	0,165	0,03	0,088	0,09	0,039	0,259	2,53
KB	0,171	0,034	0,122	0,112	0,060	0,319	3,108
B	0,431	0,042	0,175	0,094	0,098	0,426	3,057
GB	0,230	0,037	0,189	0,073	0,072	0,303	2,742
G	0,222	0,037	0,196	0,075	0,030	0,318	2,742
D	0,179	0,036	0,016	0,032	0,019	0,074	1,203
KD	0,088	0,023	0,074	0,086	0,051	0,242	2,606

BMP noktası için rüzgar yönlerine göre konsantrasyonuna bakıldığında özellikle batıdan esen rüzgarlarla birlikte yedi elementin beşinde (Pb, Cd, Cu, Ni ve Mn) ortalama konsantrasyonunun en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Bunun yanında güneyde Cr ve güneybatıda Fe konsantrasyonlarının en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Cr güney yönlü konsantrasyonu diğer yönler göre 2,23 kat daha fazladır. Bunun bölgesel kirleticilerden kaynaklandığı düşünülebilir. Batı yönlü rüzgar konsantrasyon ortalamaları diğer yönler göre Pb, Cu, Ni ve Mn için sırasıyla 1,71; 2,15; 189 ve 1,31 kat fazladır (Çizelge 6.13.).

Çizelge 6. 13. BMP Noktası Rüzgar Yönü Konsantrasyonları.

BMP	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Mn	Fe
K	0,103	0,035	0,990	0,104	0,052	0,214	2,340
KB	0,135	0,039	1,036	0,098	0,044	0,272	2,067
B	0,262	0,048	2,568	0,103	0,098	0,398	2,810
GB	0,100	0,046	1,193	0,092	0,048	0,305	2,941
G	0,153	0,030	1,154	0,241	0,036	0,219	1,930
KD	0,146	0,032	0,606	0,108	0,038	0,207	2,345

Çizelge 6. 14. Ağır Metallerin Konsantrasyonlarının Diğer Çalışmalar ile Karşılaştırılması.

Parametre (ng/m ³)	1. Kırsal	2. Endüstriyel	3. Kentsel	4. Kırsal	5. Endüstriyel	6. Kentsel	7. Kentsel	8. Kentsel- Endüstriyel
Cu	3	5	72	65	6	150	135	1271
Cd	-	-	-	14	1,3		33	38
Ni	5	4	7	20	3,4	40	57	53
Pb	10	164	144	64	171	220	214	151
Cr	<1	3	6		6,4	70	88	122
Mn	5	7	24		7,3	60	255	270
Fe					700	3200	2163	2327

1. Monagrega (n=112) [Rodrigueza, 2003]
2. Onda (n=48) [Rodrigueza, 2003]
3. L'Hospitalet (n=115) [Rodrigueza, 2003]
4. Gebze Muallimköy (n=21) [Özkan, 2008]
5. Castello (n=328) [Okuda, 2004]
6. Mexico City [Viana, 2007]
7. Bu çalışma Gebze Merkez (n=94)
8. Bu çalışma Gebze Beylik Bağı Mahallesi (n=74)

Yapılan bu çalışma ile diğer çalışmaları karşılaştırmak üzere oluşturulan Çizelge 6.14.'te 1 ve 4 numara ile gösterilen çalışmalar kırsal, 3 ve 6 kentsel, 2 ve 5 endüstriyel, 7 kentsel, 8 kentsel-endüstriyel alanda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın değerlendirildiği 7 ve 8 numaralı bölüm aynı zamanda yoğun trafik ağırlıklı yerleşim merkezini temsil etmektedir.

Kırsal alanda yapılan çalışmalarda genel olarak değerlerin düşük olduğu görülmekle birlikte kentsel alanlarda özellikle Pb değerinin yüksekliği belirgin biçimde görülmektedir. Bunun yanında endüstriyel alanlarda ise değerler çok farklılık gösterebilmektedir. Bu çalışma temsil ettiği alanın özellikleri 3 ve 6 numaralı çalışmalarla aynı niteliktedir. 6 numaralı kısımda Pb, Fe ve Cu değerleri en yüksek, Cr ve Ni değerleri bu çalışmadaki değerlere yakındır, Mn ise bu çalışmada en yüksek değerdedir. 8 numaralı kısım özellikle sanayi ve trafik yoğun bir bölge olması nedeniyle Cu değeri çok yüksektir. Bunun yanında 2, 5 ve 6 numaralı çalışmalara göre Mn, Cr ve Ni değerleri de yüksektir. Bunun yanında 6 numaralı çalışmaya göre Pb ve Fe değerleri nispeten düşüktür.

Özellikle Cu konsantrasyonu BMP için çok yüksek bir değere sahip olması çevredeki bakır veya bakırlı mamül üretimi yapan sanayi kuruluşlarından olduğu düşünülebilir. En yüksek değerler genelde batı ve güney rüzgarlarının hakim olduğu durumlarda gözlemlenmesinden dolayı bakır üretimi yapan sanayi kuruluşlarının coğrafi konum itibari ile bu duruma neden olabileceğini söylemek mümkündür. Ayrıca gece gündüz arasında sadece bu tür için gözlemlenen büyük fark kaynağına bağlı değişimi işaret etmektedir (gece $2,38 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gündüz $0,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Yüksek bakır konsantrasyon literatürde başka bir çalışmada da belirlenmiştir. Suriye'nin iki şehrinde (Tartous ve Darya $4,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $2,50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) yapılan bakır ölçümü sonuçlarıyla kıyaslandığında bu çalışmadaki değerlerle birbirine yakın olduğu görülmektedir [Al-Masri M.S. et al, 2005].

6.3. Kaynakların İstatistiksel Yöntemlerle Ayrımı

Her iki izleme noktasına ait veriler Ana Bileşen Analizine (PCA) tabi tutularak ölçülen eser element ve TPM miktarlarının kaynak bazında tasnifinin olasılığı araştırılmıştır. Tüm PCA analizleri SPSS programının Bileşen Analizi metodundaki Varimax rotasyonu kullanılarak yapılmıştır. Faktör sayısı için eigen değerleri 1'den büyük olma şartı seçilmiştir.

6.3.1. GBB Noktası

İlk aşamada her iki noktadaki tüm veriler dikkate alınarak PCA analizi yapılmıştır. GBB noktasına ait PCA sonuçları Çizelge 6.15.'te görülebilir. PCA'ya göre GBB bölgesinde yapılan toplam 96 analiz bazında verideki toplam değişim iki faktör ile tanımlanmıştır. Bu iki faktör toplam değişkenliğin %62'lik kısmını açıklamaktadır. Birinci faktörün yakaladığı %34'lük değişim Cd (0,69), Cu (0,78), Mn (0,78), TPM (0,67) türlerinden teşekkül etmiştir. Bu nedenle benzin ve dizel yakıtlı araçlar, endüstri ve toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin varlığından söz edilebilir [Ragosta M. et al, 2008]. İkinci faktör olan %28'lik kısımda Cr (0,96), Fe (0,93) yüklerinin yüksek olduğu görüldüğünden bu faktör daha çok yer kabuğu ve endüstri kaynaklı kirleticilerin varlığını göstermektedir.

Çizelge 6. 15. GBB Noktası PCA Sonuçları.

	Genel		Gündüz			Gece		
Toplam değişkenlik (%)	61,839		71,698			82,704		
Faktör	1	2	1	2	3	1	2	3
Faktör değişimi (%)	34,168	27,671	29,957	24,926	16,815	39,631	21,573	21,499
PB	,598		,469	-,263	-,680	,128	,943	
CD	,686	,450	,703	-,186	,105	,853	,263	,052
CU	,784	,280	,840	,127	,089	,785	,312	-,246
CR		,960	-,250	,839	,256			,969
NI	,421	,184	,083	,742	-,193	,195	,663	,667
MN	,780	,324	,851	,172	-,090	,755	,442	
FE	,234	,930	,202	,769	,263	,762		,495
TPM	,671	-,073	,378		,827	,789	-,185	,163

Bu noktada gece gündüz arasında görülen farkların kaynak farklılıklarından gelme ihtimali düşünülerek veri gece ve gündüz olarak ayrıldıktan sonra yeniden PCA analizine tabi tutulduğunda gündüz verilerindeki değişimin %72'lik kısmının üç faktör tarafından açıklandığı görülmüştür. Birinci faktörün yakaladığı %30'luk değişim Cd (0,70), Cu (0,84), Mn (0,85) oranlarından meydana gelmiştir. Bu

oranlardaki içerikten de anlaşılacağı üzere bu kısımda benzin ve dizel yakıtlı araçlar, endüstri ve toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin varlığından söz edilebilir. İkinci faktör olan %25'lik kısımda Cr (0,84), Ni (0,74), Fe (0,77) ana parametrelerden oluşmuştur. Bu oranlar endüstri ve toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin etkisini gösterebilir. Üçüncü faktörün yakaladığı %17'lik değişim TPM (0,83) oranına sahiptir. Bu oran toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin etkisini gösterebilir.

Aynı nokta için gece yapılan değerlendirmedeki veri değişimin %83'lük kısmının üç faktör tarafından açıklandığı görülmüştür. Birinci faktörün yakaladığı %40'lık değişim Cd (0,85), Cu (0,79), Mn (0,76), Fe (0,76), TPM (0,80) oranlarından meydana gelmiştir. Bu oranlardaki içerikten de anlaşılacağı üzere bu kısımda benzin ve dizel yakıtlı araçlar, endüstri ve toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin varlığından söz edilebilir. İkinci faktör olan %22'lik kısımda Pb (0,94), Ni (0,66) ana parametrelerden oluşmuştur. Bu oranlar benzin ve dizel yakıtlı araçlar ve endüstri kaynaklı kirleticilerin etkisini gösterebilir. Üçüncü faktörün yakaladığı %22'lik değişim Cr (0,97), Ni (0,67) oranına sahiptir. Bu oran endüstri kaynaklı kirleticilerin etkisini gösterebilir.

Genel değerlendirmede iki faktör etkisi görülmektedir. Bunlardan birincisinde Cu ve Cr kaynaklı bir kirletici sanayi etkisini gösterirken diğer taraftan Mn ve Fe kaynaklı kirleticilerde toz, duman etkisini yansıtmaktadır.

Gece gündüz karşılaştırmasında üç faktör görülmektedir. Gündüz tüm faktörler göz önünde bulundurulduğunda Pb haricinde bütün parametrelerin etkin olduğu karma bir kirletici kaynağı yapıdan söz etmek mümkündür. Ancak gece tüm faktörler göz önünde bulundurulduğunda bütün parametrelerin etkin olduğu karma bir kirletici kaynağı yapıdan söz etmek mümkündür.

6.3.2. BMP Noktası

BMP noktasına ait PCA sonuçları Çizelge 6.16.'te görülebilir. PCA'ya göre BMP bölgesinde yapılan toplam 74 analiz bazında verideki toplam değişimi iki

faktör ile tanımlanmıştır. Bu iki faktör toplam değişkenliğin %53'lük kısmını açıklamaktadır.

Birinci faktörün yakaladığı %32'lik değişim Cd (0,86), Mn (0,76) ve Fe (0,84) bileşenlerinden teşekkül etmiştir. Bu nedenle benzin ve dizel yakıtlı araçlar ve toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin varlığından söz edilebilir. İkinci faktör olan %21'lik kısımda TPM (0,75) ana parametrelerden oluşmuştur. Bu oran toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin varlığını gösterebilir.

Çizelge 6. 16. BMP Noktası PCA Sonuçları.

	Genel		Gündüz		Gece		
Toplam değişkenlik (%)	53,063		77,063		76,175		
Faktör değişimi (%)	31,863	21,200	61,846	15,218	42,838	18,255	15,083
PB	,074	,493		,918	,629	,249	,509
CD	,862	,148	,898	,162	,210	,760	,232
CU	,359	,472	,725	,230	,908	,153	,110
CR	,299	-,599	,806	-,385	-,654	,528	,347
NI	,396	,124	,724	-,318			,752
MN	,758	,465	,974	,098	,926	,220	,118
FE	,836	-,235	,902	-,191	,128	,684	-,408
TPM	,390	,750	,823		,928	,055	-,124

Bu noktada gece gündüz arasında görülen farkların kaynak farklılıklarından gelme ihtimali düşünülerek veri gece ve gündüz olarak ayrıldıktan sonra yeniden PCA analizine tabi tutulduğunda gündüz verilerindeki değişimin %77'lik kısmının iki faktör tarafından açıklandığı görülmüştür. Birinci faktörün yakaladığı %62'lik değişim Cd (0,90), Cu (0,73), Cr (0,81), Ni (0,72), Mn (0,97), Fe (0,90), TPM (0,82) oranlarından meydana gelmiştir. İkinci faktör olan %15'lik kısımda Pb (0,92) ana parametrelerden oluşmuştur. Bu oranlar benzin ve dizel yakıtlı araçlar kaynaklı kirleticilerin etkisini gösterebilir.

Aynı nokta için gece yapılan değerlendirmedeki veri değişimin %76'lık kısmının üç faktör tarafından açıklandığı görülmüştür. Birinci faktörün yakaladığı %43'lık değişim Pb (0,63), Cu (0,91), Mn (0,93), TPM (0,93) oranlarından meydana gelmiştir. İkinci faktör olan %18'lik kısımda Cd (0,76), Fe (0,68) ana parametrelerden oluşmuştur. Bu oranlar benzin ve dizel yakıtlı araçlar ve toz, duman ve yer kabuğu kökenli malzeme kaynaklı kirleticilerin etkisini gösterebilir. Üçüncü faktörün yakaladığı %15'lik değişim Ni (0,75) oranına sahiptir. Bu oran endüstri kaynaklı kirleticilerin etkisini gösterebilir.

Genel değerlendirmede iki faktör etkisi görülmektedir. Bunlardan birincisinde Cd, Mn ve Fe kaynaklı kirleticilerde benzin ve dizel yakıtlı araçlar ve toz, duman etkisini yansıtmaktadır. İkinci faktörde ise TPM kaynaklı kirletici toz duman etkisini göstermektedir.

Gece gündüz karşılaştırılmasında, gündüz iki faktörden söz edilirken gece üç faktör gözlenmiştir. Gündüz tüm faktörler göz önünde bulundurulduğunda bütün parametrelerin etkin olduğu karma bir kirletici kaynağı yapısından söz etmek mümkündür. Ancak gece ise Cd, Cu, Ni, Mn ve TPM kaynaklı kirleticiler görülmüştür. Sonuç olarak Pb, Cr, ve Fe kirletici kaynakları geceye ilave olarak gündüz etkisi göstermekte olup genel ortalama Cd, Mn ve Fe kaynaklı kirletici etkileri gözlemlenmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında Gebze ilçesindeki iki ayrı noktadan 2009 yılının mart, nisan, mayıs ve haziran aylarının belirli günlerinde partikül madde örnekleri toplanarak TPM konsantrasyonları ve TPM'nin seçilen ağır metal içeriği belirlenmiştir. Örneklemeler, mart ve nisan aylarındaki günler için günlük, mayıs ve haziran ayları içinse gece ve gündüz ölçüm değerlerini yansıtacak şekilde yapılmıştır.

Bu süre içinde toplam 172 adet numune değerlendirmeye alınmıştır. Bunlardan 118 adeti hafta içi, 54 adeti hafta sonudur. Ayrıca ortalama 12 saatlik periyotta 52 adet gece, 50 adet gündüz ölçüm ile birlikte 70 adeti 24 saatlik periyota aittir. Yapılan bu çalışmada belirtilen periyotlardaki hava numunelerinde TPM konsantrasyonları ve seçilen ağır metal içerikleri tespit edilerek bölgenin bu parametrelere göre hava kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda Gebze ortam havasındaki TPM, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni, Mn ve Fe ağır metal içerikleri incelenmiş olup bunun neticesinde aşağıda belirtilen hususlar tespit edilmiştir.

1. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre her iki noktada zaman zaman çok yüksek TPM kirliliği olduğu gözlemlenmiştir. GBB noktası için TPM konsantrasyonları $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$, BMP için de $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ üzerine çıktığı görülmüştür. TPM konsantrasyonları açısından mayıs ayı dışında her iki ölçüm noktaları arasında ortalama TPM konsantrasyonları açısından bir fark tespit edilememiştir. Ancak bu noktalar arasında mart, nisan ve haziran aylarında kuvvetli bir korelasyon (0,719; 0,642; 0,733) olduğu görülürken mayıs ayında (0,268) bu kuvvetli korelasyon görülmemektedir. Ayrıca BMP/GBB oranı sırasıyla 1,33; 1,11; 0,83 ve 1,18'dir. Noktaların TPM açısından bazı zamanlar farklı kirletici kaynaklardan etkilendiği söylenebilir. Genel ortalamaları değerlendirildiğinde çok belirgin bir şekilde Cu konsantrasyonlarının BMP noktasında yaklaşık 8 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir. BMP noktası için Cu kirliliğine neden olan noktasal bir kaynağın varlığından sözedilebilir. Diğer eser elementler (Pb, Cd, Cr, Ni, Mn ve Fe) için BMP/GBB oranı sırasıyla 0,86; 1,12; 0,99; 0,83; 1,02; 0,95 olup arada anlamlı bir fark görülmemiştir.

2. Bakırın toksik etkileri Cd ve Ni gibi ciddi olmamakla beraber yüksek miktarlardaki Cu içeriğinin bölgedeki alıcı su ortamlarına ve toprağa çökerek bu ortamlarda ekolojik dengeye ve kirlenmeye neden olacağı öngörülebilir.
3. GBB noktası için yapılan bu çalışmaya ait gece-gündüz ortalamaları değerlendirildiğinde sadece Cr ve Fe için anlamlı bir fark bulunmuştur. Hafta sonu-hafta içi oranlarında ise ölçülen hiçbir element açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.
4. BMP noktası için yapılan bu çalışmaya ait gece-gündüz ortalamaları değerlendirildiğinde çok belirgin bir şekilde $GECE_{BMP_{Cu}} > GÜNDÜZ_{BMP_{Cu}}$ olduğu görülürken diğer eser elementler gece ve gündüz konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Hafta sonu-hafta içi ortalamaları değerlendirildiğinde yine GBB noktasında olduğu gibi herhangi bir anlamlı fark bulunmamıştır.
5. Yapılan bu çalışmada PM_{10} veya $PM_{2,5}$ ölçümleri yapılamamıştır. Bunun yerine TPM değerleri belirlenmiştir. Ancak güncel yönetmelikte TPM sınır değerleri bulunmamaktadır. Bu nedenle 1986 tarihli yönetmelikte belirtilen çöken tozlar ($PM > 10\mu$) ve havada asılı partikül madde ($PM < 10\mu$) değerlerine göre UVS (aşılmaması gereken, bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerler) dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Çöken Tozlar (10 mikrondan büyük partiküller dahil) için, endüstriyel bölgeler için $400 \mu g/m^3$, genel için $350 \mu g/m^3$ 'tür. Yapılan bu çalışmada her iki sınır değerinin altında bir değere ulaşılmıştır. (GBB=188,5; BMP=188,7)
6. Kırsal, kentsel ve endüstriyel alanlarda yapılan benzer çalışmalarla bu çalışma kıyaslandığında dünyanın en büyük ve hava kirliliğinin ciddi boyutta olduğu şehirlerinden biri olan Mexico City'nin ölçüm değerleriyle benzerlik gösterdiği görülmektedir. Sonuçlar eser elementler açısından Gebze ortam havasındaki kirliliğinin ciddiyetini göstermesi açısından önemlidir.

7. İlgili yönetmelik kapsamında yapılan değerlendirmelere göre ilgili yönetmelikte Cd, Ni ve Pb sınır değerlerinden bahsedilmiştir. Bu değerler göz önünde bulundurulduğunda aşırı bir Cd ve Ni kirliliğinden söz edilebilir. Kurşun değerleri ise sınır değerleri içinde yer almaktadır. Eser elementlere ait ölçüm sonuçları bölgenin özellikle Cd açısından yoğun bir kirliliğe sahip olduğunu göstermektedir. Mevcut yönetmelikte partikül maddedeki Cd içeriğinin 2020 için konulan hedef değer 5 ng/m^3 olduğu göz önüne alındığında bölgedeki yaklaşık 20 ng/m^3 Cd konsantrasyonlarının gelecek 10 yılda yaklaşık 10 kat azaltılması gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmadan PM karakterize edilememiş olup TPM olarak hesap edilmiştir. $\text{PM}_{2,5}$ ve PM_{10} olarak yapılacak bir ölçüm ortam havasının ilgili yönetmelik sınırları ile karşılaştırılması ve sağlık açısından risk derecesinin belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

Değerlendirmeye alınan 7 eser element toplam değerlendirme üzerinden sadece % 2-3 oranında bir yere tekabül etmektedir. Bu oranın gerçeği yansıtabilmesi ve sağlık açısından öneme sahip diğer elementlerin de belirlenmesi yapılacak olan çalışmaların daha tamamlayıcı olmasına katkıda bulunacaktır.

Geneli ifade edebilecek bir çalışma bir yılın tüm dönemini kapsamı gerekmektedir. Bu açıdan değerlendirilmesi sınır değerlerin ortalamasının alınmasında ve dönemsel risklerin belirlenmesinde ciddi katkı sunacaktır.

KAYNAKLAR

Al-Masri M.S., Al-Kharfan K., Al-Shamali K., 2006, 'Speciation of Pb, Cu and Zn determined by sequential extraction for identification of air pollution sources in Syria', *Atmospheric Environment* 40, 753–761.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 'Public Health Statement for Cadmium', 2008, CAS#7439-96-5.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 'Public Health Statement for Copper', 2004, CAS# 7440-50-8.

Barna, M.G., Gimson, N.R., 2002, 'Dispersion Modelling of a Winter Time Particulate Pollution Episode in Christchurch', New Zeland, *Athmospheric Environment*, 36, 3531-3544.

Bigersson B., Sterner O., Zimerson E., 1998, 'Einevers 2nd Liche Einführung in die Toxikologie', ISBN 3-527-26455-8.

Buccolieri A., Buccolieri G., Cardellicchio N., Dell'atti A., 2004, 'Heavy Metals in PM10 Sampled in The Urban Area of Campi Salentina (Apulla, Southern Italy)'.

Can A., Eryener D., 1997, 'Sanayi ve Şehir Kaynaklı Hava Kirliliği ve Önlemleri' *Ekoloji Dergi*, Temmuz-Agustos-Eylül 1997, Sayı: 24.

Daylan, E.G.B., İncecik, S., 2002, 'İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi' *İTÜ Dergisi*, Cilt:1 sayı: 2, 51-62.

Duffus J. H., 1980, 'Environmental Toxicology', New York, Wiley.

Duffus J.H., Howard G.J., 1996, 'Fundamental Toxicology for Chemists', Cambridge, UK Royal Society of Chemistry Information Services, ISBN 0-85404-529-5.p.327

Dölgeroğlu A., 2002, 'Trafik ve Çevre Etkisi', Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri A.B.D.

Dündar C., Öz N., 2009, 'Kentsel Hava Kirliliği Riski İçin Enversiyon Tahmini 2008-2009 Kış Dönemi (Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat) Değerlendirmesi', Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Araştırma Şube Müdürlüğü, Ankara.

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

Ertürk F., Varınca K.B., Güneş G., 2008, 'Hava Kirlleticilerinin İnsan ve İklim Değişikliği Üzerine Etkileri', Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu UHAKS 2008, Konya Büyükşehir Belediyesi, 30-31 Mayıs 2008, Konya.

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

Gebze Belediyesi Emlak ve İstimlak Müdürlüğü, 'Bina Sayımı Sonuçları', 2007.

Gebze Ticaret Odası, 2008, Gebze Ekonomisi ve Sosyal Durumu, Gebze.

Germany Federal Environment Agency, www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten-t/daten/umweltkatastrophen.htm, (15.12.97).

Godish T.:1997, 'Air Quality', 3rd Ed, Lewis Publishers, New York.

Habashi F., 1997, 'Handbook of Extractive Metallurgy', Vol. 2, WILEY-VCH, Germany.

Heinsohn R.J., Kabel R.L., 1999, 'Sources and Control of Air Pollution', ISBN 0-13-6248349.

Hughes G., Lovei M., 1999, 'Economic Reform and Environmental Performance in Transition Economies', Technical Paper 446, Washington D.C., World Bank, USA.

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

Çevre ve Orman Bakanlığı Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 'Kocaeli İl Çevre Durum Raporu', 2008.

Lenntech.: <http://www.lenntech.com/periodic/elements/mn.htm#ixzz0bjK4HvYK> (09.2009).

Merian E., 1984, 'Metalle in der Umwelt', Verlag Chemie, Weinheim, Basel, ISBN 3-527-25817.

Mertz W., 1987, 'Trace Elements in Human And Animal Nutrition'. 15th Edition.

Metal Madenler Alt Komisyon Bakır- Pirit Çalışma Grubu Raporu, 2001, 'Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu', Ankara.

Moran K. D., 2004, 'Copper Sources in Urban Runoff and Shoreline Activities', TDC Environmental.

National Toxicology Program.: <http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/roc/elevanth/profiles/s118nick.pdf>, (09.2009).

Noll, K.E., Fang, K.Y., Watkins, L.A., 1988, 'Characterization of the Deposition of Particles from the Atmosphere to a Flat Plate', Atmospheric Environment, 22, 1461-1468, 1988

ODTÜ Sağlık ve Rehberlik Merkezi, <http://www.mc.metu.edu.tr/testler/k-demir.html>, (12.2009).

Öncel M.S., Zedef V., Mert S., 2004, 'Lead Contamination Of Roadside Soils And Plants In The Highways Between Istanbul and Sakarya, NW Turkey', Fresen Environ Bull, 13, 1525-1529.

Özkan G., 2009, 'Endüstriyel Bölge Komşuluğunda Kıyusal Kırsal Alandaki Hava Kalitesi; Muallimköy'de Toprakta ve Partikül Maddedeki Ağır Metal Kirliliği', Yüksek Lisans Tezi, GYTE.

Öztürk M., 2004, 'Pil/Akü Kullanımı ve Atık Piller İle Akülerin Zararları', Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara

Öztürk M., 2008, 'Şehir İçi Bölgelerde Havadaki Partikül Maddenin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri', Çevre ve Orman Bakanlığı Ankara.

Öztürk, M., 2005, 'Şehir İçi Bölgelerde Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri', Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara

Patil U., Shirish R., Kaushal A., 2003, 'GIS Based Air Pollution Surface Modelling', GIS Development Magazine, August, 1-5.

Ragosta M., Caggiano R., Macchiato M., Sabia S., Trippetta S., 2008, 'Trace elements in daily collected aerosol: Level characterization and source identification in a four-year study', Atmospheric Research 89 206-217.

Rether A., 2002, 'Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstofffunktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen', Doktora Tezi, Münih Teknik Üniveritesi.

Seinfeld J. H., Pandis S. N., 1998, 'Atmospheric Chemistry and Physics', Wiley-Interscience Publication.

Sesli M., 2002, 'Soma İlçesinde Yol Kenarında Yetişen Tütünlerde Kursun Miktarlarının Araştırılması', Celal Bayar Üniversitesi Akhisar Meslek Yüksekokulu.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004, 'Çevre Atlası-Bölüm III, Hava Atmosfer ve İklim', Ankara.

Tanrıvermiş H, Mülayim Z. G.,1997, 'Sanayinin Neden Olduğu Çevre Kirliliğinin Tarıma Verdiği Zararların Değerinin Biçilmesi: Samsun Gübre (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır (KBİ) Sanayileri Örneği', Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Ankara.

Taşdemir Y, Çağlar Ö., 2002., 'Uludağ Üniversitesi Kampüsü'nde Ölçülen Partikül Madde Kuru Çökelme Akıları', Uludağ Üniversitesi, Müh-Mim. Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Taşdemir Y., Kural C., Payan F., 2000 'Bursa'daki Çeşitli Endüstrilerden Kaynaklanan Yanma Kökenli Hava Kirleticileri', Uludağ Üniversitesi, Müh-Mim. Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa.

Taşdemir, Y., 1999, 'Havadaki Partikül Maddelerin Su Kütleleri Üzerine Çökelmesinin Miktar ve Etkileri', 3. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, İzmir.

Tayanç M., Özyılmaz S., Keleş G., Akbulut S., Akkoyunlu B., 2003, 'İstanbul Atmosferinde Kurşun Kirliliğinin İncelenmesi', 5. Ulusal Çevre Kongresi, Ankara.

Temel Britannica Ansiklopedi., 1992, İstanbul Yayınevi.

Trimbacher, C, Neinavaie, H., 2002, 'Studie zur Ermittlung der Herkunft von Stäuben an sechs ausgewählten Messpunkten in Graz', UBA-BE-210, Umweltbundesamt Wien.

Vanlı Ö., 2007, 'Pb, Cd, Elementlerinin Topraklardan Şelat Destekli Fitoremediasyon Yöntemiyle Giderilmesi', Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.

WHO, 1996, 'Trace Elements in Human Nutrition And Health', Geneva.

WHO-United Nations Environment Program, 1992, 'Urban Air Pollution in Megacities of the World', Blackwell, UK.

World Bank, 1997, 'Can the Environment Wait? Priorities for East Asia', Washington D.C., World Bank, USA.

Yalçın E., Maras M., Çavuşoğlu K., 2007, 'Kursun ve Civa Ağır Metal İyonlarının Albino Farelerde Canlı Ağırlık ve Serum Alkalen Fosfataz Düzeyi Üzerine Etkisi', BAÜ FBE Dergisi, Cilt:9, Sayı:1, 61-67.

ÖZGEÇMİŞ

10.10.1977 Gebze’de doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Gebze’de tamamladı. 1997 yılında Trakya Üniversitesi Kimya bölümünden, 2001 yılında Anadolu Üniversitesi İktisat bölümünden, 2007 yılında Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen bu bölümde Yüksek Lisans öğrenimine (bitirme aşamasında) devam etmektedir.

EKLER