

ÖZET

Bu çalışmada, Edirne şehir merkezinde yol kenarındaki topraklarda, As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr ve Zn içerikleri belirlenmiştir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artan nüfusa bağlı olarak taşıt trafiğinde meydana gelen yoğunluklar her ne kadar sosyal açıdan bireysel olarak bir gelişme sağlasa da; toplumsal ve ekolojik olarak çevreye etkileri küçümsenmeyecek kadar fazladır. Karayolu, insan – çevre ilişkilerinde en önemli mühendislik yapılarından ve yerleşim alanlarını birbirine bağlayarak sosyal, ekonomik ve kültürel yaşamda etkili rol oynamaktadır.

Karayolları kenarlarındaki topraklarda, ağır metal konsantrasyonları, araç egzozlarından ve araçların metal parçalarının yıpranmasından dolayı yüksektir. Toprağa ulaşan bu ağır metallerin topraktan uzaklaştırılmasının çok zor olması nedeniyle toprak kirliliği önemli bir kirlilik sorununu oluşturmaktadır. Günümüzde artan kara taşımacılığının yanı sıra, hızlı kentleşme ve artan araç sayısı trafik kökenli kirlenmeyi üzerinde ciddi bir şekilde durulması gereken bir konu haline getirmiştir. Toprakların kirlenmeye sebep olan elementler ile yüksek derecede kirlenmelerinde genel olarak emisyon kaynaklarına olan yakınlıkları önemli bir rol oynamaktadır.

Edirne şehir merkezi yakın civarından seçilen otoyol kenarında bulunan 8 istasyonda, öncelikle ağır metaller için yöresel temel değerler belirlenerek, trafik kaynaklı kirliliğin derecesi, etki alanı ve sınır değerleri ile olan ilişkileri ortaya konmaya çalışılmıştır. Edirne’de düşük ve yüksek trafik yoğunluğu olan 8 ayrı bölgeden 384 toprak numunesi toplanmıştır. Her bölgede yoldan 1 m, 5 m ve 10 m uzaklıktan numuneler alınmış, her metreden ise 0-10 cm ve 10-30 cm derinlikten ayrı ayrı örnekleme yapılmıştır.

Her bir numune porselen havan içerisinde öğütülerek 200 mech’lik elekten geçirilmiş külsüz kaba süzgeç kağıdı üstünde etüvde 100-110 °C’da 2 saat kurumaya bırakılmıştır. Mikrodalga çözünme yöntemiyle çözelti haline getirilen numunelerde eser element ölçümleri, Alevli atomik absorpsiyon (FAAS), AAS-Grafit ve ICP-OES cihazlarında yapıldı. Tüm bölgelerde As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr ve Zn konsantrasyonu sırasıyla: 0.957-2.651, 0.0438-0.1988, 0.885-12.38, 1599-1698, 0.2841-0.4328, 339.6-722.9, 6.64-25.81, 53.31-272.1, 18.7-58.95 ve 161.5-485.6 mg/kg olarak bulunmuştur.

SUMMARY

In this study, trace metal concentrations of the roadside soil samples of Edirne-Turkey region traffic were investigated to determine As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr and Zn content by Flame Atomic Absorption Spectrometer (FAAS), Graphite-AAS (GAAS) and Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy (ICP-OES).

Although the intensities that occur in the vehicle traffic due to increasing population in the developed and developing countries provide an improvement individually in social point of view, their effects on the society and the environment ecologically are so much. The highway is among the most important engineering structures in human – environment relations and it connects the residential areas to each other and has an important role in the social, economic and cultural life.

Today, increasing number of vehicles due to demand by the society and technologic necessities brought about vital environmental problems. In the road-side soils, heavy metal concentrations are exceptionally high due to vehicle exhaust emissions and wearing away of the metallic parts of the vehicles. Since it is very difficult to remove these heavy metals from soils after contamination, soil pollution is an important environmental problem. Today, increasing land transportation along with rapid urbanization and increasing vehicle number makes traffic-sourced pollution one critical issue which requires serious consideration.

Eight roadside stations were selected within immediate vicinity of the city of Edirne to determine local background levels for the heavy metals in order to investigate degree of traffic-sourced soil pollutions, pollution extent and limit values.

Roadside soil samples were collected from 8 sites (384 soil samples). Soil samples were collected at distances 1, 5 and 10 meters from roadside. Soil samples were taken at depths of 0-10 and 10-30 cm from surfaces at every distances. In this study, the chosen sampling locations are: Kapıkule, Selimiye park, Autobahn, Terminal station, Sarayıçi, Industry field, University and Train station.

The concentration of As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr and Zn were found at all places in the range of 0.957-2.651, 0.0438-0.1988, 0.885-12.38, 1599-1698, 0.2841-0.4328, 339.6-722.9, 6.64-25.81, 53.31-272.1, 18.7-58.95 and 161.5-485.6 mg/kg, respectively.

TEŞEKKÜR

Danışman Hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. Yıldız KALEBAŞI AKTAŞ'a yüksek lisans eğitimimde verdiği destek, duyduğu güven ve gösterdiği ilgiden dolayı;

Yüksek lisans eğitimim sürecinde ders aldığım ve bu süreçte benden bilgilerini esirgemeyen Trakya Üniversitesi Kimya Bölümü hocalarıma;

Bu eğitimi almam konusunda cesaretlendirip her türlü desteği karşılıksız veren İstanbul İl Kontrol Lab. Müdürlüğü Mineral Analizleri Lab. Şefi Nejat GÜNEY'e;

Numune alım aşamasında yardımlarını esirgemeyen İsmail ÖNER ve Muhammet KUŞÇU'ya;

Yaptığım çalışma ve eğitim sırasında yardımlarını esirgemeyen tüm mesai arkadaşlarıma;

Yüksek lisans eğitimim sırasında maddi, manevi tüm desteklerini hissettiğim sevgili eşim Öznur KOCABAŞ ve oğlum Levent Arıkan KOCABAŞ'a ;

Teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
SUMMARY	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
GRAFİK LİSTESİ	VI
RESİM LİSTESİ	VII
TABLO LİSTESİ	VIII
SİMGELER	IX
1.GİRİŞ	1
1.1.Bazı Metallerin Sağlığa Olan Etkileri	8
1.1.1. Kurşun	8
1.1.2. Kadmiyum	9
1.1.3. Çinko	10
1.1.4. Nikel	11
1.1.5. Bakır	11
1.1.6. Arsenik	12
1.2.Toprağın Yapısı	12
1.3.Yol Tozları İçindeki Cd-Zn-Ni-Cr-Cu Ve Fe Miktarları	14
1.4.Toprak Eser Elementleri	15
1.5.Ağır Metallerin Topraktaki Davranışları	17
1.6.Eser Elementlerin Biyolojik Sistemdeki Rolü	17
2.MİKROANALİZ METOTLARI	19
2.1.Çözünürleştirme	19
2.1.1.Asitle Çözünürleştirme	20
2.1.2.Eritişle Çözünürleştirme	20
2.2.Ölçme Metotları	21
2.3.Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS)	21
2.3.1.Işın kaynakları	22

2.3.2.Atomlaştırma sistemleri	24
2.3.3.Monokromatör ve dedektör	27
3. MATERYAL VE METOD	28
3.1.Numune Toplama	28
3.2.Numune Hazırlama	32
3.3.Standart Çözeltilerin Hazırlanması	32
3.3.1.Hg standartları	32
3.3.2.Fe standartları	33
3.3.3.Mn standartları	33
3.3.4.Cr, Cu, Ni, Zn standartlarının hazırlanması	33
3.3.5.As standartları	34
3.3.6.Pb standartları	34
3.3.7.Cd standartları	35
3.4.Kalibrasyon Aralıkları	35
3.5.Kalibrasyon Grafikleri	36
3.6.Kullanılan Cihaz, Malzeme ve Kimyasal Maddeler	41
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	43
4.1.Aylara Göre As Sonuçları	44
4.2.Aylara Göre Cd Sonuçları	46
4.3.Aylara Göre Pb Sonuçları	48
4.4.Aylara Göre Fe Sonuçları	50
4.5.Aylara Göre Hg Sonuçları	52
4.6.Aylara Göre Mn Sonuçları	54
4.7.Aylara Göre Cu Sonuçları	56
4.8.Aylara Göre Ni Sonuçları	58
4.9.Aylara Göre Cr Sonuçları	60
4.10.Aylara Göre Zn Sonuçları	62
4.11.Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Sonuçların Element Bazında Grafikleri	64
4.12. Edirne’de Toprak Numunelerindeki Ortalama Element Konsantrasyonları	69
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	78

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 1. As için kalibrasyon grafiği	36
Grafik 2. Cd için kalibrasyon grafiği	36
Grafik 3. Pb için kalibrasyon grafiği	37
Grafik 4. Fe için kalibrasyon grafiği	37
Grafik 5. Hg için kalibrasyon grafiği	38
Grafik 6. Mn için kalibrasyon grafiği	38
Grafik 7. Cu için kalibrasyon grafiği	39
Grafik 8. Ni için kalibrasyon grafiği	39
Grafik 9. Cr için kalibrasyon grafiği	40
Grafik 10. Zn için kalibrasyon grafiği	40
Grafik 11. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle As Sonuçları grafiği	64
Grafik 12. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Cd Sonuçları grafiği	64
Grafik 13. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Pb Sonuçları grafiği	65
Grafik 14. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Fe Sonuçları grafiği	65
Grafik 15. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Hg Sonuçları grafiği	66
Grafik 16. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Mn Sonuçları grafiği	66
Grafik 17. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Cu Sonuçları grafiği	67
Grafik 18. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Ni Sonuçları grafiği	67
Grafik 19. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Cr Sonuçları grafiği	68
Grafik 20. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Zn Sonuçları grafiği	68

RESİM LİSTESİ

Resim 1. Genel Edirne Haritası	29
Resim 2. 1. Bölge (Kapıkule)	29
Resim 3. 2.Bölge (Selimiye Camii) – 5.Bölge (Sarayıçı)	30
Resim 4. 3.Bölge (Otoban)	30
Resim 5. 4.Bölge (Otogar) - 7.Bölge (Üniversite)	31
Resim 6. 8.Bölge (İstasyon) - 6.Bölge (Sanayi)	31
Resim 7. AAS Flame Cihazı AASpektra 880	42
Resim 8. AAS Grafit Cihazı Spektra AA280Z	42
Resim 9. ICP-OES Optima 2000 DV	42
Resim 10. Mikrodalga Çözümleme Ünitesi Anton Paar Multiwave 3000	42

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1. Tipik Bir Benzin Ve Dizel Motorlu Aracın Egsoz Gazı Analizi	4
Tablo 1.2. Tipik bir vuruntu önleyici karışımının formülasyonu	4
Tablo 1.3. Egsoz gazları içinde tespit edilen kurşun bileşikleri, bu bileşiklerin yüzdeleri ve bu yüzdelerin zamanla değişimleri	5
Tablo 1.4. Bazı toprak eser elementlerinin kabul edilebilme sınırları ve yer kabuğunda bulunma oranları	7
Tablo 1.5. Yer kabuğundaki makro elementlerin ortalama dağılımları	13
Tablo 1.6. Yer kabuğundaki bazı mikro elementlerin ortalama dağılımları	13
Tablo 1.7. Ağır metallerin topraktaki sınır ve normal değerleri	13
Tablo 1.8. Hong Kong'da 14 bölgede yol tozları içindeki çeşitli ağır metal konsantrasyon değerleri	15
Tablo 1.9. Bazı kaya minerallerinin esas ve eser bileşenleri	16
Tablo 1.10. Farklı iki toprak örtüsündeki bazı eser elementlerin dağılımları	16
Tablo 1.11. Katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre bir yılda araziye verilmesine müsaade edilebilecek ağır metal yükleri	16
Tablo 2.1. Oyuk Katot Lambaların dalga boyları ve akım aralıkları	23
Tablo 2.2. ICP-OES Optima 2000 DV cihazımızda kullanılan ölçüm parametreleri	24
Tablo 2.3. Bazı gaz yanmalı alevlerin karakteristik sıcaklıkları	25
Tablo 2.4. Pb için kullanılan program	26
Tablo 2.5. Cd için kullanılan program	26
Tablo 2.6. As için kullanılan program	27
Tablo 3.1. Cr, Cu, Ni, Zn Standartlarının hazırlanması için alınan hacimler	34
Tablo 3.2. Ölçümü yapılan elementlerin kalibrasyon aralıkları	35
Tablo 3.3. As standartları için cihaz absorban okumaları	36
Tablo 3.4. Cd standartları için cihaz absorban okumaları	36
Tablo 3.5. Pb standartları için cihaz absorban okumaları	37
Tablo 3.6. Fe standartları için cihaz absorban okumaları	37
Tablo 3.7. Hg standartları için cihaz absorban okumaları	38

Tablo 3.8. Mn standartları için cihaz absorbans okumaları	38
Tablo 3.9. Cu standartları için cihaz count okumaları	39
Tablo 3.10. Ni standartları için cihaz count okumaları	39
Tablo 3.11. Cr standartları için cihaz count okumaları	40
Tablo 3.12. Zn standartları için cihaz count okumaları	40
Tablo 4.1. Temmuz 2006 As Sonuçları	44
Tablo 4.2. Ekim 2006 As Sonuçları	44
Tablo 4.3. Ocak 2007 As Sonuçları	45
Tablo 4.4. Nisan 2007 As Sonuçları	45
Tablo 4.5. Temmuz 2006 Cd Sonuçları	46
Tablo 4.6. Ekim 2006 Cd Sonuçları	46
Tablo 4.7. Ocak 2007 Cd Sonuçları	47
Tablo 4.8. Nisan 2007 Cd Sonuçları	47
Tablo 4.9. Temmuz 2006 Pb Sonuçları	48
Tablo 4.10. Ekim 2006 Pb Sonuçları	48
Tablo 4.11. Ocak 2007 Pb Sonuçları	49
Tablo 4.12. Nisan 2007 Pb Sonuçları	49
Tablo 4.13. Temmuz 2006 Fe Sonuçları	50
Tablo 4.14. Ekim 2006 Fe Sonuçları	50
Tablo 4.15. Ocak 2007 Fe Sonuçları	51
Tablo 4.16. Nisan 2007 Fe Sonuçları	51
Tablo 4.17. Temmuz 2006 Hg Sonuçları	52
Tablo 4.18. Ekim 2006 Hg Sonuçları	52
Tablo 4.19. Ocak 2007 Hg Sonuçları	53
Tablo 4.20. Nisan 2007 Hg Sonuçları	53
Tablo 4.21. Temmuz 2006 Mn Sonuçları	54
Tablo 4.22. Ekim 2006 Mn Sonuçları	54
Tablo 4.23. Ocak 2007 Mn Sonuçları	55
Tablo 4.24. Nisan 2007 Mn Sonuçları	55
Tablo 4.25. Temmuz 2006 Cu Sonuçları	56
Tablo 4.26. Ekim 2006 Cu Sonuçları	56
Tablo 4.27. Ocak 2007 Cu Sonuçları.	57

Tablo 4.28. Nisan 2007 Cu Sonuçları	57
Tablo 4.29. Temmuz 2006 Ni Sonuçları	58
Tablo 4.30 Ekim 2006 Ni Sonuçları	58
Tablo 4.31. Ocak 2007 Ni Sonuçları	59
Tablo 4.32. Nisan 2007 Ni Sonuçları	59
Tablo 4.33. Temmuz 2006 Cr Sonuçları	60
Tablo 4.34. Ekim 2006 Cr Sonuçları	60
Tablo 4.35. Ocak 2007 Cr Sonuçları	61
Tablo 4.36. Nisan 2007 Cr Sonuçları	61
Tablo 4.37. Temmuz 2006 Zn Sonuçları	62
Tablo 4.38. Ekim 2006 Zn Sonuçları	62
Tablo 4.39. Ocak 2007 Zn Sonuçları	63
Tablo 4.40. Nisan 2007 Zn Sonuçları	63
Tablo 4.41. Analiz sonuçlarının genel değerlendirilmesi	69
Tablo 4.42. Analiz Sonuçlarının Standart Sapma ve Relatif Standart Sapma Değerleri	69
Tablo 4.43. Analiz Sonuçlarının Standart Sapma ve Relatif Standart Sapma Değerleri	70
Tablo 4.44. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri	70

SİMGELER

AAS	Atomik Absorpsiyon Spektrometresi
As	Arsenik
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
cm ³	Santimetreküp
Cu	Bakır
DNA	Deoksiribonükleikasit
Fe	Demir
g	Gram
HC	Hidrokarbon
Hg	Civa
ICP-OES	Introductively Coupled Plasma Spectrometry- Optical Emission Spectrometry
kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
m ³	Metreküp
mA	Miliamper
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
Ni	Nikel
nm	Nanometre
Pb	Kurşun
R.S.S.	Relatif Standart Sapma
RNA	Ribonükleikasit
S.S.	Standart Sapma
V	Hacim
Zn	Çinko
µm	Mikrometre
°C	Santigrat Derece
°K	Kelvin Derece

KULLANILAN KISALTMALAR

ark.	Arkadaşları
vb.	Ve benzeri
der.	Derişik
sey.	Seyretilik
Abs.	Absorbans

1.GİRİŞ

20. yüzyılın başlarından itibaren hızla artan nüfus, teknolojik hamleler, ekonomik alandaki gelişmeler ve sanayileşme, çevre sorunları adı altında toplanabilecek konuları gündeme getirmiştir. Ekosistemdeki her canlı çevre şartlarından etkilenir. Çevre şartları içinde ise çevre kirliliği olumsuz etki yapmaktadır. (Ramade, 1974)

Çevre kirliliği hava, su ve toprakta meydana gelebilmektedir. Canlı hayatında çok önemli yer tutan bu üç unsurun tabii dengesindeki bozulmanın canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaptığı bilinmektedir.

Kirlilik problemi yakın geçmişte başlayan bir olay olmayıp, çok eski devirlerden beri var olan bir olaydır. Bununla birlikte kirlilik olayı endüstrileşme çağına kadar kirleticinin bölgesinde sınırlı olarak kalmaktaydı. Endüstrileşme ile birlikte daha büyük çapta meydana gelen kirleticiler geniş bir çevreyi etkileyerek tabii dengede bozulmalara sebep olmuşlardır. Endüstriyel atıklar, baca dumanları, araçların egzoz gazları çevreye çok sayıda zararlı madde bırakılmaktadır. Bilhassa kış günlerinde, büyük şehirlerin ve yerleşim yerlerinin en büyük sorunu, hava kirliliğidir. Her geçen gün hızla artan nüfus ve buna bağlı olarak şehirleşme ve sanayileşme, hava kirliliğinin başlıca sebepleridir. Özellikle Türkiye’de büyük şehirlerdeki hava kirliliğine ısınmada kullanılan yakıt kalitesinin düşük olması, bu yakıtların tekniğe uygun olarak yakılmaması sebep olmuştur. Bunun yanında şehirlerdeki hava kirliliğinin sebepleri arasında trafiğin etkisi daha da önemlidir. Çünkü trafikten gelen hava kirliliği mevsimsel olmayıp, bütün bir yıl boyunca etkilidir. Canlı üzerinde toksik etki yapan gazların sınır değerlerinin üzerinde artış göstermeleri, hava kirliliğinin bir şekli olmaktadır.

Hava, toprak ve su arasında kurulmuş doğal bir denge bulunur. Herhangi birinde görülen kirlilik, diğerlerini de etkiler ve doğal dengenin tamamen bozulmasına sebep olur. Hava ve su da kirlilik olması toprakta da kirliliğin oluşmasına sebep olur. Bu kirliliğin boyutunun ne olduğu, kirliliğin hangi kaynaklardan geldiği, kirliliğin nasıl önlenebileceği ile ilgili olarak çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır. (Kor, 1974)

Haselhof ve Lindau (1903) , daha 1903 yılında bir tarla ve orman üzerinden geçen dumanlar ile bitki örtüsünün büyük çapta zarar gördüğünü belirtmişlerdir.

(Türkan, 1982) Bu araştırmacılar, henüz şehirlerde sanayileşmenin ve ileri seviyedeki kirliliğın yeni başladığı dönemlerde bu yöndeki çalışmalara öncülük yapmışlardır.

Belçika'da endüstriyel ve şehirsal alanlara yakın yol kenarlarındaki toprak ve çimenlerde Zn, Cu, Mn ve Pb kirliliğı araştırılmış ve önemli boyutta Zn ve Pb kirliliğine, bazen de Mn kirliliğine rastlanmıştır. Yoldan uzaklaştıkça kirliliğın hızlı bir şekildi azaldığı gözlenmiş ve yolun çok yakınındaki bitkilerde de ağır metal birikimi saptanmıştır. (Albasel ve Cottenie, 1985)

Adana'da karayolu kenar topraklarında kurşun kirlenmesi araştırılmıştır. Yol kenarındaki kurşun seviyesinin 424 mg/kg'a kadar çıktığı tespit edilmiştir. Bu değerin normal değerlerden 20 kat fazla olduğu belirtilmiştir. Yoldan uzaklaştıkça Pb değerlerinde azalma gözlenmiş ancak 40 m'den sonra bile kirliliğın olduğu bildirilmiştir. (Yaman, 1995)

İskenderun'da motorlu araçlardan kaynaklanan ağır metal kirliliğının topraktaki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada motorlu taşıtların emisyonlarıyla kirlenmiş topraktaki ve ayrıca kirlenmemiş topraktaki bazı ağır metal konsantrasyonlarının tespit edilmeye çalışılmış ve bunu ortaya koymak amacıyla temiz bir alanda egsoz gazları için test istasyonu kurulup analiz süresince 6500 motorlu aracın emisyonu ölçülmüştür. Bu emisyonların etkisinde kalan bölgeden çok sayıda toprak örneğı alınarak topraktaki ağır metal konsantrasyonu, motorlu taşıtların sayısı ve toprak derinliğine bağılı olarak tespit edilmiştir. Sonuçta önemli miktarda Ni ve Pb'nin motorlu taşıtlardan kaynaklandığı ve yağmurla birlikte toprak yüzeyinden uzaklaştığı görülmüştür. Ağır metallerin toprak yüzeyinde biriktiğı toprak derinliklerine inildikçe azaldığı gözlenmiştir. Buradan hareketle toprak alt tabakalarında önemli bir kirliliğın olmadığı sonucu çıkarılmıştır. (Örnektekin, 1997)

Ankara'da Etimesgut-Ankara karayolunda Pb, Cd ve Cu ağır metallerinin kirliliğı araştırılmıştır. Yol boyunca uzanan topraklarda üst 0-5 cm toprak katında yüksek düzeyde Pb zenginleşmesi bulunmuştur. Ağır metal kirliliğının yol kenarından olan mesafe ile azaldığı ve 40 m'den sonra 500 m'ye doğru normal değerlere inildiğı belirtilmiştir. (Haktanır, 1995)

Günümüzde özellikle partiküler ve aerosol halinde yayılan ağır metaller büyük bir tehlike arz etmektedirler. Tabiatla ağır metal birikimine, tabii kaynaklar, zirai faaliyetler, enerji üretim merkezleri, maden eritme faaliyetleri, ikincil metal üretim

faaliyetleri, şehirleşme, endüstriyel faaliyetler ve motorlu araçlar sebep olmaktadır. Havadaki ağır metal birikim yönünden en büyük payı motorlu araçlar almaktadır. (Seaward ve Richardson, 1989)

Her yıl milyonlarca ton insan artığı kirleticiler ile atmosfer kirletilmektedir. Motorlu araçlar bu kirlenmenin %50'sini meydana getirmektedirler. (Nrigau, 1979; Seaward ve Richardson,1989) Bu kirlenmenin %60'ını benzine katılan Pb ve Ni oluşturmaktadır. (Nrigau, 1979; Roderer, 1984) Cd araç lastiklerinin aşınmasından, yanan motor yağından ve en çok dizel yakıtlardan havaya atılır. (Lagerwerf, 1971) Zn da araç lastiklerinin aşınmasından havaya verilmektedir. (Seaward ve Richardson, 1989) Ayrıca yakıt olarak kullanılan kömürün yanması sonucu da bu ağır metaller kirletici olarak atmosfere katılmaktadır. (Onar ve Temizer, 1987)

Benzin ve dizel motorlarında kullanılan hidrokarbon kökenli yakıtların ideal koşullarda hava ile tam yanması sonucu oluşan ürünler arasında CO₂, H₂O, N₂ bulunmaktadır. Ancak uygulamada ideal koşulların sağlanamaması nedeniyle tam yanma gerçekleşmemekte ve kirletici bileşenler oluşmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan toplam kirleticilerin %75'ini oluşturan egsoz gazlarının bileşiminde parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar, aldehytler, ketonlar, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, CO, NO_x, SO₂, Pb bileşikleri ve partikül bulunmaktadır. Tipik bir benzin ve dizel motorlu aracın egsoz gazının bileşimi Tablo 1.1'de gösterilmiştir.

Karter havalanmasından kaynaklanan kirlilik, toplam kirliliğin %20'sini oluşturur. Motorun çalışması sırasında pistonun üst ölü noktasından alt ölü noktaya doğru hareketi ile karterde bulunan ve büyük bölümü HC olan gazlar havalandırma deliğinden atmosfere atılmaktadır. Ayrıca CO, CO₂, H₂O, H₂, O₂, N₂, NO_x gibi bileşenlerde yağlama yağının yanması ve yanma odasından kartere doğru olan gaz kaçaqları nedeniyle oluşmaktadır. Metal içeren partiküller benzine darbe önleyici olarak katılan Pb'dan, metal yağlama yağlarından ve motordaki yıpranmalardan kaynaklanmaktadır.

Tablo 1.1. Tipik Bir Benzin Ve Dizel Motorlu Aracın Egsoz Gazı Analizi

Bileşen (%V/V)	Rölanti		Kısmi Yük		Tam Yük	
	BM	DM	BM	DM	BM	DM
BM: Benzinli Motor DM: Dizel Motor						
Hidrokarbon(HC)	0,01-0,05	0,005-0,006	0,01-0,02	0,01-0,035	0,01-0,03	0,02-0,06
Karbonmonoksit(CO)	2-4,5	0,01-0,045	0,2-1	0,05-0,06	2-5	0,035-0,2
Karbondioksit(CO ₂)	10-13	3,5	13,5-14	6,5	11-13	12
Azotoksitler(NO _x)	0,005-0,03	0,005-0,025	0,25-0,35	0,025-0,08	0,15-0,45	0,06-0,15
Kükürtoksitler(SO _x)	-	-	-	-	0,343	3,496
Aldehit(HCHO)	-	-	-	-	0,152	0,921
Hidrojen(H ₂)	1,5	-	0,5	-	0,1-0,5	-
Oksijen(O ₂)	1-1,5	16	1,5-2,5	14	0,3-0,5	10
Azot(N ₂)	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan	Geri kalan
Kurşun Bileşikleri (mg/m ³)	~50	-	~40	-	~50	-
Partikül Madde (kg/ton)	-	-	-	-	1,96	16,19
Egsoz Subapı çıkışında gaz sıcaklığı (°C)	200-250	100-200	550-650	250-550	750-850	550-750

Normal sürüş şartlarında egsoz partiküllerinin en önemli bileşeni benzine darbe önleyici olarak katılan tetraetilkurşundan [(C₂H₅)₄Pb] kaynaklanan kurşundur. Darbe önleyici organometalik bileşikler benzin-hava karışımının otomatik olarak ateşleme sistemini sınırlandırır. Sıkışma ile benzinin ateş alma eğilimi benzinin oktan sayısı ile ölçülür. Benzinin oktan sayısı izooktan ve n-heptan karışımı içerisindeki izooktanın (2,3,4-trimetilpentan) oranı olarak tarif edilmektedir. Bu nedenle benzine tetraetilkurşun katıldığında oktan sayısı artacaktır. Tetraetilkurşun uçucu olmayan yanma ürünleri oluşturur. Benzine etilen bromid ve etilen diklorid eklendiğinde de yanma sonucu oluşan kurşun bileşikleri egsoz gazları ile birlikte ayrılmak için yeterince uçucudur. Benzine eklenen kurşun için tipik bir formülasyon Tablo 1.2' de verilmiştir.

Tablo 1.2. Tipik bir vuruntu önleyici karışımının formülasyonu

Bileşikler	Ağırlık Yüzdesi
Tetraetilkurşun	57,5
Metilsiklopentadienil	7
Etilendibromür	16,7
Etilendiklorür	17,6
Diğerleri (boya, inert)	1,2

Ülkemizde TÜPRAŞ tarafından üretilen benzin çeşitlerinde şu sınırlamalar vardır:

- Kurşunlu Benzin : 0,15-0,4 g Pb/L
- Kurşunsuz Benzin: Maksimum 0,013 g Pb/L
- Benzen : En fazla (V/V) %5

Kurşunlu benzin Avrupa Birliği ülkelerinde 1993 yılından itibaren yasaklanmış Türkiye’de ise 01.01.2006 tarihinden itibaren satışı durdurulmuştur.

Tablo 1.3’de otomobil gazlarında bulunan kurşun bileşiklerinin miktarını göstermektedir. Burada birinci kolon gazların atıldığı andaki miktarları, ikinci kolon ise 18 saat sonraki miktarları vermektedir. Buradaki değerlerden kurşun bileşiklerinin atmosfere salındıktan sonra kimyasal reaksiyona uğradıkları anlaşılmaktadır. (Gündüz, 1994)

Tablo 1.3. Egsoz gazları içinde tespit edilen kurşun bileşikleri, bu bileşiklerin yüzdeleri ve bu yüzdelerin zamanla değişimleri

Kurşun Bileşiği	Egsoz gazındaki toplam Pb yüzdesi	
	Atıldığı anda	18 saat sonra
PbBrCl	32	12
PbBrCl.2PbO	31,4	1,6
PbCl ₂	10,7	8,3
Pb(OH)Cl	7,7	7,2
PbBr ₂	5,5	0,5
PbCl ₂ . 2PbO	5,2	5,6
Pb(OH)Br	2,2	0,1
PbO _x	2,2	21,2
PbCO ₃	1,2	13,8
PbBr ₂ . 2PbO	1	0,1
PbCO ₃ . 2PbO	1	29,6

Egsoz partikül maddeleri hakkındaki çalışmaların çoğu kurşun bileşeni üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunun nedeni ise kurşunun toksik bir madde olması, motor içinde çökelen kurşunun yanmamış hidrokarbon emisyonlarının artmasına neden olması, egsozdaki kurşun bileşiklerinin egsoz gazlarının katalitik muamelesinde (arıtımında) bazı güçlükler çıkarmasıdır. Daha önce yapılan çalışmalar Egsoz kurşun partikül

boyutlarının 0,1 µm ile 1 kaç mm arasında değiştiğini ve küçük partiküllerin büyük partiküllere oranının araç hızıyla değiştiğini göstermiştir.

Bir test otomobiliyle kurşunlu ve kurşunsuz benzin kullanılarak tam gaz kullanılmama durumu, orta sürücü kullanımı durumu ve tüm kalkışların tam gaz olma durumu karşılaştırılmıştır. Kurşunlu benzin kullanıldığı durumda toplam partikül emisyonları gazın derecesine bağlı görünmemektedir. Gaz kullanılmadığı durumda (sıcak çalışma şartlarında) kurşunsuz benzin kullanıldığında önemli derecede düşük emisyonlar görülmektedir. Soğuk çalışma şartlarının artmasıyla da artış görülmektedir. Genelde soğuk çalışma sıcak çalışmadan 2-8 kat daha fazla partikül madde artışına neden olur. Aerosollerin karbon muhtevası kurşunlu ve kurşunsuz benzin için sırasıyla %35 ve %70'dir. (Gündüz, 1994)

Motor yağının özelliğinin bozulması veya bozulma nedenleri motor verimine doğrudan etki eden faktörlerdir. Silindir kapak contası arızalanırsa sıkıştırma oranı düşer, tam yanma olmaz, motor yağına su karışabilir ve egsoz gazında duman çıkışı gözlenir. Motor yağının değiştirilmesi, taşıtın ve motorun yıkanması sırasında yağ ve benzin artıkları yıkama suyuna karışır. Atılan bu yıkama suları da doğrudan toprağa ve yer altı su kaynaklarına karışarak toprak ve yer altı sularında kirlilik oluşturur. Üretilen taşıt sayısındaki artış ile birlikte taşıtların ve yedek parçalarının üretimi sırasında oluşan kirlenici madde miktarları hızla artmaktadır. Ayrıca taşıta ait çeşitli elemanların eskimesi veya taşıtın tümünün hurdaya çıkması durumunda oluşan artık maddelerde çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

Metal kirlenmesinde, kirlenmelerin yayılması genellikle sınırlıdır. Mesela, otomobil egzozlarından çıkan partiküller hemen yol kenarlarında ve 30-50m kadar uzaklıkta çok yoğun olarak ölçülmüştür. (Lagerwerf 1971) (İnel, Sebüktekin ve Kurt, 1977) (Foner, 1987) (Madany, 1990) (Mashhour ve Seaward, 1991)

Ağır metal konsantrasyonları belirli sınırların üzerine çıktığında toksik etki gösterirler. Bazı toprak eser elementlerinin kabul edilebilir sınırları ve yer kabuğunda bulunma oranları Tablo 1.4' de verilmektedir.

Tablo 1.4. Bazı toprak eser elementlerinin kabul edilebilme sınırları ve yer kabuğunda bulunma oranları (Göçer, 1981) (Demir, 1986) (Baucells ve ark., 1985) (Jornat ve ark., 1977) (Milberg ve ark., 1980) (Abdel ve Sabour, 1991) (Hernek ve ark., 1990) (Anna ve Terzi, 1979) (Thomas, 1980)

ELEMENT	KABUL EDİLEBİLME SINIRI	YER KABUĞUNDAKİ ORANI
Pb	2,0-13,4 µg/g Toprak	2,0-200,0 µg/g Toprak
Cd	-	≤1,0 µg/g Toprak
Cu	5,0-5,6 µg/g Toprak	2,0-100,0 µg/g Toprak
Ni	10,0-50,0 µg/g Toprak	10,0-1000,0 µg/g Toprak
Mn	-	100,0-4000,0 µg/g Toprak
Zn	60,0-780,0 µg/g Toprak	10,0-300,0 µg/g Toprak
Bi	-	-
Co	1,0-20,0 µg/g Toprak	1,0-40,0 µg/g Toprak

Bu elementlerin çok az konsantrasyonları bile canlı organizmalarda toksik veya kanserojen etki göstermektedirler. Bu elementlere örnek olarak Berilyum, yitriyum, arsenik, selenyum, kadmiyum, kurşun ve bizmut sayılabilir. Berilyum ve yitriyumun, magnezyum ve kalsiyum iyonlarının etkilerini bloke etmeleri, kadmiyumun fizyolojik yönden etkili olan çinkoyla, arseniğin fosforla, selenyumun ise kükürtle yer değiştirebilmesi sonucu kanserojen etki gösterdikleri sanılmaktadır. Selenyumun kobalt ile beraber alındığında toksik etkisinin daha da arttığı tespit edilmiştir. (Ure ve Mitchell, 1976)

Ağır metaller içerisinde en toksik olanı kurşundur. Kurşun tabiatta sülfid, oksit veya karbonat olarak çoğunlukla gümüş ile birlikte bulunur. Kurşun bileşikleri günümüzde sanayide akümülatör, elektrik kablosu, boya ve sır yapımında kullanılmaktadır. Atmosferdeki kurşun partikülleri çok değişik miktarlardadır. Mesela, Pasifiğin orta kesimlerindeki havada 0,001 µg/cm³'ün altında bulunduğu halde, kırsal ortamlardaki havalarda 0,1 µg/m³'e kadar çıkmakta, şehirlerdeki havalarda ise 1µg/m³'ün üzerinde bulunmaktadır. Yol kavşaklarında bu miktar 5 µg/m³'e ulaşmaktadır. (Ramade, 1974)

A.B.D. hava kirlenmesini kontrol bürosu, 1968 yılına ait verilere dayanarak, çevredeki kurşunun hemen hemen %98'inin benzin yanmasından kaynaklandığını açıklamıştır.

Topraktaki eser elementlerin toplam miktarının tayini için çözücü olarak derişik nitrik asit, hidroklorik asit ve kral suyu kullanılmaktadır. (Khan ve Frankland, 1983; Hind ve ark., 1985; Jackson ve Newman, 1983)

Analitik kimyada eser element tayini yapılırken klasik ve aletli metotlar kullanılır. Genellikle kalitatif analiz klasik metotlarla, kantitatif analiz ise aletli metotlarla yapılmaktadır. Aletli metotlarla element analizi, elementin çeşitli özelliklerinin ölçülmesi esasına dayanır. Eser element tayininde genellikle Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) kullanılır. Bunlardan AAS-Flame ve AAS-Grafit en çok kullanılan aletli ölçme metotlarıdır. (Cresser ve ark., 1986; Baucells ve Kelipo, 1985)

1.1.Bazı Metallerin Sağlığa Olan Etkileri

1.1.1.Kurşun

Herkes atmosferdeki kurşuna maruz kalmaktadır. İnsanlar çok sayıda kurşun klorür ve bromür parçacıklarını teneffüs ettikleri hava ile birlikte almaktadır. Bu bileşikler vurutuyu önlemek için benzine ilave edilen kurşun tetra metil veya kurşun tetra etilin yanmasından meydana gelmektedir. Bilhassa karayollarının civarında bulunan ziraat arazisi ve meralar üzerine çökeldiğinden havaya verilen kurşunun bir kısmı yiyecekler yoluyla insanın bünyesine yerleşir. Yolun 15 metre yakınında yetiştirilen domateste 150 metre uzaklıktakine nazaran 30 misli daha fazla kurşun içermektedir.

İnsan üzerine kurşunun etkisi, kullanılan kap-kacak, yenen yemekler ve solunan hava yoluyla ölüme kadar gidebilir. Kurşunu akut toksik etkisi azdır ve genellikle kronik zehirlenmelere neden olmaktadır. Normal olarak besinlerden, sulardan ve havadan 0,4 mg/gün Pb insan vücuduna girer. İnsan ve diğer memelilerin dokularında biriken kurşun bir süre sonra zehirlenmelere yol açar. Çocuklar yetişkinlere nazaran daha kolay kurşun zehirlenmesinden etkilenir. En bilinen kurşun zehirlenmesi çocukların kurşun içeren oyuncakları yutmaları sonucu meydana gelir. Bu vakada beyinde hasar, kansızlık, böbreğin zarar görmesi ve nörolojik fonksiyonsuzluklar ortaya

çıkılmaktadır. Kurşun asetat, subasetat ve kurşun fosfat farelere kanserojeniktir, ağızdan verilince böbreklerde selim ve kötü tümörler oluşmaktadır. İnsanda ise herhangi bir yerde kurşun tuzlarıyla temasta kanser oluşumuyla ilgili bilgi yoktur. Yalnızca kansere uzanan epidemiolojik çalışma vardır. (Gündüz, 1994)

Tahmin edilebileceği gibi havadan gelen kurşun konsantrasyonları ve insanların kanındaki kurşun seviyeleri, kalabalık yerlerde az nüfuslu bölgelerden daha fazladır. Bu sebeple trafik polisleri, taksi şoförleri, otomobil tamircileri ve kurşun işleyen endüstrilerde çalışan işçiler yüksek dozlarda kurşuna maruz kalırlar.

Yetişkinler tarafından ağız yoluyla alınan %30'u, çocuklarda ise daha fazlası mide-bağırsak yollarında resorbe edilmektedir. Başta hamilelik evresinde etkilenenler olmak üzere insan vücudunda kurşunun toksik seviyelere çıkmasından dolayı ABD'de binlerce özürlü çocuğun doğduğu belirtilmiştir. (Perkins, 1984)

Kurşunun hepsi vücutta kalmaz, çoğu kana geçer ve oradan daha sonra idrar vasıtasıyla atılır. Yüksek konsantrasyonlarda uzun zaman kurşuna maruz kalınmaz ise kandaki kurşun miktarı önemli seviyelere ulaşmaz. Her gün alınan kurşunun küçük bir kısmı yavaş yavaş kemiklerimizde toplanır ve normal olarak suda erimez ve zararsız halde orada kalır. Fakat ateşli hastalık, kortizon tedavisi ve yaşlılık gibi bazı hallerde kemiklerde toplanmış bu kurşun ani olarak geri verilerek kanda toksik seviyelere ulaşabilir. Kurşun hemoglobin sentezinde görev alan enzimleri engellemektedir ve bunun doğal sonucu anemi meydana gelebilmektedir.

1.1.2. Kadmiyum

Demir, çelik, kadmiyum, çinko, kurşun ve bakır üretiminde saflaştırma ve ekstraksiyonunda kullanılan prosesler ana kadmiyum kaynaklarıdır. Kadmiyum ana kullanım yerleri, elektrolitik kaplama (%45) , boya, mürekkep ve plastiklerde kullanılan pigmentlerin bileşimi (%21) , çoğunlukla PVC için kullanılan plastik stabilizatörler (Cd/Ba stearatlar) (%15) , alaşımlar (%7,5), nikel-kadmiyum pilleri (%3)'dir. Lastik sertleştirilmesi, fotoğrafçılık (CdBr₂, CdI₂), kaydırıcılar, özel aynalar, fungusitlerin ve insektisitlerin (Cd pentaklorofenat, Cd antiranilat vb... gibi kene uzaklaştırıcı) üretimi, televizyon tüpleri, nükleer santrallerde merkezsel çubuk üretimi ve katı hal

sistemlerinde yaklaşık %8,5 oranında kadmiyum kullanım alanı bulunmaktadır. (Gündüz,1994)

Kadmiyum insan vücudu için gerekli bir madde değildir. Fakat toprakta, vejetasyonda ve insanların yiyeceklerinde az miktarda bulunur. Kadmiyumun insanlara en önemli geçiş yolu besin zinciridir. Kadmiyum yiyeceklerde bulunan organik asit içerisinde çözünebilir.

Kronik kadmiyum zehirlenmesi böbrek taşı oluşumuna neden olur. Deney hayvanları üzerinde yapılan incelemelerde kadmiyumun böbrekte biriktiği tespit edilmiştir. Toksik etkisi önemli enzimlerin sülfidril gruplarına etkisiyle açıklanmaktadır. Japonya'da bir çinko maden işletmesinin atık sularıyla kirlenmiş suların suladığı pirinç tarlalarında toplanan pirinçte, Japon pirincinin içerdiği ortalama kadmiyum düzeyinin 10 katı kadmiyum bulunmuş ve bu pirincin yenmesiyle yaklaşık 100 ölüm olayı olmuştur. Kadmiyum etkisiyle, böbrek üstü bezleri etkileri, kansızlık, kadın ve erkek yumurtalıklarında doku harabiyeti ve indirgenmiş hemogloblin düzeyleri gözlenmiştir. 0,224 ppm CdCl₂ ile temas ettirilen homster ovary hücrelerinde kromozomların tahribi ve çok katlı kromatid sapmalar gözlemlenmiştir.(Gündüz, 1994)

Solunumla fazla miktarda alınması sonucu ciğer amfizemi hastalığı ortaya çıkmaktadır. Konuyla ilgili bazı çalışmalar kadmiyumun kansorejen etkili olduğunu ortaya koymuştur.(Hill ve Wright, 1978)

358 insan üzerinde yapılan otopsielerde hipertansiyonla ilgili hastalıklardan ölenlerin böbreklerinde kadmiyum seviyelerinin ve kadmiyum/çinko oranının daha yüksek olduğunu göstermektedir.

1.1.3. Çinko

Çinko atıkların başlıca kaynağı elektrolit kaplama banyolarıdır. Saç levhaların, boruların galvanizlenmesi işlemi genellikle sıcakta daldırma yöntemi ile yapılır. Bu yöntem genellikle kesiksiz olarak uygulanır. Galvanizleme, bazik çözeltide siyanürlü ortamda ve asidik ortamda çinkosülfat varlığında yapılabilir. Atık sularda bu iyonların yanında demir iyonları bulunur. Viskoz rayon üretim prosesinde 0,25-1 g Zn/L'lik konsantrasyonlarda atık su çıkabilir. Boya ve pigment üretiminden de 0,2-10 mg/L'ye kadar çinko içeren atık sular oluşabilir.

Çözünme ve havalandırma yolu ile yeryüzünde yılda 720000 ton çinkonun yayıldığı hesaplanmıştır. Baltık denizindeki çökme yılda 4000 ton olarak tahmin edilmektedir. Ayrıca motorlu araçlardan da çinko kirliliği kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Ergin bir insanda çinko ihtiyacı günlük 8-20 mg kadardır. İnsan vücudu 2 g'a kadar çinko içerir ve çinko birçok enzim sistemine girer. Çinko oksit solunmakla akciğer sistemi etkilenir. Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi, öksürme, solunum güçlüğü, adale ve eklem ağrıları, mide tahrişi, peptik ülserler ve çeşitli karaciğer etkileri zararlı etkilerdir. Galvanize borulardan uzun süre su kullanımından kaynaklanan çinko zehirlenmesi ile ilgili birçok kayıt vardır. 40 mg/L çinko içeren su içen iki insanda iritabilite , adale katılığı ve ağrı, iştahsızlık ve bulantı görülmüştür. Çinko aşırısının kanserojenik, mutagenik ve teratogenik (cenin anomalileri) özellikler gösterdiğine dair delil yoktur.

1.1.4. Nikel

Nikel metal işleme ve kaplama endüstrisinden atık sulara geçer. Nikel kaplama banyoları genellikle sülfat-borat ve klorürlü ve asidik çözeltilerde sülfonat, klorür ve fluoroborat içeren nikelli çözeltilerdir. Nikel tozlarına solunum yoluyla maruz kalındığında insanlarda bronşit kanserine sebep olabilir.

1.1.5. Bakır

Bakır yetişkin bir insanda 100-150 mg kadar bulunur ve besinler yardımı ile günde ortalama 3,7 mg bakır özümlemeye girer. Elektrik kabloları, oto radyatörleri, elektrolit kaplama, bakır ve pirinç üretim tesisleri, alet-edevat imalatları atıklardaki bakırın kaynağıdır. Alkali siyanür banyolarının atıklarında NaCN, KCN, Na₂CO₃, Cu₂(CN)₂ ve çözülmüş CuK₃(CN)₄ bulunur ve pH'ları 11-12 arasındadır. Bu arada kaplanan materyalin iyonları da çözeltide serbest veya kompleksleri halinde bulunmaktadır. Asidik banyoların atıklarında ise bakır ve asit anyonlarından başka tioüre, melas, jelatin vb. bazı katkı maddeleri de bulunmaktadır. Elektronik baskı devre

endüstrisi atıklarında bakır yanında krom, kalay, çinko, kadmiyum ve nikel gibi metallerde bulunacaktır.

1.1.6. Arsenik

Arsenik zirai uygulamalardan (yabancı otları öldürmek için kullanılan maddeler; fungusitler, dezenfektan maddeleri, rodentisitler, insektisitler) ve endüstriden kaynaklanmaktadır. Arsenik toprak yüzeyinde atmosferik oksijenle temas halindedir ve genellikle 5 değerlikli formunda bulunur. Endüstriyel olarak üretilen arsenik 3 değerlikli formundadır. Arsenik insan fizyolojisi için gerekli değildir. Birikme özelliğine sahip olan arsenik etkilidir ve protoplazmik zehirleyici (enzim içerisinde SH-gruplarını inhibe edici) etkisi olan bir maddedir. Kronik zehirlenme iştahı keserek kilo kaybına, nöbetleşe kabızlık ve ishale, gastrointestinal rahatsızlığa, sinir iltihabına, deride çeşitli etkilere ve bazende deri kanserine neden olmaktadır. Arsenik genel olarak insanlar için kanserojenik olarak göz önüne alınmaktadır.

1.2. Toprağın Yapısı

Toprak bileşenleri, organik ve anorganik maddeler olmak üzere başlıca iki ayrı grupta incelenir. Anorganik maddelerin kaynağı ana kayalar, organik maddelerin kaynağı ise üzerinde yaşayan canlılardır. Anorganik ve organik maddeler toprağın katı kısmını oluşturur ve yaklaşık %50'lik bölümünü teşkil eder. Diğer %50'lik kısmı ise değişik oranlarda hava ve su ihtiva eder.

Topraktaki eser element miktarları eser elementlere göre değişir. (Güçer, 1981) Yer kabuğundaki mineral maddelerin yaklaşık %98'ini 8 element oluşturur. (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg) Diğer bütün elementler ise toplamın ancak %2'si kadardır. Elementlerin yer kabuğundaki ortalama dağılımları Tablo 1.5' de , Yer kabuğundaki bazı mikro elementlerin ortalama dağılımları Tablo 1.6' da ve ağır metallerin topraktaki sınır ve normal değerleri Tablo 1.7' de verilmiştir.

Tablo 1.5. Yer kabuğundaki makro elementlerin ortalama dağılımları (Sillanpö, 1972)

ELEMENT	%	ELEMENT	%
Oksijen	46,6	Kalsiyum	3,6
Silisyum	27,2	Sodyum	2,8
Alüminyum	8,1	Potasyum	2,6
Demir	5,0	Magnezyum	2,1

Tablo 1.6. Yer kabuğundaki bazı mikro elementlerin ortalama dağılımları (Güçer, 1981)

ELEMENT	mg/L	ELEMENT	mg/L
Mangan	100-4000	Bakır	2-100
Flor	30-300	Kobalt	1-40
Krom	5-3000	Arsenik	0,1-40
Molibden	0,2-5	Nikel	10-1000
Kurşun	2-200	Selenyum	0,01-2
Kalay	2-200	Çinko	10-300

Tablo 1.7. Ağır metallerin topraktaki sınır ve normal değerleri (Scheffer, 1989)*

	Topraktaki Sınır Değerler (mg/L)	Topraktaki Normal Değerler (mg/L)
Pb	100	2-60
Cd	3	<0,5
Cr	100	5-100
Cu	100	2-40
Ni	50	5-50
Zn	300	10-80

* Sınır Değerler: Alman Sağlık Kurumu'nun 1986 yılı değerlerine göre düzenlenen standart değerler.

1.3.Yol Tozları İçindeki Cd-Zn-Ni-Cr-Cu Ve Fe Miktarları

Kadmiyum, hayvanlar ve insanlar için çok düşük konsantrasyonlarda toksite gösteren bir elementtir. Karasal kabukta ortalama Cd içeriği 0,1 mg/kg, topraklarda da benzer şekilde genel olarak 0,5 mg/kg'dır. Ana materyale bağlı olarak daha yüksek Kadmiyum içeriği de görülebilir. (>3 mg/kg) Kadmiyum kimyasal olarak çinko ile akrabadır ve Zn/Cd oranı kayalarda ~500 ve topraklarda ~100 oldukça sabittir. Topraklarda bu oranın küçük olması toprak oluşumu süresinde kadmiyumun arttığını göstermektedir. Kadmiyum emisyonu yapan tesislerin yakınında 40 mg/kg; trafiğin yoğun olduğu yerlerde 3 mg/kg dolayında kadmiyum ölçülmüştür. Büyük şehirlerdeki şehir bahçelerinde ve parklarda da oldukça yüksek kadmiyum ölçülmüştür. (0,5-5,0 mg/kg) (Scheffer,1989) Önemli kadmiyum kaynakları kirli hava, fosfat gübrelere arıtma ve dip çamurları ve taşıtlardır.

Motorlu taşıtlar tarafından çevreye verilen emisyonlar özellikle lastik aşınması(20-90 mg/kg Cd içeren lastik materyaller) ve dizel yağının kadmiyum içeren atıkları karayollarındaki tozların ve çevresindeki toprakların anayolların 10 m'ye kadar olan mesafeleri kadmiyumla kirlenmesine sebep olmaktadır. Şehir içindeki kadmiyumun daha fazla konsantrasyonlarda olduğu ve bunun nedeninin araba lastiklerinin aşınmasından, yağlı benzinler ve dizel yağlarının kullanılmasından kaynaklandığı pek çok araştırmacı tarafından açıklanmıştır. (Largewerf ve Specht, 1970; Shaheen, 1975; Harrison, 1979; Ndiokwere, 1984; Yassaoğlu ve ark. , 1987; Ferguson ve Kim, 1991).

Yol kenarı topraklarında yapılan araştırmalarda ise yüzey topraklarındaki toplam kadmiyumun mesafeye bağlı değişimlerinin toplam kurşun miktarındaki gibi belirgin olmadığı ancak belli bir mesafeden sonraki azalmanın daha keskin olmasından kadmiyum kontaminasyonunda kurşunda olduğu gibi trafikten kaynaklandığı açıklanmıştır. (Haktanır, Arcak, Erpul, 1995; Yaman, 1995)

Tablo 1.8. Hong Kong'da 14 bölgede yol tozları içindeki çeşitli ağır metal konsantrasyon değerleri (ppm cinsinden) (Lau ve Wong, 1982)

Metal	1a	1b	1c	1d	1e	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c
Pb	1439	1431	1234	1016	913	491	967	735	657	538	343	606	91	406
Zn	3025	2156	448	1231	855	3	651	349	61	107	71	1351	26	636
Cu	66	73	24	44	31	9	11	28	7	3	3	17	2	19
Cd	15	5	8	11	10	17	7	9	8	-	10	17	-	8
Mn	105	79	42	72	65	18	217	65	9	23	38	60	3	50

1a-1b-1c-1d-1e = Ticari ve Oturum Yerleri

2a-2b-2c=Küçük Tarımsal Alanlar

3a-3b-3c=Endüstriyel Alanlar

4a-4b-4c=Dinlenme Bölgeleri

1.4.Toprak Eser Elementleri

Topraktaki eser elementler, kalitatif ve kantitatif olarak toprağın oluştuğu çevreye, ana kaya ve mineralin yapısına göre değişir. Toprak oluşum faktörlerindeki değişimler, topraktaki eser element konsantrasyonunu etkileyen önemli faktörlerdir. Bazı kaya ve minerallerin esas ve eser bileşenleri Tablo 1.9' da verilmiştir.

Esas bileşen, madde miktarının çok fazlasını oluşturan kısmına, eser bileşen ise madde miktarının çok azını oluşturan kısmına denmektedir.

Bazı kaya ve minerallerin dayanıklı olması, bunların tane büyüklüğü ve eser element muhtevasını büyük ölçüde etkiler. Küçük taneli topraklar, kolay aşınan kayalardan oluşmuştur ve bunlar eser elementçe zengindir. İri taneli topraklar ise kvartz gibi aşınmaya dayanıklı kayalardan oluşmuştur ve bunların eser element muhtevası düşüktür.

Toprak örgüsü, toprak anorganik bileşimindeki eser elementlerin bitkiler tarafından alınabilirlik miktarını etkileyen faktörlerden biridir.

Birçok analitik sonuçlar, toprak tane büyüklüğü arttıkça toplam eser element miktarında bir azalmanın olduğunu göstermektedir. (Ergene, 1982)

Tablo 1.9. Bazı kaya minerallerinin esas ve eser bileşenleri (Sillanpaö, 1972)

Kaya Ve Mineralin Türü	Esas Bileşen	Eser Bileşen
Kum	Si	Zr,Ti, Sn, Th, Au, Pt, nadir toprak metalleri
Demir filizi	Fe	V, P, As, Sb, Se
Mangan filizi	Mn	Li, K, Ba, Bi, Ti, W, Co, Ni, Cu, Zn, Pb
Kireç taşı ve dolomit	Ca, Mg, Fe	Ba, Sr, Pb, Mn
Olivine	Mg, Fe, Si	Ni, Co, Mn, Li, Zn, Cu, Mo
Hornblende	Mg, Fe, Ca, Al, Si	Ni, Co, Mn,Se, V, Zn, Cu, Ga
Apatite	Ca, P, F	Pb, Sr, nadir toprak elementleri
Anorthite	Ca, Al, Si	Sr, Cu, Ga, Mn
Albite	Na, Al, Si	Cu, Ga
Garnet	Ca, Mg, Fe, Al, Si	Mn, Cr, Ga
İlmenite	Fe, Ti	Co, Ni, Cr, V
Magnetite	Fe	Zn, Co, Ni, Cr, V

Tablo 1.10. Farklı iki toprak örtüsündeki bazı eser elementlerin dağılımları(mg/L toprak)

Toprak Grubu	İnce mineral toprak		Kaba anorganik toprak	
Numune sayısı	60		49	
Partikül ortalama yarıçapı (mm)	0,017		0,223	
Eser Element (mg/L toprak)	Toplam	NH ₄ Ac	Toplam	NH ₄ Ac
Kobalt	32	0,17	13	0,08
Bakır	33	0,62	16	0,29
Mangan	1489	31,7	709	8
Nikel	50	0,73	24	0,2
Kurşun	22	0,32	24	0,25
Çinko	69	0,31	48	0,41

Tablo 1.10' da farklı iki toprak örtüsündeki bazı eser elementlerin toplam ve amonyum asetatta (pH=4,65) çözünen miktarları verilmiştir. (Sillanpaö, 1972)

1991 yılında çıkan katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre bir yılda araziye verilmesine müsaade edilebilecek ağır metal yükleri Tablo 1.11' de gösterilmektedir.

Tablo 1.11. Katı atıkların kontrolü yönetmeliğine göre bir yılda araziye verilmesine müsaade edilebilecek ağır metal yükleri

Ağır Metal	Sınır Yük Değeri (g/hektar)
Kurşun	2000
Kadmiyum	33
Krom	2000
Bakır	2000
Nikel	330
Civa	42
Çinko	5000

1.5.Ağır Metallerin Topraktaki Davranışları

Ağır metallerin toprak kimyaları yeterince bilinmemektedir. Bazı ağır metallerin topraktaki çözünebilirlikleri $Cd > Ni > Pb \geq Cr$ şeklinde verilmektedir. (Carter,1993) Ağır metallerin taşınımları çoğunlukla yer altı suyundaki çözünebilirliklerine bağlıdır. Ağır metaller toprak mikroorganizmaları tarafından çökeltme, sorbsiyon, iyon değişimi ve organik madde fiksasyonu ile alınarak besin zincirine girmektedirler.

Kadmiyum, nikel, kurşun ve krom topraktaki demir ve alüminyum hidroksitlere ve toprağın organik maddesine bağlanmaktadır. Nikel çeşitli miktarlarda silika ki mineral bileşeni olarak mevcuttur. Fakat kadmiyumun yüzey silika minerallerinin kristal yapısı içerisinde olduğu durumlara rastlanmamıştır. Bu metaller arasında yalnızca kadmiyum toprak içerisinde değişebilir formda bulunur. Topraktaki kromun çoğunlukla kromid, Cr(III) ve Fe(II)'nin oksitlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Cr^{+3} , Fe^{+3} ve Al^{+3} arasında bir iyonik çapa sahiptir. Bu nedenle demir alüminyum oksitle birlikte kolayca çökebilir. Cr^{+3} 'ün toprak kimyası birkaç yönden Fe^{+3} 'üne ve birazda Al^{+3} 'üne benzerlik gösterir. Ekili topraklardan pH-redoks ilişkisi Cr^{+6} 'nın reaksiyonu ile Cr^{+3} oluşumunun etkin olduğunu göstermektedir. Çok toksik olan Cr^{+3} 'ün alkali topraklarda bu şekilde oluşumu asit topraklardan daha yavaş olmaktadır.(Carter, 1993)

1.6.Eser Elementlerin Biyolojik Sistemdeki Rolü

Mikronutrientler, canlıların ana yapı taşlarından değildir. Ancak yoklukları halinde, canlı yaşamında önemli aksamalara sebep olurlar. Bor ve molibden gibi anyon oluşturucu mikronutrient elementlerin bazıları enzim moleküllerinin yapısında yer alır. Bu tür elementleri n çok azı, bitkilerdeki temel işlevlerin yerine getirilmesinde gerekli enzimi sağlar. Bakır gibi bazı katyon oluşturucu elementler ise daha çok koenzim görevi yapar. Bunlar enzim moleküllerinin yapısında yer almadıkları halde enzimleri aktive ederler. Bakır, demir, mangan gibi farklı değerlerde olabilen bazı mikronutrientler, bitki metabolizmasındaki yükseltgenme-indirgenme reaksiyonlarında görev alırlar. (Thompson, 1973) Mesela kobaltın azot tespitini sağlayan enzimlerin aktivasyonu için gerekli olduğu (Sillanpää, 1972) , demirin klorofil yapımına katkıda bulunduğu

(Schneider ve ark., 1968), azot asimilasyonu ile nitrit ve sülfat indirgemesi için gerekli olduğu belirtilmektedir. (West, 1981) Bakırın ise bitki büyümesinde enzim aktivatörü olarak tesir ettiğine, mono ve polifenol oksit, laktoz, askorbik asit oksit gibi solunumdan sorumlu birçok yükseltgeyici enzimlerin yapısında bulunduğu, protein metabolizmasında ve klorofil yapımında (Stiles, 1961), RNA ve DNA sentezlerinde görev aldığına işaret edilmektedir. (West, 1981) Manganın klorofil yapımında ve bazı enzimlerde bulunduğu, fotosentez için gerekli olduğu, nitrat indirgemesinde katalitik olarak etkilediği, solunum zincirinde görev alan bazı enzimlerin ve protein sentezinden sorumlu enzimlerin yapısında bulunduğu belirtilmektedir. (Sillanpää 1972, West 1981)

Canlı yaşamında önemli bir tutan eser elementlerin canlı bünyesinde eser miktarda olmaları, onların organizmadaki görevlerinin de önemsiz olduğu anlamına gelmez. Buların çoğu hayati görevleri olan enzim ve vitaminlerin yapılarında bulunurlar. Mesela çinko ihtiva eden enzim, karbondioksit oluşumunu kontrol eder ve protein sindirimini sağlar. Bakır bir düzineden fazla enzimin yapısında bulunur. Kobalt DNA oluşumunu sağlayan enzimlerde ve amino asit metabolizmasında yer alır. (Frieden, 1972)

2. MİKROANALİZ METOTLARI

Topraktaki bir elementin veya bileşiğin analizi iki aşamadan oluşur.

1. Numunenin çözünürleştirilmesi
2. Analizin yapılması

2.1.Çözünürleştirme

Toprak numunelerindeki toplam element miktarının tayini için toprağın tam olarak çözeltilmesi alınması gerekir. Numunenin organik veya anorganik yapıda olması çözünürleştirme tekniği açısından önemlidir.

Organik yapılu maddelerin başında bitkisel ve biyolojik numuneler gelir. Bunların çözeltilmesi alınmasında en çok kullanılan metot yaş yakma veya asit çözünürleştirilmesi olarak anılan asitlerde çözme metodudur. Mesela Cd, Pb, Hg, Cu , Ni , elementlerinin AAS tekniği ile tayin edilebilmesi için numuneyi basınç altında HNO_3 ile çözmek gereklidir. (Varzu, 1972) Son dönemlerde uçucu olan Hg, As, Se vb. gibi uçucu elementlerin çözümlenmesinde mikrodalga yöntemiyle yaş çözünürleştirme tercih edilmeye başlanmıştır.

Organik maddelerin analize hazırlanmasında etkin yollardan biri de kületme metodudur. Bu yol ile organik matriksten kurtulunur. Kül kuvvetli bir asit ile veya eritiş ile çözeltilmesi alınarak analiz gerçekleştirilir. Kületme metodunun dezavantajlarından biri ise kütleme esnasında uçucu elementlerin uzaklaşması tehlikesidir. Hg, Pb, Cd, As gibi elementler yüksek sıcaklıklarda buharlaşabilirler. Hatta B, Cr, Cu , Fe , Ni , P , Na, Zn gibi elementler de metalik halde, klorürleri halinde veya organometalik bileşikleri halinde buharlaşabilirler. Kül edilen maddelerin türüne göre kül etme sırasında çözünmeyen veya çözünen bileşikler oluşabilir.

Yaş kületme metodunda, kuru kütleme sırasında görülen kayıplar hemen hemen görülmez. Ancak bu metodun en önemli dezavantajı kullanılacak kirlilikten gelen safsızlıkların numuneyi kirlenmesidir. Yaş kütleme metodunda kullanılan son yöntem olan mikrodalga ise belirli bir basınç ve sıcaklık altın numunelerin tamamen kapalı ortam içinde belirli asitlerle çözümlenmesidir. Bu yöntemin avantajları asit sarfiyatının az (8-10 ml) olması, düşük seyrelmeler yapılabilmesi, kısa sürede çözümlenme

yapabilmesi ve en önemlisi uçucu olan elementlerin kapalı sistem vasıtasıyla ortamdan uzaklaşmasının engellenmiş olmasıdır. Bu çözümlene sayesinde daha kesin ve hassas sonuçlar alınabilmektedir.

Anorganik yapılu numunelerin çözümlenmesinde asit parçalama ve eritiş metotlarından yararlanılır. Bu amaçla en çok kullanılan asitler der. HNO_3 , HCl , H_2SO_4 , ve HClO_4 'dir. En çok kullanılan eritişle çözümlenme asidik ve bazik eritişlerdir. Yalnız anorganik numunelerin çözümlenmesinde genellikle asit karışımları kullanılması tavsiye edilir. Bu amaçla örneğin HCl-HNO_3 veya $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$ gibi karışımlar tercih edilebilir. Toprak numunelerinin çözümlenmesinde hangi yöntemin uygulanacağı büyük ölçüde uygulanacak analitik yöntemle bağlıdır.

Numunenin çözümlenmesi analizin en önemli basamaklarından biridir. Tam olarak çözümlene alınabilme ise ancak toprağın uygun şekilde çözümlenmesi ile mümkündür. 2 tür çözümlenme vardır.

1. Asitle çözümlenme
2. Eritişle çözümlenme

2.1.1.Asitle Çözümlenme

Hem yükseltgen (HNO_3 , HClO_4 , der. H_2SO_4) hem de yükseltgen olmayan (HCl , HF , H_3PO_4 , sey. H_2SO_4 , HBr , sey. HClO_4 , Hac) asitlerle çözümlenme. Toprak numunelerinin tam olarak çözümlenmesinde asitlerin tek tek kullanılması genellikle iyi sonuç vermez. Bu sebepten iki veya daha fazla asit karışımları kullanılır. Ancak tam analiz yerine topraktaki birkaç elementin analizi gerekiyorsa, elementin ve toprağın niteliğine göre tek bir yükseltgen asit veya yükseltgen olmayan bir asit yeterli olabilir.

2.1.2.Eritişle Çözümlenme

Hem asidik hem de bazik olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Asidik eritişte bisülfat veya piro sülfat gibi bir bileşik kullanılır. Bazik eritişte ise NaOH , KOH , Na_2O_2 , Na_2CO_3 , H_2BO_3 gibi bileşikler kullanılır. Bu bileşikler tek tek kullanıldığı gibi beraber de kullanılabilir.

2.2.Ölçme Metotları

Analitik kimyada analiz teknikleri klasik ve aletli metotlar olarak iki grupta incelenir. Eser elementlerin analizinde kalitatif analiz için klasik, kantitatif analiz için ise aletli metotlar önem kazanmaktadır. Aletli metotlarla element analizi elementlerin çeşitli ayırt edici özelliklerinin ölçülmesi esasına dayanır. Eser elementlerin analizinde uygulanan metotlar çok çeşitlidir. Bunlar genel olarak şu şekilde sınıflandırılabilir.

1. Spektroskopik metotlar
2. Elektrokimyasal metotlar
3. Termokimyasal metotlar
4. Kromatografik metotlar
5. Diğer metotlar

Araştırma konumuzla ilgili olmadığından bu metotların tümünü burada incelemeyeceğiz. Araştırma konum uzla ilgili olan spektroskopik metotlar burada incelenecektir.

Spektroskopik metotlar içerisinde Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS) özellikle element analizleri için uygundur. Bu metot seçiciliğinin ve hassasiyetinin diğer metotlara göre daha yüksek ve aletin nispeten daha ucuz olması nedeniyle yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Öte yandan AAS' de duyarlılığın artırılması için çalışmalar devam etmiş, çeşitli cihazlar piyasaya sürülmüş ve sürülmektedir. Bunlar içinde bizim araştırmamızda kullandığımız Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP) de yer almaktadır.

2.3.Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS)

Işınların atomlar tarafından absorplanması 19.yüzyıldan beri özellikle fizikçilerin dikkatini çekmiştir. 1802 yılında Wollaston, 1814 yılında Frounhofer güneş ışınları spektrumlarını incelediklerinde çok sayıda siyah çizgilerin bulunduğunu fark etmişlerdir. Bu siyah çizgilerin nedeni ancak 1960 yılında Bunsen ve Kirchoff tarafından açıklanabilmiştir. Bu iki araştırmacı NaCl ihtiva eden bir alevin içinden sürekli ışın geçtiğinde ışığın sarı renkli bileşeninin kaybolduğunu görmüşlerdir. Böylece siyah çizgilerin güneşten yayılan sürekli ışının dıştaki soğuk güneş atmosferinde bulunan bazı elementler tarafından absorplanmasından meydana geldiği görüşü ortaya

atılmıştır. 1955 yılında Walsh ve aynı yılda Alkamade ve Millatz'ın çalışmalarına kadar AAS gerçekte doğmamıştır. O zamandan bu yana geçen süreçte AAS, en popüler ve en önemli analiz tekniklerinden biri haline gelmiştir.

Bütün bileşiklere uygulanabilen evrensel bir analiz tekniği yoktur. Elementlerin büyük bir kısmında atomik absorplama tekniği kullanılırken, diğer bir kısmında alevli emisyon, nötron aktivasyon analiz tekniği gibi tekniklerde kullanılmaktadır.

İlk ticari AAS aleti 1960 yıllarında piyasaya sürülmüştür. Bugüne kadar değişik firmalar tarafından değişik markalarda birçok model geliştirilmiştir. Bu alandaki gelişmeler iki yönde sürmektedir. Bir yandan daha hassas sonuçların alınmasını sağlayıcı yönden gelişmeler sürdürülürken, diğer yandan analiz sırasında karşılaşılan bir takım girişimleri ve zemin absorplamasını giderici yönde otomasyonu sağlayıcı yönde alet geliştirilmesine çalışılmaktadır. Mesela normal alevli atomlaştırıcılar yerine grafit fırın veya ark sistemlerinin kullanıldığı alevsiz atomlaştırıcılar, zemin absorplamasını giderici çeşitli zemin düzeltme teknikleri, uçuculuğu yüksek olan As, Se, Hg gibi elementlerin analizinde duyarlılığı arttıran soğuk buhar veya hidrür sistemleri, numunenin doğrudan alevle verildiği platin halka teknikleri gelişmelere örneklerdir.

AAS'nin kısımları şu şekildedir.

- 1: Işın kaynağı
- 2: Atomlaştırma Sistemleri
- 3: Monokromatör ve Dedektör
- 4: Kaydedici

2.3.1. Işın kaynakları

Oyuk katot lambaları AAS'de en çok kullanılan ışın kaynaklarıdır. Bu lambalar çok dar çizgi genişliğinde rezonans ışın kaynaklarıdır. Bu lambalar çok dar çizgi genişliğinde rezonans ışın yayar. Bu genişlik çoğu elementin AAS'de tayini için yeterlidir. Oyuk katot lambaları bir metal anot ve silindir şeklinde bir katot bulduran cam bir koruyucu içine alınmış lambalardır. İçleri 2 torr basınç altında inert Argon veya neon gazı ile doldurulmuştur. Anot titan, tantal veya tungsten gibi metallere yapılmıştır. Katot ise tayini yapılacak olan elementten müteşekkildir. Mümkün olan en yüksek saflıkta element kullanılmıştır.

Belli bir gerilim altında lamba 1-40 mA'lık akım aralığında çalışır. Anot ve katot arasında zayıf bir akım oluşur ve inert gazın iyonlaşması sağlanır. Katot metalinin atomları bombardıman sonucu yüzeyden koparılır ve temel haldeki bu atomlar inert gaz iyonları ile çarpışması sonucu uyarılırlar. Uyarılan elektronlar tekrar geri döndüğünde karakteristik dalga boyunda bir ışın yayarlar. Bu lambalar çalışırken bakıldığında çok sıcakmış izlenimini doğurur. Ancak katot sıcaklığı 300-400 °C'yi geçmez. Oyuk katot lambalarının ömürleri katot elementinin türü, kullanım süresi, uygulanan akım şiddeti gibi faktörlere bağlı olarak 1-2 yıl arasındadır. Oyuk katot lambalarında elementlerin tek bulunması gibi çoklu şekilde de katot oluşturulup multielement lambaları da piyasaya sürülmüştür. Diğer ışın kaynakları arasında buhar boşalım lambaları ve elektrotsuz boşalım lambaları sayılabilir. Tablo 2.1. de bu çalışmada AAS'de analizi yapılan elementler için kullanılan Oyuk Katot Lambaların dalga boyları ve akım aralıklarını vermiştir.

Tablo 2.1. Oyuk Katot Lambaların dalga boyları ve akım aralıkları

Element	nm	Slit aralığı	mA
Hg	253,7	0,5	4
Fe	248,3	0,2	10
Mn	279,5	0,2	5
As	197,2	0,5R	10
Cd	228,8	0,5	4
Pb	283,3	0,5R	10

ICP-OES cihazlarında ışın kaynağı kullanılmaz. Bu sistemde bir enerji şekli olan plazma içinde elementlerin son elektronlarının aldıkları yüksek enerji sebebiyle bir üst yörüngeye geçmesi ve burada kaldıkları kısa süreden sonra (10^{-7} - 10^{-12} saniye) tekrar eski yörüngelerine dönerken yaydıkları ışının ölçülmesi esasına dayanır. Oluşan bu ışınlar her elementin kendisine özgüdür ve insanlardaki parmak izi gibi adlandırılabilirler. Bu sırada plazma içerisinde oluşan enerjin ısı karşılığı yaklaşık 9000 °K'dir. Plazma ortamının oluşturulması için kullanılan gaz inert olan argondur. Ayrıca Azot gazı da yardımcı gaz olarak kullanılmaktadır. ICP cihazının AAS cihazlarına oranla en büyük avantajları metotta istenildiği kadar elemente aynı anda bakabilmesi ve bu işlemi AAS-Grafit tekniğine göre oldukça hızlı gerçekleştirmesidir. Aynı zamanda bu cihazla hem µg/L ve mg/L ölçümleri yapılabilmekte ve bu ikisi yine aynı anda

gerçekleştirilebilmektedir. AAS-Grafit tekniğine göre dezavantajları ise tespit limiti o kadar düşük değildir ve sarf malzeme ihtiyacı daha fazladır.

Cr, Cu, Ni, Zn için ICP-OES Optima 2000 DV cihazımızda kullanılan ölçüm parametreleri aşağıdaki Tablo 2.2. de verilmiştir.

Tablo 2.2. ICP-OES Optima 2000 DV cihazımızda kullanılan ölçüm parametreleri

Okuma Süresi	60 saniye		
Plasma (L/dakika)	18		
Aux (L/dakika)	0,4		
Nebuliser (L/dakika)	0,55		
Power (watts)	1450		
Plasma View	Axial		
View Dist	15		
Örnek Akış Hızı (ml/dakika)	1,5		
Ölçüm Şekli	Peak Area		
İntegrasyon	7 noktalı		
Flush Time (saniye)	10		
Element	Dalga Boyu (nm)	Alt Sınır (nm)	Üst Sınır (nm)
Cr	267,716	267,599	267,833
Cu	327,398	327,244	327,542
Ni	231,604	231,501	231,707
Zn	206,200	206,108	206,292

2.3.2.ATOMLAŞTIRMA SİSTEMLERİ

Atomik absorpsiyonun olabilmesi için araştırılan elementin temel haldeki atomlarının oluşturulması gerekir. Serbest atomların oluşumu ise atomlaştırıcılarda gerçekleşir. Çeşitli atomlaştırıcı isimleri mevcuttur. Bunlar alevli ve alevsiz olmak üzere iki grupta incelenir.

A: Alevli atomlaştırıcılar: Alevli sistemler çözelti halindeki anorganik numunelerin serbest atomlarının oluşturulmasında oldukça uygundur. Numune alevli sis (aerosol) halinde verilebileceği gibi platin halka veya Delvas Kabı gibi özel düzeneklerle de verilebilir. Numunedeki metalik iyonların tamamı veya bir kısmı serbest atomlarına dönüştükten sonra, bunların konsantrasyonları Atomik Emisyon Spektroskopisi (AES), Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (AAS) veya Atomik Floresans Spektroskopisi (AFS) ile kantitatif olarak ölçülebilir.

Atomlaşmayı sağlayan alev uygun yakıt/oksitleyici karışımı ile sağlanır. Bu karışımlarla 3500 °K'e varan sıcaklıklar elde edilebilir. Yanıcı gaz olarak propan, hidrojen ve asetilen, oksitleyici olarak da hava ve nitröz oksit kullanılmaktadır. Hava-asetilen alevi en çok kullanılandır. Ancak daha yüksek sıcaklıklar istenildiğinde nitröz oksit-asetilen alevi tercih edilir. Örneğin Sn analizinde. Hava-asetilen aleviyle normal olarak tayin edilen metaller Ca, Cr, Fe, Co, Mg, Cu, Zn , Mn sayılabilir. Bazı gaz yanmalı alevlerin karakteristik alev sıcaklıkları Tablo 2.3. de verilmiştir.

Tablo 2.3. Bazı gaz yanmalı alevlerin karakteristik sıcaklıkları

Oksitleyici (Yakıcı Gaz)	Yanıcı Gaz	Yaklaşık Sıcaklık(°K)
Hava	Doğal Gaz	2100
Hava	Metan	2150
Hava	Propan	2200
Hava	Hidrojen	2300
Hava	Asetilen	2550
N ₂ O	Asetilen	3200
N ₂ O	Hidrojen	2900
Hava	Bütan	2175
N ₂ O	Propan	2900
Oksijen	Propan	3125
Oksijen	Hidrojen	2950
Oksijen	Asetilen	3400
Oksijen	Doğal Gaz	3000
Oksijen	Bütan	3175

Numune çözeltisinin absorbands ölçmenin yapılacağı yerde atomik buharlara dönüştürülmesi nebulizer sistemleri ile gerçekleştirilir. İşlem sıvı numunenin sis veya aerosollara dönüştürülmesi, uygun aerosol büyüklüğünün seçimi ve oluşan aerosolların burnere verilmesi gibi işlemleri ihtiva eder. Alevli spektrometreler sıvı numunenin pinometrik olarak düzenli aerosollar halinde aleve verilmesi temeline dayanır. (Demir, 1986)

B: Alevsiz atomlaştırıcılar: Alevli sistemlerde numune çözeltisinin çok azının aleve ulaşabilmesi, az numune ile çalışmanın güç oluşu, katı numunelere uygulanabilirliğinin zor oluşu nedeniyle elektro termal atomlaştırıcılar geliştirilmiştir. Bugün en çok uygulanan elektro termal atomlaştırıcı, Massman tipi grafit fırınlardır. Ayrıca karbon çubuk ve flamanlar, numune kayıkçıkları ve metal flamanlar kullanılmaktadır. Grafit fırın sistemlerinde yürütücü gaz olarak inert olan argon gazı kullanılmaktadır. Numune

grafit fırın içinde bulunan küçük bir delikten fırın içine enjekte edilmekte ve işlem başlamaktadır. Bu sistemde 3 kademede işlem gerçekleşmektedir. Bu kademeler sırasıyla kurutma, külleme ve atomlaştırma basamaklarıdır. Bu çalışmada analizi yapılan analizler için (Pb, Cd ve As) kullanılan programlar aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 2.4. Pb için kullanılan program

Örnek İnjesiyonu		2 defa			
Modifier (Palladyum) Miktarı ($\mu\text{g/L}$)		2			
Toplam Numune Hacmi ($\mu\text{g/L}$)		20			
Örnek Hacmi ($\mu\text{g/L}$)		12			
Standart Konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$)		40			
	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Süre (saniye)	Akış (L/dakika)	Okuma Aşaması	Sinyal Alımı
1	95	5	0,3	Hayır	Hayır
2	100	40	0,3	Hayır	Hayır
3	125	5	0,3	Hayır	Hayır
4	550	5	0,3	Hayır	Hayır
5	550	1,1	0,3	Hayır	Hayır
6	550	2	0	Hayır	Evet
7	2400	1	0	Evet	Evet
8	2400	2	0	Evet	Evet
9	2400	0,1	0,3	Hayır	Evet
10	40	21,1	0,3	Hayır	Hayır

Tablo 2.5. Cd için kullanılan program

Örnek İnjesiyonu		1 defa			
Modifier (Palladyum) Miktarı ($\mu\text{g/L}$)		2			
Toplam Numune Hacmi ($\mu\text{g/L}$)		20			
Örnek Hacmi ($\mu\text{g/L}$)		12			
Standart Konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$)		4			
	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Süre (saniye)	Akış (L/dakika)	Okuma Aşaması	Sinyal Alımı
1	85	5	0,3	Hayır	Hayır
2	95	40	0,3	Hayır	Hayır
3	120	10	0,3	Hayır	Hayır
4	250	5	0,3	Hayır	Hayır
5	250	1	0,3	Hayır	Hayır
6	250	2	0	Hayır	Evet
7	1800	0,8	0	Evet	Evet
8	1800	2	0	Evet	Evet
9	1800	2	0,3	Hayır	Evet
10	40	21,1	0,3	Hayır	Hayır

Tablo 2.6. As için kullanılan program

Örnek İnjesiyonu		2 defa			
Modifier (Palladyum) Miktarı ($\mu\text{g/L}$)		5			
Toplam Numune Hacmi ($\mu\text{g/L}$)		20			
Örnek Hacmi ($\mu\text{g/L}$)		10			
Standart Konsantrasyonu ($\mu\text{g/L}$)		50			
	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	Süre (saniye)	Akış (L/dakika)	Okuma Aşaması	Sinyal Alımı
1	85	5	0,3	Hayır	Hayır
2	95	40	0,3	Hayır	Hayır
3	120	10	0,3	Hayır	Hayır
4	1400	5	0,3	Hayır	Hayır
5	1400	1	0,3	Hayır	Hayır
6	1400	2	0	Hayır	Evet
7	2700	0,6	0	Evet	Evet
8	2700	2	0	Evet	Evet
9	2700	2	0,3	Hayır	Evet
10	40	21,1	0,3	Hayır	Hayır

2.3.3.Monokromatör ve dedektör

Monokromatörün görevi absorplanan belli dalga boyundaki ışını diğer ışınlardan ayırmaktır. Işın ayırıcı olarak prizma veya optik ağ kullanılır. Ayrılan ışın elektrik sinyaline dönüştürülmek üzere dedektöre gönderilir. Şu anda en yaygın kullanılan dedektör Photomultiplier tüptür. Foto alıcılar vasıtasıyla elektrik sinyalleri dijital, analog veya bir yazıcıdan absorbands olarak verilir. Gerektiğinde bilgisayar bağlantısı ile doğrudan konsantrasyon okunabilir. Şu anda kullanılan sistemler bilgisayar bağlantı olmakta ve direkt konsantrasyon cinsinden sonuç vermektedir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1.Numune Toplama

Analiz yapılacak toprağın alınacağı yer, derinlik, numune toplama zamanı gibi faktörler önemlidir. Bu faktörlerde meydana gelebilecek değişiklik eser element konsantrasyonlarına etki etmekte ve hatalara sebep olabilmektedir. Bu yüzden numune toplamada belirli kriterlere dikkat edilmelidir. Bu sebeple TS ISO 10381-5 ve TS 9923 metotları dikkate alınarak numuneler toplanmıştır.

Bütün numuneler 2006 yılı yaz mevsiminin Temmuz ayı 2.cumartesi günü, 2006 sonbahar mevsiminin Ekim ayı 2.cumartesi günü, 2007 yılı kış mevsiminin Ocak ayının 2.cumartesi günü ve 2007 yılı ilkbahar mevsiminin Nisan ayının 2.cumartesi günü olacak şekilde toplanmıştır. Numunelerin numune alım yerinin hep aynı noktasından alınmasına özen gösterilmiştir.

Numuneler sekiz ayrı bölgeden alınmıştır. Numune istasyonları aşağıda verilmiştir.

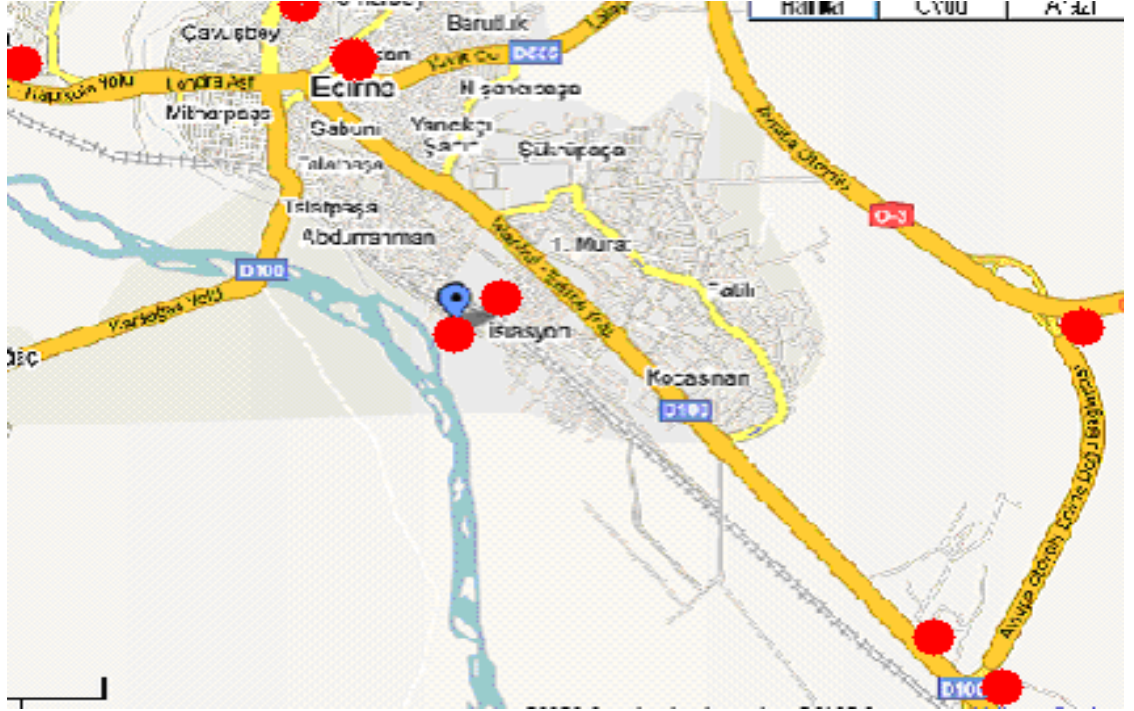
1. **İstasyon:** Kapıkule (Türkiye-Bulgaristan sınır kapısı)
2. **İstasyon:** Selimiye Parkı (Şehir merkezinde dinlenme yeri)
3. **İstasyon:** Otoban (Edirne-İstanbul Gişeler)
4. **İstasyon:** Terminal (Edirne şehirlerarası otobüs terminali)
5. **İstasyon:** Sarayıçi (Kırkpınar güreş alanı, dinlenme yeri)
6. **İstasyon:** Sanayi (Oto boya, tamirhane vb.)
7. **İstasyon:** Trakya Üniversitesi (Güllapoğlu yerleşkesi)
8. **İstasyon:** Tren istasyonu

Her bölgede yoldan 1 metre, 5 metre ve 10 metre uzaklıktan numuneler alınmış, her metreden ise 0-10 santimetre ve 10-30 santimetre derinlikten ayrı ayrı örnekleme yapılmıştır. Bu yöntemle toplam 384 ayrı örnek toplanmıştır. Her bir numune önceden nitrik asit ile yıkanmış olan 50 ml'lik viallere konularak laboratuara götürülmüştür.

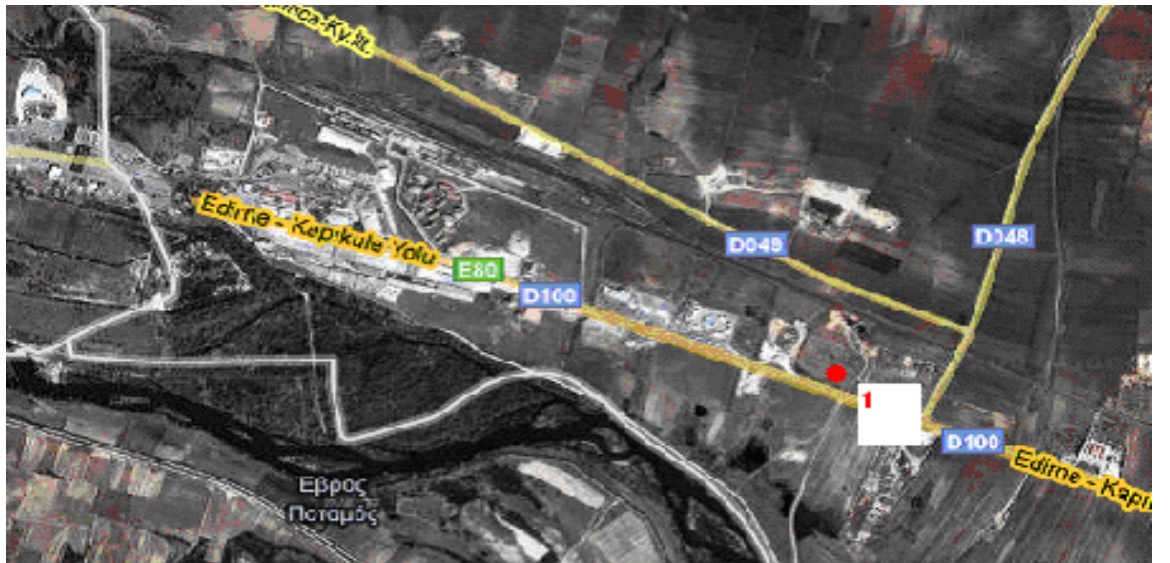
Aşağıdaki haritalarda numunelerin alındığı mevkiler ayrıntılı olarak belirtilmiştir.

Resim 1. Genel Edirne Haritası

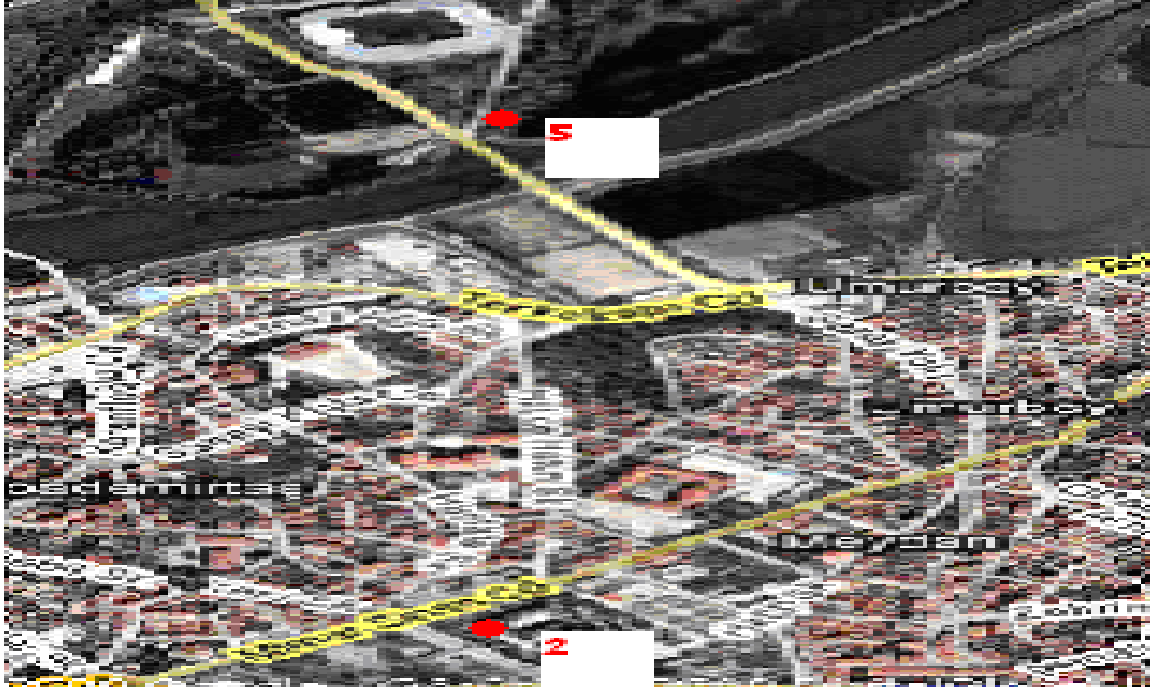
(Yuvarlak içine alınan yerler numunelerin toplandığı bölgelerdir.)



Resim 2. 1. Bölge (Kapıkule)



Resim 3. 2.Bölge (Selimiye Camii) – 5.Bölge (Sarayıçi)



Resim 4. 3.Bölge (Otoban)



Resim 5. 4.Bölge (Otogar) - 7.Bölge (Üniversite)



Resim 6. 8.Bölge (İstasyon) - 6.Bölge (Sanayi)



3.2. Numune Hazırlama

Her bir numune porselen havan içerisinde öğütülerek 200 mech'lik elekten geçirilmiş külsüz kaba süzgeç kağıdı üstünde etüvde 100-110 °C'da 2 saat kurumaya bırakılmıştır. Ardından 3-4 saat kuruması beklenen numunelerden 2'şer paralel 0,4'er gram mikrodalga vesselerinin içine tartılarak vesselere 8'er ml nitrik asit eklenmiş ve Antonpaar Multiwawe 3000 Mikrodalga çözümleme ünitesine konulmuştur. Her bir seferde 16 vessel işleme girmiştir. Cihaz içinde 210 °C sıcaklık ve 180 psi basınç 45 dakika sürecince numunelere uygulanmıştır. Çözümleme işleminden sonra numuneler 2 saat oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan numuneler 125 mm'lik mavi band süzgeç kâğıdından analitik huni yardımıyla tek kullanımlık 50 ml'lik viallere süzüldü. Süzgeç kâğıdında kalan tortu 3 sefer bidestile su ile yıkandı. Bu işlemden sonra numuneler 50 ml'ye bidestile su ile tamamlandı. Böylece analitik cihazlarımızda eser element bakılabilecek çözeltiler hazırlanmış oldu. Ancak bazı eser elementlerin konsantrasyonları yüksek olduğundan ayrıca seyreltmeler okuma sırasında gerekli görüldüğünde uygulandı.

3.3. Standart Çözeltilerin Hazırlanması

Her bir eser element için sertifikalı 1000 mg/L'lik Merck standartları kullanıldı. 1000 mg/L'lik bu standartlar ana stok olarak kabul edildi ve her bir eser element için gerekli seyreltmeler yapılarak kalibrasyonda kullanacağımız standartlar hazırlandı.

3.3.1. Hg standartları

Hg için ana stoktan 1ml alınarak 5 molar hidroklorik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede 10 mg/L'lik 1.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 1. Ara stoktan 10 ml alınarak 5 molar hidroklorik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede 1 mg/L'lik yani 1000 µg/L'lik 2.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 2.ara stoktan sırasıyla 1-2-3 ml alınarak üç ayrı 100 ml'lik balona eklendi ve 5 molar hidroklorik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede Hg için üç ayrı konsantrasyonda (10-20-30 µg/L) kalibrasyon standartları hazırlanmış oldu. Ayrıca 100

ml'lik ayrı bir balona 5 molar hidroklorik asit konularak kalibrasyon körü olarak kullanıldı.

3.3.2.Fe standartları

Fe için ana stoktan 1ml alınarak 3 molar nitrik asit ile 10 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede 100 mg/L'lik 1.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 1.ara stoktan sırasıyla 0,25-0,5-1-2-4 ml alınarak üç ayrı 100 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede Fe için beş ayrı konsantrasyonda (0,25-0,5-1-2-4 mg/L) kalibrasyon standartları hazırlanmış oldu. Ayrıca 100 ml'lik ayrı bir balona 3 molar nitrik asit konularak kalibrasyon körü olarak kullanıldı.

3.3.3.Mn standartları

Mn için ana stoktan 1ml alınarak 3 molar nitrik asit ile 10 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede 100 mg/L'lik 1.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 1.ara stoktan sırasıyla 0,5-1-1,5-2 ml alınarak üç ayrı 100 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede Mn için dört ayrı konsantrasyonda (0,5-1-1,5-2 mg/L) kalibrasyon standartları hazırlanmış oldu. Ayrıca 100 ml'lik ayrı bir balona 3 molar nitrik asit konularak kalibrasyon körü olarak kullanıldı.

3.3.4.Cr, Cu, Ni, Zn standartlarının hazırlanması

Bu elementlerinin ölçümü ICP-OES cihazında yapılacağından mix standart hazırlama yolu seçildi. Bu amaçla öncelikle her bir element için öncelikle ana stoklarından 1ml alınarak 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Hazırlanan 1.ara stoktan 10ml alınarak 100 ml'lik balonda 3 molar nitrik asit ile tamamlandı. Bu sayede 1 mg/L'lik 2.ara stokları hazırlandı. Ardından aşağıdaki tabloda görülen miktarlarda bu 2.ara stoktan standartlar alınarak 100 ml'lik balona 3 molar nitrik asit ile tamamlandı.

Tablo 3.1. Cr, Cu, Ni, Zn Standartlarının hazırlanması için alınan hacimler

100 ml'lik balon için	Cr (ml)	Cu (ml)	Ni (ml)	Zn (ml)
1.mix	1	2,5	1	2,5
2.mix	2,5	5	2,5	5
3.mix	5	10	5	10
4.mix	10	20	10	20

Bu tabloda örneğin 1.mix içinde 10 µg/L konsantrasyonunda Cr, 25 µg/L konsantrasyonunda Cu, 10 µg/L konsantrasyonunda Ni ve 25 µg/L konsantrasyonunda Zn elementi mevcuttur.

3.3.5.As standartları

As için ana stoktan 1ml alınarak 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede 10 mg/L'lik 1.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 1.ara stoktan 1 ml alınarak 10 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile tamamlama yapıldı. Bu sayede 1 mg/L'lik yani 1000 µg/L'lik 2.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 2.ara stoktan 5 ml alınarak 100 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede As için 50 µg/L'lik kalibrasyon standardı hazırlanmış oldu. Ayrıca 100 ml'lik ayrı bir balona 3 molar nitrik asit konularak kalibrasyon körü olarak kullanıldı.

3.3.6.Pb standartları

Pb için ana stoktan 1ml alınarak 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede 10 mg/L'lik 1.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 1.ara stoktan 1 ml alınarak 10 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile tamamlama yapıldı. Bu sayede 1 mg/L'lik yani 1000 µg/L'lik 2.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 2.ara stoktan 4 ml alınarak 100 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede Pb için 40 µg/L'lik kalibrasyon standardı hazırlanmış oldu. Ayrıca 100 ml'lik ayrı bir balona 3 molar nitrik asit konularak kalibrasyon körü olarak kullanıldı.

3.3.7.Cd standartları

Cd için ana stoktan 1ml alınarak 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede 10 mg/L'lik 1.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 1.ara stoktan 1 ml alınarak 100 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile tamamlama yapıldı. Bu sayede 100 µg/L'lik 2.ara stok hazırlandı. Hazırlanan 2.ara stoktan 4 ml alınarak 100 ml'lik balona eklendi ve 3 molar nitrik asit ile 100 ml'lik balonda tamamlama yapıldı. Bu sayede Cd için 4 µg/L'lik kalibrasyon standardı hazırlanmış oldu. Ayrıca 100 ml'lik ayrı bir balona 3 molar nitrik asit konularak kalibrasyon körü olarak kullanıldı.

3.4.Kalibrasyon Aralıkları

Elementlerin miktar tespiti için öncelikle cihazlarda miktar tanımlaması yapılması gerekmektedir. Bu amaçla cihaza örnekler verilmeden önce hazırlanan standartlarla cihazda tayini yapılacak element için kalibrasyon çizdirilmesi gerekmektedir.

Tayini yapılacak her element için kalibrasyon aralıkları cihaz hafızasında verilmiş olup ayrıca çalışma şartlarına göre operatör tarafından düzenlenebilmektedir.

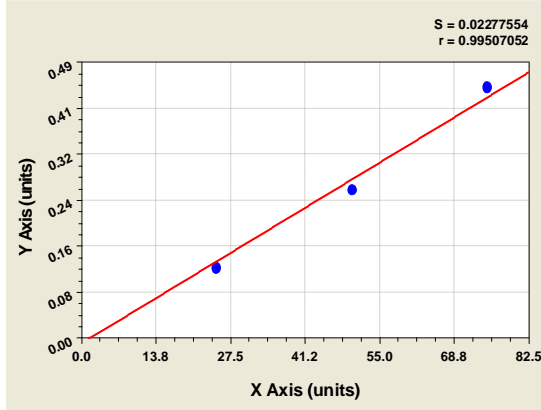
Aşağıdaki Tablo 3.2'de ölçümü yapılan elementlerin kalibrasyon aralıkları verilmiştir.

Tablo 3.2. Ölçümü yapılan elementlerin kalibrasyon aralıkları

	Kör	Standart 1	Standart 2	Standart 3	Standart 4
Fe (mg/L)	0	0,5	1	2	4
Mn (mg/L)	0	0,25	0,5	1	2
Hg (µg/L)	0	10	20	30	-
Cu (µg/L)	0	25	50	100	200
Cr (µg/L)	0	10	25	50	100
Ni (µg/L)	0	10	25	50	100
Zn (µg/L)	0	25	50	100	200
As (µg/L)	0	25	50	75	-
Pb (µg/L)	0	10	20	40	-
Cd (µg/L)	0	1	2	4	-

3.5.Kalibrasyon Grafikleri

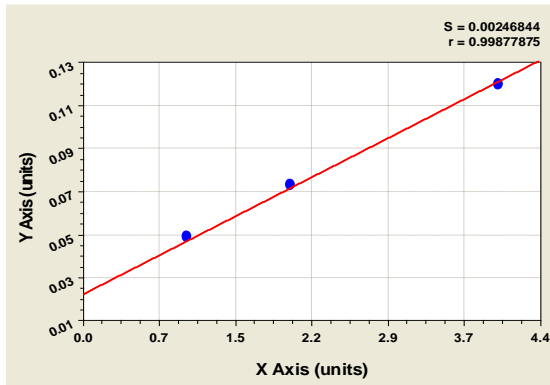
Grafik 1.As için kalibrasyon grafiği



Standart (ppb)	Absorbans 1	Absorbans 2	Absorbans Ort.
0	0,0068	0,0051	0,00595
25	0,1176	0,1316	0,1246
50	0,2550	0,2662	0,2606
75	0,4355	0,4493	0,4424

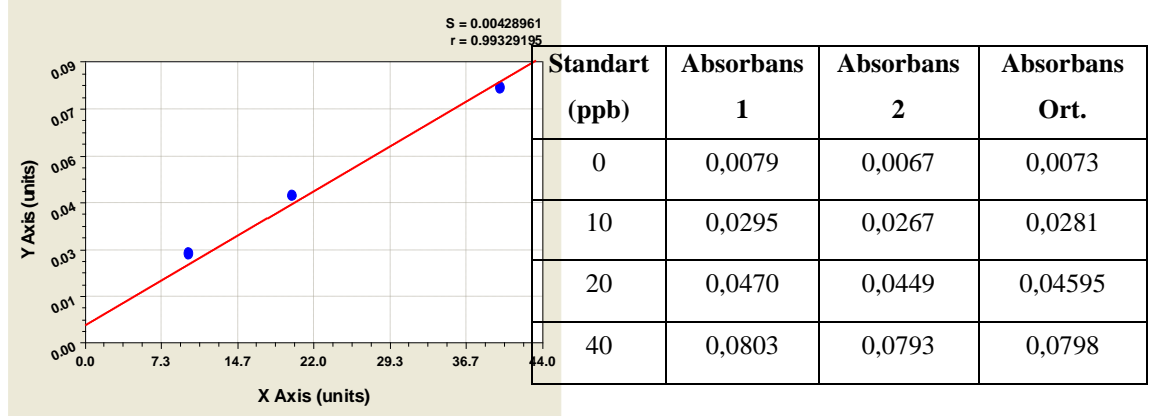
Tablo 3.3. As standartları için cihaz absorbans okumaları

Grafik 2. Cd için kalibrasyon grafiği

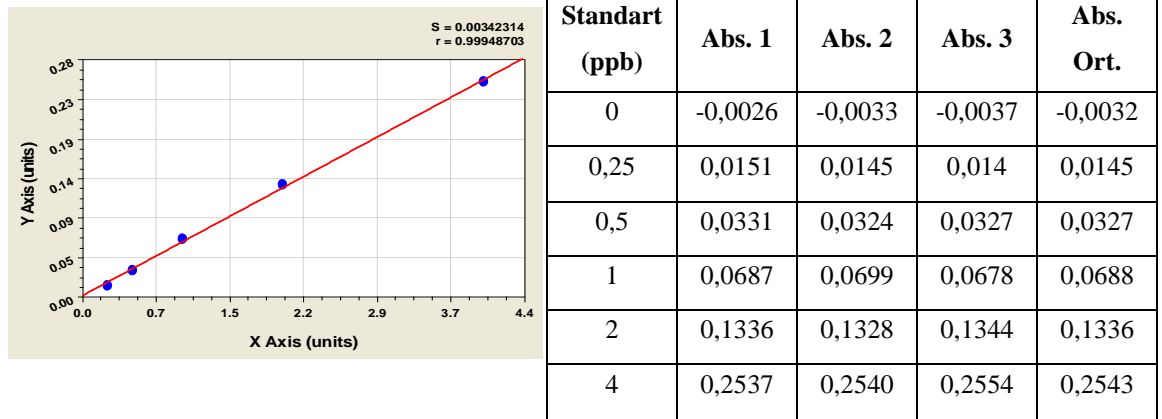


Standart (ppb)	Absorbans 1	Absorbans 2	Absorbans Ort.
0	0,0236	0,0236	0,0236
1	0,052	0,0514	0,0517
2	0,075	0,0747	0,07485
4	0,1198	0,1203	0,12005

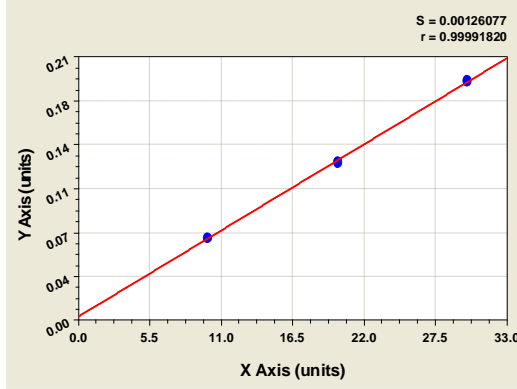
Tablo 3.4. Cd standartları için cihaz absorbans okumaları

Grafik 3. Pb için kalibrasyon grafiği

Tablo 3.5. Pb standartları için cihaz absorbans okumaları

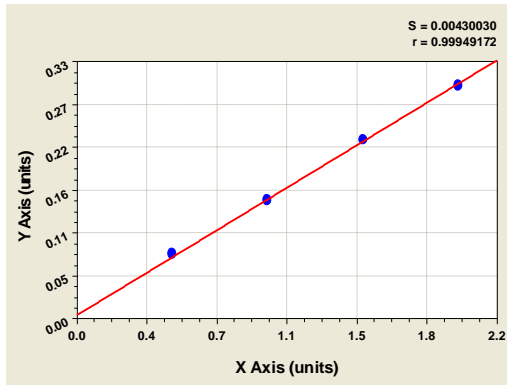
Grafik 4. Fe için kalibrasyon grafiği

Tablo 3.6. Fe standartları için cihaz absorbans okumaları

Grafik 5. Hg için kalibrasyon grafiği

Standart (ppb)	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Ort.
0	0,0038	0,0039	0,0035	0,0037
10	0,0644	0,0665	0,0663	0,0657
20	0,1212	0,1288	0,1296	0,1265
30	0,1859	0,1924	0,1955	0,1912

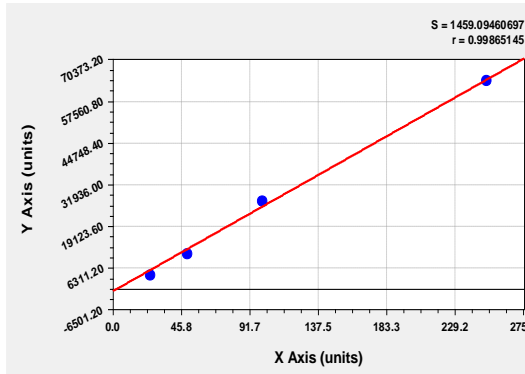
Tablo 3.7. Hg standartları için cihaz absorbands okumaları

Grafik 6. Mn için kalibrasyon grafiği

Standart (ppb)	Abs. 1	Abs. 2	Abs. 3	Abs. Ort.
0	0,0007	0,0004	0,0008	0,0006
0,5	0,0845	0,0835	0,0843	0,0841
1	0,1506	0,1518	0,1521	0,1515
1,5	0,2276	0,2277	0,2284	0,2279
2	0,2986	0,2993	0,2960	0,2979

Tablo 3.8. Mn standartları için cihaz absorbands okumaları

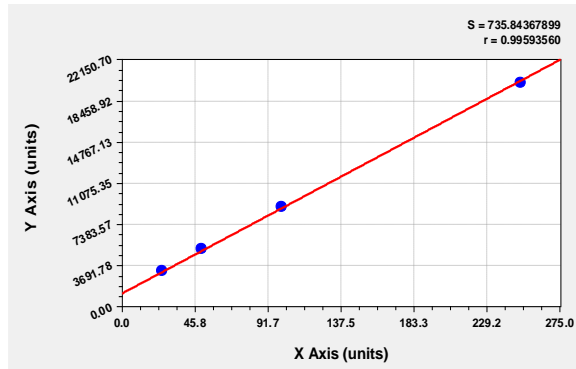
Grafik 7. Cu için kalibrasyon grafiği



Standart (ppb)	Count 1	Count 2	Count 3	Count Ort.
0	-133	-46	-106	-95
25	4375	4373	4318	4355
50	11056	10451	10836	10781
100	25782	28506	26946	27078
250	66731	66281	58889	63967

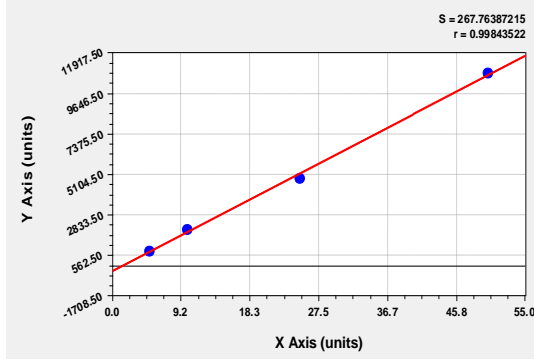
Tablo 3.9. Cu standartları için cihaz count okumaları

Grafik 8. Ni için kalibrasyon grafiği



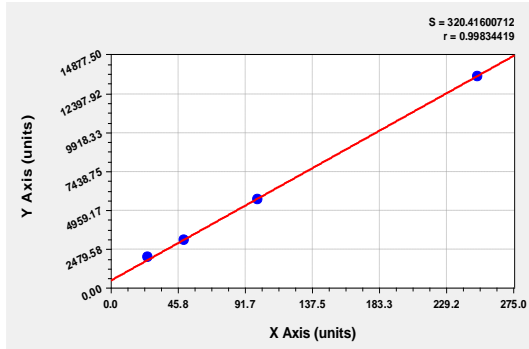
Standart (ppb)	Count 1	Count 2	Count 3	Count Ort.
0	1964	1996	1974	1978
25	2998	3541	3301	3280
50	5209	5269	5140	5206
100	8997	9243	8814	9018
250	19996	20712	19704	20137

Tablo 3.10. Ni standartları için cihaz count okumaları

Grafik 9. Cr için kalibrasyon grafiği

Standart (ppb)	Count 1	Count 2	Count 3	Count Ort.
0	-614	-435	-670	-573
5	732	780	849	787
10	1991	2023	2026	2013
25	4931	4766	4930	4875
50	9629	11399	11319	10782

Tablo 3.11. Cr standartları için cihaz count okumaları

Grafik 10. Zn için kalibrasyon grafiği

Standart (ppb)	Count 1	Count 2	Count 3	Count Ort.
0	923	769	855	849
25	1851	1984	2157	1997
50	3129	3012	3123	3088
100	5551	5814	5683	5682
250	13782	13537	13256	13525

T

Tablo 3.12. Zn standartları için cihaz count okumaları

3.6.Kullanılan Cihaz, Malzeme ve Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada incelenen eser elementlerden Hg, Varian marka AA 880 model Atomik Absorpsiyon Spektrometresine bağlı VGA-77 soğuk buhar sisteminde ölçülmüştür. As, Pb ve Cd elementleri Varian marka Zeeman zemin düzeltmeli grafit fırınlı AA 280Z model Atomik Absorpsiyon Spektrometresinde ölçülmüştür. Ni, Cu, Zn ve Cr elementleri Perkin Elmer marka ICP-OES Optima 2000 DV cihazında ölçülmüştür. Fe ve Mn elementleri ise Varian marka AASpectra 880 Flame Atomik Absorpsiyon Spektrometresinde ölçülmüştür.

Aşağıda bu çalışmada kullanılan alet, malzeme ve kimyasal malzemeler verilmiştir. Kullanılan enstrümantal cihazların resimleri Resim 3.1, Resim 3.2, Resim 3.3, Resim 3.4’de verilmiştir.

1. AAS Flame Cihazı AASpektra 880
2. AAS Grafit Cihazı Spektra AA280Z
3. ICP-OES Optima 2000 DV
4. Mikrodalga Çözümleme Ünitesi Anton Paar Multiwawe 3000
5. VGA-77 Soğuk Buhar Ünitesi
6. Elektronik Terazı
7. Etüv
8. Porselen Havan
9. Tek Kullanımlık Vialler (50 ml’lik)
10. Analitik Huni
11. Numune Vesselleri
12. Balon Jojeler (10,100’lük)
13. Porselen Spatül
14. Piset
15. Mavi Bant Süzgeç Kağıdı (125mm)
16. Bidestile Su Aleti
17. Kaba Süzgeç Kağıdı
18. Otomatik Pipetler (1-5-10’luk)
19. Der. Nitrik Asit (Merck)
20. Der. Hidroklorik Asit (Merck)

21. Sodyumborahidrat

22. Sodyumhidroksit

Resim 7. AAS Flame Cihazı AASpektra 880



Resim 8. AAS Grafit Cihazı Spektra AA280Z



Resim 9. ICP-OES Optima 2000 DV



Resim 10. Mikrodalga Çözümleme Ünitesi Anton Paar Multiwave 3000



4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Edirne şehir merkezinde yol kenarındaki topraklarda, As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr ve Zn içerikleri belirlenmiştir.

Şehirleşmede, endüstriyel aktivitelerde ve motorlu taşıtlarda insanlar bu metallere ihtiyaç duyarlar. Ancak bu metallerin belirli bir kısmından fazlasının kullanılması insanlar, hayvanlar ve bitkiler için toksik etki yapmaktadır. Topraklardaki bu metallerin fazlaca bulunması toksik niteliktedir.

Edirne’de düşük ve yüksek trafik yoğunluğu olan 8 ayrı bölgeden 48 toprak numunesi, 4 mevsimde de alınmıştır. Toplam alınan toprak numunesi 384 olup, 10 metal tayini yapıldığı için 3840 ölçümü yapılmıştır.

Bu sayede, mevsimsel değişikliklerin topraktaki element konsantrasyonları üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Mevsimsel değişikliklerin, toprakta bulunan element konsantrasyonları üzerinde kısmen etkili olduğu belirlenmiştir.

Her bölgede yoldan 1 metre, 5 metre ve 10 metre uzaklık mesafesinden numuneler alınmış, her metreden ise 0-10 santimetre ve 10-30 santimetre derinlikten ayrı ayrı örnekleme yapılmış olup, bu sayede toprakta bulunan metallerin ne ölçüde trafik kaynaklı olup olmadığının araştırılması yapılmış ve bazı istisnalar haricinde metallerin trafik kaynaklı olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlar her bir istasyon, her bir mevsim, yoldan uzaklık ve derinlikler ayrı ayrı göz önünde bulundurularak Tablo 4.1- Tablo 4.40 arasında verilmiştir. Tüm sonuçlar paralel iki numune çalışmalarının ortalama sonuçlarıdır.

Tablo 4.41’de elde ettiğimiz sonuçlar genel olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Tablo 4.42’de Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğince verilen sonuçlarla (pH> 6) karşılaştırılmıştır.

4.1.Aylara Göre As Sonuçları

Tablo 4.1. Temmuz 2006 As Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	3,685	4,507	2,398	4,149	3,59	4,206
Selimiye Parkı	0,888	1,158	1,201	1,26	0,99	1,323
Otoban	1,667	1,049	1,219	0,842	1,432	1,607
Terminal	1,188	0,876	1,21	1,404	1,132	0,897
Sarayiçi	1,52	1,278	2,01	1,984	1,87	2,215
Sanayi	3,786	1,858	1,115	5,205	1,418	1,183
Üniversite	1,466	2,977	1,388	1,173	0,822	2,321
İstasyon	3,15	1,816	1,107	1,219	1,667	1,342

Tablo 4.2. Ekim 2006 As Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	3,361	3,312	3,503	3,504	3,282	3,444
Selimiye Parkı	1,14	1,08	1,138	1,046	1,09	1,443
Otoban	1,401	1,082	0,958	0,744	1,388	1,213
Terminal	1,168	0,891	1,11	1,441	1,223	0,975
Sarayiçi	1,33	1,19	1,974	1,809	2,099	2,188
Sanayi	1,669	2,032	1,546	1,56	1,668	1,194
Üniversite	1,488	1,871	1,882	1,059	0,998	3,824
İstasyon	3,833	1,883	1,403	1,355	1,748	1,693

Tablo 4.3. Ocak 2007 As Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1,845	3,315	1,438	2,158	1,44	2,335
Selimiye Parkı	0,502	0,795	0,82	0,804	1,973	1,936
Otoban	1,974	2,048	2,19	2,413	1,945	2,123
Terminal	1,031	0,639	1,043	0,994	1,083	0,758
1Sarayıçi	1,356	1,078	1,829	1,745	1,938	2,153
Sanayi	1,195	2,358	1,194	1,208	1,829	0,951
Üniversite	0,995	1,895	0,978	0,493	0,34	1,436
İstasyon	1,058	0,918	0,39	0,445	0,811	0,78

Tablo 4.4. Nisan 2007 As Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1,362	1,59	0,74	1,478	1,597	1,402
Selimiye Parkı	0,727	0,585	0,513	0,669	0,644	0,572
Otoban	0,96	0,618	0,573	0,628	1,048	0,949
Terminal	0,593	0,703	0,667	0,805	0,585	0,561
Sarayıçi	0,733	0,635	1,499	1,442	1,319	1,819
Sanayi	0,678	1,526	0,613	0,722	0,821	0,651
Üniversite	0,749	1,473	0,708	0,666	0,57	0,886
İstasyon	0,978	0,234	0,37	0,467	0,236	0,416

4.2.Aylara Göre Cd Sonuçları

Tablo 4.5. Temmuz 2006 Cd Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,2303	0,2817	0,1499	0,2593	0,2244	0,2629
Selimiye Parkı	0,0555	0,0723	0,0751	0,0787	0,0619	0,0827
Otoban	0,1042	0,0656	0,0762	0,0526	0,0895	0,1004
Terminal	0,0742	0,0547	0,0756	0,0878	0,0707	0,0561
Sarayiçi	0,095	0,0799	0,1256	0,124	0,1169	0,1384
Sanayi	0,2366	0,1162	0,0697	0,3253	0,0886	0,0739
Üniversite	0,0916	0,186	0,0868	0,0733	0,0514	0,145
İstasyon	0,1969	0,1135	0,0692	0,0762	0,1042	0,0839

Tablo 4.6. Ekim 2006 Cd Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,1766	0,2606	0,2104	0,1692	0,2547	0,2573
Selimiye Parkı	0,0355	0,0417	0,1021	0,0905	0,0511	0,0572
Otoban	0,0865	0,0786	0,0674	0,0674	0,0542	0,0573
Terminal	0,0613	0,0473	0,0552	0,0697	0,048	0,0558
Sarayiçi	0,0277	0,0292	0,2649	0,2669	0,1822	0,18
Sanayi	0,1873	0,2123	0,3398	0,3205	0,0941	0,1008
Üniversite	0,0758	0,0523	0,0757	0,0743	0,0763	0,0405
İstasyon	0,1588	0,3808	0,1575	0,2033	0,0938	0,1033

Tablo 4.7. Ocak 2007 Cd Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,1611	0,1494	0,148	0,1545	0,2522	0,2434
Selimiye Parkı	0,0294	0,0312	0,0193	0,0192	0,0199	0,0202
Otoban	0,0775	0,0776	0,0741	0,0908	0,0863	0,0869
Terminal	0,0504	0,0443	0,0435	0,0445	0,0415	0,0452
Sarayiçi	0,0314	0,031	0,2623	0,265	0,1704	0,1815
Sanayi	0,2583	0,2293	0,329	0,3083	0,0925	0,0963
Üniversite	0,0617	0,052	0,0681	0,086	0,0786	0,0565
İstasyon	0,1415	0,1405	0,2123	0,0845	0,0716	0,0726

Tablo 4.8. Nisan 2007 Cd Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,1094	0,1702	0,1377	0,1321	0,1845	0,1927
Selimiye Parkı	0,0236	0,0216	0,0183	0,017	0,0133	0,0144
Otoban	0,0603	0,0698	0,0711	0,0684	0,0533	0,0656
Terminal	0,0349	0,033	0,0416	0,0383	0,0614	0,0592
Sarayiçi	0,0228	0,0247	0,2812	0,2864	0,1729	0,1718
Sanayi	0,2213	0,2378	0,2278	0,2698	0,0748	0,0754
Üniversite	0,0507	0,0558	0,0533	0,0429	0,0805	0,0727
İstasyon	0,194	0,2168	0,2183	0,1061	0,1061	0,1026

4.3.Aylara Göre Pb Sonuçları

Tablo 4.9. Temmuz 2006 Pb Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	2,563	3,753	2,633	2,164	2,756	2,575
Selimiye Parkı	4,314	8,431	4,598	2,75	3,044	7,816
Otoban	2,313	2,148	1,992	1,891	1,578	1,875
Terminal	1,359	1,609	2,008	1,695	1,313	1,063
Sarayiçi	3,516	4,098	18,97	17,7	9,427	8,541
Sanayi	3,525	1,734	2,764	2,489	3,864	3,544
Üniversite	1,648	2,641	1,852	1,461	1,25	1,977
İstasyon	2,156	2,039	2,063	2,461	1,539	1,781

Tablo 4.10. Ekim 2006 Pb Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1,405	5,32	4,193	1,168	4,043	3,772
Selimiye Parkı	5,4	7,583	7,518	1,15	3,833	9,03
Otoban	1,467	1,738	1,57	1,693	1,753	1,325
Terminal	0,708	0,453	0,252	0,258	0,292	0,293
Sarayiçi	0,183	4,947	23,36	22,76	13,89	13,97
Sanayi	4,915	2,763	2,603	3,298	4,578	4,662
Üniversite	0,88	0,955	0,948	0,87	0,883	0,903
İstasyon	0,837	1,45	1,257	1,66	1,393	1,33

Tablo 4.11. Ocak 2007 Pb Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1,321	2,471	2,121	1,838	9,179	6,688
Selimiye Parkı	5,403	5,335	7,073	7,338	5,662	6,312
Otoban	1,315	0,92	1,02	1,03	1,308	0,773
Terminal	0,883	0,818	0,821	0,799	0,785	0,778
Sarayiçi	1,805	3,39	28,33	27,78	8,757	8,91
Sanayi	3,533	3,617	3,588	3,568	5,548	5,362
Üniversite	1,097	1,055	0,81	0,597	0,578	0,688
İstasyon	0,957	0,78	0,852	0,67	0,462	0,707

Tablo 4.12. Nisan 2007 Pb Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	4,486	4,515	4,458	4,558	4,723	4,508
Selimiye Parkı	7,21	7,347	6,393	7,397	7,73	7,748
Otoban	1,498	1,5	1,545	1,62	1,49	1,78
Terminal	0,708	0,76	0,657	0,637	1,57	0,74
Sarayiçi	1,075	0,803	28,09	29,26	8,778	8,948
Sanayi	2,568	2,619	2,623	2,428	2,673	2,719
Üniversite	0,754	0,7	0,412	0,658	0,682	0,527
İstasyon	0,842	0,679	0,696	0,343	0,511	0,68

4.4.Aylara Göre Fe Sonuçları

Tablo 4.13. Temmuz 2006 Fe Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1606	1650	1656	1678	1656	1660
Selimiye Parkı	1583	1600	1596	1649	1596	1613
Otoban	1603	1614	1626	1628	1669	1678
Terminal	1595	1491	1650	1603	1593	1584
Sarayiçi	1696	1637	1688	1684	1673	1683
Sanayi	1650	1589	1642	1709	1684	1676
Üniversite	1659	1631	1654	1652	1654	1676
İstasyon	1645	1595	1567	1610	1550	1554

Tablo 4.14. Ekim 2006 Fe Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1772	1739	1748	1803	1833	1841
Selimiye Parkı	1862	1818	1786	1863	1878	1750
Otoban	1851	1809	1829	1821	1788	1770
Terminal	1775	1770	1765	1730	1763	1703
Sarayiçi	1813	1766	1716	1674	1722	1871
Sanayi	1782	1795	1785	1791	1761	1808
Üniversite	1789	1740	1692	1754	1828	1748
İstasyon	1757	1785	1747	1807	1714	1743

Tablo 4.15. Ocak 2007 Fe Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1559	1542	1533	1629	1613	1627
Selimiye Parkı	1588	1568	1507	1529	1523	1466
Otoban	1523	1507	1539	1527	1522	1511
Terminal	1587	1529	1428	1364	1379	1275
Sarayıçi	1251	1210	1012	1488	1502	1616
Sanayi	1535	1568	1518	1491	1570	1560
Üniversite	1558	1481	1372	1363	1388	1343
İstasyon	1354	1362	1333	1363	1312	1477

Tablo 4.16. Nisan 2007 Fe Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	1782	1748	1754	1792	1777	1765
Selimiye Parkı	1654	1772	1648	1758	1668	1756
Otoban	1748	1772	1771	1774	1773	1750
Terminal	1651	1688	1755	1762	1651	1644
Sarayıçi	1724	1763	1737	1732	1725	1728
Sanayi	1760	1651	1768	1712	1733	1723
Üniversite	1723	1788	1775	1770	1759	1706
İstasyon	1761	1648	1653	1753	1666	1635

4.5.Aylara Göre Hg Sonuçları

Tablo 4.17. Temmuz 2006 Hg Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,2638	0,2643	0,1556	0,2494	0,2763	0,17
Selimiye Parkı	0,2731	0,3131	0,3613	0,2875	0,4275	0,4106
Otoban	0,3475	0,2775	0,2413	0,2388	0,3706	0,2531
Terminal	0,36	0,2775	0,3838	0,4369	0,5731	0,5125
Sarayiçi	0,3306	0,4	0,5069	0,5688	0,9169	0,4656
Sanayi	0,3338	0,4838	0,4006	0,5263	0,5406	0,5669
Üniversite	0,4381	0,5556	0,4706	0,3031	0,3838	0,3225
İstasyon	0,3175	0,4244	0,6225	0,4131	0,3481	0,2225

Tablo 4.18. Ekim 2006 Hg Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,3438	0,245	0,3425	0,2669	0,2688	0,2719
Selimiye Parkı	0,2713	0,3119	0,3363	0,3494	0,3925	0,4450
Otoban	0,3563	0,2719	0,2769	0,2788	0,3613	0,2794
Terminal	0,3706	0,36	0,3625	0,4775	0,4813	0,4781
Sarayiçi	0,3569	0,365	0,4863	0,1856	0,0763	0,4913
Sanayi	0,3869	0,4819	0,3863	0,4813	0,4888	0,3525
Üniversite	0,3825	0,4075	0,3831	0,3994	0,3863	0,4094
İstasyon	0,5194	0,4081	0,4075	0,4056	0,4969	0,2788

Tablo 4.19. Ocak 2007 Hg Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,3281	0,3138	0,3138	0,3131	0,3125	0,3044
Selimiye Parkı	0,315	0,3044	0,3119	0,3156	0,3175	0,3044
Otoban	0,3331	0,2994	0,2794	0,3081	0,35	0,3138
Terminal	0,3706	0,3725	0,37	0,3681	0,4788	0,4825
Sarayiçi	0,3669	0,3681	0,4813	0,4813	0,48	0,4775
Sanayi	0,3506	0,4775	0,3706	0,4763	0,4763	0,37
Üniversite	0,3675	0,37	0,3688	0,3706	0,3588	0,36
İstasyon	0,3963	0,3856	0,3913	0,3925	0,4781	0,4769

Tablo 4.20. Nisan 2007 Hg Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	0,3038	0,3081	0,3081	0,305	0,3031	0,305
Selimiye Parkı	0,3056	0,3044	0,3563	0,3619	0,3631	0,3469
Otoban	0,3644	0,3038	0,3025	0,3013	0,3638	0,3025
Terminal	0,3656	0,3638	0,3556	0,3544	0,4556	0,4581
Sarayiçi	0,3531	0,3544	0,46	0,46	0,4625	0,4613
Sanayi	0,3531	0,4656	0,3525	0,4394	0,475	0,3519
Üniversite	0,3525	0,3531	0,3519	0,3513	0,3606	0,3631
İstasyon	0,4725	0,4175	0,4188	0,4169	0,4719	0,4713

4.6.Aylara Göre Mn Sonuçları

Tablo 4.21. Temmuz 2006 Mn Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	201,3	454,4	518,8	378,8	640	631,9
Selimiye Parkı	291,3	315	322,5	428,1	377,5	356,9
Otoban	307,5	371,9	370	378,8	463,1	465,6
Terminal	361,3	187,5	468,1	1155	361,9	369,4
Sarayiçi	603,	449,4	770,6	808,8	629,4	641,9
Sanayi	337,5	213,8	318,8	736,3	485,6	383,8
Üniversite	528,8	362,5	472,5	383,1	473,8	544,4
İstasyon	224,4	375,6	327,5	361,9	243,8	208,1

Tablo 4.22. Ekim 2006 Mn Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	272,5	616,7	646,7	500	870	861,7
Selimiye Parkı	416,7	391,7	379,2	586,7	475,3	434,2
Otoban	385	459,2	473,3	490,8	576,7	574,2
Terminal	485,8	279,2	576,7	1389,2	482,5	462,5
Sarayiçi	862,5	495	945	971,7	790,8	839,2
Sanayi	403,3	265,8	675	628,3	523,3	590,1
Üniversite	643,3	480	625,8	489,2	700,8	622,8
İstasyon	715	500,8	390	510	265,8	275

Tablo 4.23. Ocak 2007 Mn Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	263,3	552,5	585	458,3	781,7	774,2
Selimiye Parkı	369,2	361,7	347,5	524,2	385,8	350,8
Otoban	300	353,3	357,5	358,3	406,7	408,3
Terminal	306,7	191,7	396,7	930,8	330	313,3
Sarayiçi	544,2	320,8	619,2	647,5	533,3	567,5
Sanayi	257,5	168,3	243,3	579,2	383,3	295
Üniversite	372,5	277,5	353,3	261,7	360	349,2
İstasyon	405	269,2	208,3	257,5	135,8	129,2

Tablo 4.24. Nisan 2007 Mn Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	244,2	597,5	667,5	506,7	853,3	867,5
Selimiye Parkı	425	426,7	424,2	593,3	506,7	510,5
Otoban	420,8	505,8	500	504,2	590	590,8
Terminal	503,3	504,2	595	595,8	505	508,3
Sarayiçi	863,3	599,2	1019	1108	862,5	857,5
Sanayi	505,8	239,2	420	530	673,3	504,2
Üniversite	669,2	505,8	600	509,2	595	675
İstasyon	332,5	511,4	419,2	505,8	335	244,2

4.7.Aylara Göre Cu Sonuçları

Tablo 4.25. Temmuz 2006 Cu Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	23,86	25,62	25,95	32,54	24,08	25,26
Selimiye Parkı	23,16	23,1	19,04	18,31	18,24	17,87
Otoban	15,18	15,69	20,23	15,2	21,17	21,45
Terminal	11,04	6,12	17,94	17,82	10,5	13,34
Sarayiçi	35,46	29,43	84,49	80,49	54,94	62,16
Sanayi	29,07	17,31	23,8	53,74	36,32	32,7
Üniversite	20,21	15,48	17,44	17,44	17,7	18,73
İstasyon	35,58	23,59	24,56	17,94	18,12	18,32

Tablo 4.26. Ekim 2006 Cu Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	19,91	19,87	19,21	19,58	0	0
Selimiye Parkı	19,78	19,58	14,6	7,88	15,47	13,97
Otoban	13,08	12,8	17,68	13,27	17,62	17,42
Terminal	0	0	15,34	15,27	0	0
Sarayiçi	29,53	22,33	66,4	67,18	42,21	44,54
Sanayi	21,6	13,77	18,17	21,27	27,98	29,98
Üniversite	16,66	12,47	14,66	14,45	15,82	14,84
İstasyon	29,11	20,35	19,21	15,61	14,9	14,81

Tablo 4.27. Ocak 2007 Cu Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	17,02	17,04	16,46	16,9	0	0
Selimiye Parkı	17,4	17,56	13,07	13,45	13,27	12,27
Otoban	11,11	11,03	15,3	11,79	15,52	14,82
Terminal	0	0	23,54	13,44	0	0
Sarayiçi	27,89	21,54	64,89	25,6	41,11	44,29
Sanayi	21,51	13,62	17,66	41,72	27,52	28,5
Üniversite	15,96	11,78	13,45	13,41	14,25	13,7
İstasyon	26,69	18,38	17,26	13,92	13,29	13,33

Tablo 4.28. Nisan 2007 Cu Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	15,88	16,4	16	16,43	0	0
Selimiye Parkı	16,88	16,82	12,72	13,9	13,26	12,3
Otoban	16,38	16,85	14,98	11,22	15,07	14,47
Terminal	0	0	12,61	12,49	0	0
Sarayiçi	26,73	20,44	61,77	62,63	38,06	40,85
Sanayi	20,24	12,87	16,59	40,13	26,17	27,28
Üniversite	15,21	11,5	12,81	13,04	13,74	12,98
İstasyon	26,17	17,86	17,23	13,71	13,04	12,99

4.8.Aylara Göre Ni Sonuçları

Tablo 4.29. Temmuz 2006 Ni Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	109,2	133,4	213,5	202,8	177,9	197,8
Selimiye Parkı	60,37	61,74	58,04	66,74	57,69	62,97
Otoban	50,04	47,4	90,3	89,85	215,9	212,4
Terminal	44,43	15,54	72,1	64,1	44,45	46,94
Sarayiçi	74,6	66,69	101,9	96,14	106,1	129,1
Sanayi	455,8	229,8	116,2	1075	241	226,1
Üniversite	60,9	48,19	61,34	53,94	69,81	72,12
İstasyon	218,7	123	108,5	108,8	96,97	66,53

Tablo 4.30 Ekim 2006 Ni Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	121,3	149	239,4	242,3	209,9	226,7
Selimiye Parkı	69,9	69,2	67,2	3,5	318,8	64,3
Otoban	59,5	57,6	101,9	103,3	250,2	246,3
Terminal	50,9	51,9	82	70,6	50,4	48,9
Sarayiçi	81,6	75,9	110,3	102,5	108,5	139,7
Sanayi	236,1	232,7	230,6	111,1	232	248,8
Üniversite	66,4	56,4	67,5	56,8	96,3	80,5
İstasyon	235	160,3	125,3	127	113	69

Tablo 4.31. Ocak 2007 Ni Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	117,9	141,8	230,8	235,2	198,9	221,5
Selimiye Parkı	68,8	68,4	66,5	67,5	305,1	62,2
Otoban	54,9	55	97,8	99,2	238,3	238,4
Terminal	50,3	50,5	81	69,3	49,8	48,8
Sarayiçi	90,3	82,7	121,2	111,6	120,4	158,8
Sanayi	265	264,5	260,8	257,8	258	273,9
Üniversite	71,7	59,6	69,2	58,1	96,5	81,1
İstasyon	239,5	158,8	125,5	127,5	113	69,3

Tablo 4.32. Nisan 2007 Ni Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	102,2	127,6	204,5	209,6	177,4	200,3
Selimiye Parkı	62	61,2	61	65,7	277,8	58
Otoban	120,2	193,2	88,5	87,1	205,7	201,5
Terminal	42,9	42,3	65,7	55,9	40,4	40,4
Sarayiçi	74,7	67,3	100,4	91,8	98,2	129,7
Sanayi	218,3	216,4	217,4	213,3	219,9	230,5
Üniversite	61,3	50,5	58,6	50	83,3	69,8
İstasyon	211,5	136,9	108	108,4	98	60

4.9.Aylara Göre Cr Sonuçları

Tablo 4.33. Temmuz 2006 Cr Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	32,72	50,1	55,39	91,73	69,57	65,3
Selimiye Parkı	21,25	23,47	22,63	33,97	21,56	26,14
Otoban	25,43	24,04	41,34	35,88	104,43	84,12
Terminal	22,71	6,01	37,93	19,85	20,99	27,32
Sarayiçi	44,57	29,36	94,01	82,82	52,72	69,45
Sanayi	45,59	40,25	44,13	158,31	97,12	88,07
Üniversite	35,42	27,2	36,7	29,73	30,53	36,96
İstasyon	50,07	25,2	23,67	39,52	20,54	18,46

Tablo 4.34. Ekim 2006 Cr Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	24,78	38,06	38,08	69,8	55,86	54,31
Selimiye Parkı	16,43	18,08	17,41	13,08	18,36	18,32
Otoban	21,1	19,76	32,26	26,09	80,91	71,89
Terminal	18,72	12,96	32,32	15,98	16,52	19,67
Sarayiçi	30,38	22,24	62,7	63,63	34,5	51,96
Sanayi	50	29,01	28,59	34,55	73,87	78,42
Üniversite	30,38	19,12	30,43	22,83	25,59	23,64
İstasyon	19,42	32,62	20,22	32,21	16,35	16,03

Tablo 4.35. Ocak 2007 Cr Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	23,15	34,78	34,73	64,36	51,25	51
Selimiye Parkı	15,48	17,21	16,42	24,18	16,99	17,08
Otoban	18,58	18,72	29,49	24,23	76,82	64,96
Terminal	17,64	12,12	30,82	15,3	15,68	18,88
Sarayiçi	31,58	23,25	65,78	66,16	36,19	54,04
Sanayi	53,3	30,53	30,76	76,01	76,89	80,43
Üniversite	30,8	19,22	30,07	22,11	25,54	22,7
İstasyon	18,92	31,21	19,14	31,17	15,01	15,19

Tablo 4.36. Nisan 2007 Cr Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	20,62	32,35	32,31	59,11	47,56	17,54
Selimiye Parkı	14,49	15,74	15,41	23,23	15,85	15,65
Otoban	30	32,45	26,11	21,06	61,54	54,03
Terminal	14,68	9,57	23,7	11,97	12,39	15,22
Sarayiçi	24,88	18,79	54,58	55,78	30,01	45,34
Sanayi	45,08	25,75	25,81	65,12	67,16	70,13
Üniversite	27,45	17,15	26,03	19,75	23,51	20,2
İstasyon	16,9	27,83	17,4	27,68	13,75	13,75

4.10.Aylara Göre Zn Sonuçları

Tablo 4.37. Temmuz 2006 Zn Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	547,2	588,9	184,3	222	181,4	203,4
Selimiye Parkı	266,1	248,5	211,8	194	179,6	171,6
Otoban	168	154,8	130,5	129,9	172,2	171,9
Terminal	109,2	59,7	172,4	105,4	119,2	113,5
Sarayiçi	310,6	232,1	786,9	772,6	409,5	441,9
Sanayi	242,6	118,3	160,8	179,8	252,7	235,8
Üniversite	159,7	117,5	140,2	143,2	140,7	159,6
İstasyon	214,9	154,1	193,8	139,5	166,5	163,7

Tablo 4.38. Ekim 2006 Zn Sonuçları (mg/kg)

Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	569,5	642	194,5	257,3	192,3	248,9
Selimiye Parkı	275,3	273,7	236,8	127,9	191,9	171,8
Otoban	191,2	184,4	189,8	189,9	189,4	188,3
Terminal	192,1	196	191,5	188,1	192,3	185,7
Sarayiçi	319,6	253,4	733	746	373	460,7
Sanayi	222,5	168	168,5	81,1	251,1	243,5
Üniversite	180	183,8	186,1	185,1	199,5	187,4
İstasyon	188,7	201,5	194,4	200,6	192,2	189,7

Tablo 4.39. Ocak 2007 Zn Sonuçları (mg/kg)

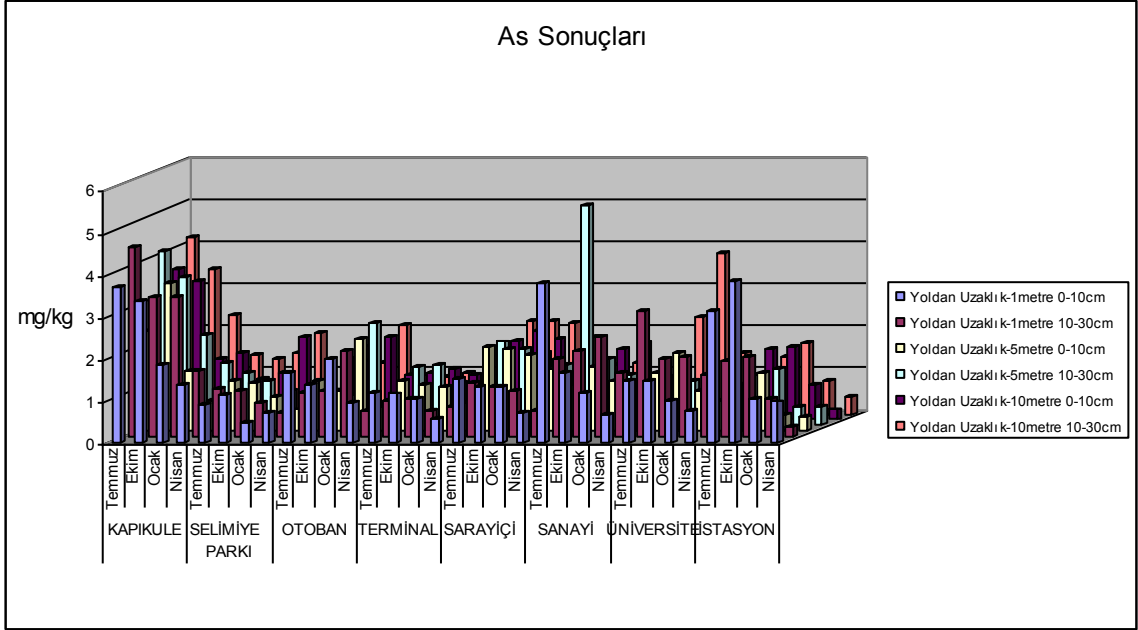
Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	577	629	194,7	255,7	193	252,9
Selimiye Parkı	282,8	278,6	245,4	254,6	193,2	172,8
Otoban	184,2	185,2	188,8	193	193,5	189,6
Terminal	199,2	198,3	195,9	193,7	198,8	192,3
Sarayiçi	361,7	291,9	866,8	862,8	451,4	539,5
Sanayi	265,2	202,6	202,4	196,7	296,1	276,3
Üniversite	205,2	202,1	201,7	195,6	203	196,1
İstasyon	197,6	208,3	201,9	202,7	198,5	194,7

Tablo 4.40. Nisan 2007 Zn Sonuçları (mg/kg)

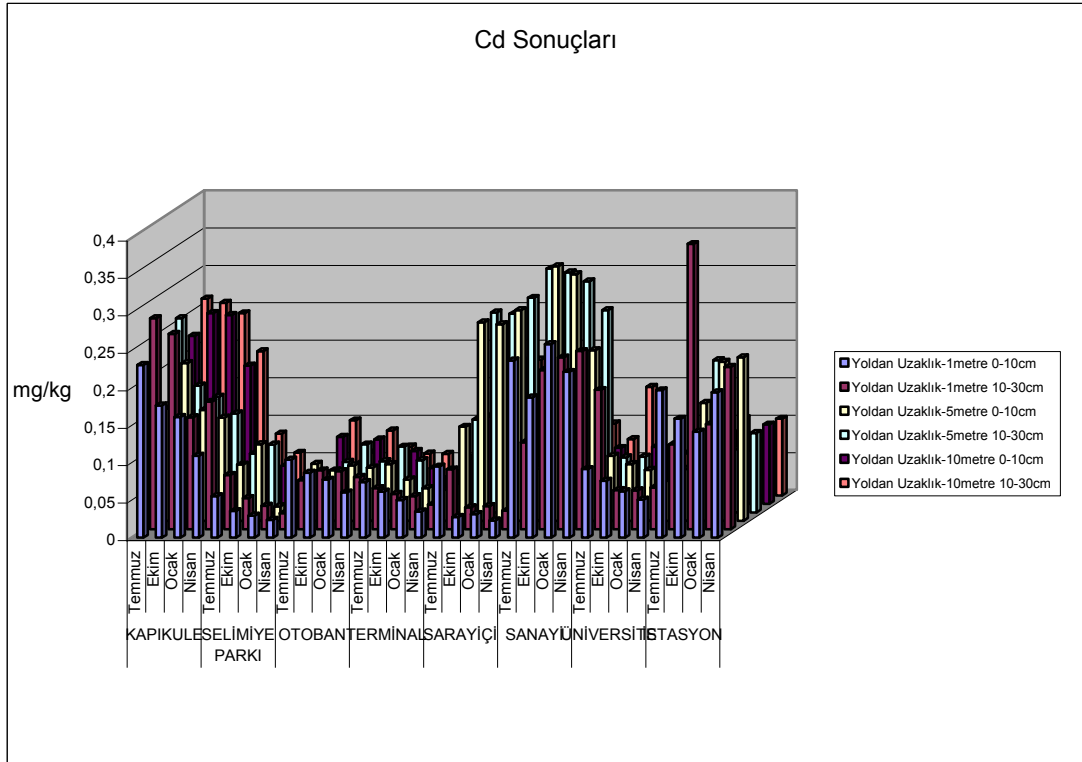
Çalışma Alanı	Yoldan Uzaklık-1m		Yoldan Uzaklık-5m		Yoldan Uzaklık-10m	
	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm	0-10 cm	10-30cm
Kapıkule	491	549,5	169	222,2	168,8	223,7
Selimiye Parkı	249,9	248,5	217,8	236,3	172,7	156,6
Otoban	392,1	258,9	161,5	163,4	154,8	150,1
Terminal	155	152,8	145,1	139,6	141,8	139,2
Sarayiçi	260	213,3	622,5	629	321,3	396,8
Sanayi	196,7	152,2	151,1	148,9	225,6	211,9
Üniversite	157,3	157,6	153,4	155,7	160,9	154,4
İstasyon	156,6	164,8	159,1	165,6	157,4	158,9

4.11.Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Sonuçların Element Bazında Grafikleri

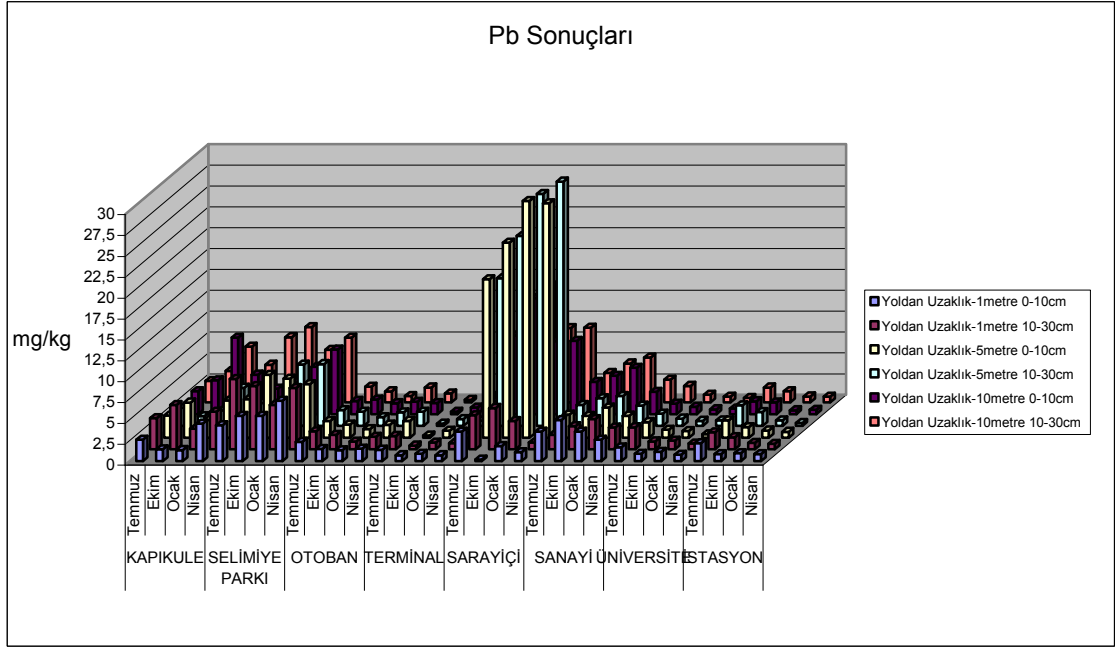
Grafik 11.Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle As Sonuçları grafiği



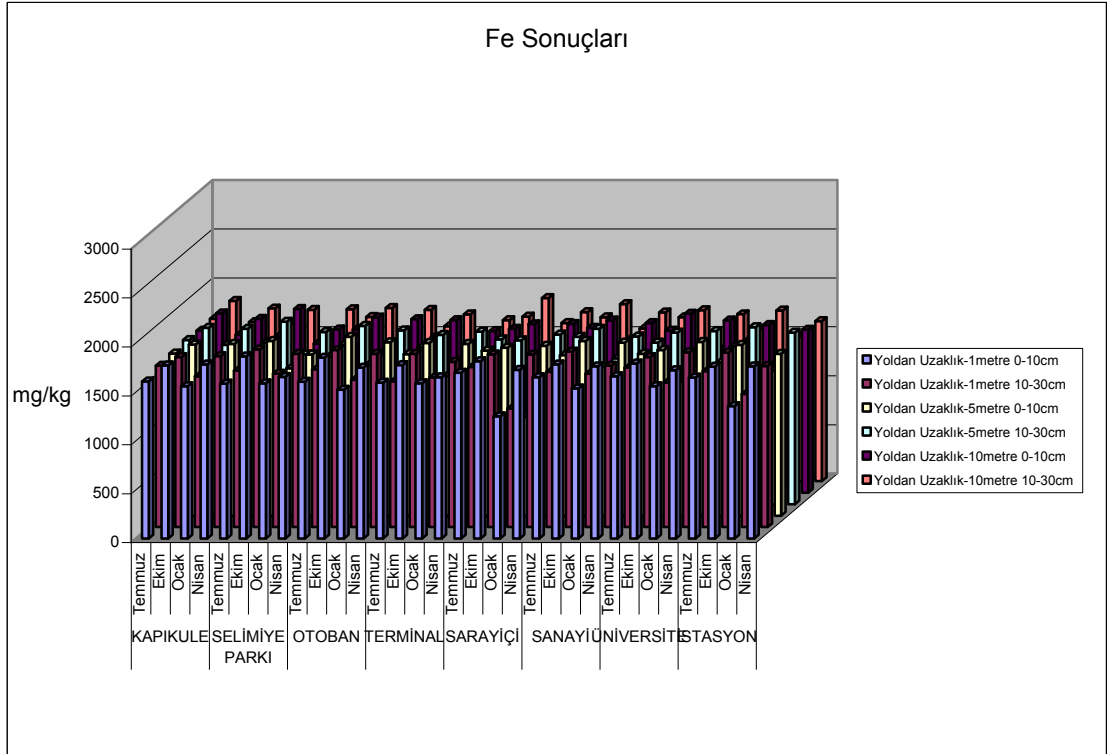
Grafik 12.Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Cd Sonuçları grafiği



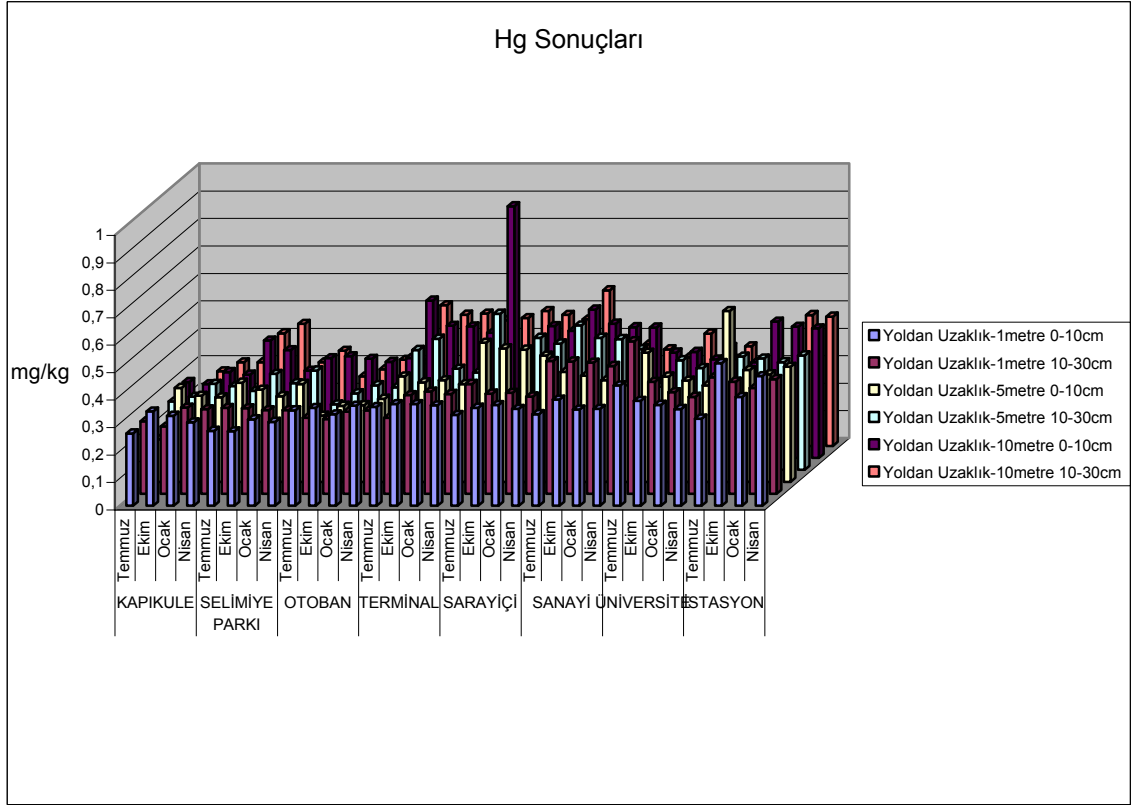
Grafik 13. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Pb Sonuçları grafiği



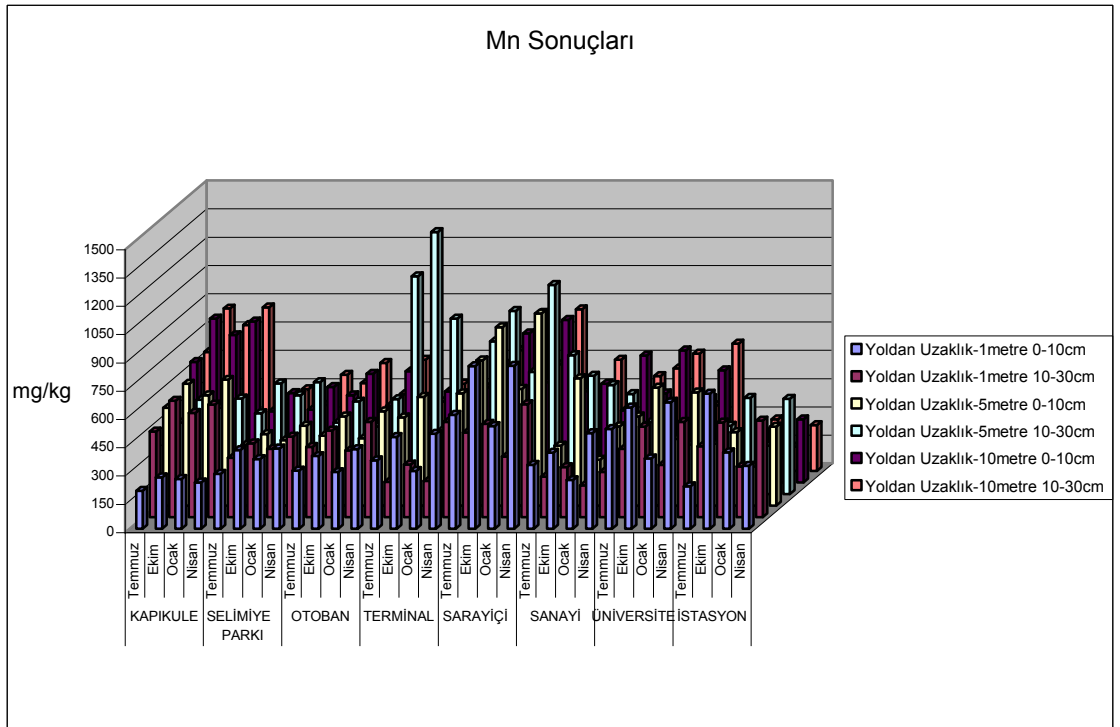
Grafik 14. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Fe Sonuçları grafiği



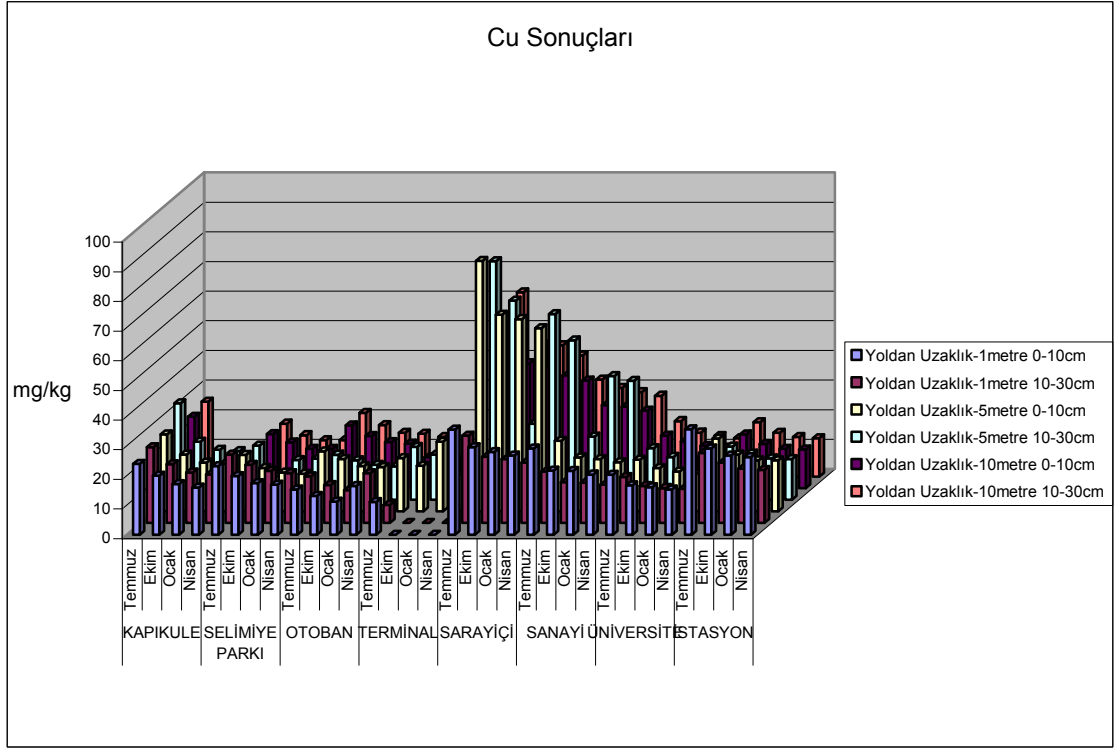
Grafik 15. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Hg Sonuçları grafiği



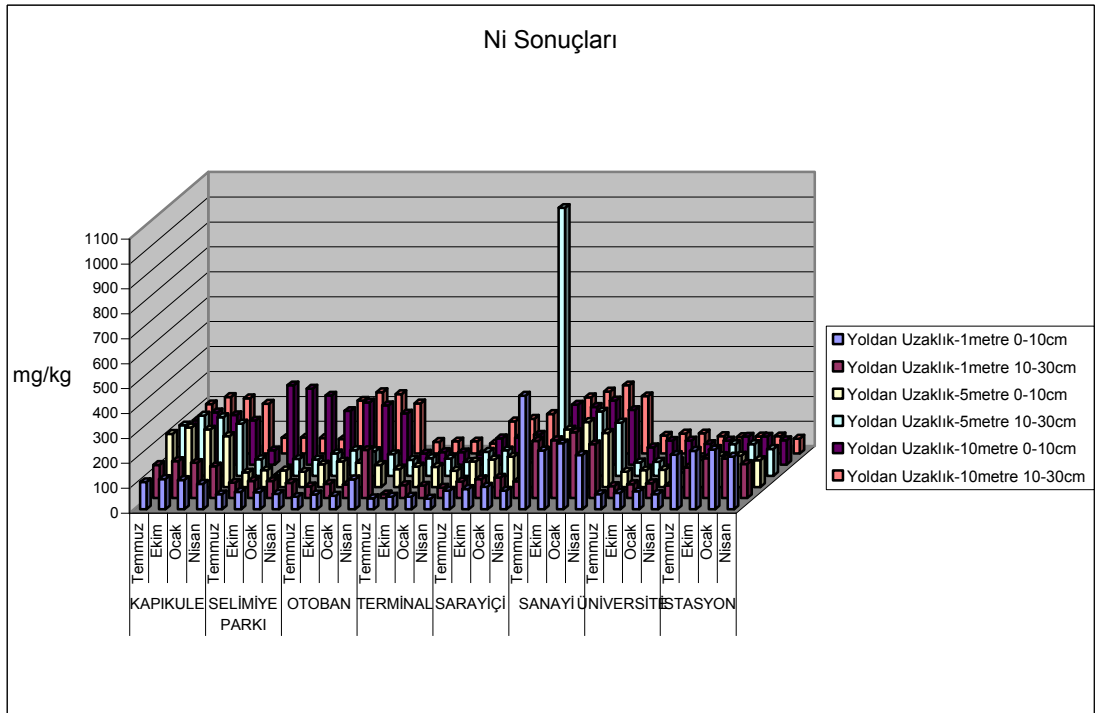
Grafik 16. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Mn Sonuçları grafiği



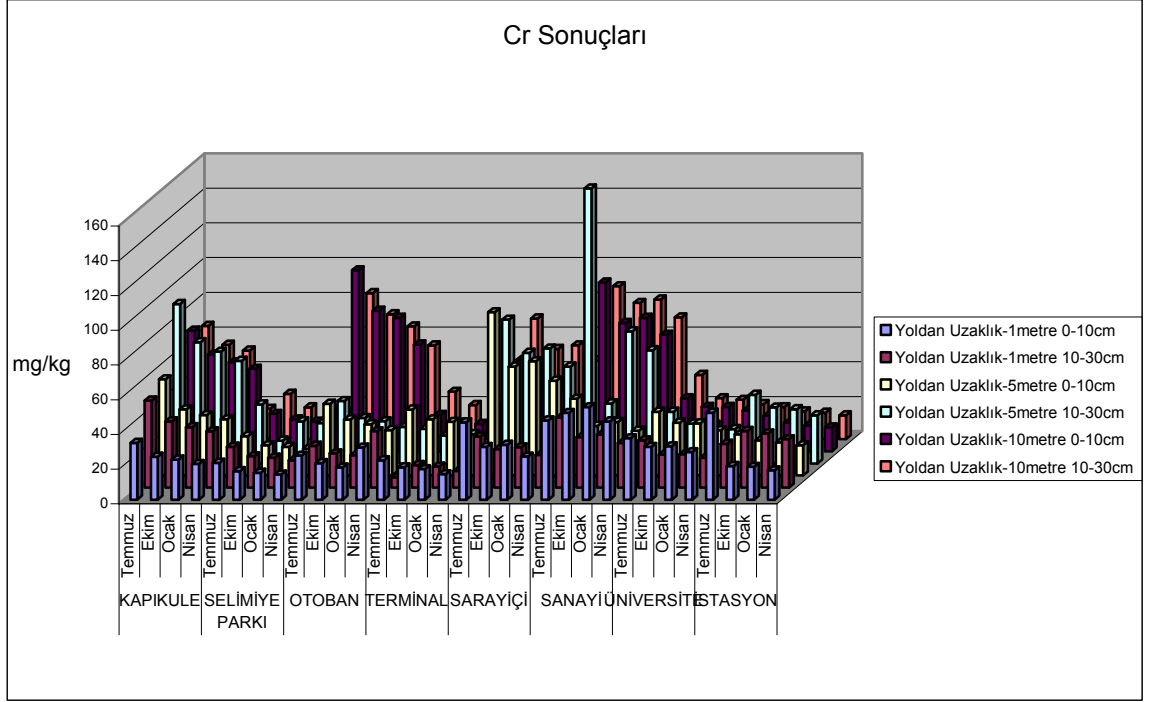
Grafik 17. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Cu Sonuçları grafiği



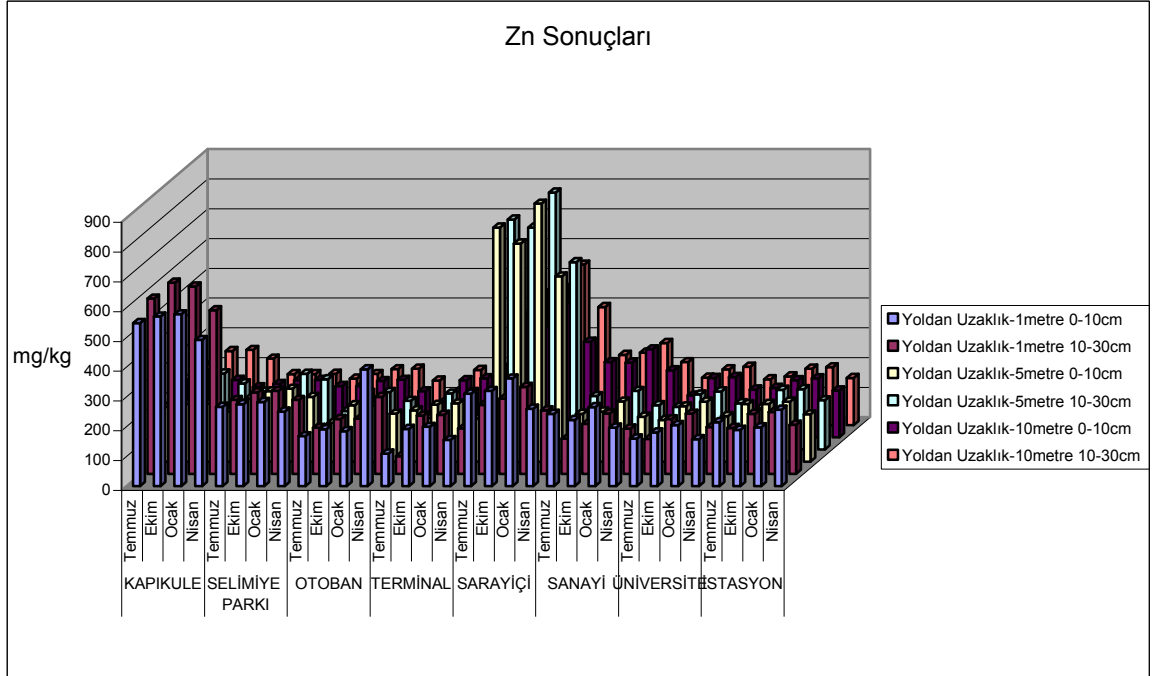
Grafik 18. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Ni Sonuçları grafiği



Grafik 19. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Cr Sonuçları grafiği



Grafik 20. Tüm İstasyonlarda Aylar itibariyle Zn Sonuçları grafiği



4.12. Edirne’de Toprak Numunelerindeki Ortalama Element Konsantrasyonları

Tablo 4.41. Analiz sonuçlarının genel değerlendirilmesi (mg/kg)

Çalışma Alanı	As	Cd	Pb	Fe	Hg	Mn	Cu	Ni	Cr	Zn
Kapıkule	2,651	0,1988	3,633	1698	0,2841	572,6	15,33	182,9	47,68	331,5
Selimiye Parkı	1,012	0,0438	6,079	1667	0,3369	416,6	15,99	91,01	19,09	219,0
Otoban	1,336	0,0742	1,547	1683	0,3072	442,1	15,38	133,5	42,71	186,4
Terminal	0,957	0,0539	0,885	1613	0,4112	510,8	6,64	53,31	18,70	161,5
Sarayıçi	1,625	0,1471	12,38	1629	0,4315	722,9	47,29	101,6	47,69	485,6
Sanayi	1,582	0,1910	3,399	1677	0,4328	431,6	25,81	272,1	58,95	202,0
Üniversite	1,352	0,0744	1,034	1645	0,382	493,9	14,90	66,66	26,37	171,9
İstasyon	1,221	0,1420	1,172	1599	0,4189	339,6	18,99	129,5	23,42	181,8

Tablo 4.42. Analiz Sonuçlarının Standart Sapma ve Relatif Standart Sapma Değerleri (As, Cd, Pb, Fe, Hg için)

Çalışma Alanı	As		Cd		Pb		Fe		Hg	
	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S
Kapıkule	1,11	0,42	0,03	0,18	0,77	0,21	97	0,05	0,03	0,13
Selimiye Parkı	0,26	0,25	0,02	0,61	0,9	0,14	128	0,07	0,01	0,05
Otoban	0,56	0,41	0,01	0,11	0,37	0,24	130	0,07	0,01	0,04
Terminal	0,22	0,23	0,01	0,22	0,46	0,52	142	0,08	0,01	0,03
Sarayıçi	0,26	0,16	0,02	0,15	1,35	0,1	191	0,11	0,08	0,19
Sanayi	0,65	0,41	0,02	0,15	0,73	0,73	105	0,06	0,02	0,06
Üniversite	0,49	0,36	0,02	0,28	0,52	0,52	159	0,09	0,02	0,06
İstasyon	0,74	0,61	0,03	0,24	0,63	0,63	170	0,11	0,02	0,05

Tablo 4.43. Analiz Sonuçlarının Standart Sapma ve Relatif Standart Sapma Değerleri (Mn, Cu, Ni, Cr, Zn için)

Çalışma Alanı	Mn		Cu		Ni		Cr		Zn	
	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S	S.S.	R.S.S
Kapıkule	72	0,12	7,3	0,47	13	0,07	9,1	0,19	23	0,06
Selimiye Parkı	59	0,14	2,6	0,16	20	0,22	3,8	0,2	12	0,05
Otoban	75	0,17	2	0,13	13	0,09	6,8	0,15	24	0,12
Terminal	84	0,16	4,1	0,61	6,2	0,11	3,2	0,17	39	0,24
Sarayiçi	157	0,21	7,1	0,15	9,2	0,09	10	0,21	63	0,13
Sanayi	84	0,19	4,3	0,17	82	0,3	13	0,23	26	0,12
Üniversite	126	0,25	2,1	0,13	5,8	0,08	4,4	0,16	26	0,15
İstasyon	94	0,27	2,8	0,14	10	0,08	4,3	0,18	18	0,1

Tablo 4.44. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6 mg/kg Fırın Kuru Toprak	pH>6 mg/kg Fırın Kuru Toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1,5 **

*pH değeri 7'den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50'ye kadar artırabilir.
** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Tüm bölgelerde As, Cd, Pb, Fe, Hg, Mn, Cu, Ni, Cr ve Zn konsantrasyonu sırasıyla: 0.957-2.651 mg/kg, 0.0438-0.1988 mg/kg, 0.885-12.38 mg/kg, 1599-1698mg/kg, 0.2841-0.4328 mg/kg, 339.6-722.9 mg/kg, 6.64-25.81 mg/kg, 53.31-272.1 mg/kg, 18.7-58.95 mg/kg ve 161.5-485.6 mg/kg aralığında tespit edilmiştir.

Türkiye-Bulgaristan gümrük kapısı olan Kapıkule, Sanayi ve İstasyon bölgelerinde, As konsantrasyonu diğer istasyonlara göre oldukça yüksek bulunmuştur. Topraktaki As konsantrasyonu 20 mg/kg olarak literatürlerde sunulmuştur. Çalışmamızın sonuçları bu değerlerin altındadır. As konsantrasyonlarında mevsimlere bağlı olarak değişimler gözlenmiştir. Bunun sebeplerinden birisinin, özellikle Temmuz ve Ekim aylarında toprak ekimi, sürümü ve ilaçlamanın bu bölgelerde yapılmasından kaynaklanabileceğidir. Diğer sebebi ise As, Ni, Cd ve Pb gibi bazı metallerin, fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere atılmasıdır. Ayrıca As ve Pb konsantrasyonları sarı, kırmızı yol çizgilerinden de kaynaklanabilmektedir (Ozaki ve ark., 2004). Temmuz ayında trafik yoğunluğunun oldukça fazla olduğu Kapıkule ve Sanayide bu metallerin fazla bulunması beklenen bir sonuçtur.

Cd, Fe ve Hg sonuçları tüm istasyonlarda sınır değerlerin altındadır. Ancak Cd özellikle Sanayi bölgesinde daha fazla olarak belirlenmiştir. Sanayi bölgesinde oto boya tamirhanelerin olmasından ileri gelmektedir. Ayrıca motorlu taşıtlar tarafından çevreye verilen emisyonlar özellikle araç lastiklerinin aşınmasından, yanan motor yağından ve en çok dizel yakıtlardan kaynaklandığı pek çok literatürde sunulmuştur. (Ozaki ve ark., 2004; Lagerwerf, 1971; Elik, 2000; Lagerwerf ve Specht, 1970; Shaheen, 1975; Harrison, 1979; Ndiokwere, 1984; Yassaoğlu ve ark. , 1987; Ferguson ve Kim, 1991). Fe konsantrasyonları bazı literatürlerde 7368 mg/kg ile 12477 mg/kg olarak verilmektedir ve çalışmamızın sonuçları bu değerlerin altında bulunmuştur.

Ağır metaller içerisinde en toksik olanı kurşundur. Kurşun tabiatta sülfid, oksit veya karbonat olarak çoğunlukla gümüş ile birlikte bulunur. Kurşun bileşikleri günümüzde sanayide akümülatör, elektrik kablosu, boya ve sır yapımında kullanılmaktadır.

Pb sonuçları özellikle Sarayıçi'nde diğer yerlere göre oldukça fazla bulunmuştur. Aynı şekilde Selimiye Parkı'nda da Pb sınırların altında olsa da diğer istasyonlara göre fazla bulunmuştur. Bunun sebeplerinden biri her iki bölgenin de dinlenme yeri olarak kullanılması, Selimiye Park'ının şehir merkezinde ve etrafının

yollarda çevrili olması dolayısıyla trafik hacminin ve motorlu araçların bu bölgelerde fazlasıyla olmasıdır. Diğer bir sebep ise, Sarayıçi'nde eskiden sarayların ve cephaneliklerin bulunmasından ileri gelebilir. Pirinç yada tunçtan yapılmış olan malzemeler, silah, zırh ve aletlerin (çekiç, makas, bıçak) toprak altında bulunmasından ileri gelebilir. Ayrıca Sarayıçi bölgesi nehir kıyısında olduğundan ve nehir her sene mutlaka taşıdığından dolayı, nehir içerisindeki metallerde toprak içerisine geçebilmektedir.

Mn konsantrasyonu Sarayıçi ve Kapıkule de toprakta bulunabilecek maksimum konsantrasyonlardan daha fazla tespit edilmiştir. Topraktaki Mn konsantrasyonları 340-530 mg/kg arasında çeşitlilik göstermektedir.

Tüm istasyonlarda, Ni konsantrasyonları sınır değerlerin üzerindedir. Özellikle dizel yakıt ve motor yağına katılan Ni (Nriagu, 1979) egsoz emisyonlarıyla atmosfere atılmaktadır. Sınır değerlerin üzerinde olan Ni kirliliği, dizel taşıtların etkisinden ileri gelmektedir.

Cu konsantrasyonu, Sarayıçi'nde diğer istasyonlara nazaran fazla bulunmuştur ancak sınır değerlerinin altındadır.

Kapıkule ve Sarayıçi'nde, Zn konsantrasyonu sınır değerlerinin üzerindedir. Zn araç lastiklerinin aşınmasından havaya verilmektedir. (Seaward ve Richardson, 1989) Ayrıca yakıt olarak kullanılan kömürün yanması sonucu da bu ağır metaller kirlenici olarak atmosfere katılmaktadır. (Onar ve Temizer, 1987) Ayrıca, katı atıklar ve arıtma çamurları özellikle çok yüksek Zn konsantrasyonuna sahiptir, bu tür materyallerin araziye verilmesi veya depolanması halinde topraklarda Zn birikmesi ve toksik belirtiler görülmektedir. Genel olarak şehirlerin yakınındaki topraklar, daha uzaktaki tarım topraklarından daha fazla çinko içerirler. Kentsel bölgelerdeki bu materyallerin miktarı doğal aşınma süreçlerinden dolayı yol tozlarında artmaktadır. Yol tozlarındaki bu artışın motorlu taşıtlardan kaynaklandığı açıklanmıştır. (Fergusson ve Kim, 1991; Harrison ve ark., 1981) Çünkü motorlu taşıtların lastiklerinde, motor yağlarında Cd ve Zn; motor alaşımlarında ise Cu, Ni, Fe ve Al gibi metaller kullanılmaktadır. Taşıtların motor alaşımları içindeki bu metaller aşınma sırasındaki egsoz gazları ve diğer partiküller ile birlikte dışarı atıldığı yayınlanmış bir bilgidir. (Bowen, 1979; Tong, 1990) Aşınmadan ve egsoz gazlarıyla dışarı atılan bu materyaller çevreye yayılmakta ve yol tozları içerisinde birikime neden olmaktadır. (Haktanır, Arcak, Erpul, 1994)

Cr konsantrasyonu Sanayi ve Otoban da sadece Temmuz ayında sınırı aşmıştır. Ayrıca Sarayıçi'nde sınırı yakın değerler elde edilmiştir.

Trafikten kaynaklanan kirletici elementler içerisinde en önemlileri kurşun, kadmiyum ve çinkodur. Kurşunun egzoz gazlarından, kadmiyum ve çinkonun ise araç lastikleri, yağlar ve diğer araç donanımlarından kaynaklandığı bilinmektedir. Ağır metallere Cd, Pb ve Hg en toksik olanlarıdır. Toprakların kirletici elementler ile yüksek derecede kirlenmelerinde genel olarak emisyon kaynaklarına olan yakınlıkları önemli bir rol oynamaktadır.

Elde ettiğimiz metal konsantrasyonlarının yol kenarından olan uzaklık mesafesi ile genel olarak azaldığı belirlenmiştir. Toprak altına belli derinliğe inildikçe de bazı istisnalar haricinde azalmalar olduğu belirlenmiştir. Mevsimsel değişikliklerin de bazı elementler için önemli olduğu gözlemlenmiştir.

Kent içinde kalan istasyonlar, kent dışındaki istasyonlardan yüksek ağır metal konsantrasyonu göstermektedir. Bu sonuç ağır metal kirliliğine yıldan yıla artan insani etkinliklerin sebep olduğunu kanıtlar.

Ağır metaller insan sağlığını, soluduğu havadan geçerek doğrudan; içtiği sudan, yediği gıdalardan dolaylı olarak etkilemektedir. (Ekşi, 1981) (Onar ve Temizer, 1987) Fakat en çok yol kenarlarında, kavşaklarda, refüjlerde yetişen bitkileri etkilemekte ve onlarda birikmektedir. (Türkan, 1982) (Öztürk ve Türkan, 1982) (Türkan, 1986) (Brown ve Wilkins, 1986) (Krishnayya ve Bedi, 1986) (Toker, 1990) (Bingöl, 1992) (Karademir, 1992) Düşük yoğunluklarda bitkinin kendisi etkilenmediği halde birikim yapmakta, birikim arttıkça toksik etki görülmektedir. (Gobbold ve Hutterman, 1986) (Hertstein ve Jager, 1986) (Wong ve ark., 1986) (Rappaport ve ark., 1987)

Sonuç olarak, ağır metaller toprakta doğal olarak vardır. Ancak aşağıdaki etkenler ağır metallerin miktarının artmasına neden olur:

- Sanayi (demir kullanmayan sanayi tesisleri, enerji santralleri, demir, çelik ve kimya sanayileri)
- Tarım (kirli suyla sulama ve yapay gübrelerin kullanımı gibi)
- Atıkların yakılması
- Fosil yakıtların yakılması
- Kara yolu trafiği

Tarım yapılan toprakların ağır metallere kirlenmesi ürün miktarının azalmasına yol açabilir. Ayrıca bu metaller tarım ürünlerinde yüksek miktarlarda birikebilir ve besin zincirlerine karışabilir. Bu durum da canlıların sağlığı açısından tehlikelidir. Çayır ve bozkırların olduğu alanlarda, ağır metaller daha çok en üstteki birkaç santimetrelilik bölümde birikir. Bu metaller, otlayan hayvanlar tarafından topraktan doğrudan alınır. Ağır metaller zehirlidir ve topraktaki canlılık etkinliklerini engeller. Bu metaller, toprakta onlarca hatta yüzlerce yıl kalabilir.

Ağır metallerin salımının azaltılması, bunların atmosferde ya da toprakta birikmesini önlemenin en kolay yoludur. Örneğin, otomobil kullanımının büyük ölçüde artmasına karşın kurşunsuz benzinin tercih edilmesi kurşun salımında azalmaya katkıda bulunur.

Yaşadığımız çevreyi üreten insandır, öyleyse ürettiği çevreyi koruyabilmelidir. Çevre Kanununun 3. Maddesi yurttaşlara hem mülkiyet hakkının sahibi olarak, hem de yaşadığı çevrenin değerlerini koruma yükümlülüğü altındaki bir kişi olarak önemli sorumluluklar yüklemiştir.(Keleş, 1997) Yurttaş olarak sorumluluğumuzu ancak haklarımızın bilincine vararak algılayabiliriz. Bilinçlenmenin yolu da yaşantının tümünü kapsayan düzeyli bir eğitim sürecinden geçmektedir.

KAYNAKLAR

1. Abdel, S.M.F., 1991. " Nickel accumulation parameters, coefficient of transfer tolerasans index and nitruent uptake by red clover grown on nickel pollution soil" Int. J. Environ, Stud., 37, 25-34.
2. Albasel, N. and Cottenie, A., 1985. "Heavy metal contamination near major highways, industrial and urban areas in Belgian Grassland" Water , Air and Soil Pollution, 24, 103-109.
3. Anna, Z. and Terzy Z., 1979. "Effect of dusts containing copper compounds on pollution of soil and surface waters" Woda Tech. Sarit, 53,176-178.
4. Aysan, H., 1999. "Adana-Tarsus güneyinde kalan bölgenin serbest akiferde ve topraklardaki ağır metal kirliliğinin saptanması", Adana.
5. Baucells, M., Lazort, G., Raura, M., 1985. "Determination of cadmium and molybdenum in soil extracts by graphite furnace AAS and Introductively Coupled Plasma Spectrometry", Analyst, 110, 1423-29.
6. Carter, M.R., 1993. "Soil sampling and methods of analysis", Canadian society of soil science, 19-24.
7. Cresser, M.S., Ebdon, L.C., Mclead, C.W. and Burrige, J.C., 1986. " Atomic Spectrometry update environment analysis", Journal of Anal. At. Spect., 1, 10-17 R.
8. Demir, M., 1986. "Toprak örneklerinde bazı eser elementlerin AAS ile tayininde halka tekniğinin yeri", Doktora tezi, Malatya.
9. Elik, A., Akçay, M., 2000. "Sivas kentinde ağır metal kirliliğinin yerel ve zamansal değişimi", Tr J. Engin Environ. Sci 24, 15-24.
10. Ergene, A.,1982. "Toprak ilminin esasları", Atatürk Üniv. Yay., Erzurum.
11. Fergusson, J.E., Kim, N.D., 1991. Sci total environ, 100, 125.
12. Foner, H.A., 1987. "Traffic lead pollution of some edible crops in Israel", The science of the total environment, 59:309-315.
13. Frieden, E., 1972. Scientific American, July, 52-60.
14. Güçer, Ş., 1981. "Atomik soğurum spektroskopisinin çevre kimyasındaki önemi ve sorunları", Profosörlük tezi, İzmir.
15. Gülbayoğlu, S., 1992. "Determination of lead contaminations in soil samples", İzmir.
16. Gündüz, T., 1994. "Çevre sorunları", A.Ü. Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Ankara, s 200.
17. Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G., 1995. "Yol kenarındaki topraklarda trafikten kaynaklanan ağır metal birikimi", Engineering and Sci. 19, 423-431.
18. Harrison, R.M., 1979. "Toxic metals in street and household dusts", Sci. Total Environ. 11, 89-97.
19. Hill, I.R., Wright, S.J.L.,1978. "Pesticide microbiology", Academic Pres, London.
20. Hinds, M.W., Jackson, K.W., Newman, A.P.,1985. "Electrothermal Atomisation AAS with the Direct Introduction of Slurries. Dtermination of Trace Metals in Soil"., Analyst, 110, 947-50.

21. İnel, Y., Sebuhteğin, H. ve Kurt, H., 1977. "Otoyol Boyunca Kurşun, Çinko ve Kadmiyum Birikimi", Tübitak VI. Bilim Kongresi Çevre Araştırmaları. 51-57, Ankara.
22. Jackson, K.W., Newman, A.P., 1983. "Determination of Lead in soil by graphite Furnace AAS with the direct introduction of Slurries", *Analyst*, 108, 261-64.
23. Jorhat, Oskar, Trank, Stranice, N.P., Cesky, Tesin, 1977. "Zinc emission and their unfavorable effect on plant production and crop quality", *Cristota Ourdusia*, 3, 10.
24. Karaca, A., 1997. "Erzurum topraklarında motorlu araç emüsyonlarından kaynaklanan ağır metal kirliliği", Erzurum.
25. Karamehmet, S., 1993. "Trabzon ve civarındaki topraklarda ağır metal içerikleri", Trabzon.
26. Keleş, R., 1997. "Çevre, yurttaş, sorumluluk", İnsan, çevre, toplum, İmge Kitabevi 2. Baskı, s. 416.
27. Khan, K.D., Frankland, B., 1983. "Chemical forms of Cd and Pb in some contaminated soils", *Environment pollution*, (B) 6, 15-31.
28. Kılıçel, F., 1992. "Çinkur çevresindeki topraklarda ağır metal kirliliğinin Atomik Absorpsiyon Spektrometri yöntemiyle tayini".
29. Kılıçel, F., 1996. "Van şehir merkezindeki yol tozlarında toksik ağır metal kirliliğinin araştırılması", Van.
30. Kor, M.N., 1974. Çevre Sağlığı ve teknolojisi, cilt 2, İstanbul.
31. Lagerwerff, J.W., 1976. "In agriculture and quality of our environment (N.C. Brady, Ed.) 85, 343-364", *Amer. Assoc. Avdan. Sci. Washington*.
32. Lagerwerff, J.W., Specth, A.W., 1970. "Contamination of roadside soil and vegetation with Cadmium, Nickel, Lead and Zinc", *Environ. Sci. Technolgy*. 4, 583-586.
33. Lau, M.W., Wong, M.H., 1982. "An ecological survey of lead contents in roadside dust and soils in Hong Kong", *Environ. Research*. 28, 39-54.
34. Madany, I.M., Ali, S.H., Akhter, M.S., 1990. *Environ. Int.* 16, 123.
35. Masshour, A.M., Seaward, M.R.D., 1991. "Heavy metal buradan of Yanbu Industrial City", Saudi Arabia.
36. Milberg, R.P., Lagerwerff, J.W., Browes, Donald, L., Biersdorf, G.T., 1980. "Soil lead accumulation alongside a newly constructed roadway", *J. Environ. Qual*, 9, 6-8.
37. Ndiokwere, C.L., 1984. *Environ. Pollut. (Series B)* 7, 35.
38. Nrigau, J.O., 1979. "Zinc in the Environment", *Canada*, 39-71.
39. Onar, A.H., Temizer, A., 1987. "Çevre kirliliğinin etkisinin ölçüsü olarak Cd ve Pb derişimlerinin idrarda tayini", *Doğa Türk Müh. Ve Çevre Derneği* 11(2) : 254-267.
40. Ozaki, H., Watanabe, I. and Kuna, K., 2004. "Investigation of the heavy metal sources in relation to automobiles", *Water, air and soil pollution*, 157, 209-223.
41. Örnektekin, S. 1997. "A study of heavy metal pollution from motor vehicle emissions and its effects on soil in İskenderun, North-East Mediterranean. 21, 45-79".
42. Ramade, F., 1974. *Elements d'ecologie appliquee*.
43. Roderer, G., 1984. "On the toxic effects of tetraethyl lead and its derivatives on the chrysophyte *Poteriochromonas molhamensis*".
44. Scheffer, 1989. *Schachtshabel, Lehrbuch der Bodenkunde*, Enke Verlag.

45. Schneider, E.O., Chesnin, L., Jones, R.M., 1968. "Fertilizer solutions", 12,18-24.
46. Seaward, M.R.D., Richardson, D.H.S., 1989. "Atmospheric sources of metal pollution an effects on vegetation. Florida".
47. Shaheen, D.G., 1975. "Environmental protection agency report", EPA 600/2-75-004, Washington, D.C.
48. Sillanpao, M.J., 1962. Sci. Agric. Soc. Finland, 34, 34-40.
49. Sillanpao, M.J., 1972. "Trace elements in soils and agriculture FAO" Roma.
50. Stiles, W., 1961. "Trace elements in plant", Universty Pres, Cambridge.
51. Şanda, M.A., 1993. "Konya ili merkezi ve çevre yollarındaki bitkilerde ağır metal birikimi", Konya.
52. Thomas, L.C., 1980."Toxic metals and their analysis", Heyden and Son Ltd..
53. Thomson, L.M., 1973. " Soil and soil fertility", Mc Graw-Hill, New York.
54. Türkan, İ., 1982. "İzmir ili merkezi ve çevre karayollarında yetişen bitkilerde kurşun kirlenmesinin incelenmesi", İzmir.
55. Ure, A.M., Mitchell, M.C., 1976. " Determination of cadmium in plant material and soil extracts by solvent extraction and AAS with a Carbon-Rod", Analytica Chimica Acta, 87, 283-290.
56. Varzu, M.E.,1972. At. Abs. Newsl. 11 (2) , 45.
57. West, T.s., 1981. Buseki Kaçaku, Special Issue, s. 103-115.
58. Yaman, S., 1995. "Karayolu kenar topraklarında kurşun kirlenmesi (Ceyhan-Adana)", Tr J. Of Engineering and Environmental Sciences, 19,303-306.
59. Yassoglou, N., Kosmas, C., Asimakopoulos, J., Kallianou, C., 1987. Environ. Pollut. 47,293.
60. Yetiker, N., 1998. "Adana yol tozlarında ve yol kenarlarındaki topraklarda ağır metal kirliliği", Adana.
61. TS ISO 10381-5, 2006. Toprak Kalitesi-Numune Alma-Bölüm 5: Kent ve Endüstri Alanlarındaki Toprak Kirlenmesinin İncelenmesi Kuralları.
62. TS 9923, 1992. Toprak Kalitesi-Yüzey Toprakta Numune Alma, Numunelerin Taşınma ve Muhafaza Kuralları.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Aydın'da doğdu. İlk ve orta öğrenimimi Aydın'da tamamladı. 2003 yılında Pamukkale Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden mezun oldu. 2004 yılından beri Tarım Bakanlığı'na bağlı olan İstanbul İl Kontrol Laboratuar Müdürlüğü Mineral Analizleri Şefliği'nde Kimyager olarak görev yapmakta. Evli ve 1 çocuk babası.

İletişim :

05556261182

02126633961/45

arikankocabas@gmail.com

arikankocabas@hotmail.com

