

T.C.

GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

140043

TEM OTOYOLU VE D100 KARAYOLUNUN
ÇAMLICA - SAKARYA ARASINDAKİ
KESİMİNDE, YOL KENARI BİTKİ VE
TOPRAK ÖRNEKLERİNDE TRAFİK VE
SANAYİ KAYNAKLI KURŞUN KİRLİLİĞİNİN
TESPİTİ

140043

Sezer MERT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Yrd.Doç.Dr. Salim ÖNCEL

GEBZE
2003

Sezer MERT'in tez çalışması, G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..21.../10/2003 tarih ve 2003/34 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE : Yrd.Doç.Dr. Salim ÖNCEL
(Tez Danışmanı)

ÜYE : Prof.Dr.Vefa AHSEN

ÜYE : Yrd.Doç.Dr.Güleda ENGİN

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..30.10.2003... tarih ve ..20.31.35... sayılı kararı.

İmza / Mühür
Prof. Dr. A. Temel ALIÇ
GYTE Mühendislik ve Fen Bil.
Enstitüsü Müdürü



ÖZET

Bu çalışmada, TEM otoyolu ve D100 karayolunun Çamlıca-Sakarya arasındaki kesiminde, yol kenarlarındaki toprak ve bitkilerde trafik ve sanayi kaynaklı kurşun kirliliğinin miktarları ve boyutları araştırıldı.

Araştırma konusu bitki ve topraklarda toplam kurşun içerikleri, aşağıda verilen miktarlarda bulundu.

D100 karayolu toprak örneklerinin kurşun içerikleri; 10.17 – 396.16 mg/kg (ort.8.22)

TEM otoyolu toprak örneklerinin kurşun içerikleri ; 9.94 – 424.08 mg/kg (ort.87.30)

D100 karayolu bitki örneklerinin kurşun içerikleri ; 2.54 – 143.73 mg/kg (ort.18.78)

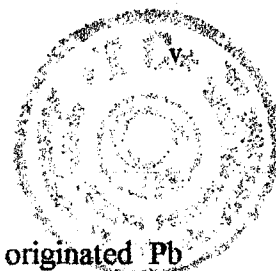
TEM otoyolu bitki örneklerinin kurşun içerikleri ; 2.73 – 25.98 mg/kg (ort.10.41)

Bitki ve toprakların toplam kurşun içeriklerinde, toprak derinliğine, yoldan uzaklığa ve yağış suları ile akışa geçebilecek miktarlara bağlı olarak belirgin değişimler saptandı.

Örnek alınan yerlerin kurşun değerleri ile o bölgelerin trafik yoğunluğu arasında ilişki bulunmuştur. Yüksek trafik yükünün olduğu yerlerdeki Pb içerikleri orta ve düşük yoğunlukta trafik yükünün bulunduğu yerlere göre oldukça fazla çıkmıştır.

Diğer bazı şehirlerdeki büyük yollar boyunca toprakta bulunan kurşun içerikleri; Nijerya'nın Ibadan şehrinde ortalama Pb 129±130 mg/kg (Fakayode and Olu-Owalabi, 2003), Kaliforniya'da ortalama Pb 170 mg/kg (Sutherland, 2003), Hırvatistan'ın başkenti Zagreb'te ortalama Pb 25.9 mg/kg (Romic and Romic, 2003) şeklinde rapor edilmiştir.

SUMMARY



In this study, the amount and extent of traffic and industry originated Pb contamination in the soil and plants at the roadside of Çamlıca-Sakarya section of TEM highway and D-100 road was investigated.

Total lead content of the soil and plants was found as follows

The lead content of the soil samples of D100 road; 10.17 – 396.16 mg/kg (ave.85.22)

The lead content of the soil samples of TEM highway; 9.94 – 424.08 mg/kg (ave.87.30)

The lead content of the plant samples of D100 road; 2.54 – 143.73 mg/kg (ave.18.78)

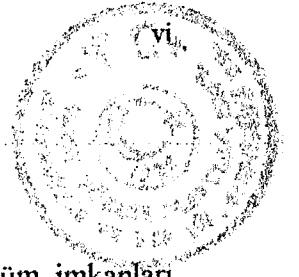
The lead content of the plant samples of TEM highway; 2.73 – 25.98 mg/kg (ave.10.41)

Significant variations in the total lead of the soil and plants samples was found depending on soil depth, distance from road and runoff due to rainfall.

The levels of the lead in relation to the traffic density at the sampling location. Content of the lead at the high density sections were significantly higher than the corresponding levels at the medium and low traffic density sections.

There have been reports of certain levels of lead in soil along major roads in several other cities; average Pb levels of 129 ± 130 mg/kg in Ibadan city, Nigeria (Fakayode and Olu-Owalabi, 2003), average Pb 170 mg/kg in California (Sutherland, 2003), average Pb 25.9 mg/kg in Zagreb city, Croatian (Romic and Romic, 2003) was reported.

TEŞEKKÜR



Tez konusunu bana öneren ve bu çalışmayı yapabilmem için tüm imkanları sağlayan değerli hocam sayın Yrd.Doç.Dr. Salim ÖNCEL'e en derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Ayrıca zorlu numune alma işlemlerimde yardımını benden esirgemeyen sevgili eniştem Mehmet Ali GÜNDOĞAN'a, en zor anlarımda maddi ve manevi olarak her zaman bana yardım eden, bu tezi bitirebilmem için daima beni destekleyen ailem ve ağabeyim İlker MERT'e de teşekkürü bir borç bilirim.



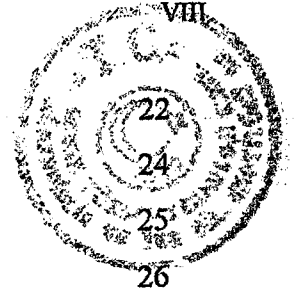
İÇİNDEKİLER DİZİNİ



Sayfa

ÖZET	IV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ	XI
GRAFİKLER DİZİNİ	XII
HARİTALAR DİZİNİ	XIII
RESİMLER DİZİNİ	XIV

1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. İnsan Sağlığı Açısından Kurşun Kirliliği	8
1.2.1. Kurşunlu Benzinin Trafik Polislerinin Sağlığı Üzerindeki Etkileri	10
1.2.2. Kurşunlu Benzinin Trafiğin Yoğun Olduğu Cadde ve Geçitlerde Çalışan ve Oturanların Sağlığı Üzerine Etkisi	10
1.2.3. Kurşunlu Benzinin Boğaz Köprüsü Gişelerinde Çalışanların Sağlığı Üzerine Etkisi	11
1.2.4. Kapalı Garaj, Açık ve Kapalı Otopark İşleticilerinin Maruz Kaldığı Kurşun ve Zararları	12
1.2.5. Kurşunlu Benzinin Çocukların Sağlığı Üzerindeki Etkileri	12
1.2.6. Kurşunlu Benzinin Petrol İstasyonlarında Çalışanların Sağlığı Üzerine Etkisi	13
2. KONUS İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	15
3. MATERYAL VE METOD	20
3.1. Çalışma Alanı	20
3.1.1. TEM Otoyolu	21
3.1.1.1. Çamlıca-Gebze Otoyolu	21

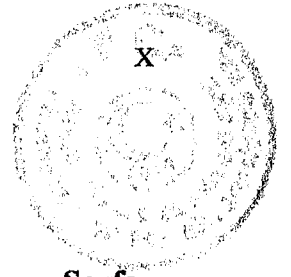


3.1.1.2. Gebze-İzmit Otoyolu	22
3.1.1.3. İzmit Kuzey Kent Geçişi	24
3.1.1.4. İzmit-Sakarya-Kazancı Otoyolu	25
3.1.2. D100 (E5) Karayolu	26
3.2. Numunelerin Toplanması	27
3.2.1. Toprak Numunelerinin Toplanması	28
3.2.2. Bitki Numunelerinin Toplanması	32
3.3. Numunelerin Analize Hazırlanması	37
3.3.1. Toprak Numunelerinin Analize Hazırlanması	37
3.3.2. Bitki Numunelerinin Analize Hazırlanması	39
3.3.3. Diğer Numunelerin Analize Hazırlanması	39
4. SONUÇLAR VE YORUMLAR	41
4.1. Toprak Numunelerinin Sonuçları ve Yorumları	41
4.2. Bitki Numunelerinin Sonuçları ve Yorumları	48
4.3. Diğer Numunelerin Sonuçları ve Yorumları	54
4.3.1. Bitki ve Toprak Yüzeylerine Tutunan Kurşunun Akışa Geçebilecek Miktarları	54
4.3.1.1. Sapanca Gölü'nün Kurşun İle Kirlenmesi	57
4.3.2. Kurşun Miktarlarının Yoldan Uzaklıkla Değişimi	57
4.3.3. Kurşun Miktarlarının Derinlikle Değişimi	59
5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	73
İNTERNET ADRESLERİ	78
ÖZGEÇMİŞ	79

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrometresi
GOSB	Gebze Organize Sanayi Bölgesi
H.L.	Hava Limanı
E5	D 100 Karayolu
AKM	Askıda katı madde
ÇOI	Çözünmüş oksijen ihtiyacı
RDS	Road deposited sediments (yol kenarı sedimentleri)





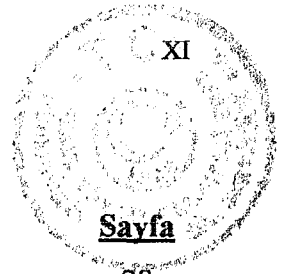
ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekil

Sayfa

- | | |
|---|----|
| 1.1. Çevredeki Kurşun Kaynakları | 6 |
| 1.2. Atmosferik Kurşun Kirliliğinin Oluşumu ve Yayılımı | 7 |
| 4.1. Toprak Profili | 59 |



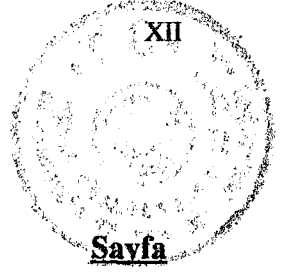


TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo

3.1. D100 Karayolu Toprak Örnekleri (Çamlıca-Sakarya)	28
3.2. 2001 Yılı Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü Devlet Yolları Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu Değerleri	30
3.3. TEM Otoyolu Toprak Örnekleri (Sakarya-Çamlıca)	30
3.4. Tem Otoyolu 2001 Yılı Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu Değerleri	32
3.5. D100 Karayolu Bitki Örnekleri (Çamlıca-Sakarya)	32
3.6. TEM Otoyolu Bitki Örnekleri (Sakarya-Çamlıca)	34
3.7. Yoldan Uzaklık İle Değişim Numuneleri	40
3.8. Yüzeyde Tutunum Numuneleri	40
4.1. D100 Karayolu Toprak Örneklerinin Kurşun İçerikleri	41
4.2. TEM Otoyolu Toprak Örneklerinin Kurşun İçerikleri	42
4.3. D100 Karayolu Bitki Örneklerinin Kurşun İçerikleri	48
4.4. TEM Otoyolu Bitki Örneklerinin Kurşun İçerikleri	50
4.5. Bitki Türlerine Göre Kurşun İçeriklerinin Değişmesi	52
4.6. D100 Karayolu Bitkilerinin Topraktan Kurşun Alım Yüzdeleri	53
4.7. TEM Otoyolu Bitkilerinin Topraktan Kurşun Alım Yüzdeleri	54
4.8. Toprak Yüzeyinde Tutulan Kurşun Miktarları	54
4.9. Bitki Yüzeyinde Tutulan Kurşun Miktarları	55
4.10. Kurşun Miktarlarının Topraklarda Yoldan Uzaklıkla Değişimi	57
4.11. Kurşun Miktarlarının Bitkilerde Yoldan Uzaklıkla Değişimi	58
4.12. Kurşun Miktarlarının Toprağın Derinliği İle Değişimi	59
5.1. Dünyadaki 32 Kentte Araba Kullanımı İle İlgili Sonuçlar	64
5.2. Dünya Kentlerinde Araba ve Halk Ulaşımı Yıllara Göre Değişimi Kullanımının	64

GRAFİKLER DİZİNİ



Grafik

1.1. 1974-1992 Yılları Arasında Atmosfere Atılan Toplam Kurşun Miktarı İle Kandaki Kurşun Miktarı Arasındaki İlişki	9
3.1. AAS Pb Analizi Kalibrasyon Grafiği	38
4.1. 2003 Yılı Marmara Bölgesi Yağış Grafiği	56



HARİTALAR DİZİNİ

Harita

- 3.1. Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası
- 3.2. TEM Otoyolu Haritası

xiii

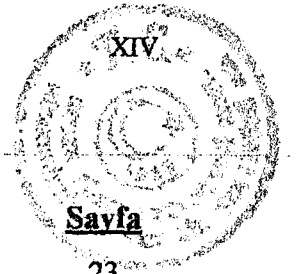
Sayfa

20

31



RESİMLER DİZİNİ



Resim

3.1. Hereke, Çimlendirilmiş Yol Kenarı

23

3.2. Hereke Tüneli

23

3.3. Topallar Gışeleri

24

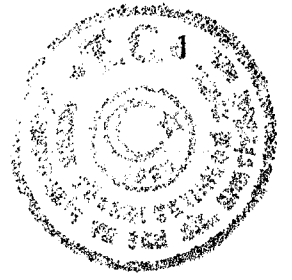
3.4. Bitki Türleri

36

3.5. AAS Düzenegi

38





1.GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Dünyada kentleşme ve buna bağlı olarak kent nüfusları hızla artmaktadır. 1995 yılında dünya nüfusunun %45'i (yaklaşık 2.6 milyar kişi) kentlerde yaşarken bu oranın 2025 yılında %60'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (Mandıracioğlu ve ark.,1997). Kentlerdeki yoğun nüfus, kent sorunlarının temelini oluşturmaktadır. Dünyanın 100 büyük kentinden 58'i gelişmekte olan ülkelerde yer almaktadır. Gelişmekte olan ülkelerdeki kentleşme eğilimi kentin büyüklüğü ile ekonomik kalkınma düzeyini aşar boyuttadır. Türkiye'de bu durum gelişme ve sanayileşmeye bağlı olarak özellikle Marmara bölgesinde görülmektedir. Marmara bölgesinde nüfus artışına paralel olarak, yoğun trafik yükü ve sanayileşme, özellikle TEM otoyolu ve D100 karayolu civarında uzun yıllardır devam etmektedir. Trafik emisyonlarından kaynaklanan kurşuna, su havzalarında, tünel ve viyadüklerde, yol kenarı toz, toprak ve bitkilerinde belirgin konsantrasyonlarda rastlamak mümkündür. Bu kurşun konsantrasyonu bir takım mekanizmalarla taşındığında potansiyel çevre kirliliği problemi oluşturabilmektedir.

Trafiğin yoğun olduğu bölgelerde kurşun kirliliğinin ana kaynağı benzinli araçlarda kullanılan normal ve süper benzinlerdeki kurşun bileşiklerinin yanma sonucu egzoz borusundan dışarıya atılmasıdır. Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar, motorlu taşıt egzozlarından dışarıya atılan kurşunun önemli bir kısmının atmosferik kirlilik oluşturduğunu, diğer ortamlara da buradan taşındığını ortaya koymuştur (<http://www.ibb.gov.tr>).

Atmosferin kurşunla kirlenmesine neden olan en önemli kaynaklar; (kurşun tetra etil $Pb(C_2H_5)_4$ veya kurşun tetra metil $Pb(CH_3)_4$) ilave edilmiş benzin kullanan motorlu taşıtlar, kömür kullanan güç santralleri, bazı sanayi kuruluşları (boya, seramik, plastik, metal, cam), motorlu araç montajının yapıldığı yerler ve konutlardır. Egzoz gazları ile, benzine ilave edilen kurşunun yaklaşık %80'i atmosfere verilir. Egzoz gazı olarak atılan kurşunun %70-75'i inorganik kurşun bileşikleri, %1'i ise değişmemiş tetraalkilkurşundur. Güç santrallerinde kömürün yanması sırasında

kömürde mevcut olan kurşun külde kalır ve bu kül uçan kül halinde atmosfere karışır. Kış aylarında kurşun kirliliğinin yüksek gözlenmesi kömürün en önemli kurşun kirliliği kaynaklarından biri olduğunu göstermiştir. Ayrıca kurşun, karbonmonoksit (CO) gibi diğer hava kirleticileri ile de pozitif bir korelasyon halindedir (Özer ve Kartal, 1986).

Havadaki karbondioksitin (CO_2) 1/5'i havada bulunan partiküller ve uçucu organik bileşiklerin, 1/3'ü azotoksitlerin (NO_x), yarısı karbonmonoksitin ise hemen hemen tamamı egzoz gazı kaynaklıdır. Egzoz kaynaklı havadaki partiküller, asidik gazlar ve uçucu hidrokarbonlar solunum ile akciğerlere alınır. Ayrıca ozon (O_3), SO_2 ve NO_x 'ler asit yağmurlarının bileşenleridir. Sudaki doğal hayata ve bitkisel yaşama zarar verirler. Karbonmonoksit ozonun sera gazı etkisini artırır. Sera gazı bitkiler için zararlı olup büyümeyi, ürün almayı engeller ayrıca kentin yapıları için tehlike oluşturur ve iklimde değişiklikler meydana getirir (Goodlee, 1991).

Atmosferdeki kurşun; çökme, rüzgar veya yağmur yoluyla tekrar toprağa ve yüzeysel sulara dönmektedir. Bu nedenle kurşun kirliliği havada, toprakta, suda, bitkide, Pb kirliliğine maruz kalan canlılarda vb. bir çok depolanma ortamında incelenmelidir. Toprakta ve havada Pb değerlerinin artması nüfusu fazla, özellikle trafiğin yoğun olduğu şehirlerde görülmektedir. Bu durum bütün partiküllerde ve özellikle yol kenarlarında tabaka halinde biriken sediment partiküllerinde, Pb konsantrasyonunun artmasına sebep olmaktadır (Fernández and Galarraga, 2001).

Kirlenen yol kenarı sedimentleri;

- 1-)Kirlenici madde içeren tozların ve uçucu organik maddelerin solunum yolu ile vücuda girmesi
- 2-) Kirlenmiş toprakların ağız yolu ile vücuda girmesi
- 3-) Yüzeysel suların, yağmur sularının akışı sonucu kirlenmesi
- 4-) Sızma sonucu yeraltı sularının kirlenmesi
- 5-)Bitkilerde kirlenici maddelerin birikimi, gibi önemli etkilerle çevreyi ve insan sağlığını tehlikeye düşürmektedir (Arhan, 1997).

Normal ve süper benzin kullanımından dolayı trafiğin yoğun olduğu bölgelerde atmosferdeki kurşun kirliliği konsantrasyonu 20-25 mg/m³ Pb'ye kadar ulaşır. Normal benzin 0.15 g/L Pb, süper benzin 0.40 g/L Pb içerirken kurşunsuz benzin 0.013 g/L Pb içerir (<http://www.ibb.gov.tr>).

Türkiye'de 1988'de otomobil egzozlarından dışarıya atılan yıllık Pb miktarı 2480 ton, 1998'de ise 1380 ton olarak belirlenmiştir. Normal ve süper benzin kullanan araçların egzozundan İstanbul havasına yılda 1.250.000 kg kurşun ve kurşun bileşikler atılmaktadır (Furman and Laleli, 1999). Gelecekte motor teknikleri gelişip, buna bağlı olarak araç sayıları ve benzin tüketimindeki artma düşünüldüğü zaman bu rakamların daha da artacağı aşıkâr ve benzindeki Pb değerlerinin düşürülmesi kaçınılmazdır.

Kurşun kirliliğine en fazla maruz kalan kişiler; çocuklar, trafik polisleri, köprü ve otoyol gişe memurları, petrol istasyonlarında, garajlarda ve trafiğin yoğun olduğu cadde ve geçitlerde çalışanlar ve oturanlardır (<http://www.ibb.gov.tr>). Bu kişilerin kanlarındaki kurşun miktarlarının tespiti bir çok araştırmaya konu olmuştur. Türkiye'de ise bu konuya benzer bir çalışma 1999 yılında Andrzej Furman ve Mehmet Laleli tarafından yapılmıştır. Furman ve Laleli, Türkiye çevresinde 17 pilot bölgede, yaklaşık 300 laboratuvarında, 5 ay süresince yaptıkları çalışmada, özellikle yüksek risk grubu (araba makinistleri, matbaada çalışanlar, boyacılar, lehimciler, trafik polisleri) insanların kanında, önemli miktarlarda kurşuna rastlamışlardır.

Şehir içi bölgelerde kurşunsuz benzin kullanımının artmasıyla, 0-6 yaş grubu çocukların kanındaki kurşun miktarlarının düştüğü ortaya çıkmıştır. Toprak ve toz kirliliğinin zemine yakın bölgelerde ağız yoluyla direk alınması Pb kirliliğinin çocuklar için daha tehlikeli olacağını ortaya koymaktadır. Toprak ve tozdaki mevcut Pb konsantrasyonlarının 500-1000 mg/kg değerleri çocuk sağlığını, küçük partikülleri ise cadde ve sokakları süpüren işçilerin sağlığını tehlikeye düşürebilir. Ayrıca yaş gruplarına göre çocuklar, oyun alanlarındaki topraklardan, yol kenarlarına yakın olan okul bahçelerinden ve evdeki kurşun içeren boyaların ufalanmış dökülmüş kırıntılarından vücutlarına Pb alabilmektedirler (Mercier et al., 2002).

Kurşun vücuda solunum ve deri yoluyla girer. Kurşun bileşikleri herhangi bir şekilde vücuda girdiğinde kolaylıkla atılamayarak birikir. Kana karışan kurşun, normal hücre fonksiyonu ve bir çok fizyolojik proseslerle girişim yapar. Merkezi sinir sistemini, vitamin D ve kalsiyum metabolizmalarını etkiler, kemik iliğindeki kırmızı kan hücrelerinde hemoglobin sentezini engeller. Kandaki kurşun miktarlarına göre oluşan hastalıklar aşağıdaki gibidir.

10 mg Pb /100 ml, İşitmede düşme,

15 mg Pb /100 ml, Vitamin D metabolizmasında düşme, Erythrocyte Protopor ve Phyrinada artış,

20 mg Pb /100 ml, Sinir iletim hızında düşme,

40 mg Pb /100 ml, Hemoglobın miktarında düşme,

60 mg Pb /100 ml, Colic,

75 mg Pb /100 ml, Belirgin kansızlık,

85 mg Pb /100 ml, Nephropathy,

95 mg Pb /100 ml, Encephalopathy

130 mg Pb /100 ml, Ölüm, şeklinde değişmektedir. Pb'nin kemiklerde yarılanma süresi ise 600-3000 gündür (<http://www.ibb.gov.tr>).

Yol kenarlarındaki kurşun kirliliğinin artması, civar bölgelerde bulunan otlak, tarım alanı gibi yerlerde etkisini göstermiş ve en önemlisi buralarda yetiştirilen bitkilerin bünyesine ağır metal birikerek, insanların onları yemesi sonucu insan vücuduna kadar taşınmıştır (Carlosena et al., 1999). Benzer olarak, araçlardan yayılan değişik kirleticilerin yol kenarlarındaki canlıların (özellikle küçük memelilerin) bünyesinde biriktiği ve yaşamlarını kötü yönde etkilediği de bilinmektedir (Getz et al., 1977).

Yağmurun yağması ile birlikte yol kenarlarında akışa geçen sular ağır metaller bakımından kirlidirler. Sel suları nehir kenarlarına kadar akıntı ile birlikte kirlilik yüklerini taşır ve bu kirlilik yükleri sedimantasyona uğrayarak nehirlerde birikir. Bu durum nehir ve diğer alıcı ortam canlıları için toksik ortam oluşturur (Romic and Romic, 2003). Örneğin bazı Kuzey Amerika göllerinde tutulan balıklarda yüksek konsantrasyonlarda Pb bulunmuştur. Bu kirlenmenin en önemli kaynağı ise akış

suları olarak belirlenmiştir. Kurşun kirliliğinin %5'inin akış suları ile taşındığı düşünülürse, olayın ciddiyeti ortaya çıkar (Arhan, 1997). Ayrıca otoyol kenarı akış sularındaki kurşun, birleşik sistemlerde kanalizasyon sularına karışarak limit değerleri yükseltir ve kurşunun kısa mesafelerde birikim yapması ile toprakta biriken fazla miktarlar yağış suları ile yıkanarak yeraltı sularına kadar süzülür. Çoğu zaman içme suyu kaynağı olarak kullanılan yeraltı sularının ıslahı zor olduğu için bu durum insan sağlığı açısından önemlidir. Kışın yol bakımı nedeni ile kullanılan tuzlar ağır metal içeren diğer kaynaklardır. Yağışlarla akışa geçen bu miktarlar da çevredeki kurşun birikimine katkıda bulunur (Hautala et al., 1995).

Kurşun moleküler ağırlığı 207.2 g/mol, yoğunluğu 11.35 g/cm³, elektronegativitesi 1.8, kaynama noktası 1740 °C ve erime noktası 327.4 °C olan bir elementtir. Doğada kendiliğinden bulunabildiği gibi, çevrede kurşun birikimine sebep olan birçok kaynak da mevcuttur. Bazı kurşun bileşiklerinin çözünürlük sabitleri şöyledir; Pb(OH)₂: 4.2x10⁻¹⁵, Pb(CO₃): 1.5x10⁻¹³, PbCrO₄: 1.8x10⁻¹⁴. Kurşunun kümülatif oluşum sabiti ise 10^{8.71}. Daha önceki bilgilerde detaylı olarak anlatılan kurşun kirliliğinin kaynakları ve yayılma mekanizmaları Şekil 1.1. ve Şekil 1.2.'de gösterilmiştir.

Egzoz gazlarından çevreye verilen ve yakın çevrede insan ve canlı yaşamını tehlikeye düşüren kurşun dünyada ve Türkiye'de ilgi uyandırmıştır. Dünyadaki birçok ülkede bu konu hakkında, değişik boyutlarda ve konularda çalışmalar yapılmış ve hepsinin sonucunda özellikle yol kenarlarındaki, toprak ve bitki bünyelerinde önemli oranlarda kurşun konsantrasyonlarına rastlanmıştır. Türkiye'de bu konu ile ilgili yapılmış sınırlı sayıda çalışmalar bulunmaktadır.

Bu çalışmada, dünyada özellikle 1970'li yıllardan beri bir çok araştırmaya konu olan trafik ve sanayi orijinli kurşun kirliliğinin, Türkiye'nin belki de en yoğun sanayi ve trafik yükünün gözlendiği TEM otoyolu ve D100 karayolunun, Sakarya - Çamlıca arasındaki kesiminde, yol kenarı bitki ve toprak örneklerindeki varlığı ve miktarlarının tespiti çalışması amaçlanmıştır.

Kurşun Kaynakları

Ev İçi Kurşun

- 1-) Boyalar (ev içi ve dışında kullanılan kurşun içeren boyalar)
- Duvar boyaları, yer döşemeleri pencere ve kapı çerçeveleri v.b.

Topraktaki Kurşun

- 1-) Ziraat alanlarda kurşun içeren böcek ilaçlarının kullanılması
- 2-) Ufalanmış boya kırıntılarının toprağa karışması
- 3-) Atmosferik Pb'nin toprağa taşınması
- 4-) Otayol Kirillliği (kışın buzlanmayı önleyici tuzlar kullanılması, yol bakım çalışmaları, lastik aşınmaları, araçlardan dökülen yağlar, trafik kazaları v.b.

Sudaki Kurşun

- 1-) Kurşun içeren su boruları
- 2-) Pirinç veya bronz dışındaki boruların bağlanmasında kurşunlu lehim kullanılması
- 3-) Atmosferik Pb'nin yüzeyel ve yer altı sularına taşınması

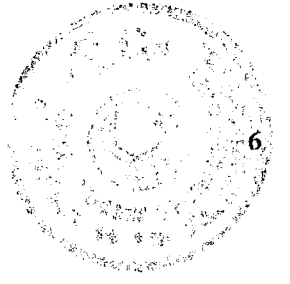
Atmosferik Kurşun

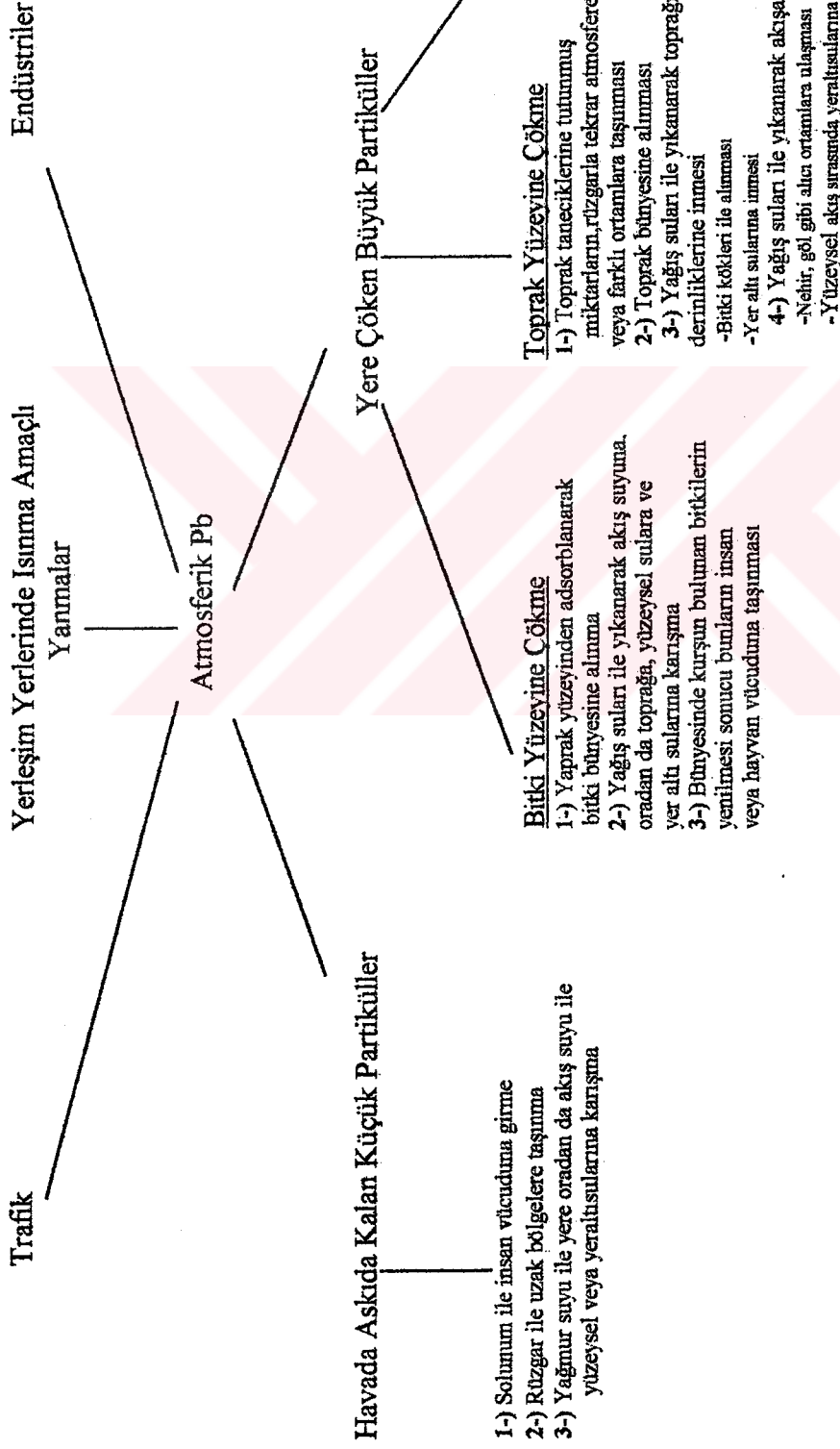
- 1-) Yanmalar
- 2-) Trafik emisyonları
- 3-) Endüstri emisyonları

Diğer

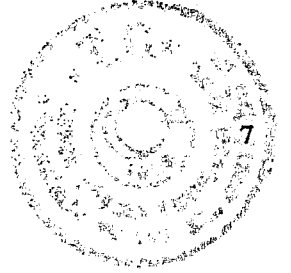
- 1-) Sigara
- 2-) Mum üretimi
- 3-) Tekstil ürünleri

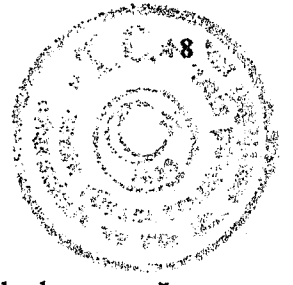
Şekil 1.1. Çevredeki Kurşun Kaynakları





Şekil 1.2. Atmosferik Kurşun Kirliliğinin Oluşumu ve Yayılımı





1.2. İnsan Sağlığı Açısından Kurşun Kirliliği

Değişik yollarla vücuda alınan kurşun (solunum yoluyla, deri yoluyla veya ağız yoluyla alma, kurşun içeren bitkilerin yenmesi vb.), vücuttan kolaylıkla atılamayarak birikim yapar. Belirli konsantrasyonlardan sonra zehirlenmelere yol açan kurşunun vücuttaki fazla miktarları ölüme bile sebebiyet verebilmektedir.

Yüksek Pb konsantrasyonlarında;

- Koma
- Kıvranma
- Ölüm

Daha düşük Pb değerlerinde;

- Sinir sisteminde hasar
- Büyüme bozuklukları
- İşitmede sorun
- IQ sonuçlarının daha düşük çıkması
- Öğrenmede zorluk

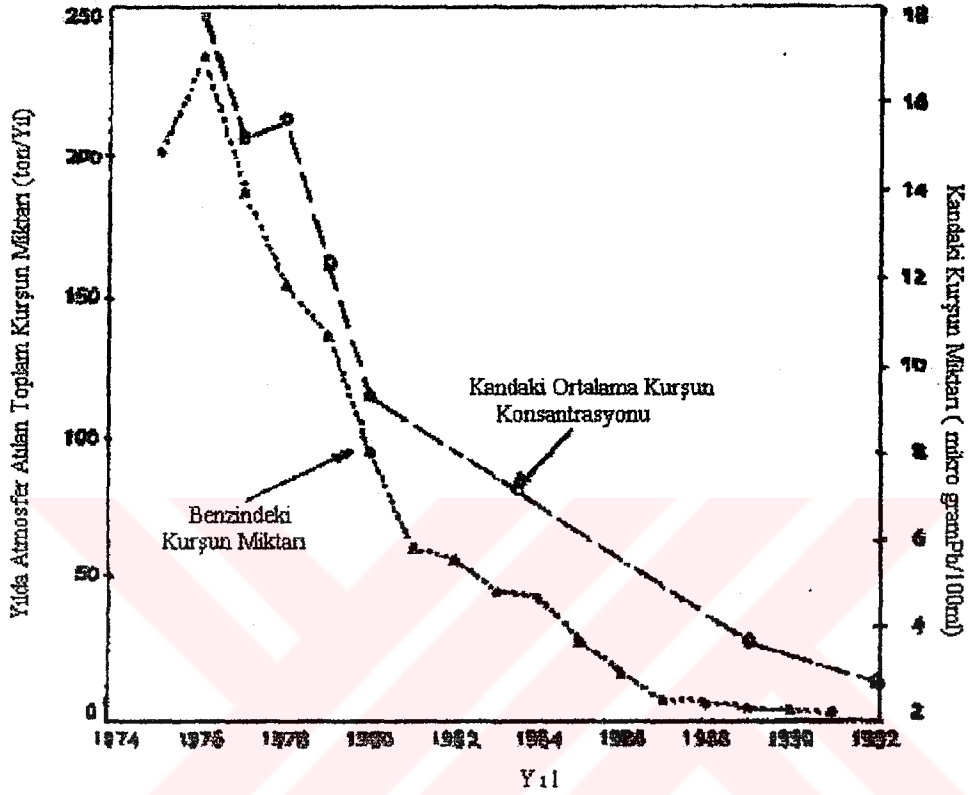
Çocuklardaki düşük değerlerde;

- Kolaylıkla heyecanlanma
- Konsantre olmada zorluk
- Denge kurmada zorluk ve kolaylıkla düşebilme meydana gelir.

KURŞUN ZEHİRLENMESİNE İŞARETLER

- Mide ağrısı ve kramplar
- Çabuk kızma, alınma
- Sık sık kusma
- Kabızlık
- Baş ağrısı
- Uyku düzeninin bozulması
- İştahsızlık ([http:// www.penweb.org/](http://www.penweb.org/)).

Son yıllardaki çalışmalar göstermiştir ki benzindeki kurşun miktarı ile insan kanındaki kurşun miktarı arasındaki yakın bir ilişki vardır. Grafik 1.1'de atmosferdeki kurşun miktarı, insan kanındaki kurşun miktarı ve bunların yıllara göre dağılımı arasındaki ilişki verilmiştir.



Grafik 1.1. 1974-1992 Yılları Arasında Atmosfere Atılan Toplam Kurşun Miktarı İle Kandaki Kurşun Miktarı Arasındaki İlişki

Benzindeki kurşun ile kandaki kurşun arasındaki pozitif ilişki dikkate alındığında, toplumda bazı grupların risk altında oldukları ortaya çıkar. Bunlar;

- 1-) Trafik polisleri,
- 2-) Petrol istasyonlarında çalışan personeller,
- 3-) Gişe memurları,
- 4-) Kapalı garaj çalışanları ve açık ve kapalı otopark işleticileri,
- 5-) Trafiğin yoğun olduğu cadde ve sokaklarda oturan veya çalışanlar,
- 6-) Çocuklardır (<http://www.ibb.gov.tr>).



1.2.1. Kurşunlu Benzinin Trafik Polislerinin Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Normal ve süper benzin kullanımından dolayı trafiğin yoğun olduğu caddelerde havadaki kurşun kirliliği konsantrasyonu 20-25 mg Pb/m³'e kadar ulaşır. Kurşun için gelişmiş ülkelerdeki standart değer 1.5 mg Pb/m³.ay, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde ise 2 mg Pb/m³.yıldır.

Kurşun kirleticilerine en fazla maruz kalanlardan trafik polisleri solunum yoluyla kurşun kirleticilerini vücutlarına alırlar. Solunan havadaki her mg Pb/m³ kurşun kirleticisine karşılık vücut 10-15 mg Pb/gün kurşunu absorbe eder ve her gün kanda 0.5 mg Pb/100ml kurşun birikir. Trafik polisleri havadaki kurşun konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine bağlı olarak kurşunu absorbe ederler. Normal ve süper benzinin yanması sonucu egzozdan atılan kurşun kirliliğine sürekli maruz kalan trafik polislerinin kanında kurşun birikmesi artarak devam eder. Kana karışan kurşun vücutta kolayca dolaşarak merkezi sinir sistemine zarar verir (<http://www.ibb.gov.tr>).

1.2.2. Kurşunlu Benzinin Trafiğin Yoğun Olduğu Cadde ve Geçitlerde Çalışan ve Oturanların Sağlığı Üzerine Etkisi

İnsan günde ortalama 10-15 m³ hava solur. Kirliliğin yoğun olduğu caddede, meydan ve geçitlerde günde 8 saat çalışan kişiler solunum yolu ile 3-5 m³ kirli havayı solurlar. Bu havayı soluyan bir kişi kirli havada bulunan ve günde 15-40 mg arasında değişen kurşunu bünyesine alır. Kirli bölgede oturan veya çalışan kişilerin kanında günde ortalama 0.3-0.5 mg Pb/100ml kurşun birikir ve bu devamlı artar (<http://www.ibb.gov.tr>).

Serageldin ve Barrett'in 1993'te yaptıkları çalışmada, Kahire'de solunan havadaki kurşun konsantrasyonu normal değerlerden 5-6, burada yaşayan çocukların kanındaki kurşun düzeyi de Mısır'ın kırsal kesiminde oturan çocuklarınkinden 5 kat

daha fazla olarak bulunmuştur. Mexico-City’de yılda 140.000 çocuk kurşun zehirlenmesine maruz kalırken aynı şehirde hava kirliliği yılda 46.000 yetişkinin hipertansiyondan ve 330 kişinin kalp krizi ile ölümünden ve yine Bangkok’da motorlu araçlardan çıkan kurşun, yılda 400’e yakın insanın ölümünden, 200.000-400.000 kişinin hipertansiyonundan sorumlu tutulmuştur.

Türkiye’de, Andrzej Furman ve Mehmet Laleli’nin 1999’da, 17 pilot şehirden 342 örnek alarak yaptıkları çalışmanın sonucunda, o bölgelerde yaşayan insanların kanındaki ortalama kurşun konsantrasyonunun $3.65 \pm 1.66 \mu\text{g/dL}$ olduğu görülmüştür. Bu değerler, daha önce yapılan çalışmalarda rapor edilen değerlere göre daha düşük çıkmıştır. Kanda bulunan kurşun değerlerindeki bu düşmeye, 1988’den beri benzinlere konulan Pb katkı maddelerindeki azalma sebep olarak gösterilmiştir (Furman and Laleli, 1999)

1.2.3. Kurşunlu Benzinin Boğaz Köprüsü Gişelerinde Çalışanların Sağlığı Üzerine Etkisi

Genelde uçucu ve çapları 2.5 mm’nin altında olan kurşun kirleticileri atmosferde 7-30 gün gibi uzun bir süre kalabilirler. Çapları 2.5mm’den küçük olan kurşun kirleticileri solunum sisteminde filtre edilemediğinden ciğerlere kadar ulaşırlar. Tırafiğin yoğun olduğu gişelerin çevresinde kurşun konsantrasyonu çok yüksektir.

Boğaz köprüsü ve Fatih Sultan Mehmet Köprüsü gişelerinde çalışan personelin kanında 40 mg Pb/100mL ve üzerinde kurşun bulunmuştur. Boğaz Köprüsü gişelerinde çalışanlar kurşun partiküllerini solunum yoluyla alırlar. Ciğerlerde yavaş yavaş absorbe edilen kurşun kana karışır. Kanında 40 mgPb/100mL ve üzerinde kurşun bulunan yetişkinlerde Peripheral Nevropathics, Infertility, Nephropathy ve Hemoglobin sentezinde azalma gibi rahatsızlıklar görülür. Vücutta kalsiyum ve demir eksik, D vitamini de yüksekse, kurşun daha fazla absorbe edilir (<http://www.ibb.gov.tr>).

1.2.4. Kapalı Garaj, Açık ve Kapalı Otopark İşleticilerinin Maruz Kaldığı Kurşun ve Zararları

Karbüratörlerde 70 cm³'lük küçük bir depo vardır. Karbüratörlü araç durdurulduğunda karbüratör deposunda 70 cm³ benzin depolanır. Karbüratörlü araç durdurulup çalıştırıldığında her seferinde ortalama 70 cm³ yanmamış benzin buharı egzozdan atmosfere atılır. Bu da fazla yakıt tüketimine neden olur. Karbüratörlü araçlar Multi Point Enjeksiyonlu araçlara göre en az %10 daha fazla yakıt tüketirler.

Karbüratörlü araçlarda normal ve süper benzin kullanılması halinde de, kurşun tetra etil veya metil benzin buharı ile birlikte egzozdan atmosfere atılır. Her kontak açılıp kapandığında benzin buharındaki 10-30 mg arasındaki kurşun bileşikleri havaya karışır. Bunlar solunum yolu veya deri tarafından absorbe edilmek suretiyle vücuda alınıp ciğerlere kadar ulaşırlar. Bu kirliliğe en fazla kapalı garajlarda çalışanlar, açık ve kapalı otopark işleticileri maruz kalır(<http://www.ibb.gov.tr>).

1.2.5. Kurşunlu Benzinin Çocukların Sağlığı Üzerindeki Etkileri

6 yaş ve aşağısı çocuklarda bedensel gelişme hızlı olduğu için kurşun zehirlenmesine daha çabuk maruz kalırlar. 0-6 yaş grubu çocukları kurşun kirliliğine, yetişkinlere göre en az 4 kat daha fazla hassastırlar. Kurşundan olumsuz etkilenme çocuklarda 10 mg Pb/100mL'de başlar. EPA kaynakları en çok çocukların maruz olduğu Pb kirlleticilerini aşağıdaki gibi sıralamıştır.

1-) Kurşun temelli boyaların bozulması, kötüleşmesi ve dökülmesi,

2-) Kurşun kirliliğine sahip tozlar

3-) Oturulan yer çevresindeki kurşun tarafından kirlenmiş topraklar
(<http://www.epa.gov/lead/>).

Çocuklar bu kirleticileri daha çok ağız yoluyla almaktadırlar. EPA 3. madde için en çok oyun alanlarının tehlike arz ettiğini belirtmiştir. 1984'de Kimbrough ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir araştırma 0-4 yaş arası çocukların oyun alanları

ve bahçe gibi yerlerden günde 10 grama yakın toprak yiyebileceklerini ortaya çıkarmıştır. Daha büyük çocuklarda ise okulların, trafiğin yoğun olduğu cadde ve meydanlarda olması, onların kurşun zehirlenmesine uğramaları açısından önemli risk teşkil eder (Mercier et al., 2002).

1978'de Amerika'da hemen hemen 3-4 milyon çocuğun kanında Pb değerleri yükselmiştir. 1990'lı yıllarda bu sayı 890.000'e düşmüş ve bu gerileme devam etmektedir (<http://www.epa.gov/lead/>). Şehir içi bölgelerde normal ve süper benzin kullanımı azaldıkça çocukların kanındaki Pb miktarı da azalmaktadır (<http://www.ibb.gov.tr>).

1.2.6. Kurşunlu Benzinin Petrol İstasyonlarında Çalışanların Sağlığı Üzerine Etkisi

Taşıt yakıt deposu normal ve süper benzinle doldurulurken depodan buharlaşarak atmosfere kaçan benzin buharındaki kurşun tetra etil ($Pb(C_2H_5)_4$) veya metil ($Pb(CH_3)_4$) deri tarafından kolayca ve hızlı bir şekilde absorbe edilir. Özellikle sıcak havalarda araç deposundaki benzin daha fazla buharlaştığından petrol istasyonlarında çalışan personel daha fazla risk altında bulunur.

Kurşun tetra etil veya metilin atmosferdeki yarılanma süresi, yaz aylarında 2-9 saat arasında değişirken, kış aylarında birkaç gündür. Bu bileşikler inorganik kurşun bileşiklerine göre çok daha toksik özelliğe sahiptir. Kurşun tetra etil veya metil karaciğerde kolayca çözünerek trialkilkurşun ve inorganik kurşun bileşiklerine dönüşür. Çözünen bu bileşikler kan dolaşımı yolu ile vücutta kolayca dağılır. Karaciğer, böbrek, beyin ve kas gibi yumuşak dokularda birikir. Yumuşak dokularda kurşunun yarılanma süresi 35-40 gündür. Birkaç hafta sonra kurşun metabolitlerinin hareket etmesiyle, kurşun kemik ve diş gibi sert dokularda birikmeye başlar. Sert dokularda Pb'nin yarılanma süresi 10 yıldır. Normal ve süper benzin buharına şiddetli maruz kalınması halinde insan sağlığı üzerindeki etkileri, sayıklama, ateş, cinnet, koma ve hatta ölümdür (<http://www.ibb.gov.tr>).

Kurşun kirliliğinin bu boyutları bir çok ülkedeki araştırmacılar tarafından inceleme altına alınmış ve çevredeki Pb kirliliği; kirlilik kaynakları, yayılma mekanizmaları, etkilediği ortamlar ve insan vücuduna taşınması açılarından incelenmiştir. Yapılan bu çalışmalara bazı örnekler "Konu İle İlgili Çalışmalar" başlığı altında verilmiştir.



2. KONU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Ülkemizde olduğu gibi dünyada da Pb kaynaklı çevre kirliliği büyük ilgi çekmektedir. 1970'li yıllardan beri birçok araştırmacı, dünyanın çeşitli yerlerinde bu konu ile ilgili araştırmalarda bulunmuştur. Aşağıda bu konu ile ilgili yapılmış bazı çalışmaların sonuçları vurgulanmıştır.

1-) Nijerya'daki bazı şehirlerde iş ile ilgili olmayarak kandaki ortalama Pb değerleri 11.4 - 25 µg/dL olarak bulunmuştur. Çevre kirliliği açısından daha çok gelişmiş ülkelerde kurşunlu benzin kullanan araçlar sayesinde oluşan emisyonlarda azalma, Nijerya'daki gibi gelişmekte olan ülkelerde ise hızlı bir şekilde artma, son yılların ilgi çeken konuları arasındadır. Kurşun içeriği 0.66 g/L olan kurşunlu benzinler Nijerya'da hala kullanılmaktadır. Geçen 20 yıl içerisinde bir çok şehirde otomobil kullanımının artması sebebiyle kurşunlu benzin kullanımı da artmıştır. Şehir nüfusunda özellikle insan kalabalığı nedeniyle konsantrasyonlar daha yüksektir, bu da kurşun zehirlenmelerini arttırmaktadır. 2 yaş altı ve 3-5 yaş arası bütün şehir çocuklarının % 80'inden fazlasında kanındaki ortalama Pb değerlerinin sağlık standartlarının üzerinde olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından tespit edilmiştir. Bu yüzden Pb ve diğer toksik ağır metallerle maruz kalan halkın durumu endişe ve merak uyandırmıştır.

Ibadan şehrinde yapılan çalışmalarda büyük yollar boyunca, toprağın üst kısmının Pb ve diğer metaller tarafından kirlenmiş olduğu ortaya çıkmıştır. Yüksek trafik yükünün olduğu yollarda Pb'nin ortalama değerinin 129 ± 130 mg/kg olduğu rapor edilmiştir. Pb ve diğer metal değerlerinin yollardan uzaklık ile değişimi de dikkate alınan diğer bir konudur. Yol kenarlarındaki ikametgahlar, ticari yapılar veya okul gibi binalar düşünüldüğü zaman, ağır metallerin yoldan uzaklık ile değerlerinin değişmesi konusunun ne denli önemli olduğu ortaya çıkar. Bu durumun tespiti, özellikle yol kenarlarında ikamet amaçlı evlerin, lokantaların ve özellikle çocuk sağlığı açısından okulların olmaması gerektiğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu nedenle Fakayode ve Olu-Owalabi'nin 2003'te yaptıkları bu araştırma, yol kenarlarındaki Pb ve diğer ağır metallerin, toprağın özellikle üst kısmında birikimi ve

bu değerlerin uzaklıkla değişimi ilişkisi üzerinedir. Ayrıca şehirde özellikle otopark ve mekanik atölye topraklarındaki ağır metal birikimi de saptanmıştır.

Yüksek trafik yükünün olduğu yollardaki metal değerleri, orta ve düşük yoğunluktakilerden daha yüksek çıkmıştır. Bütün yollardan 5m mesafedeki bölgelerin Pb değerleri ortalama 68.74 ± 34.82 mg/kg, trafik yükünün yoğun olduğu yollardaki Pb değerleri ise ortalama 92.07 ± 21.25 mg/kg olarak çıkmıştır. Otoparklarda 519 ± 93.0 mg/kg, mekanik atölyelerde ise 729.57 ± 110.93 mg/kg olarak çıkmıştır. Otopark ve mekanik atölyelerdeki Pb kaynağını, kullanılmış yağlar, atıklar ve kullanılan tertibatlar oluşturmaktadır.

Yoldan 10 m uzakta Pb değerlerinde yaklaşık %36.6; 30 m mesafede %62.2; 50 m mesafede %80.5'lik bir azalma vardır. Mesafeye bağlı olarak Pb değerlerindeki bu azalma, yol kenarlarındaki topraklarda meydana gelen Pb kirliliğinin ana kaynağının araç egzozlarından dışarı atılan emisyonlar olduğunu kanıtlamaktadır. Pb'nin diğer metaller arasında en yüksek korelasyon gösterdiği metal ise Zn olarak bulunmuştur (Fakayode and Olu-Owalabi, 2003).

2-) Kaliforniya'da kaldırım döşeme çalışmalarında ortaya çıkan toz emisyonlarının, şehrin %5-10'unun alerjik hastalığa tutulmasına sebep olması, araştırmacıların dikkatini çekmiş ve kirleticilerin büyük çoğunluğunun küçük tanecikler tarafından taşındığı hususunu gündeme getirmiştir. Bu nedenle Oahu, Palolo Vadisi'nde 20 RDS (yol kenarı sedimentleri) örneğinden veriler alınmış, bunlar 6 tanecik hacminde (silt, kil, kum, orta kum, kaba kum, çakıl) sınıflandırılarak, 0.5M HCl asit ile muamele edilip AAS'ta Pb analizleri yapılmıştır. Fraksiyonlarda ortalama 170 mg/kg değerinde Pb birikmiştir. Bu fraksiyonlardan toplam sedimentin %38'i ile en çok Pb, silt+kil'de ($<63\mu\text{m}$) ortalama 222 mg/kg'lık bir miktarla bulunmuştur (Sutherland, 2003).

Yağışlarla birlikte akışa geçen ve yol yüzeylerinden taşınan ince taneli sedimentler iz element kirliliği açısından çok önemlidir ve yüksek derecede iz element konsantrasyonuna sahiptirler (Ellis and Revitt, 1982).

1998'de Droppo et al, Kanada'da, akış suyundaki partiküllerin orta boyuttaki tane hacimlerinin, diğerlerine göre 6 kat daha iyi depolanıp yığıldığını ve yol sedimentlerine katkıda bulunduğunu bulmuştur (Droppo et al., 1998).

Fransa'da yağışla birlikte akışa geçerek yollarda sediment oluşturan tanecikler arasında büyük çoğunluğun ince tanecikler (%78<50 μ m) ve sadece %4'ünün >500 μ m tanecikler olduğu ortaya çıkmıştır (Andral et al., 1999). Çünkü büyük taneciklerin ağırlığı onların taşınmasına engel olmuştur.

Kentsel sistemlerde caddelerin süpürülmesi iri hacimli taneciklerin (>250 μ m) taşınmasına, yol yüzeyinde ince taneciklerin arta kalmasına sebep olur (Ellis and Revitt, 1982). İnce tanecikler aynı zamanda süpürmeyi yapan işçiler veya civar bölgede oturan, çalışan insanlar tarafından solunum yoluyla vücuda alınır. Bu durum zamanla kandaki Pb konsantrasyonunun yükselmesine ve beraberinde getirdiği hastalıklara neden olur (Sutherland, 2003).

3-) İspanya'nın Valensiya şehrinde Mayıs 1989-Ekim 1990 tarihleri arasında şehrin 9 farklı yerinde konulan 0,8 μ m'lik membran filtreler ile 583 tane örnek alınmıştır. Alınan örnekler asitle muamele edildikten sonra AAS ile ölçülmüş ve kurşun konsantrasyonları hesaplanmıştır. Valensiya'da atmosferde ortalama Pb değeri Avrupa Topluluğu limit değerlerinden yüksek çıkmıştır (>2 μ g/m³). Çalışma sonucunda trafik yoğunluğu ile Pb değerleri arasında ilişki gözlenip, sonbahar süresince Pb'nin en yüksek, yazınsa en düşük değerlerinin ortaya çıktığı görülmüştür (Molto et al., 1995).

4-) Durban'da, bazı park alanlarında, ticari alanlarda, endüstrilerde, 0.44; 0.56; 0.86; 1.8 μ g/m³ civarında ortalama atmosferik Pb konsantrasyonlarına rastlanmıştır. Bunların yüksek değerleri, şehirdeki insanların, özellikle çocukların sağlığı üzerinde tehlikeli olmuştur. Natal ilinin ilçelerinde ve kırsal alanlarında daha düşük değerler bulunmuştur (ilçede 0.26 μ g/m³, kırsal ve tarımsal alanda 0.03 μ g/m³) (Nriagu et al., 1996).

5-) Hindistan hükümeti, Çevre ve Orman Bakanlığı desteği ile, Delhi'de araç trafiği nedeni ile oluşan ve kaygı uyandıran Pb kirliliği hakkında yönetim ve davranış geliştirmiştir. Delhi'de 13 işlek kavşakta Pb değerleri incelenerek, iki temel kaynak modeli üzerinde sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçlarla gelecek 10 yıl içerisinde araç trafiğinden gelen Pb'nin değerleri önceden bulunmuştur. Her yıl araç sayısı arttırılarak, 5 yıl sonra bu değerin iki katına çıkacağı hesaplanmıştır.

Sonuçlar göstermiştir ki, Delhi'deki trafik yoğunluğu Pb değerlerini artırma eğilimindedir. Bazen bu değerler EPA standartlarını aşmıştır (1500ng/m^3 , USEPA 1971) (Goyal et al., 1995).

6-) Hırvatistan'ın başkenti Zagreb'in hızlı kentleşmesi bazı alüvyon ve toprakların kirlenmesine sebep olmuştur. Bu nedenle şehre veya sanayileşmiş yerlere ait çevrelerdeki ziraat topraklarının üst kısmında ağır metal birikimi artmıştır. Zagreb çevresinde 860 km^2 'den daha geniş bir alan üzerinde, uyum oluşturması bakımından $1\times 1\text{ km}^2$ 'lik karesel düzlemler şeklinde örnekler alınıp aqua-regia'da ($3\text{ mL HNO}_3 + 1\text{ mL HCl}$) çözülüp, AAS'ta Cd, Pb, Zn gibi ağır metallerin analizleri yapılmıştır. Endüstri, madencilik ve araç egzozlarından gelen kirlilik en çok Pb değerlerini arttırmış ve $1,50\text{--}139\text{ mg/kg}$ (ortalama $25,9\text{ mg/kg}$) olarak bulunmuştur. Nehir sedimentlerinde yüksek Pb, Zn, Cd gibi ağır metallere rastlanması sel suları ile akışa geçen kirlenici miktarlarına bağlanmıştır. Kurşunun hava ile ilgili birikimlerinin ana kaynağı için, genellikle toprağın birkaç santim üstü hedef alınıp buralardan örnek alınmıştır. Profilden incelendiği zaman üstteki parçacıklar tarafından tutulan Pb elementlerinin organik ve kolloidal killer, erimez kurşun parçacıklarının ise organik materyallerle tutulmuş oldukları görülmüştür (Romic and Romic, 2003).

Miko ve arkadaşları 1992'de Zagreb'in kenar mahallesinde ve otoyol kenarında havadaki Pb konsantrasyonu $1,47\text{ }\mu\text{g/m}^3$, trafiğin yoğun olduğu bir yerde ise Pb konsantrasyonunu $3,40\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 'ün üzerinde bulmuşlardır. Davies 1990'da, Pb'nin atmosferik çöküntü konsantrasyonlarını uzak ve tarımsal alanlarda $3,1\text{--}31\text{ mg/m}^2\text{.yıl}$, endüstriyel ve şehir merkezi civarlarındaki alanlarda ise $27\text{--}140\text{ mg/m}^2\text{.yıl}$ olarak bulmuştur.

7-) Fransa'da yapılan bir çalışmada akış suyundan filtre edilerek ölçülmüş Pb değerleri, ortalama 3.9 µg/L civarında bulunmuştur (Legret and Pagotto, 1999). Motorlu taşıt yolları kaldırımalarının akış suları büyük miktarda AKM, ÇOI, hidrokarbonlar ve ağır metal içerir. Bu kirlilik buzlanmayı önleyici tuzlar kullanıldığı zaman daha da artmaktadır. Bu çalışma ile Fransa'da daha önce yapılan çalışmalar arasında karşılaştırma yapılmış ve kurşun kirliliğinde eskiye nazaran azalma olduğu görülmüştür. Buna sebep olarak 1993'ten beri kurşunlu benzin kullanımındaki azalma gösterilmiştir.

8-) Norveç'de trafikten süregelen kurşun emisyonları çevre açısından kaygılar oluşturmıştır. 1973'ten beri benzindeki kurşun içeriğinin azalması ile yol kenarlarında trafik yoğunluğuna bağlı olarak oluşan kurşun kirliliği de azalmış, konsantrasyonlar düşmüştür. 1973'te dışarı verilen emisyon miktarı 688 ton iken 1989'da 172 ton olmuştur.

Norveç, Bergen'de yol kenarlarındaki Pb kirliliğinin ana kaynağının araç trafiği olduğu ileri sürülmüştür. Yapılan analizlerin sonuçları göstermiştir ki; yol kenarlarındaki kurşun kirliliği değerlerinin trafik yoğunluğu ile kuvvetli pozitif bir ilişkisi vardır. Fakat yoldan uzaklaştıkça bu ilişki azalmış ve Pb değerleri düşmüştür.

Örneklerin analizi ve toplanması için, dayanıklı ve yüzeyi yapışkan rhododendron bitkileri bioindikatör olarak kullanılmıştır. Havada taşınan kurşun partikülleri rhododendron yüzeyinde tutulmuştur. Partiküllerin önemli bir kısmının yağmur suları ile kısa süreli yıkanmalar sonucu taşındığı, geri kalan kısmının ise yapraklar yüzeyinde daha kuvvetli yapışarak tutunmuş oldukları düşünülmüştür. Kurşun kirliliği için bioindikatör olarak kullanılan rhododendron bitkileri bitki yüzeyindeki veya içindeki Pb değerinin belirtilmesinde faydalı olmuştur (Hol et al., 1997).

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı

Bu tezde çalışma alanı olarak, D100 karayolu ve TEM otoyolunun, Çamlıca-Sakarya arasındaki kesimi seçilmiştir. Bu bölgenin tamamı yoğun yerleşim, trafik ve sanayi yükü arz eder. Bütün bölge düşünüldüğü zaman, çalışma alanında ortalama 59892 günlük trafik yükü olduğu görülür (tüm araçlar dahil). Çalışma alanını oluşturan kesim (Çamlıca - Sakarya arası), D-100 (E5) karayolunda 131 km; TEM otoyolunda ise 133 km'dir.



Harita 3.1. Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası



3.1.1. TEM Otoyolu

Otoyollar, tam erişime kontrollü ve yüksek standartlı anayollardır. Otoyolları diğer yollardan ayıran en önemli özellik, hızlı ve güvenli trafik akışının sağlanmasıdır. TEM otoyolu, Türkiye'nin en hızlı artan, yüksek taşıma talebinin ortaya çıktığı Ankara-İstanbul kesiminde hizmet vermektedir. Özellikle İstanbul-Kocaeli kesiminde, E5 (D100) karayolunun yükünü (bu yolun çevresinde yoğun yerleşme ve endüstri alanlarının bulunması nedeni ile hızla artan yüksek taşıma kapasitesine cevap verememesi açısından) hafifletmektedir. Aşağıda çalışma alanı olarak belirlenen Çamlıca-Sakarya arasındaki kesimin "2000 yılı 17.1.4. Bölge Müdürlüğü Otoyolları Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri" tablosuna bağlı olarak verilen km değerleri belirtilmiştir (Karayolları G.M., 1990).

TEM OTOYOLU;

Çamlıca - Samandıra	= 13 km
Samandıra - Kurtköy	= 12 km
Kurtköy - Şekerpınarı	= 10 km
Şekerpınarı - Gebze	= 10 km
Gebze - İzmit Doğu	= 54 km
İzmit - Sakarya	= 32 km

TEM otoyolunun, Çamlıca ile Sakarya arasındaki kesimi projelendirme aşamasında 4 ana bölümden oluşmaktadır.

3.1.1.1. Çamlıca-Gebze Otoyolu

Bu kesim, Çamlıca mevkiinde bir kavşakla 1. Çevre yolundan başlayıp, km: 4+760'de 2.çevre yolunu kesip, Samandıra'nın güneyinden, Pendik (Kurtköy) kuzeyinden fazla açık olmayan bir araziden geçerek, Gebze doğusunda km:44+294'de mevcut otoyola ulaşır. Refüj genişliği 3.60m olan bu kesimde, her taşıma yolu 3x3.75m şerit genişliğinde inşa edilmiştir. Toplam platform genişliği

34.90 m'dir. En yüksek boyuna eğim %4 olup, minimum kurp yarıçapı 720m'dir. Maksimum dever %7, normal enine eğim %2.5'tir.

Bu kesim proje başlangıcında, Çamlıca kavşağı ile 2. çevre yoluna, km:12+700'deki Samandıra kavşağından 10 km'lik bir bağlantı yolu ile E5 Devlet yolu Kartal kavşağına, km:24+760'daki Kurtköy kavşağından 11 km'lik bir bağlantı yolu ile E5 Devlet yolu Pendik Tersane kavşağına ve km:34+109'daki Şekerpınar kavşağından 7 km'lik bir bağlantı yolu ile, E5 Çayırova kavşağına bağlantılıdır. TEM otoyolunun bu kesiminde 7 adet viyadük (toplam 1660m), 8 adet alt geçit köprüsü, 27 adet üst geçit köprüsü ve km:9+500'de 31 gişeli ücret istasyonu vardır (Karayolları G. M., 1990).

3.1.1.2. Gebze-İzmit Otoyolu

Gebze-İzmit (km:45+200-km:84+741) arasında 40 km uzunluğundaki otoyolun inşaatına 1975 yılında başlanmıştır. Otoyolda kaplamalı platform genişliği 2x11.9m olup Gebze, Batı Hereke, Yarımca, Batı İzmit Kavşağı olmak üzere toplam 4 adet kavşak, 14 adet viyadük (2x2680m), 3 adet tünel (2x830m), 30 adet alt ve üst geçit köprüsü bulunmaktadır. Ücretli olarak açık sistemde çalışmakta olan otoyolda; Gebze (4 gişe), Batı Hereke (2 gişe), Yarımca (3 gişe), Topallar (6 gişe) olmak üzere, toplam 4 adet ücret toplama istasyonu vardır. Artan trafik ihtiyacından dolayı, Dilderesi ve Doğu Hereke mevkilerinde 2 adet kavşak ilavesi gerekmiş ve söz konusu kavşakların yapımı 1989 yılında tamamlanmıştır. Ayrıca TEM otoyolunun bu kesiminde;

km : 56+500'de Park Alanı

km : 74+700'de Bakım İşletme Alanı

km : 76+000'de Servis Alanı, bulunmaktadır (Karayolları G. M., 1990).

Aşağıda numune alınan bazı yerlerin resimleri verilmiştir.



Resim 3.1. Hereke Çimlendirilmiş Yol Kenarı



Resim 3.2. Hereke Tüneli



Resim 3.3. Topallar Gişeleri

3.1.1.3. İzmit Kuzey Kent Geçişi

İzmit Kuzey Kent Geçişi projesi, mevcut Gebze-İzmit otoyolunun km:80+262 noktasından ayrılarak İzmit'in kuzeyindeki dağlık bölgeden geçer ve İzmit'i kucaklayarak km:99+275'de İzmit-Adapazarı E5 karayolu ile TEM otoyolunun kesiştiği yerde biter. Otoyolun amacı, İzmit içerisinde geçen transit trafiğin şehir dışına çıkarılmasıdır.

Bu kesim km:80+262'den, km:91+500'deki Kandıra yoluna kadar, güneye denize dik akan derelerin oluşturduğu derin vadiler ve tepelerden geçer. Güzergah genellikle yamaç döküntüleri, yer yer konglomeralar ile kilitli, siltli ve marne taşı kireç taşı aralanmalarının oluşturduğu bir jeolojik yapıya sahiptir. Kandıra yolundan proje sonuna kadar ise güzergah, killi, siltli, kumlu malzemelerin oluşturduğu düz bir alüvyon ovasından geçer. Orta refüjü 2,0m olan proje 2x2 otoyol şeklindedir. Toplam platform genişliği 27,00m'dir. En yüksek boyuna eğim %6, maksimum deyer %7 ve minimum yatay kurb yarıçapı 700m'dir. Otoyolun normal çatı eğimi %2,5'dir.

Güzergah üzerinde 2 kavşak bulunmaktadır. İzmit Kuzey Kent geçişi otoyolunun, Gebze-İzmit otoyolu ile birleştiği yerde İzmit'e girişini sağlayan İzmit Batı Kavşağı, bu ayırımın 2 km doğusunda İzmit içerisinde gişe sahasında yer almaktadır.

Bursa'dan ve Kandıra'dan gelen trafiğin otoyola katılımını sağlamak için km:92+350'de Kandıra yolu üzerinde Kandıra kavşağı bulunmaktadır. Kent geçişinin bitiminde ise, İzmit-Sakarya-Kazancı otoyolunun başlangıcında İzmit Doğu Kavşağı bulunmaktadır.

İzmit Kuzey Kent geçişinde 2 adet üst geçit, 5 adet alt geçit ve 3 adet hidrolik yapı olmak üzere 10 adet büyük yapı vardır. 6 adet viyadük ve 2 adet de tünel (Korutel, Kırkmeşe) bulunmaktadır (Karayolları G. M., 1990).

3.1.1.4. İzmit-Sakarya-Kazancı Otoyolu

İzmit-Sakarya-Kazancı otoyolu, Köseköy civarında E5 karayolunun İzmit-Sakarya arasında otoyol km:99+275'de keserek ve Sapanca Gölü'nün güneyini takip ederek doğuya doğru mevcut E5 karayolunun 3-5 km güneyinden ve E5'e paralel olarak doğuya doğru uzanır. Adapazarı-Bilecik yolunu keserek Sakarya Nehri'ni atlar ve Mudurnu Nehri'ni geçerek km:145+000 civarında Akyazı kavşağından önce Kazancı-Gümüşova otoyolu ile birleşir.

Otoyol güzergahı, km:120+000 ile km:124+000 arasındaki killi, siltli, kumlu birimlerden oluşan Sarıbayır tepelerindeki yarmalar dışında, genel olarak yumuşak ve sıkışabilir malzemelerden oluşan düz alüvyon ovalarından dolgu teşkili ile geçmektedir. Söz konusu alüvyon ovaları genel olarak Acısu, Sapanca, Adapazarı ve Akyazı ovalarıdır.

Boyu yaklaşık 49.3 km olan otoyolun orta refüj genişliği 8m, beher şerit genişliği 3.75m olacak şekilde 2x2 şeklindedir. Toplam platform genişliği 33.00m'dir. Maksimum boyuna eğim %4, maksimum dever % 7, minimum yatay kurp yarıçapı 600m ve otoyolun normal çatı eğimi %2.5'tir. Otoyol üzerinde 3 adet

kavşak, 24 adet üst geçit, 7 adet alt geçit ve 6 adet hidrolik yapı bulunmaktadır. Yol Özellikle km:99+500 ile km:132+000 arasında yoğun yerleşim ve verimli ziraat alanlarından geçmektedir Ayrıca;

km : 100+500'de Tepetarla Park Alanı

km : 112+600'de Servis Alanı

km : 116+425'de Bakım İşletme Alanı

km : 120+250'de 100 Evler Park Alanı

km : 133+800'de Cuma Park Alanı, bulunmaktadır (Karayolları G. M., 1990).

3.1.2. D100 (E5) Karayolu

E5 karayolu uzun yıllar boyunca, Asya'ya Avrupa'ya bağlama açısından köprü görevi görmüş, özellikle Marmara Bölgesi'nde yoğun yerleşim ve sanayi yüküne bağlı olarak sürekli artan trafik yükünün gözlendiği önemli bir yoldur. E5 karayolunun bu konumu mevcut çevre kirliliklerini beraberinde getirmiştir. Araç egzozlarından dışarıya atılan kurşunun yol kenarlarında meydana getirdiği kirlilik mevcut çevre problemlerinden biridir.

Aşağıda E5 karayolunun Çamlıca-Sakarya arasındaki kesimi toplam 131 km'dir. 3.1.haritasına bağlı olarak hazırlanan "2001 yılı Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü Devlet Yolları Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri" tablosundan bulunan km değerleri verilmiştir (Karayolları G.M., 1990).

D100 KARAYOLU

100-06(1) = 24 km (İstanbul)

100-06(2) = 13 km (İstanbul)

100-07(1) = 8 km (Kocaeli)

100-07(2) = 31 km (Kocaeli)

100-07(3) = 16 km (Kocaeli)

100-07(4) = 4 km (Kocaeli)

100-08(1) = 7 km (Kocaeli)

100-08(2) = 18 km (Kocaeli)

100-09(0) = 12 km (Sakarya)



3.2. Numunelerin Toplanması

Yol kenarı sedimentleri, insan kaynaklı çevre kirliliklerini saptamak açısından gittikçe kullanımı artan numune alma yerleridir. Yol kenarları (RDS) halihazırda doğal bir ortam olmaları nedeni ile numune almadaki kolaylıkları, otomobil emisyonları ve bunların noktasal olmayan kaynak kirliliğini oluşturmaları ile olan ilişkisi, çevre bilgileri açısından önemli bir arşiv niteliği taşımaktadır (Sutherland, 2003).

Bu tezde, bazı karakteristikleri belirtmek açısından, 2002 Ekim ayında toprak numuneleri, 2003 Nisan ayında ise bitki numuneleri, Çamlıca-Sakarya arasında D100(E5) karayolu ve TEM otoyolu boyunca yol kenarlarından toplanmıştır. Bitkilerin topraktan kökler aracılığı ile aldıkları kurşun miktarı incelendiği için, ilkbahar ayında numuneler alınmıştır. Böylelikle toprak yüzeyindeki kurşunun yağışlarla derinlere süzülüp, köklerle bitki bünyesine daha çok alınacağı hesaba katılmıştır. Ayrıca daha değişik konularda yorum yapabilmek açısından, kurşun miktarının toprağın derinliği ve yoldan uzaklığı ile değişimi, bitki ve toprak yüzeyinde tutulan ve bunların yağış suyu ile akışa geçebilecek miktarları incelemeye dahil edilmiş, numuneler alınıp analizler yapılmıştır. Yoldan uzaklıkla değişim numuneleri toprak ve bitki örnekleri için, D100; 27,30,36, TEM; 3,7 (toprak örneklerinde), D100; 24,30,33, TEM; 1,11 (bitki örneklerinde) nolu numune alım noktalarının yol kenarından 100 m iç kısımlarında, toprakta derinlikle değişim numuneleri ise Kocaeli şehir merkezinde tek bir noktadan 4 ayrı derinlikte ilkbahar mevsiminde alınmıştır.

3.2.1. Toprak Numunelerinin Toplanması

Toprak numuneleri, çalışma alanının, yol kenarlarındaki belirli noktalarından, yüzeyden olacak şekilde bir spatula yardımı ile naylon poşetlere alınıp (~ 300gr), gerekli bilgiler yazılarak etiketlendikten sonra analiz için laboratuvara taşınmışlardır. Numuneler çalışma alanının toplam 68 farklı yerinden (40 E5, 28 TEM) 80 adet olacak şekilde toplanmışlardır. Bazı noktalardan birden fazla numune alınarak birbirlerine göre kıyaslama yapılmıştır.

Numune alım yerleri, özellikleri ve bu bölgelerin yıllık ortalama günlük trafik değerleri (günlük geçen toplam taşıt sayısı) aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 3.1. D100 Karayolu Toprak Örnekleri (Çamlıca- Sakarya)

Numune No	Alınan Yerler	Trafik Yoğunluğu
1	Haydarpaşa	100-06(1)
2	Acıbadem Hastanesi yanı	100-06(1)
3	Acıbadem dolmuş durağı	100-06(1)
4	Göztepe Kavşağı	100-06(1)
5	Erenköy, Petrol ist. yanı	100-06(1)
6	Bostancı, Carrefour karşısı	100-06(1)
7	Bostancı dolmuş durağı (2 çeşit)	100-06(1)
8	Küçükyalı,(yerleşim yoğun)	100-06(1)
9	Maltepe, Opel karşısı	100-06(1)
10	Gülsuyu, Maltepe (3 çeşit)	100-06(1)
11	Cevizli, Soğanlı kavşağı	100-06(1)
12	Kartal açık oto pazarı yanı	100-06(2)
13	Yakacık, Öncül Metal yanı(2 çeşit)	100-06(2)
14	Pendik, Kurtköy yol ayrımı	100-06(2)
15	Kaynarca-Pendik arası	100-06(2)
16	Güzelyalı-Pendik arası	100-06(2)
17	Tuzla tersanesi yanı	100-06(2)
18	Tuzla, Paşabahçe yanı	100-06(2)

19	Tuzla çıkışı piyade okulu yanı	100-06(2)
20	Çayırova, kamyoncular sitesi yanı	100-07(1)
21	Çayırova, Henkel Kimya Sanayi yanı	100-07(1)
22	Gebze, Telteks karşısı	100-07(1)
23	Gebze, Orduevi karşısı	100-07(1)
24	Gebze, Bayer yanı	100-07(1)
25	Tavşanlı Atabay Kimya Sanayi yanı	100-07(2)
26	Tomruk kereste deposu yanı	100-07(2)
27	Dilovası, Merbolin yanı	100-07(2)
28	Tavşancıl, E5 ile TEM'in kesiştiği bölge	100-07(2)
29	Tavşancıl, asfalt tesisleri yanı	100-07(2)
30	Hereke, Nuh Çimento yanı	100-07(3)
31	Hereke-Körfez arası Pakpen yanı	100-07(3)
32	Körfez, Alışveriş Merkezi yanı	100-07(4)
33	Körfez, Gülsan köprüsü altı	100-07(4)
34	Kocaeli, Derince Sağlık Ocağı yanı	100-08(1)
35	Kocaeli, SSK yanı	100-08(2)
36	Kocaeli çıkışı, Nuh Beton yanı	100-08(2)
37	Kocaeli-Sapanca arası (2 çeşit)	100-09(0)
38	Sapanca yakınları (meyve bahçesi toprağı)	100-09(0)
39	Dereköy, Sapanca Gölü yanı	100-09(0)
40	Eşme beldesi (tarım alanı)	100-09(0)

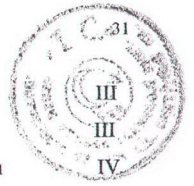
Tablo 3.1. 'de belirtilen trafik yoğunluğu değerleri Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü 2001 yılı devlet yolları yıllık ortalama günlük trafik değerleri tablosunda (Tablo 3.2.) verilmiştir (Karayolları G.M., 1990)

Tablo 3.2. 2001 Yılı Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü Devlet Yolları Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu Değerleri (İstanbul(Anadolu)-Sakarya arası)

K.K.No	Dilim No	Km	Bölge No	İli	Otomobil	Otobüs	Kamyon	Toplam Taşıt
100-06	1	24	1	İstanbul	102207	3564	14110	120777
100-06	2	13	1	İstanbul	40916	1474	12866	56330
100-07	1	8	1	Kocaeli	40916	1474	12866	56330
100-07	2	31	1	Kocaeli	6509	447	5962	13675
100-07	3	16	1	Kocaeli	24334	3778	7403	36204
100-07	4	4	1	Kocaeli	35583	4041	18343	59288
100-08	1	7	1	Kocaeli	31089	249	8985	41531
100-08	2	18	1	Kocaeli	5921	1205	4278	11631
100-09	0	12	1	Sakarya	5921	1205	4278	11631

Tablo 3.3. TEM Otoyolu Toprak Örnekleri (Sakarya-Çamlıca)

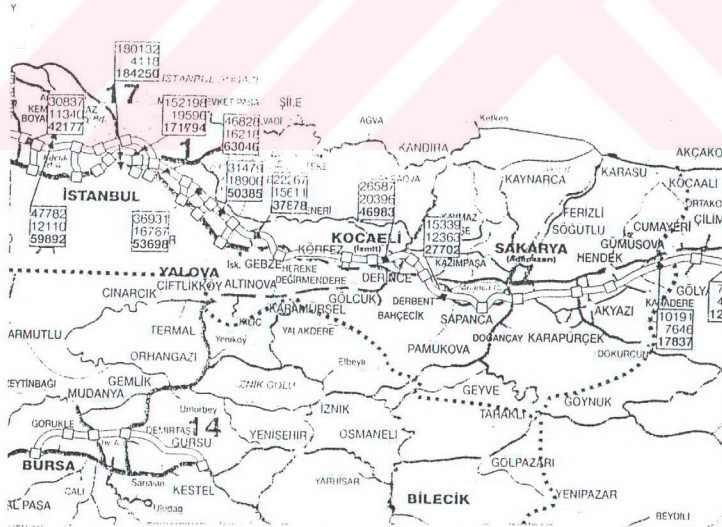
Numune No	Alınan Yerler	Trafik Yoğunluğu
1	Sakarya TEM girişi	I
2	Sapanca Gölü karşısı	I
3	Sapanca çıkışı	I
4	Mc Donals yanı (2 çeşit)	I
5	Kocaeli'ye girmeden EnerjiSA karşısı	I
6	Kocaeli,tırmanma şeridi yanı (2 çeşit)	II
7	Kocaeli, tırmanma şeridi sonu	II
8	Kırkmeşe Tüneli (3 çeşit)	II
9	Korutel Tüneli içi	II
10	Körfez,tırmanma şeridi	II
11	Hereke Tüneli içi	II
12	Hereke – Dilovası arası	II
13	Dilovası, Marshall yanı	II
14	Dilovası – Muallimköy arası	II
15	Taş Ocakları mevkii	II
16	TEM Gebze girişi	II
17	GOSB(Gebze Organize Sanayi Bölgesi) girişi	III
18	GOSB yanı	III
19	GOSB çıkışı	III



20	Çayırova TEM girişi	III
21	Sabancı Üniversitesi yanı	III
22	Sabiha Gökçen Hava Limanı yol ayrımı	IV
23	Sultanbeyli girişi (2 çeşit)	IV
24	Sultanbeyli sonu	IV
25	Kartal TEM girişi	V
26	Sarıgazi İstanbul gişeleri	VI
27	F.S.M. Köprüsü ayrımı	VI
28	TEM'in E5 ile kesiştiği bölge	VII

Tablo 3.3.'deki trafik yoğunluğu değerleri Harita 3.2.'de verilen otoyol gişe sayım noktalarına göre hazırlanmış ve Tablo 3.4.'de verilmiştir.

K A R A A D E



Harita 3.2. TEM Otoyolu Haritası



Tablo 3.4. TEM Otoyolu 2001 Yılı Yıllık Ortalama Günlük Trafik Yoğunluğu Değerleri (İstanbul(Anadolu)-Sakarya arası)

Trafik Y.No	Hafif Taşıt	Ağır Taşıt	Toplam
I	15339	12363	207702
II	26587	20396	46983
III	22267	15611	37878
IV	31479	18906	50385
V	36931	16767	53698
VI	46828	16218	63046
VII	152198	19596	171794

3.2.2. Bitki Numunelerinin Toplanması

Bitki örnekleri, toprak örneklerinde olduğu gibi yol kenarlarındaki belirli noktalardan toplanarak, gerekli etiketlemeler yapıldıktan sonra naylon poşetlere konulup laboratuvara taşınmışlardır. Çalışma alanının 59 farklı noktasından (35 E5, 24 TEM) 72 adet (yaprak, saz, yenilebilir bitki vb.) olarak toplanmışlardır. Numune alım yerleri, özellikleri ve bu bölgelerin trafik yoğunluğu değerleri aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 3.5. D-100 Karayolu Bitki Örnekleri (Çamlıca - Sakarya)

Numune No	Alınan Yerler	Trafik Yoğunluğu
1	Harem Otoganı	100-06(1)
2	Haydarpaşa	100-06(1)
3	Koşuyolu-Kadıköy ayrımı	100-06(1)
4	Acıbadem Dolmuş D.	100-06(1)
5	Hasanpaşa	100-06(1)
6	Göztepe Kavşağı	100-06(1)
7	Bostancı	100-06(1)
8	Küçükyalı	100-06(1)

9	Maltepe, Opel karşı	100-06(1)
10	Cevizli	100-06(1)
11	Kartal	100-06(2)
12	Yakacık kavşağı	100-06(2)
13	Kurtköy yol ayrımı	100-06(2)
14	Kaynarca-Pendik	100-06(2)
15	Güzelyalı-Pendik	100-06(2)
16	Çayırova girişi (2 çeşit)	100-07(1)
17	Çayırova, Henkel Kimya Sanayi yanı	100-07(1)
18	Çayırova çıkışı (2 çeşit)	100-07(1)
19	Gebze Orduevi karşı	100-07(1)
20	Gebze Bayer yanı (2 çeşit)	100-07(1)
21	Gebze-Dilovası arası (petrol istasyonu yanı(2 çeşit))	100-07(2)
22	Dilovası, Öz Metal yanı (3 çeşit)	100-07(2)
23	Dilovası, Merbolin yanı	100-07(2)
24	Total Dilovası Merkez Bayii yanı	100-07(2)
25	Dilovası, Marshall yanı	100-07(2)
26	Tavşancıl,(tren yolu ile paralel)	100-07(2)
27	Hereke Limanı yanı (2 çeşit)	100-07(3)
28	Şirinyalı	100-07(3)
29	Kirazlıyalı (3 çeşit)	100-07(3)
30	Körfez	100-07(4)
31	Kocaeli girişi	100-08(1)
32	Kocaeli çıkışı	100-08(2)
33	Kocaeli-Sakarya arası Çemsan yanı	100-08(2)
34	Eşme (2 çeşit yenilebilir bitki)	100-09(0)
35	Sakarya	100-09(0)

Not: Trafik yoğunluğu değerleri daha önce Tablo 3.2.'de verildiği gibidir.



Tablo 3.6. TEM Otoyolu Bitki Örnekleri (Sakarya-Çamlıca)

Numune No	Alım Yerleri	Trafik Yoğunluğu
1	Sakarya gişeleri	I
2	Sakarya-Sapanca	I
3	Sakarya	I
4	Sakarya-Kocaeli	I
5	Kocaeli su deposu karşı	II
6	Korutal tüneli çıkışı	II
7	Kocaeli	II
8	Sefa Sirmen dinlenme tesisleri	II
9	Körfez, Özyapı Beton Fabrikası yanı	II
10	Hereke tüneli çıkışı	II
11	Tavşancıl	II
12	Diliskelesi tüneli girişi	II
13	Dilovası, Lever-Marshall yanı	II
14	TEM Gebze yol ayırımı	III
15	GOSB(Gebze Organize Sanayi Bölgesi) yanı	III
16	Tuzla, Sabancı Üniversitesi yanı	III
17	Kurtköy sapağı, Sabiha Gökçen H.L. ayırımı	IV
18	Sultanbeyli girişi	IV
19	Kartal sapağı	V
20	Orel Endüstri Sanayii yanı	V
21	Küçükbakkalköy ayırımı	VI
22	Ümraniye-Sarıgazi (4 çeşit)	VI
23	Üsküdar yol ayırımı	VI
24	TEM Boğaz köprüsünden Üsküdar'a çıkış	VII

*Not:*Trafik yoğunluğu değerleri daha önce Tablo 3.4.'de verildiği gibidir.

Toplanan bazı bitki örneklerinin çeşitleri şöyledir.





Resim 3.4. Bitki Türleri

3.3. Numunelerin Analize Hazırlanması

3.3.1. Toprak Numunelerinin Analize Hazırlanması

Naylon torbalarla laboratuvara taşınan toprak örnekleri (toprak, kum, toz) öncelikle, nemlerinin giderilmesi açısından 105°C'de 24 saat süre ile etüvde kurutulmuşlardır. Bütün toprak örneklerinin, yaş ve kuru ağırlıkları tartılarak nem oranları tespit edilmiş ve ortalama nem oranı %11 civarında bulunmuştur. Toprak örnekleri daha sonra içlerindeki yabancı maddelerden arındırılmak için 2mm'lik eleklerden elenmiş, ardından porselen havanlarda dövülerek 125µm'lik eleklerden geçirilmişlerdir.

Bu şekilde ince taneler haline getirilen numunelerin her biri hassas terazide yaklaşık 0,5 g tartılıp üzerlerine 10mL 0,5 M %37'lik HCl konulduktan sonra oda sıcaklığında 24 saat çalkalanıp, çalkalanması tamamlanan örnekler vakumlu filtre yardımı ile süzildükten sonra balon jojelere konulup, distile edilmiş su ile 100 mL'ye tamamlanmışlardır (Sutherland, 2002). Daha sonra 15 mL'lik plastik numune saklama tüplerine alınan numuneler gerekli etiketlemeler yapıldıktan sonra analiz gününe kadar buzdolabında muhafaza edilmişlerdir. Analiz günü buzdolabından çıkarılan numuneler toplu halde, Perkin Elmer Simaa 6000 Simultaneous Multielemental Atomik Absorbsiyon Spektrometresi (AAS) cihazında analiz edilmişlerdir (Resim 3.5.). Örnek tüplerine konularak AAS'a yerleştirilen numunelerin çözeltiye geçen madde miktarları µg olarak cihaza kaydedilmiş, cihazda kalibrasyon eğrisi (Grafik 3.1.) hazırlandıktan sonra ilk olarak çözücü standardı analiz ettirilmiş, bunu takiben sırası ile tüm numunelerin analizleri yapılarak sonuçlar AAS'tan µg/L cinsinden alınmıştır. Ölçümler sonucunda µg/L cinsinden bulunan kurşun miktarları aşağıdaki formül kullanılarak mg/kg'a çevrilmiştir. Bu şekilde hesaplanan sonuçlar 4. bölümünde verilmiştir.



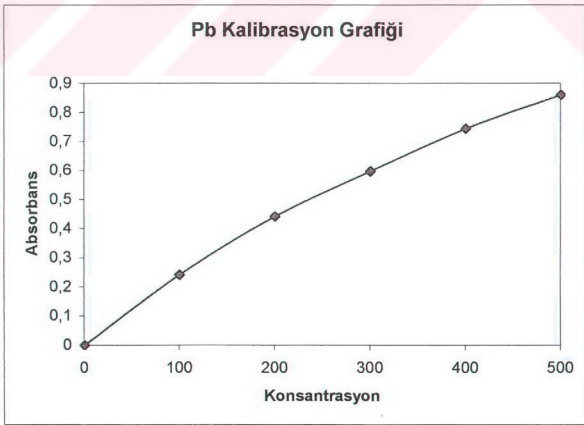
Resim 3.3.1.1. AAS Düzeneği

$$K = \frac{\text{Analiz Sonucu } (\mu\text{g/l}) \times V(\text{L})}{M (\text{g})}$$

K : Element Konsantrasyonu (mg/kg)

V : Çözelti Hacmi (L) = 0,1L

M : Kullanılan Numune Ağırlığı = 0,5 gr



Grafik 3.1. AAS Pb Analizi Kalibrasyon Grafiği (Korelasyon katsayısı 0.99988)

3.3.2. Bitki Numunelerinin Analize Hazırlanması

Naylon torbalarla laboratuvara taşınan bitki örnekleri özellikleri bozulmadan, önce fırçalanarak yıkanmış daha sonra kesilip 60 °C'de 48 saat boyunca etüvde kurutulmuşlardır. Ardından porselen havanlarda dövülen bitki örnekleri 125µm'lik eleklerden geçirilerek ince tane boyu üzerinde analizler yapılmıştır.

Bu şekilde hazırlanan bütün bitki örnekleri, hassas terazide yaklaşık 0,5'er gram tartılarak, mikrodalga fırının teflon kaplarına konulup üzerlerine 4mL %65'lik HNO_3 +10 mL %35'lik H_2O_2 ilave edilmiştir (Hol et al., 1997). Mikrodalga fırında yüksek sıcaklıklarda çözeltiye geçirilen örnekler balon jojelere alınıp distile edilmiş su ile 100 mL'ye tamamlandıktan sonra 15 mL'lik plastik numune saklama tüplerine alınarak analiz yapılacağı güne kadar buzdolabında muhafaza edilmişlerdir. Ölçüm için toprak numunelerinde olduğu gibi AAS cihazı kullanılmıştır. Sonuçlar cihazdan yine µg/L cinsinden alınıp formül yardımı ile mg/kg'a çevrilmiştir. Bu şekilde hesaplanan sonuçlar 4. bölümde verilmiştir.

3.3.3. Diğer Numunelerin Analize Hazırlanması

Bu çalışmada ayrıca, kurşunun bitki ve toprak yüzeyinde tutulan miktarları ile derinlik ve mesafeye değişim oranları gibi farklı konular incelenmiş ve gerekli analizler yapılmıştır. Derinlikle değişim numuneleri D100 karayolunun Kocaeli şehir merkezi yol kenarından tek bir noktada 4 ayrı derinlikte alınmıştır. Yoldan uzaklıkla değişim numuneleri Tablo 3.7.'de belirtilen numune alım noktalarının yol kenarlarından 100m iç mesafesinde, yüzeyde tutulan miktarların numunelerinin alım yerleri ise diğerleri ile aynı olup, hangileri olduğu numune numaraları verilerek aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo 3.7. Yoldan Uzaklık İle Değişim Numuneleri

Numune Çeşidi	D100 Numune No	TEM Numune No
Toprak	27,30,36	3,7
Bitki	24,30,33	1,11

Tablo 3.8. Yüzeyde Tutunum Numuneleri:

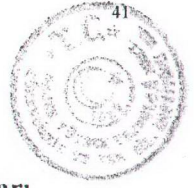
Numune Çeşidi	D100 Numune no	TEM Numune No
Toprak	5,12,16,19,27,39	3,10,25,27
Bitki	6,,15,16(a-b),19,31	1,5,13,21

Bu örneklerin analize hazırlanma işlemlerinde, yüzeyde tutulan kurşunu göstermek amacıyla yapılan çalışmada örnekler hiçbir işleminden geçirilmeden, kuru ağırlıkları üzerinden 0,5'er gram tartılıp üzerlerine 20 mL saf su ilave edilerek (yağış suyuna benzerliği açısından) çalkalayıcıda 24 saat çalkalanıp sonra vakumlu filtreden süzölmüşlerdir. Balon jojelere alınan süzöntüler distile edilmiş su ile 100 mL'ye tamamlanıp, 15mL'lik plastik numune saklama tüplerine alınarak analizin yapılacağı güne kadar buzdolabında muhafaza edilmişlerdir. Bu çalışmadan amaç yağış suyu ile toprak ve bitki yüzeyinden akışa geçebilecek kurşun miktarlarını hesaplamaktır.

Toprak numunelerinin derinlik ve mesafe ile bitki numunelerinin ise sadece mesafe ile değişimini göstermek için yapılan çalışmada ise örnekler diğer bitki ve toprak örneklerinde olduğu gibi analize hazırlanmışlardır.

Bütün bu analizlerin sonuçları ve yorumları, "Sonuçlar ve Yorumlar" başlığı altında verilmiştir.

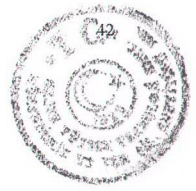
4. SONUÇLAR VE YORUMLAR



4.1. Toprak Numunelerinin Sonuçları ve Yorumları

Tablo 4.1. D100 Karayolu Toprak Örneklerinin Kurşun İçerikleri

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)
1	108.48
2	116.72
3	76.11
4	396.16*
5	114.18
6	43.90
7-a (toprak)	76.68
7-b (bitki kökü toprağı)	79.98
8	107.41
9	78.42
10-a (toz)	40.18
10-b (toprak)	43.85
10-c (kum)	10.17
11	27.66
12	318.48*
13-a (kum)	68.48
13-b (toprak)	90.99
14	60.07
15	18.49
16	73.07
17	51.81
18	67.23
19	76.51
20	23.06
21	162.20*
22	191.28*



23	88.58
24	89.66
25	43.81
26	74.48
27	104.80
28	82.03
29	190.88*
30	214.04*
31	48.24
32	61.85
33	45.70
34	29.80
35	47.74
36	53.44
37-a (toprak)	35.77
37-b (bitki kökü toprağı)	51.70
38	14.58
39	20.55
40	15.81

Tablo 4.2. TEM Otoyolu Toprak Örneklerinin Kurşun İçerikleri

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)
1	53.11
2	64.99
3	55.86
4-a (toprak)	27.70
4-b (kum)	9.94
5	68.48
6-a (kum)	11.48
6-b (toprak)	71.09
7	64.61
8-a (tünel girişı, toprak)	68.74

8-b (tünel içi, kum)	81.74
8-c (tünel çıkışı, toprak)	66.19
9	40.04
10	104.16
11	231.24*
12	35.10
13	112.74
14	424.09*
15	93.24
16	66.41
17	66.36
18	71.96
19	67.40
20	65.24
21	41.37
22	75.30
23-a (kum)	53.05
23-b (toprak)	62.51
24	91.69
25	60.25
26	176.02*
27	70.81
28	228.12*

Not: * işareti yüksek (pik noktalarda) bulunan Pb değerlerini göstermektedir.

Toprak örneklerinde kurşun değerleri, D100 (E5) karayolu için; 10.17 mg/kg ile 396.16 mg/kg arasında değişip ve ortalama 85.22 mg/kg, TEM otoyolunda ise 9.94 mg/kg ile 424.08 mg/kg arasında değişip ortalama 87.30 mg/kg olmuştur.

Dünyada yapılan bazı çalışmalarda, yol kenarı toprak örnekleri için kurşun miktarları aşağıdaki gibi bulunmuştur.

- *Hawaii, Oahu, Palolo Vadisi*; Pb=170±110 mg/kg
- *Hrvatistan, Zagreb*; Pb=1.50-139 mg/kg (ort.25.9mg/kg)
- *Fransa*; Pb=170-540 mg/kg (ort. 222 mg/kg)
- *Nijerya, Osogbo*; Pb=129±130 mg/kg
- *Yeni Zelenda, Auckland*; Pb=780-2.2 mg/kg
- *U.S.A., New Jersey*; Pb=100.6 mg/kg
- *U.S.A., California*; Pb=74-118 mg/kg
- *U.S.A., Detroit*; Pb=63-374.7 mg/kg
- *Büyük Britanya*; Pb=189-756 mg/kg
- *UK, Tyneside*; Pb=167±330 mg/kg
- *Hindistan, Baroda*; Pb=240 mg/kg
- *Mısır*; Pb=38.6-187.7 mg/kg
- *Hong Kong*; Pb=90±53 mg/kg
- *Polonya, Warsaw*; Pb=52.9 mg/kg
- *Nijerya, Ibadan*; Pb=81±140 mg/kg (Fakayode and Olu-Owolabi, 2003).

Tablo 4.1. ve Tablo 4.2. 'deki sonuçlara bakıldığı zaman, toprak örnekleri için, Pb'nin en yüksek değerlerinin D100 karayolunda 4,5,8,12,21,22,27,29,30; TEM otoyolunda ise 10,11,13,14,26,28 nolu numunelerde ortaya çıktığı görülür. Bu numunelerin Tablo 3.1. ve Tablo 3.3. 'de verilen numune alım yerleri aşağıdaki gibidir.

D100 (4).....	Göztepe kavşağı
D100 (5).....	Erenköy, Petrol istasyonu yanı
D100 (8).....	Küçükyalı
D100 (12).....	Kartal açık oto pazarı yanı
D100 (21).....	Çayırova, Henkel Kimya Sanayi yanı
D100 (22).....	Gebze, Telteks karşısi,
D100 (27).....	Dilovası, Merbolin yanı
D100 (29).....	Tavşancıl, asfalt tesisleri yanı
D100 (30).....	Hereke, Nuh Çimento yanı
TEM (10).....	Körfez, tırmanma şeridi

- TEM (11).....Hereke Tüneli içi
 TEM (13)..... Dilovası, Marshall yanı
 TEM (14).....Dilovası-Muallimköy arası
 TEM (26).....Sarıgazi İstanbul gişeleri
 TEM (28).....TEM'in D100(E5) ile kesiştiği bölge

Numune alım yerlerinden de görüleceği gibi, Pb değerleri özellikle, trafik ve sanayinin yoğun olduğu bölgeler ile gişe ve petrol istasyonlarında yüksek çıkmıştır. Metal ve boya sanayi civarlarında yüksek çıkması, bu sanayi kuruluşlarında kurşunun kullanılması ile açıklanabilir. Ayrıca taşıt hareketlerine bağlı olarak, özellikle tırmanma şeritleri, gişeler (durup-kalkma) ve ışıklara yakın olan kavşaklarda Pb değerleri yüksek çıkmıştır. Petrol istasyonlarında (yeraltında bulunan akaryakıt tanklarını) havalandırma bacalarından ve araçlara akaryakıt konulan tabancaların uçlarından buharlaşarak atmosfere karışan Pb bileşikleri bu civarlarda kurşun konsantrasyonlarının yüksek çıkmasına sebep olabilir. Yine, oto pazarları civarı, taşıt sayısının fazla olması ve bu taşıtlardan akan yağlar ve dökülen maddeler buralarda kurşun değerini yükseltmiş olabilir.

Fakayode ve Olu-Owolabi'nin 2003'de Nijerya'da yaptıkları çalışmanın sonucunda yol kenarı sedimentleri Pb içeriği ile trafik yoğunluğu arasında kuvvetli pozitif bir ilişki ortaya çıkmıştır. Atmosferik kurşunun ancak belli bir miktarının çökeliş, toprak ve diğer ortamlara taşındığı düşünülürse, solunum yolu ile vücuda girebilecek kurşunun miktarı endişe uyandırır boyutlardadır. Nitekim Davies'in 1990 Glasgow'da yaptığı çalışmanın sonucunda atmosferik çöküntü konsantrasyonları tarımsal alanda 3.1-31 mg/m².yıl, endüstriyel ve şehir merkezi civarlarında ise 27-140 mg/m².yıl olarak bulunmuştur. Oysaki trafiğin yoğun olduğu kirli bölgelerde atmosferdeki kurşun kirliliğinin 20-25 mg/Pb.m³ olduğu bilinmektedir.

Topraktaki mevcut Pb konsantrasyonunun 500-1000 mg/kg arası çocuk sağlığı açısından risk teşkil eder (Mercier et al., 2002). Bu nedenle yol kenarlarındaki yerleşim yerleri, okullar, park ve oyun alanları, özellikle çocuk sağlığı açısından tehlikelidir. Çocuklar buralardaki kurşunu, ağız yolu veya tozlardan solunum yolu ile

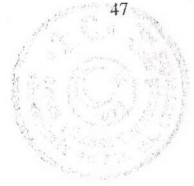
vücutlarına alırlar. Vücuda alınan kurşun kolay kolay atılamayarak birikim yapar ve belirli konsantrasyonlardan sonra kanser riski oluşturur.

1976'da Amerika'da kurşunlu benzinin hala kullanıldığı zamanlarda, kandaki ortalama Pb miktarı $16\mu\text{g/dL}$ iken, şu anda bu değer $3\mu\text{g/dL}$ 'ye düşmüştür. Macaristan'da kurşunlu benzin içerisindeki kurşun içeriğinin 0.15g/L 'den 0.7g/L 'ye düşürülmesi, kandaki kurşun miktarını $22.1\mu\text{g/dL}$ 'den $6.2\mu\text{g/dL}$ 'ye düşürmüştür (Fakayode and Olu-Owolabi, 2003).

Türkiye'nin en fazla trafik ve sanayi yükünün gözlendiği, bu tezin çalışma alanında, Pb değerlerinin çok kritik değerlerde çıkmaması, Marmara bölgesinde akaryakıt tüketiminin çoğunluğunun dizel (motorin) olması ve bu yakıtta da kurşunun olmaması ile açıklanabilir. Ayrıca yapılan istatistiklerde Türkiye'deki kurşunsuz benzin tüketiminin diğer bölgelere oranla en fazla Marmara Bölgesi illerinde olduğu ortaya çıkmıştır. Ve yine Türkiye'de 1988 yılından beri benzindeki kurşun içeriği azaltılmış, son bir yıldır ise normal benzin piyasadan kalkmıştır. Düzenli sanayileşmenin olduğu GOSB (Gebze Organize Sanayi Bölgesi) civarında, Dilovası'na göre kurşun miktarının az çıkması, düzensiz sanayileşmenin araç egzozlarına bağlı olarak oluşan yol kenarı kurşun kirliliğini desteklediğini ortaya çıkarmıştır.

Toprak yüzeyindeki ağır metal miktarlarını öğrenmek sadece çevresel tehlike bazında çevreyi tehlikeye düşüren miktarların değerini hesap etmede kısmi bir bilgi oluşturur. Bu nedenle jeojenik horizonlar ve toprak profilindeki toprağın jeokimyasal fazları ve olası mekanizmaları, taşınan elementleri kavramak bakımından bilmek ve bu konular hakkında gelecekte araştırmalar yapmak gerekir.

Toprak ile kum arasında, kurşun içerikleri farklılıklarını göstermek amacıyla alınmış örneklerden çıkan sonuçlar toprağın kurşunu daha çok içine aldığı göstermiştir. Toz örneklerinde ise topraktan az kumdan daha fazla kurşun içerikleri tespit edilmiştir. Alınan örnekler ve sonuçları aşağıda belirtilmiştir.



<u>Numune No</u>	<u>Pb İçeriği (mg/kg)</u>
D100:10-a (toz)	40.18
D100:10-b (toprak)	43.85
D100:10-c (kum)	10.17
D100:13-a (toprak)	90.99
D100:13-b (kum)	68.48
TEM: 4-a (toprak)	27.70
TEM: 4-b (kum)	9.940
TEM: 6-a (toprak)	71.09
TEM: 6-b (kum)	11.48
TEM: 23-a (toprak)	62.51
TEM: 23-b (kum)	53.05

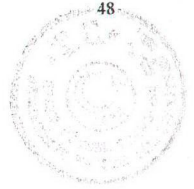
Aralarındaki farkı gözlemlemek amacı ile aynı yerlerden alınan toprak ve bitki kökü topraklarında Pb içerikleri incelenmiş ve bitki kökü topraklarının kurşunu daha iyi tuttuğu ortaya çıkmıştır. Bu durum yağışlarla derinlere süzülen kurşunun büyük bir kısmının bitki köklerinde alıkonulduğunu gösterir. Bu nedenle kurşunun daha derinlere süzülüp yer altı sularına karışmasını önlemek amacı ile yol kenarları ve civarlarının özellikle köklü bitkiler tarafından yeşillendirilmesi gerekir.

Otoyol tünelleri atmosfere kapalı bölgeler olmaları açısından, egzoz gazlarından oluşan kurşun kirliliğinin önemli belirteçleridir. Fernández ve arkadaşlarının 2000 yılında Venezuela'nın üç önemli otoyol tünellerinde yaptıkları araştırmada kurşun miktarları şöyle çıkmıştır.

Trinidad Tüneli.....	1.26µg Pb/g
Paraiso Tüneli.....	0.58µg Pb/g
El Valle Tüneli.....	0.59µg Pb/g

Bu çalışmada ise 3 değişik tünel içinden alınan toprak ve kum örneklerinin kurşun miktarları aşağıdaki gibi çıkmıştır.

Kırkmeşe Tüneli.....	81.74 mg/kg Pb (kum)
Korutel Tüneli.....	40.04 mg/kg Pb (kum)
Hereke Tüneli.....	231.24 mg/kg Pb (toprak)



Kırkmeşe tünelinin girişi ve çıkışından alınan örneklerdeki kurşun içeriği, tünel içinden alınan örneğe göre daha düşük çıkmıştır.

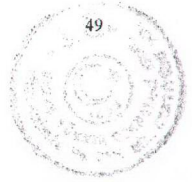
Kırkmeşe Tüneli (giriş).....	68.74 mg/kg (toprak)
Kırkmeşe Tüneli (içi).....	81.74 mg/kg (kum)
Kırkmeşe Tüneli (çıkışı).....	66.19 mg/kg (toprak)

**Not :* Tünel içi örneğinin kum olmasına rağmen diğerlerinden daha yüksek çıkması tünel içlerinin kurşun içeriği açısından önemli bölgeler olduğunu bir kez daha göstermektedir.

4.2. Bitki Numunelerinin Sonuçları ve Yorumları

Tablo 4.3. D100 Karayolu Bitki Örneklerinin Kurşun İçerikleri

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)
1	3.21
2	8.36
3	5.51
4	6.97
5	20.98
6	13.27
7	10.41
8	8.27
9	7.01
10	5.28
11	4.49
12	10.87



13	12.34
14	7.11
15	15.89
16-a (yapışkan yapraklı yer bitkisi)	35.18*
16-b (kaygan yapraklı yer bitkisi)	8.65
17	55.26*
18-a (küçük yer bitkisi)	23.34
18-b (büyük yer bitkisi)	18.23
19	21.44
20-a (sert dokulu bitki)	11.83
20-b (yumuşak dokulu bitki)	25.46
21-a (uzun köklü bitki)	63.66*
21-b (kısa köklü bitki)	35.78*
22-a (küçük yer bitkisi)	15.77
22-b (ağaç yaprağı)	6.77
22-c (çiçek yaprağı)	14.00
23	24.24
24	39.24*
25	23.48
26	143.73**
27-a (geniş yapraklı)	39.24*
27-b (ince yapraklı)	20.02
28	6.24
29-a (ardıç ağacı yaprağı)	7.73
29-b (gül yaprağı)	2.54
29-c (zeytin ağacı yaprağı)	7.05
30	9.96
31	2.92
32	9.15
33	10.37
34 (yenilebilir bitki)	10.31
34 (yenilebilir bitki)	5.40
35	7.64

Tablo 4.4. TEM Otoyolu Bitki Örneklerinin Kurşun İçerikleri

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)
1	15.78*
2	2.73
3	6.42
4	4.98
5	25.98*
6	9.98
7	11.46
8	3.39
9	10.67
10	6.41
11	10.22
12	14.10
13	24.84*
14	3.95
15	11.85
16	6.01
17	3.36
18	15.71*
19	10.28
20	5.15
21	18.09*
22-a (saz)	7.64
22-b (çiçek yaprağı)	9.27
22-c (kaygan yapraklı yer bitkisi)	8.20
22-d (yapışkan yapraklı yer bitkisi)	20.19*
23	4.92
24	9.31

Not: Tablolardaki * işareti yüksek değerlerdeki Pb miktarlarını göstermektedir.

Bitkiler kökleri vasıtası ile topraktaki elementleri bünyelerine alabilirler. İlk kez kökte olan elementlerin hareketliliği elementin çeşidine göre değişiklik gösterir. Örneğin Cd genellikle bitkinin içine taşınırken, Pb çoğunlukla kökte kalır. Bitkiler elementleri bünyelerine yaprak yüzeyinden de alabilirler.

Bu çalışmada D100 karayolu ve TEM otoyolu kenarlarından alınan bitki örnekleri içerisinde Tablo 4.3. ve Tablo 4.4. 'de verilen miktarlarda Pb bulunmuştur. Tablolardan da görüldüğü gibi Pb değerleri, D100 karayolu için 2.54-143.73 mg/kg arasında değişip, ortalama 18.78 mg/kg, TEM otoyolu için ise 2.73-25.98 mg/kg arasında değişip ortalama 10,41 mg/kg olmuştur.

Dünyada yapılan bazı çalışmalarda yol kenarı bitki örneklerinde Pb değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

- İspanya, Gıpuskoa.....ortalama 3.5 mg/kg Pb (Garcia and Millán, 1998)
- İspanya, Barcelona.....ortalama 17.45 mg/kg (Carlosena et al., 1999)
- Norveç, Bergen.....ortalama 2.412 mg/kg (kirli bölge), ortalama 1.372 mg/kg (daha az kirli bölge), (Hol et al., 1997)

Tablo 4.3. ve Tablo 4.4. 'deki bakıldığı zaman en yüksek Pb değerlerinin D100 karayolu için 5,16(a),17,18(a),20(b),21(a,b),23,24,25,26,27(a,b); TEM otoyolu için ise 1,5,13,18,21,22(d) nolu numunelerden ortaya çıktığı görülür. Bu numunelerin Tablo 3.5. ve Tablo 3.6.'dan alım yerlerine bakıldığı zaman, çoğunluğunun toprak numunelerinde olduğu gibi, trafik ve sanayinin yoğun olduğu bölgeler, gişeler, boya fabrikaları ve petrol istasyonları yanı olduğu görülmüştür. Bu nedenle dünyada yapılan birkaç çalışmada (Hol et al., 1997; Garcia and Millán, 1998) araç trafiği yoğunluğunun azalması ile yol kenarındaki bitkilerin bünyesindeki Pb içeriğinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Aynı bölgeden alınan değişik tür bitkilerde kurşun içerikleri farklı çıkmıştır. Bu durum topraktaki mevcut kurşunun bitki bünyesine alımında bitki türünün belirleyici olduğunu ortaya koymuştur. Aşağıda bu durumu belirten sonuçlar verilmiştir.

Tablo 4.5. Bitki Türlerine Göre Kurşun İçeriklerinin Değişmesi

Numune No	Kurşun İçerikleri
D100 –16-a (sünger yapraklı yer bitkisi)	35.18 mg/kg Pb
D100 –16-b (kaygan yapraklı yer bitkisi)	8.65 mg/kg Pb
D100 –18-a (küçük yer bitkisi)	23.34 mg/kg Pb
D100 –18-b (büyük yer bitkisi)	18.23 mg/kg Pb
D100 –20-a (sert dokulu bitki)	11.83 mg/kg Pb
D100 –20-b (yumuşak dokulu bitki)	25.46 mg/kg Pb
D100 –21-a (uzun köklü bitki)	63.66 mg/kg Pb
D100 –21-b (kısa köklü bitki)	35.78 mg/kg Pb
D100 –22-a (küçük yer bitkisi)	15.77 mg/kg Pb
D100 –22-b (ağaç yaprağı)	6.77 mg/kg Pb
D100 –22-c (çiçek yaprağı)	14.00 mg/kg Pb
D100 –27-a (geniş yapraklı)	39.24 mg/kg Pb
D100 –27-b (ince yapraklı)	20.02 mg/kg Pb
D100 –29-a (ardıç ağacı yaprağı)	7.73 mg/kg Pb
D100 –29-b (gül yaprağı)	2.54 mg/kg Pb
D100 –29-c (zeytin ağacı yaprağı)	7.05 mg/kg Pb
TEM –22-a (saz)	7.64 mg/kg Pb
TEM –22-b (çiçek yaprağı)	9.27 mg/kg Pb
TEM –22-c (kaygan yapraklı yer bitkisi)	8.20 mg/kg Pb
TEM –22-d (yapışkan yapraklı yer bitkisi)	20.19 mg /kg Pb

Bu sonuçlara bakıldığında özellikle yapışkan ve geniş yapraklı, uzun köklü, küçük yer bitkilerinin diğerlerine oranla daha çok Pb içerdikleri görülür. Bu nedenle yol kenarı kurşun kirliliklerinin tespitinde bu tür bitkileri incelemek daha elverişli olabilir. Ayrıca bu bitkilerin civar bölgelerdeki hayvanlar tarafından yayılımında besin maddesi olarak kullanılması incelenmesi gereken ayrı bir konudur.

D100 karayolunun, Eşme beldesi yol kenarından alınan 34 nolu numunesinde 2 çeşit yenilebilir bitkide (marul, ıspanak) Pb miktarları araştırılmış ve marul için 10,31mg/kg, ıspanak için ise 5.40 mg/kg oranlarında kurşun miktarı tespit edilmiştir. Bu değerlerin beslenme yolu ile direk olarak vücuda alınacakları hususu önemli bir noktadır.

1999'da İspanya'da Carlosena ve arkadaşları yenilebilir bitkilerdeki Pb konsantrasyonlarını araştırmış ve ortalama 17.45 mg/kg bulmuşlardır. Bitkilerde ağır metal değerlendirmesinin, beslenmede, bitkilerdeki mevcut konsantrasyonlarla toksik miktarlar arasındaki ilişkinin incelenmesi ve böylelikle bitki-toprak sisteminde metallerin davranışları, çalışma tipleri, iletkenlikleri v.b. konularda bilgi sahibi olmak gibi bir sonucu vardır. Yol kenarlarında yetiştirilen yenilebilir bitkiler bünyesindeki kurşun, besin zinciri yolu ile insan vücuduna taşınacaktır. İnsan vücuduna giren ağır metaller atılmayarak vücutta birikim yapar ve belirli konsantrasyonlardan sonra kanser riski oluşturur (Carlosena et al., 1999).

Toprak numuneleri ile aynı yerlerden alınan bitki örneklerinin kurşun miktarları ve buna bağlı olarak bitkilerin topraktan alabildikleri kurşun miktarlarını (% olarak) gösteren tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 4.6. D100 Karayolu Bitkilerinin Topraktan Kurşun Alım Yüzdeleri

Alınan Yer	Toprak N.No	Pb İçeriği(mg/kg)	Bitki N.No	Pb İçeriği(mg/kg)	Alım Yüzdesi
İlaydarpaşa	1	108.48	2	8.368	%7.71
Acıbadem dolmuş d.	3	76.10	4	6.970	%9.15
Göztepe kavşağı	4	396.16	6	13.724	%3.46
Küçükalya	8	107.41	8	8.274	%7.70
Maltepe Opel karşıtı	9	78.42	9	7.012	%8.94
Kurtköy yol ayırımı	14	60.07	13	12.344	%20.54
Kaynarca-Pendik	15	18.49	14	7.110	%38.45
Güzelyalı-Pendik	16	73.07	15	15.892	%21.74
Henkel Kimya Sanayi	21	162.20	17	55.26	%34.06
Gebze,Orduevi karşıtı	23	88.58	19	21.44	%24.20
Gebze,Bayer yanı	24	89.66	20	11.83 ; 25.46	%20.79
Dilovası,Merbolin yanı	27	104.80	23	24.24	%23.12

Tablo 4.7. TEM Otoyolu Bitkilerinin Toprakтан Kurşun Alım Yüzdeleri

Alım yeri	Toprak N.No	Pb İçeriği(mg/kg)	Bitki N.No	Pb İçeriği(mg/kg)	Alım Yüzdesi
Dilovası Marshall yanı	13	112.74	13	24.84	%22.03
TEM, Gebze girişi	16	66.41	14	3.954	%5.95
GOSB karşıtı	18	71.96	15	11.85	%16.46
Sabiha Gökçen H.L. ayırımı	22	75.30	17	3.66	%4.86
Sultanbeyli girişi	23	53.05 ; 62.51	18	15.71	%27.38
Kartal yol ayırımı	25	60.25	19	10.28	%10.28

Tablolardan çıkan sonuçlara bakıldığı zaman, D100 karayolu için, bitkilerin topraktan kurşun alım yüzdesi ortalama %18.31, TEM otoyolu için ise ortalama %15.62 olduğu görülür.

Ağca ve Doğan'ın 2000 yılında Antakya-Topboğazı çevresinde yaptıkları çalışmada, topraktaki toplam kurşunu 0.59-10.79 ppm, bitkiler tarafından alınabilir kurşunu ise 0.088-0.755 ppm olarak bulmuşlardır.

4.3. Diğer Numunelerin Sonuçları ve Yorumları

4.3.1. Bitki ve Toprak Yüzeylerine Tutunan Kurşunun Akışa Geçebilecek Miktarları

Tablo 4.8. Toprak Yüzeyinde Tutulan Kurşun Miktarları

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)
D100 -5	3.218
D100 -12	6.548
D100 -16	2.410
D100 -19	1.152
D100 -27	3.407
D100 -39	5.149
TEM -3	1.197

TEM -10	3.016
TEM -25	2.712
TEM -27	2.038

Tablo 4.9. Bitki Yüzeyinde Tutulan Kurşun Miktarları

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)
D100 -6	2.810
D100 -15	4.036
D100 -16-a	11.602
D100 -16-b	3.918
D100 -19	3.478
D100 -31	1.026
TEM -1	5.746
TEM -5	2.306
TEM -13	10.084
TEM -21	6.522

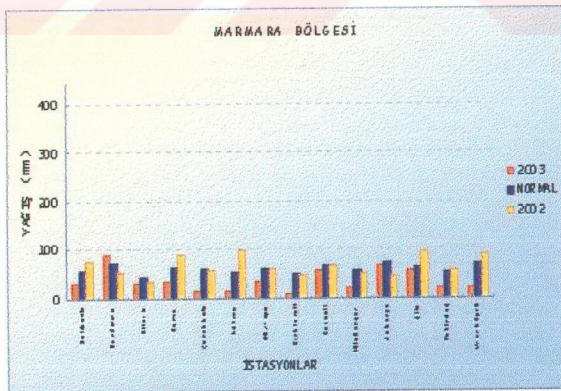
Araç egzozlarından atmosfere karışan Pb partikülleri ya çökerek bitki ve toprak yüzeyine tutunurlar ya da havada asılı halde kalırlar. Havada asılı halde kalanların büyük çoğunluğu da yağışlarla tekrar yere iner. Toprak yüzeyindeki kurşun adsorblanarak toprak bünyesine alınabildiği gibi, toz şeklinde rüzgarlarla tekrar havaya karışabilir veya yağış suları ile derinlere süzülüp ya da akışa geçebilirler. Toprak derinliklerine inen kurşun bitki kökleri tarafından bitki bünyesine alınır veya daha derin mesafelerde yer altı sularına karışır. Bu yer altı suları içme suyu kaynaklı kullanıldıkları zaman insan sağlığı açısından tehlike arz eder. Akışa geçen miktarlar ise, akış esnasında tekrar toprağın derinliklerine süzülür veya ulaştıkları nehir, göl gibi alıcı ortamlarda canlı yaşamını tehlikeye düşürür. İfade edilen bütün bu çevresel döngü işlemlerine, bitki yüzeylerinde tutulmuş ve yağışlarla akışa geçen kurşun miktarları da karışır. Bu nedenle yağış suları ile akışa geçebilecek miktarların tespiti yorumlara katkıda bulunacaktır. Tablo 4.8. ve 4.9.'de bazı bitki ve toprak örnekleri ve bunların yüzeyde tuttıkları kurşun miktarlarının sonuçları verilmiştir.

Bu numuneler analize hazırlanırken, yağış suyuna benzerliği açısından, saf su ile 24 saat çalkalanıp filtreden geçirilmişlerdir. Fakat bu değerler sadece akışa geçebilecek miktarları kısmi olarak ifade edebilmektedirler. Aksi halde bitki yüzeylerine daha sıkı tutunmuş partiküllerin varlığı muhakkaktır. Ayrıca bu değerler bir defalık yağışta bitki yüzeyinden yıkanan değerleri göstermektedir. Dünyada yapılan bazı çalışmalarda bir takım bitkiler, kurşunu tutma ve atmosferdeki varlığını tespit etme açısında bioindikatör olarak kullanılmışlardır.

Sonuçlar, tablo 4.8. ve tablo 4.9.'den de görülebileceği gibi, toprak örnekleri için, 1.197-6.548 mg/kg arasında değişip ortalama 3.099 mg/kg, bitki örnekleri için ise 1.026 -11.602 mg/kg arasında değişip, ortalama 5.152 mg/kg olarak bulunmuştur.

Fransa'da yapılan bir çalışmada akış suyundan filtre edilerek süzölmüş Pb konsantrasyonu 3.9 $\mu\text{g/l}$ olarak bulunmuştur. Kurşunun ana kaynağı yakıtlardır, fakat bunun sadece %5'i akış suyu ile taşınır (Legret and Pagotto, 1999)

Akışa geçen miktarlarda yağış durumunun bire bir etkisi olduğu için 2003 yılı Marmara Bölgesi yağış tablosunun verilmesinde yarar vardır.



Grafik 4.1. 2003 Yılı Marmara Bölgesi Yağış Grafiği

4.3.1.1. Sapanca Gölü'nün Kurşun İle Kirlenmesi

Akışa geçen miktarlarda en çok risk altında bulunan yerler nehir, göl gibi alıcı ortamlardır. Bu bakımdan, Sakarya ve beldelerinin (Arifiye, Güneşler, Hanlı, Yazlık, Serdivan ve Erenler) içme suyu kaynağı olan Sapanca Gölü iki yanından geçen TEM otoyolu ve D100 karayolunun tehdidi altındadır. Yoldan geçen binlerce aracın egzozundan çıkan gazlar, motor yağları ve aşınan lastiklerden kalan atıklar, yağmur suları ile doğrudan göle akmaktadır. Bu kimyasal bileşimler, suda kurşun ve diğer ağır metallerin birikmesine neden olur. İçme suyunun en büyük tehdidi ise kurşun ve ağır metallerdir. Dünyanın sayılı içilebilir tatlı su kaynaklarından olan Sapanca Gölü'ne aynı zamanda evsel ve kimyasal atıksular verildiği için gölden direk numune alınıp analizi yapılmamış, sadece yolların etkisini belirtmek amacı ile göl yakınından toprak numuneleri alınıp kurşun miktarları bulunmuştur. D100 karayolunun 39. numunesi ile TEM otoyolunun 2. Numunesi (toprak numuneleri) göl civarından alınmış ve kurşun miktarları sırası ile 20.55; 64.99 mg/kg olarak bulunmuştur. Yolların etkisi ile oluşan, topraktaki bu kurşun miktarlarının belirli bir kısmının, akış suları ile göle taşınacağı ve göl ortamında yok olmayarak birikeceği hesaba katılırsa, çok küçük miktarların bile ne kadar önemli olduğu ortaya çıkar.

4.3.2. Kurşun Miktarlarının Yoldan Uzaklıkla Değişimi

Tablo 4.10. Kurşun Miktarlarının Topraklarda Yoldan Uzaklıkla Değişimi

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)		
	<u>Yol kenarı</u>	<u>100 m ilerisi</u>	<u>Azalma Oranı</u>
D100 -27	104.80	17.15	%83.63
D100 -30	214.04	20.86	%90.25
D100 -36	53.44	6.75	%87.36
TEM -3	55.86	13.74	%75.39
TEM -7	64.61	8.36	%87.04

Tablo 4.11. Kurşun Miktarlarının Bitkilerde Yoldan Uzaklıkla Değişimi

Numune No	Pb Miktarları (mg/kg)		
	Yol kenarı	100 m ileri	Azalma Oranı
D100 -24	39.24	4.24	%89.17
D100 -30	9.96	3.15	%68.33
D100 -33	10.37	2.14	%79.34
TEM -1	15.78	2.61	%83.44
TEM -11	10.22	3.85	%62.30

Yol kenarlarındaki ikametgahlar, ticari yapılar ve okullar düşünüldüğü zaman, kurşun miktarlarının yoldan uzaklaştıkça değişimi (özellikle azalması) konusunun önemi ortaya çıkar. Bu durumun tespiti, yol kenarlarında ikamet amaçlı evlerin, lokantaların ve özellikle çocuk sağlığı açısından okul ve park alanlarının olmaması gerektiğini ortaya çıkarır.

Tablo 4.11 ve Tablo 4.12.'den de görüldüğü gibi yoldan 100m uzaklıktaki bitki ve toprak örneklerinde kurşun miktarları, yol kenarına göre ortalama, %84.73 (topraklarda) ve %76.51 (bitkilerde) oranlarında düşmüştür.

Osogbo, Nijerya'da yapılan çalışmada, kurşun miktarının yoldan uzaklıkla değişimi incelemiş ve aşağıdaki sonuçları bulunmuştur (Fakayode and Olu-Owalabi, 2003).

- Yoldan 5m uzaklıktaki ortalama Pb=68.74±34.82 mg/kg
- Yoldan 10m uzaklıktaki ortalama Pb=43.59±20.51 mg/kg
- Yoldan 30m uzaklıktaki ortalama Pb=25.91±9.91 mg/kg
- Yoldan 50m uzaklıktaki ortalama Pb=13.37±2.14 mg/kg

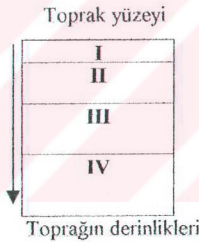
Sonuçlardan da görüldüğü gibi, kurşun değerlerinde yoldan 5m mesafeye göre, 10m mesafede %36.6, 30m mesafede %62.2 ve 50m mesafede ise %80.5 oranlarında azalma olmuştur.

İspanya Gipuzkoa'da yapılan bir çalışmada trafik yoğunluğunun yol kenarlarındaki bitki ve topraklardaki kurşun içeriklerine etkisi ve bunların mesafe ile değişimi incelenmiştir. Sonuçta trafik kaynaklı ağır metallerin mesafe ile değiştiği, özellikle yoldan uzaklaştıkça azaldığı ortaya çıkmıştır (Garcia and Millán, 1998).

Mesafeye bağlı olarak Pb değerlerinde çıkan bu azalma, yol kenarı kurşun kirliliğinin ana kaynağının araç egzozlarından dışarı atılan kurşun bileşikleri olduğunu kanıtlamıştır.

4.3.3. Kurşun Miktarlarının Derinlikle Değişimi

- I. 0 – 2.5 cm (toprak yüzeyi)
- II. 2.5 – 7 cm
- III. 7 – 12 cm
- IV. 12 – 20 cm



Şekil 4.1. Toprak Profili

Tablo 4.12. Kurşun Miktarlarının Toprağın Derinliği İle Değişimi

Toprak Katmanları	Kurşun miktarları (mg/kg)
Toprak yüzeyi (0-2.5 cm)	37.36
2.5-7 cm	78.43
7-12 cm	21.68
12-20 cm	14.85



Kurşunun derinlikle değişimi; Yer altı sularına olan etkileri ve kökler aracılığı ile bitki bünyelerine girmeleri açısından önemlidir. Derinlikle değişim örnekleri bitkiler gibi nisan ayında alındığı için yağışlardan etkilenmişlerdir. Nitekim 2.5-7cm derinliğindeki toprağın, yüzeydeki topraktan (0-2.5cm) daha fazla kurşun içermesi bunun bir kanıtıdır. Zamanla daha derinlere süzülen Pb miktarı II. Bölgeden sonra derinlikle azalmıştır.

Kurşun elementleri belirli derinliklerden (özellikle 4.5 m) sonra yer altı sularına karışıp sağlık açısından tehlike oluşturabilirler. Bunların birkaç mg/kg değerleri bile içme suyunda istenmez. Çünkü insan vücuduna girdikten sonra atılamayarak birikim yaparlar.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Şehirlerde nüfus artışına paralel olarak artan motorlu taşıt sayısı özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde çeşitli çevre kirliliği problemleri oluşturmaktadır. Enerjinin üretilmesi ve kullanılması şehir yaşamının bir çok yönünü etkiler. Enerji ısınma, aydınlanma, ulaşım ve endüstriyel prosesler için gereklidir. Fosil yakıtlar dünyadaki bütün şehirlerde bu ihtiyaçların çoğunun karşılanmasında direkt olarak veya elektrik enerjisine dönüştürülme yolu ile kullanılmaktadır. Artan şehir nüfusu ve sanayileşme düzeyleri kaçınılmaz biçimde daha fazla ihtiyaçların ortaya çıkmasına bu da genelde kirlетici emisyonların artmasına yol açmaktadır. Fosil yakıtların, ısınma, güç üretimi için, motorlu taşıtlarda, endüstriyel proseslerde ve katı yakıtların yakma yolu ile berterafında kullanılması şehirlerde atmosfere verilen hava kirlетicilerinin temel kaynaklarıdır. Bu kirlетicilerden bir çok zehirli gaz yayıldığı gibi Pb, Zn, Ni, Cd gibi ağır metallerde çevreye verilir. Kurşun temel olarak yakıt katkı maddeleri, metal ergitme, pil üretme tesisleri, cam, seramik, boya, plastik vb. sanayilerden yayılır. Ancak kurşun içeren benzinlerin kullanıldığı ulaşım araçları kurşun açığa çıkaran en önemli kaynaklardır.

Atmosfere verilen kurşun; yağmur, rüzgar, çökme, süzölme, akışa geçme gibi değişik mekanizmalarla farklı ortamlara taşınmakta ve buralardaki canlı yaşamlarını tehlikeye düşürmektedir. Özellikle trafiğin yoğun olduğu yol kenarlarında ve çevrelerde görülen kurşun kirliliğinin taşınma mekanizmalarını daha detaylı olarak aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- 1-) Toprak yüzeyine çökme,
- 2-) Bitki yapraklarına çökme veya bitkilerin topraktan kökler yardımıyla alması,
- 3-) Çökecek büyüklükte olmayan küçük partiküllerin rüzgarla taşınması,
- 4-) Yağmurla askıda kalanların çökmesi,
- 5-) Yağmurla akışa geçen suların sürükleyebileceği büyüklükteki partikülleri nehir, göl gibi alıcı ortamlara taşıması,
- 6-) Sürüklenmeden kalan partiküllerin süzölerek yer altı sularına karışması (Üst üste yağın yağmurlar, kirlетicilerin, toprağın derinliklerine, oradan da yer altı sularına inmesine yardımcı olur.)

7-) Akışa geçen kirlilik yükü taşıyan sular, birleşik sistemlerde, caddelerdeki yağmur kapaklarından kanalizasyona karışarak oradaki limit değerleri yükseltip arıtmadan sonra alıcı ortama taşınırlar.

Bu şekilde taşınan kirleticilerin, solunum, deri yoluyla alma, kirlenmiş bitkilerin yenmesi, kirlenmiş yer altı sularının içme suyu kaynaklı kullanılması gibi bir çok yolla insan vücuduna, akış suyu ile alıcı ortamlara taşınması veya yol kenarlarındaki kirlenmiş bitkilerin yine yol kenarlarındaki özellikle küçük memeli hayvanlar tarafından yenmesi ile de diğer canlı gruplarının bünyesine kadar taşındığı bilinmektedir. Bu nedenle, trafik polisleri, petrol istasyonları ve garajlarda çalışan personeller, boya, metal, pil üretme v.b sanayi kuruluşlarında çalışan işçiler trafiğin yoğun olduğu cadde ve yol kenarlarında oturanlar, yol kenarlarında bulunan okullarda okuyan öğrenciler önemli risk altındadır.

Riskleri en aza indirmek için dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önlemler alınıp, projeler geliştirilmelidir. Ulaşım sistemlerindeki değişiklikler, benzin içerisindeki kurşun içeriğinin azaltılması, kurşunsuz benzin kullanımının yaygınlaştırılması, yakıt enjeksiyonlu araçların kullanılması vb. bunlardan bazılarıdır.

Ulaşım sistemleri ülkenin ekonomik, sosyal ve politik yapısına yön veren önemli bir etkidir. Ulaşım sistemleri toplumlar için vazgeçilmez sistemlerdir ve kent için en önemli alt yapıyı teşkil eder.

Ulaştırma yatırımları, uzun dönemli etkileri olan yüksek maliyetli yatırımlardır. Bu sebepten bu tür projelere ilişkin önceliklerin doğru belirlenmesi ve kısıtlı ekonomik kaynakların en fazla yarar getirecek şekilde kullanılması çok önemlidir. Ulaştırmanın bir bütün olarak arazi kullanımı ile etkileşimleri de göz önünde tutularak planlanması gerekmektedir.

Türkiye’de ulaştırma sektörünün kullandığı enerji toplam enerjinin %19 katıdır. Demiryolu için kullanılan 100 birim enerjinin ancak %2.8’i elektrikten

sağlanırken %96'sı petrolden sağlanmaktadır. Karayolu için gereken enerjinin tamamı petrol ürünlerinden sağlanmaktadır. Karayollarında yaygın olarak benzin kullanılırken, demiryollarında dizel yakıt veya elektrik kullanılmaktadır. Dizel yakıtın meydana getirdiği kirlilik benzine göre oldukça düşüktür. Elektrikli demiryollarında ise işletme sırasında emisyon oluşturmamaktadır (Çakar, 1997).

Ülkemizde ilk zamanlarda toplu taşıma sistemlerine yeteri kadar önem verilmemiş ve kentsel ulaşırmada dolmuş, minibüs gibi yeni sistemler ortaya çıkmıştır. Başlangıçta yolcu taşımacılığında bir rahatlık sağlayan bu sistemler gün geçtikçe artan yolcu talebini karşılayamaz hale gelmiştir. Ülkemizde olduğu gibi yol ağının fazla gelişmemiş buna karşılık özel oto kullanımının yaygın olduğu ülkelerde, trafik sıkışıklığı, gürültü, hava ve emisyon kirliliklerini ortadan kaldırmak için kent içindeki yolcu talebinin büyük bir kısmının toplu taşıma sistemleri ile karşılanması gerekir. Buna karşılık 2003 şubat ayında trafiğe kaydı yapılan 8251 adet motorlu taşıtın içinde 3462 adet ile, otomobil ilk sırada yer almıştır (Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı'nın 2003 yılı şubat ayı motorlu kara taşıtları istatistikleri).

İşyle evi arasında her gün gidip gelen insanlar, şehrin ulaşım ağları üzerinde birikmektedirler. Artan nüfusla birlikte bu durum daha da zor bir hal almıştır. Aşırı yoğun ulaşım hatlarında, özel araçlarla ulaşımın sağlanmasının uygun bir çözüm olmadığı bilinmektedir.

Otomobillerin yaygınlaşması ilk olarak ABD'de başlamıştır. 1908 yılından itibaren otomobillerin seri üretime başlamasıyla raylı sistemden motorize sisteme geçiş başlamıştır. 1920-1928 tarihleri arasında demiryolları ABD'de müşterilerinin %38'ini kaybetmiştir. 1914'de kayıtlı otomobil sayısı ABD'de 1.000.000 – 2.000.000 iken, Almanya'da 50.000, İngiltere'de 106.000 idi. Günümüzde şehirlerde insanların özel otomobil kullanımları büyük farklılıklar göstermektedir. 1980'de farklı ülkelerden 32 kentte yapılan bir çalışmada otomobil bağımlılığı ile ilgili sonuçlar aşağıdaki tabloda izlenmektedir (Mandıracioğlu ve ark., 1997).

Tablo 5.1. Dünyada 32 Kentte Araba Kullanımı İle İlgili Sonuçlar.

	Asya Kent	Avrupa Kent	Avustralya Kent	A.B.D. Kent
Araba sayısı/1000 kişi	88	328	453	533
Tüketilen benzin/kişi	5.493	13.820	29.829	58.541
Araba km'si/kişi	1,067	3.485	5.794	8.715
Yolculukta halk ulaşımı (%)	64	25	8	4
Yürüme ve bisiklet (%)	25	21	5	5
Halk ulaşımı (%)	103	79	56	30
Nüfus yoğunluğu (kişi/hektar)	160	54	14	14

Tablo 5.2. Dünya Kentlerinde Araba ve Halk Ulaşımı Kullanımının Yıllara Göre Değişimi

	Yıllar	A.B.D. kent	Avust. kent	Toronto	Avrupa kent	Asya kent
Araba	1970	7334	4628	-	2750	913
Kullanımı	1980	9168	5820	4807	3798	1067
Km/kişi	1990	11559	6589	5680	4754	1487
Halk	1970	48	118	154	249	454
Ulaşımı	1980	57	93	202	290	430
Kullanımı	1990	64	91	210	359	496

Tablo 5.1. aynı zamanda bisiklet kullanımındaki büyük tezatlığı göstermektedir. Dünyada en çok bisiklet kullanılan başlıca kentler; Changay, Tianjin, Çin'dir. Fransa, İsveç, Hollanda ve Almanya'da da bisiklet kullanımı yüksektir. Örneğin Almanya'da yolculukların %10'unu Hollanda'da ise %43'ünü bisikletle yapılanlar oluşturmaktadır. Bisiklet kullanımı kirletici emisyonlarını azaltmada iyi bir yöntemdir fakat uygun yol ve parkların yapılması gerekir. Tablo 5.2.'de otomobil bağımlılığının düzeyinin yıllara göre değişimi izlenmektedir. Buna göre araba bağımlılığı trendi gittikçe artış göstermektedir (Mandıracıoğlu ve ark., 1997).

Dizel yakıtın meydana getirdiği kurşun kirliliğinin otomobillerde kullanılan benzinlere göre oldukça düşük olması, otomobil sayılarının artmasının ne denli risk

oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Bu nedenle toplu taşıma sistemlerinin yaygınlaşması çok önemlidir.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde halk taşımalarının geliştirilememesi bir sorundur. Ülke kentlerinin nüfus artış hızına paralel olarak toplu taşımacılık yaygınlaştıramamıştır. Bu ülkelerin çok azında toplu taşım araçları üretilmektedir. İthal etmekte de güçlük çekmektedirler. Gelişmekte olan ülke kentlerinin büyümesi ve yapılaşması çok hızlı olmaktadır. Hızla oluşan yeni yerleşim yerleri için toplu ulaşım olanakları da kısıtlı olmaktadır. Gerek yetersiz yol yapımı gerekse otobüs sayısının yetersizliği nedeni ile ulaşımında güçlük çekilmektedir. Şehir içindeki trafik yoğunluğu da daha çok kirleticilerin oluşmasına sebep olmaktadır.

Kentlerde toplu ulaşım planları çok iyi yapılmalıdır. Çünkü duraklarda fazlaca beklemek otobüslerin kalabalığı, toplu taşım ücretlerinin yüksek olması, bir toplu taşıttan diğerine rahatlıkla binememe gibi dezavantajlar özel otomobil kullanma isteğini körüklemektedir. Otomobillerin teknolojik avantajlarının artması, daha az yakıt tüketimi, kirletici unsurların azaltılması, konforu nedeni ile özel otomobil sahibi olma isteği engellenememektedir. Ayrıca toplu taşımada kullanılan otobüslerin bakım, yenilenmesi, bunlarda çalışacak kişilerin yetiştirilmesi, durakların iyi konumlandırılması, duruş-kalkış saatlerinin belirliliği, güvenlik standartlarına uyum, temizlik, bilet ücretlerinin uygunluğu gibi işletmeyle ilgili sorunlar göz önüne alınırsa, halkın otomobil yerine toplu taşımacılığı tercih etmesi güç olmaktadır (Renda, 1996).

Dünyanın pek çok kentinde ortak sorun olan, trafik sıkışıklığı ve buna bağlı olarak egzoz emisyonu kirliliğini arttıran otomobillerin bağımlılığının engellenmesi, toplu taşımacılığın yaygınlaştırılması alternatif ulaşım yollarının geliştirilmesi için yapılanlar aşağıda özetlenmiştir.

- Hong Kong'da ulaşımın %90'ını toplu taşımacılık oluşturmaktadır. Yeraltı treni, elektrikli tren, feribot, tramvay, çift katlı otobüs gibi tüm toplu ulaşım olanakları

kullanılmaktadır. Diğer bir yenilik ise yürüyen merdivenlerin kullanımıdır (Newman, 1996 and Shu Wing Lee, 1993).

- Singapur'da çok az sayıda özel arabanın kullanıldığı başarılı bir ulaşım sistemi vardır. Toplu taşımacılığın yanı sıra bisiklet kullanımı da yaygınlaştırılmıştır. Özel araç sahipleri için vergiler yüksek, ehliyet ücretleri fazla, şehire girişte ücret alınması gibi tedbirler vardır. Yayalar da güvenli olarak yolculuklarını sürdürebilecekleri yollara sahiptirler (Mandıracıoğlu ve ark., 1997).
- Fransa, Lille'de halk ulaşımı yoğun olarak kullanılmaktadır. Özellikle demiryolu sistemi önemli yer tutar. Kentlerin diğer sorunu olan çöp ve trafik sorununu birlikte çözmek için geliştirilen proje oldukça başarılı olmuştur. Çöplerden elde edilen metan gazı ile işleyen otobüsler kullanıma sunulmuştur. Kentte ortaya çıkan yılda 600 000 ton çöp de sorun olmaktan çıkmıştır (Rowley, 1995).
- Amsterdam'da uzun yıllardır trafiğin problem olması için mücadele edilmiştir. Çünkü her yıl milyonlarca turist bu kenti ziyaret etmekte, kentliler kadar onlar için de trafiğin sorun olmaması önemlidir. Araç sayısının artışının kontrolünü halk da desteklemektedir. 1992'de yapılan referandumda halkın çoğu bu yönde oy vermiştir. Araç sayısının kısıtlanması temelde pek çok sorunu çözmüştür. Ayrıca bisiklet kullanımı özendirilerek, özel bisiklet yolları ve park yerleri yapılmıştır (Thijin, 1993).
- Varşova ikinci dünya savaşı sırasında fazla harap olduğundan, şehir yeniden inşaa edildi. Bu planmada ulaşım da dahil edildi. Hükümetin politikaları nedeniyle özel araba alımı fazla hızlı değilken son yıllardaki politik ve ekonomik değişiklikler sonucu otomobil sayısı artmaya başladı. Banliyölerden çevre kentlere trenle, yine kent içinde de metro sistemi kullanılmaktadır. Fakat bu ikisi tek başına trafiğe çözüm olamamıştır. Hızla artan trafik sıkışıklığı sonucu kent içinde otobüsler ancak 8 km/saat'lik hızla ilerleyebilir hale gelmiştir. Kısıtlı kaynaklarla var olan sistemin geliştirilmesi en iyi çözüm gibi görülmüştür. En iyi trafik yönetimi ile tramvay sisteminin daha fazla kişi tarafından kullanılmasının sağlanması düşünülmüştür. Arabaların kullanılması konusunda da motorlu araçlar için çevresel standartlara uyum, park etme sınırlılıkları gibi bir takım kurallar getirilmiştir (Suchorzewski, 1993).
- Curitiba'da Brezilya'nın büyük kentlerinden biridir. Bu ülke de motorlu araçların en az düzeyde kaza yaptığı bir şehirdir. Özel otomobil alımının artışına karşın

toplu ulaşım oldukça desteklenmiş ve geliştirilmiştir. Üstelik toplu ulaşım ücretleri de çok fazla değildir. Ekspres yollar ve tek otobüs yolları şehir merkezinden etrafa dağılmaktadır. Otobüslerin renkleri ayrı yapılarak ayrı yollardan gideceği belirlenmiştir. Örneğin expres otobüsler kırmızı, bölgeler arası otobüsler yeşil gibi, ayrıca büyük otobüs terminalleri ile yolcuların diğer otobüslere kolaylıkla aktarma yapmaları sağlanmıştır. Otobüslerin yolları fazla işgal etmeyeceği şekilde düzenlenmiştir. Tüm bu düzenlemelerde tarihi yapılar doğa ve yaya alanları da kurulmuştur. Curitiba'da halk ulaşımı ile günde 1.300.000 kişi yaklaşık nüfusun 2/3'ü taşınmaktadır. Bu özel organize sistemle insanlar üç kat fazla zaman kazanmakta, yakıt tüketimi %25 azalmaktadır (Newman, 1996).

- Avusturalya'da Perth'de ve diğer kentlerde banliyolar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu da otomobil bağımlılığını körüklemektedir. Buna rağmen otobüs ve demiryolu ulaşımı çok geliştirilmiştir. Otobüs ve tren sisteminin durakları iyi organize edildiğinden yolcu aktarımı çok hızlı ve kolay olmaktadır. Otomobil bağımlılığının üstesinden gelmek uzun zaman alsa da pek çok olumlu adımlar atılmıştır (Newman, 1996).
- Türkiye kentlerinde ise ulaşım sorununun temelinde karayollarına fazla ağırlık verilmesi yatmaktadır. Örneğin İstanbul'da günlük şehir içi yolculuğunun %90'ı karayolu ile yapılmaktadır. Demiryolu %6 ve deniz yolu %4 civarındadır (Renda, 1996). Diğer taraftan toplu taşımacılıkta kullanılan otobüsler de yeterli hizmet verememektedir. Duraklarda fazla bekleme, durak yerlerinin uygunsuzluğu, otobüslerin kalabalık olması gibi nedenlerle özel araba kullanımını artmaktadır. Türkiye'de 1983 yılı sonu itibarı ile trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayısı 4.380.063 iken, 1995 yılı sonunda 4.985.331'e yükselmiştir. Yani %13,8'lik bir artış olmuştur. Artış en fazla % 6,9 ile otomobillerde gerçekleşmiştir. Kayıtlı motorlu araçların %51,8'i yedi büyük kente aittir. 1995 yılında ülkemizde tüm yük ve yolcu taşımacılığının %92,5'i karayolu ile gerçekleşmiştir. Demiryolu %7,1, denizyolu %0,2, havayolu %0,2'sini teşkil etmektedir (Mandracıoğlu ve ark., 1997).

Toplu taşımacılığın güçlenmesi tahsisli yollar ve raylı sistemlerin geliştirilmesi ile oluşur. Raylı taşıma sistemleri bugün hızlı ve plansız gelişen kentlerimizde

ulaştırma sorununun cözölmesinde en önemli planlama aracı olarak kabul edilmelidir
(<http://www.mmo.org.tr>).



Raylı sistemler, küçük ölçekli şehirlerden metropollere kadar bir çok değişik nüfus yoğunluklarına ve ulaşım taleplerine de kademeli büyüyen yapısı ile toplu taşımaya modern, hızlı, konforlu, emniyetli ve çevreci cözömler getirmektedir. Bir çok büyük şehirlerdeki uygulamalar, demiryolu bazlı toplu taşıma sistemlerinin yüksek trafik hacimleri ile baş edebilmenin tek yolu olduğunu ortaya koymuştur. Ankara Belediyesi'nin şehir içinde çalıştırdığı toplu taşıma sistemlerinde yapılan bir araştırmada, enerji verimliliği yönünden taşınan yolcu sayısı ve tüketilen enerji miktarından yola çıkılarak bir yolcu başına metronun otobüse göre 3.6 kat, Ankaray'ın ise otobüse göre 3.9 kat daha az enerji tükettiği bulunmuştur (Çakar, 1999).

Demiryollarında, hem birim işe düşen enerjinin az olması hem de kullanılan yakıt türünün oluşturduğu kirliliğin düşük seviyede olması önemli bir avantajdır. Elektrikli demiryollarının kirlilikteki payı %5 iken karayollarının payı %85 düzeyindedir (Çakar, 1997).

Şu anda Londra'da 430 km, New York'ta 393 km, Paris'te 301 km uzunluğunda metro ağı bulunmaktadır. Buna rağmen İstanbul'da toplam 8.5 km'lik bir hat bulunmaktadır. Boęazda tüp tünelini de içeren Gebze-Halkalı arasındaki yüzeysel metronun yenilenmesi projesine tüm İstanbullular sahip çıkmalıdır. Çünkü İstanbul'un Asya'yı Avrupa'ya bağlayan Türkiye'nin en kalabalık nüfusuna ve en yoğun sanayi bölgesine sahip, bu yüzden yoğun trafik ve sanayi emisyon yükü taşıyan bir şehir olduğu akıldan çıkarılmamalıdır (<http://www.arnavutkoy.bilkom.com.tr>).

Artmakta olan Pb kirliliğine bir tepki de, kurşunsuz benzin kullanımını yaygınlaştırmaktır. Dünyadaki bir çok ülkede kurşun içeren benzinlerdeki Pb miktarlarını azaltma yollarına gidilmiştir. Böylelikle trafik yükünün en yoğun olduğu bazı yerlerde, atmosferik Pb partikülleri %50-80 oranında azaltılmıştır.

Macaristan'da benzin içerisindeki kurşun miktarının 0.15 g/L'den 0.7 g/L'ye düşürülmesi, kandaki kurşun miktarını 22.1 µg/dL'den 6.2 µg/dL'ye düşürmüştür (Fakayode and Olu-Owolabi, 2003).

Kurşun kirliliğini minimize etmek için normal ve süper benzin kullanılmamalı, kullananlar uyarılmalıdır. Kurşunsuz benzin veya LPG kullanarak trafiğin yoğun olduğu cadde, meydan ve geçitlerde kurşun konsantrasyonunu 12 ila 30 kat azaltarak kurşunun sağlık üzerine olan etkilerini azaltabiliriz.

Atmosferik Pb'nin yanında diğer bir çok bölgesel kaynaklar da Pb kirliliğini oluşturmaktadır. Evlerdeki tozlar, kurşun kaplamalı tabakların bulaşıkları, endüstriyel emisyonlar ve sigaradaki tütün insan kanındaki Pb seviyelerinin artmasına sebep olmaktadır (Ducosfire et al., 1990).

Fergusson et al., 1987 ; Graham et al., 1987 ; Nriagu et al., 1996 ; Lanphear et al., 1998 ; Adeniyi et al., 1999, gibi araştırmacılar, iş nedeniyle maruz olan kişiler, endüstri bölgelerinde oturan sakinler, pil, batarya veya boya fabrikalarında çalışan işçilerin kanında Pb ve diğer tehlikeli ağır metallerin arttığını tespit etmişlerdir (Fakayode and Olu-Owolabi, 2003).

Yüksek trafik yükü olan otoyollar boyunca oturan insanların kanındaki yüksek Pb değerleri bir çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Daines et al., 1970 ; Heck, 1970 ; Lagerwerff and Specht, 1970 ; Motto and others, 1970 ; Schuck, 1970 ; Schuck and Locke, 1970 ; Iluntzicker and others, 1975 ; Ward and others, 1977 ; Flanagan et al., 1980 ; Wade et al., 1980 ; Agrawal et al., 1981 ; Collins, 1984 ; Graham, 1984 ; Ndiokwere, 1984 ; Nasralla and Ali, 1985 ; Abulfaraj et al., 1990 ; Shy, 1990 ; Nriagu, 1992 ; Howard and Sova, 1993 ; Charlesworth and Lees, 1999 ; Mellor and Bevan, 1999 ; Al-Chalabi and Hawker, 2000, bunlardan bazılarıdır (Fakayode and Olu-Owolabi, 2003).

Nijerya'nın Osogbo kentinde bütün şehir çocuklarının 2 yaş altındaki ve 3-5 yaş arası çocukların %80'inden daha fazlasında, kanındaki ortalama Pb değerinin

sağlık standartlarının üzerinde olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından tespit edilmiştir (Fakayode and Olu-Owolabi, 2003).

Daha öncede belirtildiği gibi, kurşun kemik iliğindeki kırmızı kan hücrelerinde hemoglobin sentezini engeller, karaciğer ve böbrekleri bozar, nörolojik zararlara yol açar. İnsan sağlığına etkileri kirliliğe maruz kalınan süre ve yoğunluk ile ilgili, genel sağlık durumuna bağlı olarak değişir. Çocuklar, yaşlılar, solunum ve kardiyovasküler hastalığı olanlar, alerjisi olanlar ve egzersiz yapanlar gibi nüfustaki bazı gruplar daha çok risk altındadır (<http://www.cevre.gov.tr>).

İstanbul'da turnikelerde çalışan personelin kanında 40mg/100ml Pb bulunduğu tespit edilmiştir. Kirliliğin yoğun olduğu cadde, meydan ve geçitlerde günde 8 saat çalışan kişiler solunum yolu ile 3-5 m³ kirli havayı solurlar. Bu havayı soluyan bir kişi kirli havada bulunan ve günde 15-40 mg arasında değişen kurşunu bünyesine alır. Kirli bölgelerde oturan veya çalışan insanların kanında günde ortalama 0,3-0,5 mg/100ml kurşun birikir (<http://www.ibt.gov.tr>).

Kandaki kabul edilebilir Pb 4,0-6,0 µg/dL arasındadır. Yetişkin insan vücudunun %98'inde bu değer 20µg/dL'nin altında olabilir. Çocuklar için 10µg/dL'nin altındaki değerler tolere edilebilir (Furman and Laleli, 1999).

Şehir merkezinde, emisyonları kaynağında azaltma yollarından özel oto bağımlılığının azaltılması, toplu taşıma ve raylı sistemlere (özellikle elektrikle çalışan metro ve tramvay) geçiş, sanayilerin şehrin dışına ve çevre standartlarına uygun olarak yapılması, kurşunsuz benzin ve otogazlara geçiş, araçlarda egzoz filtresi kullanma gibi yöntemlerin dışında, mevcut kurşun kirliliğinden daha az etkilenmek için önlemler alınmalıdır.

- Trafik yoğun olduğu yerlerde yürüyüş, gezinti, dinlenme ve koşu yapılmamalı, aksi halde egzozdan atılan 2,5 mm'den küçük kurşun kirlleticileri solunum yolu ile ciğerlere kadar ulaşır ve yavaş yavaş absorbe edilerek kanda birikir.

Yetişkinlerin kanında kurşunun 50mg/100mL Pb'ye ulaşması kansızlığa neden olur (<http://www.ibb.gov.tr>).

- Cadde, sokak üzerinde yola bakan tarafta açıktan yemiş, sebze, meyve, döner, balık, kokoreç, v.b. yiyecekleri satan yerlerden yiyecek-içecek kesinlikle satın alınmamalı, çünkü açıktan satılan yiyeceklerin üzerinde araçların egzozundan atılan kurşun kirleticileri birikir. Trafikğin yoğun olduğu caddelerin şevlerindeki bitki ve topraklarda kurşun miktarı 750 mg/g Pb'a ulaşmaktadır. Yiyecek üzerinde biriken kurşun gıda zinciri ile vücuda girerek kısa süreli dikkatsizliğe, baş ve karın ağrısına neden olur (<http://www.ibb.gov.tr>).
- Cadde/sokak üzerindeki işyerlerinin, caddeye bakan kapı ve pencereleri devamlı kapalı tutmalı, aksi durumda, araçların egzozundan atılan kurşun kirleticisi odada birikir. Cadde ve meydanlarda atmosferdeki kurşun konsantrasyonu zaman zaman 20-25 mgPb /m³'e kadar ulaşır. Havadaki her mgPb /m³ kurşun konsantrasyonuna karşılık, kanda 0.5 mgPb/100mL kurşun birikir (<http://www.ibb.gov.tr>).
- Cadde/sokak ve meydan üzerindeki konut sakinleri yol tarafına bakan pencereleri özellikle trafikğin yoğun olduğu saatlerde kapalı tutmalıdırlar. Trafikğin yoğun olduğu caddelerde 30m mesafedeki binalarda oturan çocuklar üzerinde yapılan incelemede kandaki kurşun konsantrasyonu 40 mg Pb/100mL'den yüksek tespit edilmiştir. Çocukların kurşunlu havayı soluyup hastalanmamaları, hatta ölmemeleri için pencereler trafikğin yoğun olduğu saatlerde kapalı tutulmalı (<http://www.ibb.gov.tr>).
- Trafikğin yoğun olduğu yerlerde araçların havalandırıcıları çalıştırılmamalı. Aksi durumda dışarının kurşunlu kirli havası araç içine alınıp solunarak zehirlenmelere sebep olabilir.
- Çocukları taşıyan servis aracı sürücüleri, trafikğin yoğun olduğu caddelerde pencerelerini açmamalı, açtırmamalıdırlar.
- Garajlarda, açık ve kapalı otoparklarda çalışanlar kendi sağlıkları için sürücüleri yakıt enjeksiyonlu araç satın almaları ve kurşunsuz benzin veya LPG kullanmaları konusunda uyarmalıdırlar.
- Gişelerde ve petrol istasyonlarında çalışanlar kendi sağlıkları için 1993 yılından sonra üretilen ithal ve yerli benzinli araçlarda normal ve süper benzin kullanmamaları konusunda sürücüleri uyarmalıdırlar. Ancak yapılan anketlerde

bu uygulamanın Türkiye’de pek yapılmadığı, çalışanların sadece tanıdıklara yada soranlara söyledikleri ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda, yapılan bu ankette buralarda çalışan personelin çoğunun Pb zehirlenmesinden haberi olmadığı ve kanlarındaki kurşun miktarını ölçtürmedikleri ortaya çıkmıştır.

- Kuvvetli park alanları yönetimi, şehir içi trafiği ve kirliliği azaltmada önemli bir düzenleme sağlar. Kalabalık alanlarda max 90-180 dakika park izni verilen park alanları yerine, sınırsız park süresi olan park alanları olmalıdır. Şehir dışı uzun yol sürücüler uzun süreli park alanlarını istemektedirler. Bu durum sabah ve akşam trafiğini azaltmak için de yol gösterir. Ayrıca kalabalık yerlerde park alanlarında boş yer bulmak için devir, tur atma önlenmiş olur (Power, 1994).
- Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de benzin içerisindeki kurşun miktarları düşürülmelidir. Yapılan araştırmalarda benzin içerisindeki kurşun içeriğinin düşürülmesi ile kandaki kurşun miktarlarının azaldığı tespit edilmiştir (Annest et al., 1983; Chartsias et al., 1986; Schütz et al., 1989; Ducoffre et al., 1990; Rodamilans et al., 1996; Furman and Laleli, 1999; Fakayode and Olu-Owolabi, 2003).
- Yapılan bir çok çalışma, karayollarına yakın yerlerde yetiştirilen bitkilerin bünyesinde yüksek Pb değerlerinin oluştuğunu ortaya çıkarmıştır (Hol et al., 1997). Bu nedenle karayolları ile tarım yapılan alanlar arasında en az 100m mesafe olmalıdır (<http://www.ntvmsnbc.com>).
- Türkiye’de bu konuda ;
 - Normal benzinin son bir yıldır kaldırılması,
 - Kurşunsuz benzinin, teşvik amacı ile, mal oluş fiyatına göre diğer benzinlerden, daha az karla satılması,
 - Ankara ve İstanbul’da, doğal gazla çalışan çevreci belediye otobüsleri ile metro ve tramvay hatlarının arttırılmaya çalışılması bu illerde yapılan bazı çalışmalara örnektir. Ayrıca 1998’de açıklanan rakamlara göre Ankara ve İstanbul’daki kurşunsuz benzin tüketimi diğer bazı büyük şehirlerden %7.1 veya tüm Türkiye’dekinden %37 daha fazladır ve kurşunsuz benzin satımı diğer illerin %16.5’ini oluşturmaktadır (Furman and Laleli, 1997). Bu durum özellikle İstanbul’da araç sayısının çok olmasına rağmen kirliliğin çok büyük boyutlarda olmamasına önemli bir açıklama sağlayabilir.

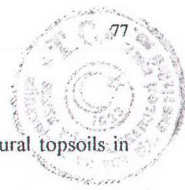
KAYNAKLAR

1. Ağca, N. ve Doğan, K., Antakya-Topboğazı karayolu çevresindeki topraklarda trafik kaynaklı ağır metal kirliliği. 2000 GAP Çevre Kongresi, 16-18 Ekim 2000 Şanlıurfa, 187-196.
2. Andral, M.C., Roger, S., Montrejaud-Vignoles, M. and Herremans, L., Particle size distribution and hydrodynamic characteristics of solid matter carried by runoff from motorways. *Water Environment Research* 71(4), 398-407, (1999).
3. Annest, J.L., Pirkle, J.L., Makuc, D., Neese, J.W., Bayse, D.D. and Kovar, M.G., Chronological trend in blood lead levels between 1976 and 1980. *N Engl J Med* ; 308: 1373-1377, (1983).
4. Arhan, Y., Toprak kirlenmesi ve kirlenmiş زمینlerin ıslahı. Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu II, 22-23 Mayıs 1997 Gebze/Kocaeli, 441-447.
5. Carlosena, A., Andrade, J.M., Tomas, X., Fernandez, E. and Prada, D., Classification of edible vegetables affected by different traffic intensities using potential curves. *Talanta* 48: 795-802, (1999).
6. Chartsias, B., Colombo, A., Hatzichristidis, D. and Leyendecker, W., The impact of gasoline lead on man blood lead: first results of the Athens lead experiment. *Science Total Environmental*; 55: 275-282, (1986).
7. Çakar, A.E., Ankara kent içi ulaşımın dün, bugün, yarın. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Trafik Planlaması ve Uygulaması Ana Bilim Dalı Trafik Dergisi Özel Sayı Ağustos 1997, s.17.

8. Çakar, T., Ulaşımında enerji verimliliği. Ulusal Enerji Verimliliği Kongresi, 3-5 Şubat 1999, Ankara, s. 83-193.
9. Davies, B.E., Heavy metals in soils. Lead. In: Alloway BJ Blackie and Son, Glasgow, 177-195 (1990).
10. Droppo, I.G., Irvine, K.N., Murphy, T.P. and Jaskot, C., Fractionated metals in street dust of a mixed land use sewershed, Hamilton, Ontario. In: Wheeler, H., Kirby, C. (Eds.), Hydrology in a Changing Environment, Vol. III. John Wiley Sons, New York, pp.383-394 (1998).
11. Ducoffre, G., Claeys, F. and Braux, P., Lowering time trend of blood lead levels in Belgium since 1978: Environmental Research; 51: 25-34, (1990).
12. Ellis, J.B. and Rewitt, D.M., Incidence of heavy metals in street surface sediments solubility and grain size studies. Water, Air and Soil Pollution 17: 87-100, (1982).
13. Fakayode, S.O. and Olu-Owolabi, B.I., Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osogbo, Nigeria: its relationship to traffic density proximity to highways. Environmental Geology DOI 10.1007/s00254-003-0765-6 (2003).
14. Fernánadez, R. and Galarraga, F., Lead concentration and composition of organic compounds in settled particles in road tunnels from the Caracas Valley, Venezuela. Environmental Geochemistry and Health 23: 17-25, (2001).
15. Furman, A. and Laleli, M., Analysis of lead body burden in Turkey. The Science of the Total Environment 234: 37-42, (1999).
16. Garcia, R. and Millán, E., Assessment of Cd, Pb and Zn contamination in roadside soils and grasses from Gipuzkoa (Spain). Chemosphere 37(8): 1615-1625, (1998).

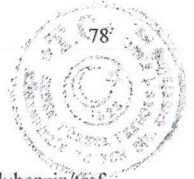
17. Getz, L.L., Verner, L. and Prather, M., Lead concentrations in small mammals living near roads. *Environmental Pollution* 13: 151-157, (1997).
18. Goodlee, F., Air Pollution: Road traffic and modern industry. *British Medical Journal* 303(14): 1539-1543, (1991).
19. Goyal, P., Singh, M.P. and Roma Krishna, T.V.B.P.S., Comparative study of line source models for estimating lead levels due to vehicular traffic in Delhi. *Environmental Software* 10(4): 289-299, (1995).
20. Hautala, E.-L., Rekila, R., Tarhanen, J. and Ruuskanen, J., Deposition of motor vehicle emissions and winter maintenance along roadside assessed by snow analyses. *Environmental Pollution* 87(1): 45-49, (1995).
21. Hol, P.J., Gawron, A.J., Hurst, J.M., Yeager, A.R., Van Galen, D.A. and Isrenn, R., Investigation of lead and cadmium levels in roadside rhododendron leaves in Bergen, Norway utilizing multivariate analysis. *Microchemical Journal* 55: 169-178, (1997).
22. Karayolları Genel Müdürlüğü, Anadolu otoyolu. Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü Otoyol ve Express Yol Çalışmaları Genel Tanıtım Dergisi: 8-27, (Şubat 1990).
23. Legret, M. and Pagotto, C., Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. *The Science of The Total Environmet* 235: 143-150, (1999).
24. Mandıracıoğlu, A., Gövsa, F. ve Hancı, H., Dünyada ve Türkiye’de kentlerde otomobil bağımlılığı. “Ulaşım ve Trafik Kongresi” Bildiriler Kitabı (Makina Mühendisleri Odası 2-3 Mayıs 1997), 102-109.

25. Mercier, G., Duchesne, J. and Carles-Gibergues, A., A simple and fast screening test to detect soils polluted by lead. *Environmental Pollution* 118: 285-296, (2002).
26. Miko, S., Durn, G., Palinkas, L.A., Mashyanow, N.R., Namjesnik, K., Ilyn, Y.T., Distribution of mercury and aerosols of lead and cadmium in the atmosphere of Zagreb. *Mining Metal Q* 3-4:370-385 (1992).
27. Molto, J.C., Viana, E., Pico, Y. and Font, G., The effect of urban pollution on lead levels in air of the city of Valencia (Spain), May 1989-October 1990. *The Science of The Total Environment* 162(2-3): 111-117, (1995).
28. Newman, P., Reducing automobile dependence. *Environment and Urbanization* 8(1): 67-92, (1996).
29. Nriagu, J., Jinabhai, C., Naidoo, R. and Coutsoydis, A., Atmospheric lead pollution in KwaZulu/Natal, South Africa. *The Science of The Total Environment* 191(1-2): 69-76, (1996).
30. Özer, U. ve Kartal, Ş., Atmosferde kurşun kirliliği ve diğer kirlenici konsantrasyonları ile korelasyonu. *Çevre Sempozyumu* 86 İzmir, 2-5 Haziran 1986: 1-6.
31. Power, H., Moussiopoulos, N., Brebbia, C.A., Traffic emissions. *Urban Air Pollution*, 1:43-73, (1994).
32. Renda, Y., Şehir ve ulaşım. *Bilim ve Teknik*, Tubitak, 349:20-24, (1996).
33. Rodamilans, M., Torra, M., To-Figueras, J., Corbella, J., Lopez, B., Sanchez, C., Mazzara, R., Effect of the reduction of petrol on blood lead levels of the population of Barcelona (Spain). *Bull Environmental Contamination Toxicology* 56: 717-721, (1996).

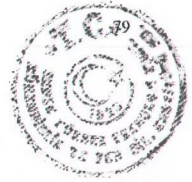


34. Romic, M. and Romic, D., Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. *Environmental Geology* 43: 795-805, (2003).
35. Rowley, J., Lille: City of the future. *People and The Planet*, 4(1): 25-26, (1995).
36. Schütz, A., Attewell, R., Skerving, S., Decreasing blood lead in Swedish children, 1978-1988. *Arch Environmental Health* 44: 391-394, (1989).
37. Serageldin, I., Barrett, R., Environmentally sustainable urban transport. *Defining a Global Policy* World Bank Washington DC (1993).
38. Shu Wing Lee, E., Hong Kong use escalators as public transit system. *The Urban Age* 2(1): 21, (1993).
39. Suchorzewski, W., The effects of Warsaw's rising car travel. *The Urban Age* 2(1): 14, (1993).
40. Sutherland, R.A., Comparison between non-residual Al, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn released by a three-step sequential extraction procedure and a dilute hydrochloric acid leach for soil and road deposited sediment. *Applied Geochemistry* 17: 353-365, (2002).
41. Sutherland, R.A., Lead in grain size fractions of road-deposited sediment. *Environmental Pollution* 121 (2): 229-237, (2003).
42. Thijin, E., Amsterdam's bold approach to reduce car traffic. *The Urban Age* 2(1): 12, (1993).

İNTERNET ADRESLERİ



1. <http://www.ibb.gov.tr/ibbtr/102/10206/1020635/fr/99/kursunlubenzin/trafik.htm>
2. <http://www.cevre.gov.tr/anasayfa/turkiyecevesor.htm>
3. <http://www.penweb.org/chester/lead/home.html>
4. <http://www.epa.gov/lead/>
5. <http://www.ntvmsnbc.com/news/122665.asp?0m=N24D&cp1=1>
6. <http://www.arnavutkoy.bilkom.com.tr/basin.html>
7. <http://www.mmo.org.tr/muhendismakina/arsiv/2001/ocak/dizin.htm>



ÖZGEÇMİŞ

ADI VE SOYADI

: Sezer MERT

DOĞUM YERİ VE TARİHİ

: Develi-KAYSERİ 09-12-1978

YÜKSEK LİSANS

: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Şubat 2001 İngilizce Hazırlık

Eylül 2001-2002 Ders Dönemi

Eylül 2002-2003 Tez Dönemi

YÜKSEK ÖĞRENİM

: Selçuk Üniversitesi Mühendislik

Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği

Bölümü 1995-1999

ORTA ÖĞRENİM

: Develi Lisesi 1991-1994,

Develi Ortaokulu 1988-1991,

İLK ÖĞRENİM

: Develi Seyrani İlkokulu 1983-1988

Develi-KAYSERİ