

173869

**ESKİŞEHİR İÇİN
HAVA KİRLİLİĞİ ENVANTERİNİN
VE CBS DESTEKLİ HAVA KİRLİLİĞİ
HARİTALARININ OLUŞTURULMASI**

Hicran ÇINAR
Yüksek Lisans Tezi

**Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Ekim – 2003**

**Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Hicran Çınar'ın Eskişehir için Hava Kirliliği Envanterinin Hazırlanması ve CBS Destekli Hava Kirlililiği Haritalarının Oluşturulması başlıklı Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi ~~18.09.2003~~ tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

	Adı-Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	: Doç. Dr. Tuncay DÖĞEROĞLU	
Üye	: Prof. Dr. Serap KARA	
Üye	: Prof. Dr. Can AYDAY	

Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ~~24.09.2003~~ tarih ve ~~31/2~~.... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Hikmet AYER
Fen Bilimleri Enstitüsü
M ü d ü r ü

Anadolu Üniversitesi
Merkez Kütüphane

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ESKİŞEHİR İÇİN HAVA KİRLİLİĞİ ENVANTERİNİN HAZIRLANMASI VE CBS DESTEKLİ HAVA KİRLİLİĞİ HARİTALARININ OLUŞTURULMASI

HİCRAN ÇINAR

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Tuncay DÖĞEROĞLU
2003, 112 sayfa

Bu çalışmada, Eskişehir merkez ilçe yerleşim bölgesi için, konut ısıtılması, trafik ve sanayi tesislerindeki yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonların hava kirliliğine katkısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Emisyon envanterine esas olan çalışma alanı için mahalle bazında nüfus, ısıtma sistemi ve ısınma amaçlı kullanılan yakıtların tür ve tüketim miktarları ile çalışma alanı için trafiğe kayıtlı araç sayıları, şehir içindeki ana arterlerdeki trafik akım yoğunluğu bilgileri ve sanayi tesislerinin yakıt tüketim miktarları ile ilgili veriler 2002 yılı baz alınarak toplanmıştır. Toplanan bu veriler, özellikle yanmadan kaynaklanan kirletici bileşenlere (PM, SO₂, CO, VOC, NO_x) ait emisyon faktörleri ile birlikte değerlendirilerek, ilgili noktasal, çizgisel ve alan kaynaklar için kütleli emisyon hızı değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan emisyonların çalışma alanındaki dağılımını görsel olarak değerlendirmek üzere, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak emisyon haritaları oluşturulmuştur.

Bu çalışmada dikkate alınan kaynaklardan atmosfere atılan kirleticilerin yıllık toplam miktarlarının 405 ton/yıl (VOC) ile 9147 ton/yıl (CO); kişi başına miktarlarının 0,8 kg/kişi-yıl (VOC) ile 18,12 kg/kişi-yıl (CO) ve birim alan başına tanımlanan miktarlarının ise 3,29 ton/km²-yıl (VOC) ile 74,3 ton/km²-yıl (CO) arasında değiştiği görülmüştür.

Konut ısıtılmasına yönelik kullanılan ithal kömür ve Soma linyiti tüketimi PM, SO₂ ve CO emisyonlarının meydana gelmesinde önemli paya sahiptir. Trafik ise en çok VOC ve NO_x emisyonlarının oluşumunda ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, tüm kirleticiler için sanayi kaynaklı ve konut ısıtılmasına yönelik doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyonların oranlarının diğer kaynaklara göre önemli ölçüde az olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Emisyon Envanteri, Emisyon Faktörü, CBS, Haritalandırma

ABSTRACT**Master of Science Thesis****PREPERATION OF EMISSION INVENTORIES
AND GIS-SUPPORTED MAPPING OF AIR POLLUTION IN ESKİŞEHİR****HİCRAN ÇINAR****Anadolu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Environmental Engineering Program****Supervisor: Assoc. Prof. Tuncay DÖĞEROĞLU
2003, 112 pages**

The aim of this study is to investigate the contribution of residential heating, traffic and industrial fuel consumption to the air pollution in the urban Eskişehir. Being related to the inventory studies, data about population, residential fuel consumption and heating system characteristics for every district and data about registered counts of vehicles, traffic counts on the main roads of urban traffic and industrial fuel consumption rates for the study area and for the year 2002 were acquired. By using these data together with the suitable emission factors for pollutants (PM, SO₂, CO, VOC, NO_x), particularly originated from fuel combustion emission mass flow rates were calculated for the investigated point, line and area sources. In order to make a visual evaluation of the spatial distribution of emissions on the study area, pollution maps of the residential/industrial areas have been generated by using Geographical Information System (GIS).

The annual amounts of the pollutants emitted from the relevant sources varied between a range of 405 tons/year (VOC's) and 9147 tons/year (CO). Additionally, the results have been interpreted in terms of per capita and per area basis. In this case, the data ranged from 0.8 kg/capita-year (VOC's) to 18.12 kg/capita-year (CO), and from 3.29 tons/km²-year (VOC's) to 74.3 tons/km²-year (CO).

Consumption of imported coal and Soma lignite for residential heating is important for the formation PM, SO₂ and CO emissions. Also, traffic is playing an important role in the formation of VOC and NO_x emissions. The rate of emissions caused by natural gas consumption for industrial use and residential heating is less than other sources.

Keywords: Air Pollution, Emission Inventory, Emission Factor, GIS, Mapping

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Eskişehir’de yanma kökenli hava kirliliğinin incelendiği bu çalışmada, kent merkezindeki mevcut farklı kirlilik kaynaklarının hava kirliliğine katkılarının ve kirliliğin kent içindeki dağılımının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmayı yöneten, çalışma boyunca sürekli ilgi ve desteğini esirgemeyen, olumlu eleştiri ve önerileri ile çalışmama büyük katkıda buluan danışman hocam Sn. Doç. Dr. Tuncay DÖĞEROĞLU’na özveri ve nezaketi için, değerli önerilerinden dolayı çalışmama sağlam bir destek olarak gördüğüm ve kendime her konuda örnek aldığım deneyimli hocam Sn. Prof. Dr. Serap KARA’ya, yine bilgi ve önerileriyle bana yol gösteren ve Uydu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü’nde gerekli çalışma ortamını sağlayan, misafirperverlik gösteren hocam Sn. Prof. Dr. Can AYDAY’a, kirlilik haritalarının oluşturulması sırasında değerli bilgilerini benimle paylaşan, yardımını esirgemeyen hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Metin ALTAN’a, araştırma görevlisi arkadaşım Sn. Ozan Devrim YAY’a, hesaplamalar için gerekli verilerin bir kısmının temin edilmesinde yardımcı olan Eskişehir Büyükşehir Belediyesi APK Bölümü Müdürü Sn. Mustafa ERDEN’e, Sn. Prof. Dr. Haluk GERÇEK’e, ESGAZ - Eskişehir Büyükşehir Belediyesi ve Eskişehir İl Trafik Şube Müdürlüğü çalışanlarına, desteği için Reha Oğuz ALTUĞ’a, bu çalışmanın meydana gelebilmesi için gösterdiği maddi ve manevi destekten dolayı annem Ayşe ÇINAR’a, amcam Salih ÇINAR’a ve Canan ÇINAR’a içten teşekkürü borç biliyorum.

Hazırladığım çalışmanın konu ile ilgilenenlere yararlı olmasını dileyerek saygı ve sevgilerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GELENEKSEL HAVA KİRLETİCİLERİ.....	4
2.1. Partikül Maddeler.....	8
2.2. Kükürt Dioksit.....	10
2.3. Karbon Monoksit.....	12
2.4. Uçucu Organik Bileşikler.....	12
2.5. Azot Oksitler.....	14
3. EMİSYON ENVANTERLERİ.....	16
3.1. Emisyon Envanterlerinin Kullanım Amaçları ve Çeşitleri.....	16
3.2. Emisyon Envanteri Hazırlama Aşamaları	17
3.2.1. Amaçların belirlenmesi ve planlama.....	18
3.2.2. Kaynak sınıflarının belirlenmesi.....	19
3.2.2.1. Noktasal kaynaklar.....	19
3.2.2.2. Alan kaynaklar.....	20
3.2.2.3. Çizgisel kaynaklar.....	20
3.2.2.4. Sabit kaynaklarda yakıt kullanımı.....	20
3.2.2.5. Ulaşım.....	21
3.2.2.6. Endüstriyel prosesler.....	21
3.2.2.7. Diğer faaliyetler.....	22
3.2.3. Emisyon tahmin yöntemlerinin belirlenmesi.....	22

3.2.4. Emisyon envanteri için gerekli bilgilerin toplanması.....	24
3.2.4.1. Sabit kaynaklarda yakıt kullanımı.....	25
3.2.4.2. Ulaşım.....	25
3.2.4.3. Endüstriyel prosesler.....	25
3.2.4.4. Diğer faaliyetler.....	26
3.2.5. Emisyonların hesaplanması.....	26
3.2.6. Envanter sonuçlarının sunulması.....	27
3.3. Emisyon Envanteri Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Kullanımı.....	28
3.3.1. Tanım.....	28
3.3.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin bileşenleri.....	28
3.3.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin metodolojisi.....	29
3.3.4. Kirlilik haritalarının hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) kullanımı.....	30
3.3.4.1. Tasarım.....	30
3.3.4.2. Veri tabanı oluşturulması.....	31
3.3.4.3. Verilerin analizi.....	31
3.3.4.4. Analiz sonuçlarının sunulması.....	32
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
4.1. Çalışma Alanı.....	33
4.2. Emisyon Hesaplamaları İçin Gerekli Verilerin Elde Edilmesi.....	40
4.2.1. Nüfus verileri.....	41
4.2.2. Hava kirletici kaynaklarla ilgili veriler.....	42
4.2.2.1. Konutlar.....	42
4.2.2.2. Trafik.....	45
4.2.2.3. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi.....	46
4.2.2.4. Noktasal kaynaklar.....	47
4.3. Emisyon Faktörlerinin Belirlenmesi.....	47
4.3.1. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt tüketimi için emisyon faktörleri.....	47
4.3.2. Trafik kökenli kirlilik kaynakları için emisyon faktörleri.....	51
4.3.3. Sanayi tesislerindeki yakıt tüketimi için emisyon faktörleri.....	52

4.4. Çalışmada Uygulanan Metodoloji.....	53
4.4.1. Emisyon envanterinin hazırlanması.....	53
4.4.2. Haritalandırma.....	56
5. BULGULAR.....	59
5.1. Konutsal Isıtma Süreçlerinden Kaynaklanan Emisyonlar.....	59
5.2. Trafik Kökenli Emisyonlar.....	60
5.3. Sanayi Sektöründe Yanmadan Kaynaklanan Emisyonlar.....	64
5.4. Noktasal Kaynaklardan Yayılan Emisyonlar.....	65
5.5. Toplam Emisyonlar.....	67
6. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	84
KAYNAKLAR.....	87
EKLER.....	93
EK-1. Çalışma Alanı İçindeki Mahalleler.....	93
EK-2. İller Bankası Yöntemine Göre 2002 Yılı İçin Hesaplanan Mahalle Bazında Nüfuslar ve Nüfus Yoğunluğu Bilgileri	94
EK-3. Konut Isıtılmasına Yönelik Doğalgaz Kullanımı ile İlgili Veriler.....	96
EK-4. Konut Isıtılmasına Yönelik Kömür Kullanımı ile İlgili Veriler.....	98
EK-5. 2002 Yılında Çalışma Alanında Katedilen Yıllık Mesafeler.....	100
EK-6. Çalışma Alanında Çizgisel Kaynak Olarak İncelenen Caddeler...	101
EK-7. Çalışma Alanında Bazı Kesitlerde Yapılan Araç Sayımlarının Sonuçları.....	103
EK-8. Konut Isıtılmasına Yönelik Doğalgaz Kullanımından Kaynaklanan Emisyonların Mahalle Bazında Dağılımı, ton/yıl....	104
EK-9. Konut Isıtılmasına Yönelik Kömür Kullanımından Kaynaklanan Emisyonların Mahalle Bazında Dağılımı, ton/yıl.....	105
EK-10. Trafik Kökenli Emisyonlar, ton/yıl.....	107
EK-11. Ana Arterler Üzerindeki Araç Sayımları Kullanılarak Yapılan	

	Emisyon Tahminleri için Örnek Hesaplama.....	108
EK-12.	Literatürden Emisyon Tahminleri.....	109
EK-12.a.	Türkiye’de bazı iller için hazırlanan emisyon envanteri çalışmalarının sonuçları.....	109
EK-12.b.	Avrupa’daki bazı şehirler için hazırlanan emisyon envanteri çalışmalarının sonuçları.....	111
EK-12.c.	Trafik kökenli emisyonların hesaplandığı bazı envanter çalışmalarının sonuçları.....	112

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
2.1. 2000 yılında ABD’nde meydana gelen PM ₁₀ ve PM _{2,5} emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA’nın verilerine göre).....	8
2.2. 2000 ve 2001 yıllarında ABD’nde meydana gelen SO ₂ emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA’nın verilerine göre).....	10
2.3. 2000 ve 2001 yıllarında ABD’nde meydana gelen CO emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA’nın verilerine göre).....	11
2.4. 2001 yılında ABD’nde meydana gelen VOC emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA’nın verilerine göre).....	13
2.5. 2000 ve 2001 yıllarında ABD’nde meydana gelen NO _x emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA’nın verilerine göre).....	15
3.1. Emisyon envanteri hazırlama faaliyetlerinin aşamaları.....	18
3.2. Yakıt kullanım kategorileri.....	20
3.3. Bir kirletici emisyon envanterinin harita şeklinde ifade edilişi.....	27
3.4. Coğrafi Bilgi Sistemi metodolojisi.....	29
4.1. Çalışma alanının coğrafik konumu.....	33
4.2. Çalışma alanının arazi kullanımı haritası.....	36
4.3. PM ve SO ₂ derişimlerinde yıllara bağılı olarak görülen değişimler.....	38
4.4. 2002 yılında ölçölen PM ve SO ₂ derişimlerinde aylara bağılı olarak görölen değişimler.....	39
4.5. Çalışmanın adımları.....	52
4.6. Hava kirliliği emisyon haritalarının oluşturulmasında izlenen metodoloji	57
4.7. CBS’de çakıştırma (overlay) işlemleri.....	57
4.8. Çalışma alanı içindeki toplam emisyonların dağılımının kaynak bazında hazırlanan eş potansiyel eğrilerinin çakıştırılması ile elde edilişi.....	58
5.1. Konut ısıtılmasından kaynaklanan emisyonların aylık dağılımları.....	59
5.2. Çizgisel ve alan kaynakların trafik kökenli emisyonlara katkıları.....	61
5.3. Trafik kökenli emisyonların kirletici bazında ve araç bazında dağılımları	61
5.4. Çalışma alanı içindeki trafiğe kayıtlı taşıtların türlerine göre dağılımı (a); Trafik sayım sonuçlarına göre her taşıt türünün trafikteki yoğunluğu (b); Çalışma alanında katedilen yıllık mesafenin taşıt türlerine göre	

dağılımı (c); Araç sayımı yapılan 27 caddede katedilen yıllık mesafenin taşıt türlerine göre dağılımı (d)	62
5.5. Çizgisel kaynak olarak ele alınan caddelerden yayılan trafik kökenli emisyonlar, ton/yıl.....	63
5.6. Çizgisel kaynak olarak ele alınan caddelerden yayılan birim cadde uzunluğu başına emisyonlar, ton/km-yıl.....	63
5.7. Çizgisel kaynak olarak ele alınan caddelerin araç türlerine göre trafik yoğunlukları, araç/gün.....	64
5.8. Kirletici emisyonların kaynaklara göre dağılımı.....	66
5.9. Aylara göre emisyon hızları, ton/yıl.....	67
5.10. Kaynak bazında hesaplanan kirletici emisyonlarının aylara göre dağılımı	68
5.11. PM emisyonlarının kaynak bazında dağılımı.....	72
5.12. SO ₂ emisyonlarının kaynak bazında dağılımı.....	73
5.13. CO emisyonlarının kaynak bazında dağılım.....	74
5.14. VOC emisyonlarının kaynak bazında dağılımı.....	75
5.15. NO _x emisyonlarının kaynak bazında dağılım.....	76
5.16. PM emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton/km ² -yıl.....	77
5.17. SO ₂ emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton/km ² -yıl.....	78
5.18. CO emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton/km ² -yıl.....	79
5.19. VOC emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton/km ² -yıl.....	80
5.20. NO _x emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton/km ² -yıl.....	81
5.21. Çalışma alanında kömür kullanımının dağılımı, ton/km ² -yıl.....	82
5.22. Çalışma alanında doğalgaz kullanımının dağılımı, 10 ³ m ³ /km ² -yıl.....	82
5.23. Çalışma alanında nüfus dağılımı, kişi/km ²	83
5.24. Çalışma alanında günlük yolculukların dağılımı, yolculuk/km ² -gün.....	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
1.1. Çalışma kapsamında incelenen konuları içeren literatür analizi.....	3
2.1. Normal kuru havanın doğal bileşimi.....	4
2.2. En sık karşılaşılan hava kirleticileri için uygulanan açık ortam hava kalitesi standartları.....	6
2.3. Genel hava kirletici emisyonlarının, ABD’nde son 20 yıl içinde gösterdiği değişim eğilimleri.....	6
2.4. Genel hava kirleticilerin açık ortam derişimlerinin, ABD’nde son 20 yıl içinde gösterdiği değişim eğilimleri.....	6
2.5. 2001 yılında ABD’nde meydana gelen emisyonlar, 1000 ton/yıl.....	7
2.6. ABD’nde ülkenin doğu ve batı bölgelerinde ölçülen PM _{2,5} ’un % bileşimi (1999 yılı verilerine göre).....	8
3.1. Emisyon envanterlerinin kullanım amaçları ve sağladığı faydalar.....	16
3.2. Hava kirletici kaynakların sınıflandırılması.....	19
3.3. Kritik kirleticiler için noktasal kaynak emisyon sınırları.....	19
3.4. Coğrafi Bilgi Sistemi kapsam özellikleri.....	28
4.1. Eskişehir ilinin iklimi ile ilgili genel veriler.....	34
4.2. Eskişehir ili şehir merkezinde 1996-2002 yılları arasında ölçülen PM ve SO ₂ derişimleri, µg/m ³	37
4.3. 2002 yılında Eskişehir ili şehir merkezinde iki noktada ölçülen PM ve SO ₂ derişimleri, µg/m ³	38
4.4. Eskişehir ili 1990-1995 yılları arasında ölçülen NO ₂ derişim verileri.....	40
4.5. Emisyon hesaplamaları için gerekli saha verileri ve elde edildikleri kurumlar.....	40
4.6. Çalışma alanı içindeki doğalgaz tüketimi ile ilgili 2002 yılına ait veriler.....	43
4.7. Eskişehir’de sanayi dışı aboneler için 2002 yılı aylar itibariyle doğalgaz satış değerleri ve aylık yakıt kullanım oranları.....	43
4.8. Eskişehir’de doğalgaz kullanım miktarının yıllara göre değişimi.....	44
4.9. Eskişehir’de kömür kullanımının yıllara göre değişimi.....	44

4.10. Çalışma alanı içindeki kömür tüketimi ile ilgili 2002 yılına ait veriler.....	44
4.11. Eskişehir merkez ilçede karayolu ulaşımında kullanılan motorlu araç sayıları (2002 yılı için).....	45
4.12. EOSB'ndeki kuruluşların 2002 yılı doğalgaz tüketimleri ile ilgili veriler	46
4.13. Bazı büyük kuruluşların doğalgaz tüketim miktarları.....	47
4.14. Konut ısıtılmasına yönelik doğalgaz kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri.....	47
4.15. Konut ısıtılmasına yönelik taş kömürü kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri.....	48
4.16. Konut ısıtılmasına yönelik linyit kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri....	49
4.17. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri.....	50
4.18. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri, g/10 ⁶ kcal.....	51
4.19. Trafik kaynaklı hava kirliliği için emisyon faktörleri.....	51
4.20. Sanayi tesislerinde doğalgaz kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri.....	52
4.21. Toplam kirletici emisyonlarının hesaplanması için kullanılan denklemler.	55
5.1. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonlar, ton/yıl.....	59
5.2. Çalışma alanı içinde trafik kökenli toplam emisyonlar, ton/yıl.....	60
5.3. Çizgisel kaynaklardan yayılan trafik kökenli emisyonlar, ton/yıl.....	60
5.4. Alan kaynaklardan yayılan trafik kökenli emisyonlar, ton/yıl.....	60
5.5. EOSB'ndeki kuruluşlardan yayılan yanma kökenli emisyonlar, ton/yıl.....	65
5.6. Kent içindeki noktasal kaynaklardan yayılan yanma kökenli emisyonlar, ton/yıl.....	66
5.7. Çalışma alanı içinde yanma kökenli tüm kaynaklardan yayılan toplam emisyonlar, ton/yıl.....	66
5.8. Çalışma alanı içinde yıllık kirletici emisyonlarının lokal bazda ekstrem değerleri.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler:

A	: İki nüfus sayımı arasındaki yıl farkı
N_e	: Eski nüfus sayımı değeri
N_g	: Bulunmak istenen nüfus değeri
N_s	: Son nüfus sayımı değeri
NO_x	: Azot oksitleri
P	: Nüfus artış yüzdesi
$PM_{2,5}$: Aerodinamik çapı $\leq 2,5 \mu m$ olan partiküler maddeler
PM_{10}	: Aerodinamik çapı $\leq 10 \mu m$ olan partiküler maddeler
t_g	: Projelendirilmek istenen yıl
t_s	: Son nüfus sayımının yapıldığı yıl

Kısaltmalar:

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
CAA	: Clean Air Act (Temiz Hava Kanunu)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS)
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EEE	: Eskişehir Endüstriyel Enerji (doğalgaz çevrim santrali)
EOSB	: Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi
EPA	: Environmental Protection Agency (Amerikan Çevre Koruma Örgütü)
ESGAZ	: Eskişehir Şehiriçi Doğalgaz Dağıtım A.Ş.
HKKY	: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değer
LFG	: Liquefied Fuel Gas
LPG	: Liquefied Petroleum Gas
NAAQS	: National Ambient Air Quality Standards (Ulusal Açık Ortam Hava Kalitesi Standartları)
UTM	: Universal Transverse Mercator
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değer
VOC	: Volatile Organic Compounds (Uçucu Organik Bileşikler)
VTYS	: Veri Tabanı Yönetim Sistemi

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Çoğunluğu fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan partikül maddeler (PM), kükürt dioksit (SO₂), karbon monoksit (CO), uçucu organik bileşikler (VOC) ve azot oksitler (NO_x), özellikle kış aylarında, meteorolojik faktörlerin de etkisiyle ve topoğrafik koşullara bağlı olmak üzere, kentlerde ciddi hava kalitesi problemlerine yol açmaktadır. Hızlı nüfus artışına paralel olarak artan ısınma amaçlı enerji tüketimi, ulaşım araçlarının yaygınlaşması veya sanayide demode olmuş teknolojik sistemlerin kullanılması sözkonusu hava kirliliği sorununun kaynağını oluşturmaktadır.

Hava kirliliği probleminin çözülmesi ve hava kalitesinin korunması için alınacak önlemler, öncelikle mevcut durumun belirlenmesi ve farklı kaynakların probleme katkısının yöresel bazda tespit edilmesine bağlıdır. Envanter hazırlama yoluyla hava kalitesinin belirlenmesi, yeterli ve güvenilir verinin toplanmasının mümkün olduğu durumlarda, kirlilik kaynaklarının ayrı ayrı değerlendirilmesine olanak sağlaması ve ucuz bir yöntem olması açısından sık başvurulan bir yöntemdir.

Bilindiği gibi, uluslararası, bölgesel ve yerel ölçeklerde hazırlanmış çok sayıda emisyon envanteri çalışması bulunmaktadır. Uluslararası büyük organizasyonlarca (CEC-CORINAIR, ECE-EMEP, OECD-IPCC vd.) farklı alanlar için hazırlanmış emisyon envanterlerinin yanısıra bazı ülkelerdeki kent ve bölgesel ölçekli uygulamalar da bulunmaktadır.

Emisyon envanteri hazırlanması konusunda, ülkemizde, sınırlı sayıda da olsa, bazı envanter çalışmaları bulunmaktadır. Bunların arasında EUROTRAC/GENEMIS projesi kapsamında ulusal ölçekte gerçekleştirilen çalışma (Elbir ve ark. 2000), Ege Bölgesi'ni içine alan bölgesel ölçekli envanter çalışması (Elbir ve ark. 2001) ve yöresel ölçekte Ankara (Durmaz 1994a, Atımtay ve ark. 1995, Atımtay ve Ergül 1999) ve İzmir (Elbir 1997) için gerçekleştirilmiş çalışmaları saymak mümkündür. Eskişehir kenti için de konut ısıtılmasına yönelik olarak yakıt yakılmasından kaynaklanan hava kirliliği (Öztürk 2001) ve VOC'lar (Atasoy 2001) ile ilgili hazırlanmış emisyon envanteri çalışmaları bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında incelenen farklı alanlar için gerçekleştirilen bazı emisyon envanteri çalışmalarını ve Coğrafi Bilgi Sisteminin hava kalitesi çalışmalarındaki uygulamalarını kapsayan literatür analizi Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında da, Eskişehir merkez ilçeye bağlı Büyükşehir, Odunpazarı ve Tepebaşı Belediyeleri sınırlarındaki 65 mahalleyi (101 km²) ve Organize Sanayi Bölgesi'ni (22 km²) kapsayan 123 km²'lik çalışma alanındaki bazı antropojenik kaynaklardan (konut ısıtılmasına yönelik yakıt tüketimi, endüstriyel yakıt tüketimi ve trafikten) yayılan yanma kaynaklı hava kirleticileri için emisyon envanteri hazırlanmıştır. Ayrıca, hesaplanan emisyonların çalışma alanındaki dağılımını görebilmek üzere, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak kirlilik haritaları oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, Eskişehir kent merkezinde yanmadan kaynaklanan hava kirletici emisyonların hesaplanması, yanma kökenli kaynakların (konut ısıtılması, ulaşım ve sanayi tesislerinde yakıt yakılması) hava kirliliğine katkı paylarının belirlenmesi, mahalle bazında nüfus ve ısıtma sistemi özelliklerine göre konut ısıtılmasına yönelik yakıt tüketiminden kaynaklanan hava kirliliği oluşumunun incelenmesi, mevcut kirletici kaynakları için en uygun emisyon faktörlerinin seçimi ve çalışma alanı için kirlilik haritalarını oluşturmak suretiyle kentsel hava kirliliğinin coğrafi dağılımının ortaya konması hedeflenmiştir.

Çizelge 1.1. Çalışma kapsamında incelenen konuları içeren literatür analizi

Referans	Çalışma alanı (çalışmanın ölçeği)	İncelenen kirleticiler	Çalışmada baz alınan zaman aralığı
Trafik kökenli hava kirliliği ile ilgili emisyon envanteri çalışmaları			
Borrego ve ark.(2000)	Lizbon (yöresel)	CO,VOC,NO _x	1990-1996
Hao ve ark. (2000)	Pekin (yöresel)	CO,NO _x	1994
Odabaşı ve Müezzinoğlu (1992)	İzmir (yöresel)	PM, CO, VOC, NO _x	1992
Mensink ve ark. (2000)	Antwerp (yöresel)	PM,SO ₂ ,CO,VOC, NO _x ,Pb	1996
Mukherjee ve ark.(2001)	Singapur (ulusal)	CO	1994-1997
Diğer emisyon envanteri çalışmaları			
* Ulusal envanter çalışmaları			
Khatami ve ark. (1998)	Kasablanka-Fas (bölgesel)	SO ₂ ,CO,NMVOC, NO _x	1992
Elbir ve ark. (2000)	Türkiye (ulusal)	PM,SO _x ,CO,VOC, NO _x	1985-2005
Klimont ve ark. (2002)	Çin (ulusal)	NMVOC	1995-2002
Reddy ve Venkataraman (2002)	Hindistan (ulusal)	SO ₂ , PM _{2.5} , Karbon, Organik madde	1996-1997
* Bölgesel ve yöresel envanter çalışmaları			
Atımtay ve ark. (1995)	Ankara (yöresel)	PM,SO ₂ ,CO, VOC,NO _x	1992
Azad ve Kitada (1998)	Dhaka (yöresel)	SO ₂ ,NO _x	1995-1996
Durmaz ve ark. (1994a)	Ankara (yöresel)	PM,SO ₂ ,CO, VOC,NO _x	1991-1992 kışı
Funk ve ark. (2001)	Paso del Norte (yöresel)	NMVOC, NO _x	1996
Özkan ve ark. (2003)	Çorlu (yöresel)	PM,SO ₂ ,CO, HC,NO _x	2002
Tsilingiridis ve ark. (2002)	Selanik (yöresel)	PM,SO ₂ ,CO, CH ₄ , NMVOC,NO _x	1995
Chaudhary ve Atımtay (2003)	İskenderun Körfezi bölgesi (bölgesel)	PM,SO ₂ ,CO,NO _x	2002
Dommen ve ark. (2003)	Lombardy (bölgesel)	CO,VOC,NO _x	1998
Elbir ve ark. (2002)	Ege Bölgesi-Türkiye (bölgesel)	PM,SO ₂ ,CO, VOC,NO _x	2000
Hava Kalitesinin belirlenmesi ile ilgili CBS uygulamaları, haritalandırma			
Bozyazi ve ark. (2000)	İstanbul (yöresel)	PM, SO ₂	1995-1996 kışı
Puliafito ve ark. (2003)	Mendoza (yöresel)	PM,CO,HC,NO _x	1993-2000
Dai ve Rocke (2000)	Kaliforniya (bölgesel)	-	2000
De Kluizenaar ve ark. (2001)	İrlanda (ulusal)	SO ₂ ,NO _x	1995
Emisyon envanterleri ile ilgili belirsizliklerin incelenmesi üzerine çalışmalar (uncertainty analysis)			
Lindley ve ark. (2000)	İngiltere'nin kuzey batı bölgesi (bölgesel)	PM,SO _x ,CO,VOC, NO _x	1997-1998
Hava kirliliğinin modellenmesi ve/veya modelleme - envanter sonuçlarının karşılaştırılması üzerine çalışmalar			
De Leeuw ve ark. (2002)	Çeşitli Avrupa kentleri (yöresel)	SO _x ,NO _x	1989-1992
Demirci (1998)	Samsun (yöresel)	PM, SO ₂ , CO, HC, NO _x	1998
Kühlwein ve ark. (2002)	Ausburg-Almanya (yöresel)	CO, HC, NMVOC, NO _x	1998
Mannschreck ve ark. (2002)	Ausburg-Almanya (yöresel)	CO, HC, NO _x	1998
Loibl ve Orthofer (2001)	Avusturya (ulusal)	NO _x	1996

2. GELENEKSEL HAVA KİRLLETİCİLERİ

Hava kirlenmesi, herhangi bir maddenin çevre (insanlar, hayvanlar, bitki örtüsü ve yapı materyalleri vb.) için arzu edilmeyen bir etki yapacak derişimde atmosferde bulunması olarak kabul edilmektedir (Karpuzcu 1994). Hava kirliliğini meydana getiren kirleticiler ise, 1986 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (H.K.K.Y.)'nde (Türk Çevre Mevzuatı 1999) atmosfere karışarak havanın doğal bileşimini (Çizelge 2.1) değiştiren, is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki zararlı kimyasal madde veya ürünler olarak tanımlanırlar.

Çizelge 2.1. Normal kuru havanın doğal bileşimi (Müezzinoğlu 2000)

Bileşen	Hacim, %	Derişim, ppm
Azot (N ₂)	78,084 ± 0,004	780800
Oksijen (O ₂)	20,9546 ± 0,00	209546
Argon (Ar)	0,934 ± 0,001	9340
Karbon dioksit (CO ₂)	0,033 ± 0,001	330
Neon (Ne)		18
Helyum (He)		5,2
Metan (CH ₄)		1,2
Kripton (Kr)		0,5
Hidrojen (H ₂)		0,5
Ksenon (Xe)		0,08
Azot dioksit (NO ₂)		0,02
Ozon (O ₃)		0,01-0,04

Hava kirleticileri oluştukları ortama (kirletici kaynaktan veya atmosferde), kaynaklarına ve kimyasal yapılarına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler.

Kirletici maddelerin bazıları doğrudan doğruya kirletici kaynaktan atıldıkları şekilde havada bulunurlar. Bunlar birincil kirleticiler olarak isimlendirilir. Diğer bir kısım kirleticiler ise, havaya karışan bu birincil maddelerin, atmosferde mevcut diğer bazı kirleticilerle reaksiyona girmesiyle oluşan ikincil kirleticilerdir. Bacalardan atılan SO₂ veya bataklıklardan yükselen hidrojen sülfür (H₂S) gazı birincil; sülfid ve sülfat partikülleri ile sülfürik asit sisi ise ikincil kirleticilerdir. Azotlu maddeler de bacadan en çok azot monoksit (NO) veya NH₃ halinde atılırlarsa da, atmosferde azot dioksit (NO₂) veya nitrat formundaki daha kalıcı bileşikler haline dönüşürler (Müezzinoğlu 2000).

Kaynaklarına göre incelendiğinde ise, hava kirleticilerinin doğal olaylar veya insan faaliyetleri neticesinde oluştuğu görülür. Örneğin, çiçek tozu zerrelere,

mantar sporları, tuz spreyleri, orman yangını dumanları, volkanik olaylarda ortaya çıkan çok küçük tanecik boyutuna sahip partiküller, karboksihemoglobinin ayrışması sonucunda meydana gelen CO₂, kükürt ihtiva eden aminoasitlerin bakteri faaliyetleri ile ayrışması sonucu meydana gelen H₂S, NO_x ve metan (CH₄) gibi gazlar doğal olarak meydana gelen kirleticilerdir (Karpuzcu 1994). Çoğunlukla fosil kökenli yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan PM, SO₂, CO, NO_x, kurşun (Pb) ve hidrokarbonlar (C_mH_n) ise yapay (antropojenik) kaynaklardan oluşan kirleticilere örnek verilebilir.

Kimyasal yapılarına bakıldığında da, hava kirletici gazların, anorganik (NO_x, CO, SO₂ ve florür, klorür, amonyak vb.) veya organik (hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, benzen vb.) yapıda olabildikleri görülür.

Amerikan Çevre Koruma Örgütü (EPA), Temiz Hava Kanunu (CAA) kapsamında Ulusal Açık Ortam Hava Kalitesi Standartlarının (NAAQS) oluşturulması için en yaygın hava kirleticilerini belirlemiştir. EPA'nın hava kirliliğinin teşhisi için belirteç olarak tayin ettiği bu "kritik hava kirleticileri"; O₃, CO, NO_x, SO₂, Pb, aerodinamik çapı ≤ 10 µm olan partiküler maddeler (PM₁₀) ve aerodinamik çapı ≤ 2,5 µm olan partiküler maddeler (PM_{2,5})'dir. Bunlara ek olarak, EPA, "kritik hava kirleticileri" için oluşturduğu düzenlemelerinde, ozon oluşumunda önemli rol oynamaları nedeni ile, VOC emisyonlarına da yer vermektedir (http-8). Söz konusu bu kirleticiler için, Çizelge 2.2'de Türkiye'de ve ABD'nde uygulanan hava kalitesi standartları verilmiştir. Çizelge 2.3 ve 2.4'de sırasıyla bu kirleticilerden bazılarının ABD'ndeki emisyonlarının ve açık ortam derişim seviyelerinin zamana bağlı değişimini gösteren veriler sunulmuştur. Çizelge 2.5'de ise 2001 yılında ABD'nde meydana gelen emisyon miktarları verilmiştir.

Kent atmosferinde en sık karşılaşılan hava kirleticileri olması nedeniyle PM, SO₂, CO, VOC ve NO_x bu çalışma kapsamına alınmış olup, aşağıdaki bölümlerde kısaca bu kirleticilerin özelliklerinden, kaynaklarından ve etkilerinden bahsedilmiştir.

Çizelge 2.2. En sık karşılaşılan hava kirleticileri için uygulanan açık ortam hava kalitesi standartları (HKKY 1992 ve http-1)

Kirletici	Ortalama zaman	Türkiye (HKKY) ⁽¹⁾		ABD (NAAQS) ⁽³⁾
		UVS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	KVS ⁽²⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Standart
PM ₁₀	24 saat	-	-	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Yıllık	150	300	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{2,5}	24 saat	-	-	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Yıllık	-	-	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	1 saat	-	-	-
	3 saat	-	-	0,50 ppm (1300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	24 saat	-	-	0,14 ppm (365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Yıllık	150	400(900)	0,030 ppm (80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	1 saat	-	-	35 ppm(40.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	8 saat	-	-	9 ppm (10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Yıllık	10.000	30.000	-
NO	yıllık	200	600	-
NO ₂	1 saat	-	-	-
	Yıllık	100	300	0,053 ppm (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
C _m H _n	Yıllık	-	140 (280)	-
O ₃	1 saat	-	-	0,12 ppm (235 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	8 saat	-	-	0,08 ppm (157 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Yıllık	-	(240)	-

(1) Uzun Vadeli Sınır Değerleri (UVS), aşılmaması gereken, bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerlerdir. Kısa Vadeli Sınır Değerleri (KVS) ise, maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95'ini aşmaması gereken değerlerdir. UVS ve KVS değerler için öngörülen süreler genellikle 1 yıllık periyodları kapsar. (2) KVS sütunundaki parantez içindeki rakamlar referans maksimum saatlik sınır değerlerdir. (3) ABD standartları için parantez içinde verilen değerler ise yaklaşık eşdeğer derişim değerlerini göstermektedir.

Çizelge 2.3. Genel hava kirletici emisyonlarının, ABD'nde son 20 yıl içinde gösterdiği değişim eğilimleri (http-2)

Zaman aralığı	PM ₁₀	PM _{2,5}	SO ₂	CO	Antropojenik VOC'ler	NO _x
1981-2000	-	-	- 27%	- 1%	- 31%	+ 7%
1991-2000	- 10%	+ 4%	+ 21%	+ 7%	- 14%	değişmemiş
1999-2000	- 2%	+ 9%	+ 6%	+ 7%	- 5%	- 2%

Çizelge 2.4. Genel hava kirleticilerin açık ortam derişimlerinin, ABD'nde son 20 yıl içinde gösterdiği değişim eğilimleri (http-2)

Zaman aralığı	PM ₁₀	SO ₂	CO	NO _x
1981-2000	-	- 50%	- 60%	- 14%
1991-2000	- 19% *	- 37%	- 41%	- 11%
1999-2000	- 1% *	- 4%	- 10%	- 6%

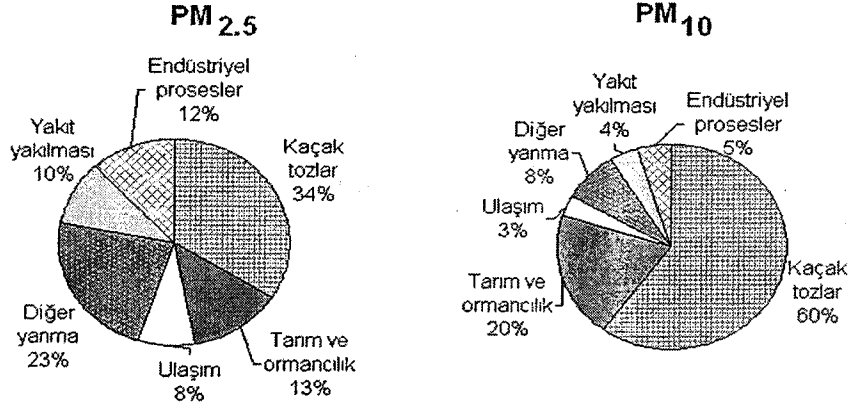
* 1 saatlik ölçümler için

Çizelge 2.5. 2001 yılında ABD’nde meydana gelen emisyonlar, 1000 ton/yıl

(EPA’dan (http-2) değiştirilerek alınmıştır)

Kirletici kaynak	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Elektrik üretimi için yakıt tüketimi	601	9817	446	57	4437
<i>Kömür</i>	540	9031	223	27	3782
<i>Fuel-oil</i>	17	476	28	5	148
<i>Gaz</i>	19	181	93	13	330
Endüstriyel yakıt tüketimi	299	2052	1071	152	2395
<i>Kömür</i>	70	1150	118	10	496
<i>Fuel-oil</i>	33	403	43	8	147
<i>Gaz</i>	106	361	345	52	875
Diğer alanlardaki yakıt tüketimi	464	498	2648	865	969
<i>Ticari/kurumsal kömür</i>	16	114	13	1	28
<i>Ticari/kurumsal fuel-oil</i>	23	220	16	4	72
<i>Ticari/kurumsal gaz</i>	32	11	80	15	7
<i>Konut ısıtılması</i>					
<i>odun</i>	310	5	2292	812	30
<i>Konut ısıtılması</i>					
<i>diğer</i>	73	144	211	27	582
Taşıtlar	198	237	67882	4422	7484
<i>Motorsikletler</i>	0	0	155	22	14
<i>Benzinli</i>	83	170	66702	4196	3927
<i>Hafif araçlar</i>					
<i>(otomobil vb.)</i>	46	93	37250	2355	2150
<i>Kamyonetler(<3,5 t)</i>	28	64	26611	1638	1363
<i>Ağır araçlar</i>	9	12	2842	203	414
<i>Dizel</i>	115	66	1025	204	3542
<i>Ağır araçlar</i>	113	0	1011	198	3530
<i>Kamyonetler(<3,5 t)</i>	1	0	6	4	6
<i>Hafif araçlar</i>	1	0	7	3	6
Trafik dışı motorlu taşıt araçları	287	399	22387	2379	3770
<i>Benzinli</i>	4	10	20108	2119	173
<i>Dizel</i>	157	185	812	176	1440
<i>Havayolu ulaşımı</i>	3	7	233	19	73
<i>Deniz ulaşımı</i>	40	145	121	29	918
<i>Demiryolu ulaşımı</i>	23	51	90	35	907
Kimya sanayi	49	298	346	277	106
Metal işleme	156	325	1230	65	87
Petrol ve türevleri	35	281	153	357	117
Diğer endüstriyel prosesler	365	370	556	434	458
Çözücü kullanımı	5	1	45	4584	4
Saklama ve taşıma	78	5	158	1043	10
Atık giderimi ve geri dönüşümü	457	32	2929	491	153
Tarım ve ormancılık	4566	0	0	7	0
Orman yangınları	601	0	6474	888	0
Kaçak (fugitive) toz emisyonları	13301	0	0	0	0
Toplam	21867	14325	109553	16296	20275

Not: Alınan kaynaktan "short ton" cinsinden verilen emisyonlar, "1000 short ton = 2,000,000 pound = 0.9072 gigagrams" açıklamasına göre ton birimine çevrilmiştir. Çizelgede sıfır olarak verilen değerler 450 ton/yıl'dan küçük emisyonları temsil etmektedir.



Şekil 2.1. 2000 yılında ABD’nde meydana gelen PM₁₀ ve PM_{2,5} emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA’nın verilerine göre) (http-3)

Çizelge 2.6. ABD’nde ülkenin doğu ve batı bölgelerinde ölçülen PM_{2,5}’un % bileşimi (1999 yılı verilerine göre) (http-3)

Bileşen, %	Doğu*	Batı**
Sülfat	56	33
Elementel karbon	5	6
Organik karbon	27	36
Nitrat	5	8
Yer kabuğu bileşenleri	7	17

* 10 farklı noktada alınan ölçüm verilerinin ortalamasıdır, ** 26 farklı noktada alınan ölçüm verilerinin ortalamasıdır.

2.1 Partikül Maddeler

Ortalama gaz molekül büyüklüğünden (0,0002-0,0003 μm) iri olan ve havada bir süre askıda kalabilen katı (toz, kül, kurşun vb.) veya sıvı (sis, duman, yağ, asitler vb.) maddeler partikül sınıfına girer (Müezzinoğlu 2000). Çapı 2,5 μm ’den küçük veya eşit olan parçacıklar (PM_{2,5}) ince partiküller ve çapı 2,5-10 μm arası olanlar ise kaba partiküller olarak bilinirler. PM₁₀ terimi ise çapı 10 μm ’den küçük veya eşit olan tüm partikülleri ifade eder (http-3).

Doğal partikül madde kaynakları; deniz aerosolleri, rüzgar tarafından oluşturulan mineral tozlar, biyojen aerosoller (sporlar, polenler, bitkisel parçalar vb.) ve yangınlar olarak sayılabilir. Yapay kaynaklar ise trafik emisyonları, elektrik santralleri, inşaat makineleri, tarım makineleri, yakma tesisleri (kömür yakma, katı atık yakma, evsel ocaklar, odun sobaları vb.), malzeme işleme, ezme ve öğütme işlemleri, endüstriyel prosesler (metal endüstrisi, çimento endüstrisi vb.), asfaltsız yollarda ulaşım, havayolları, demiryolları, tarımsal atıkların

yakılması ve NH_3 , SO_2 , NO_x ve VOC gibi gazların havadaki diğer bileşenlerle etkileşimi şeklinde sıralanabilir (Barlas 1999 ve EPA 1999).

Şekil 2.1’de doğal kaynakların PM_{10} emisyonlarında önemli paya sahip olduğu görülmektedir. Kaba partiküller daha çok rüzgarla savrulan tozlar, asfaltsız yollardaki ulaşım ve malzeme işleme, ezme ve öğütmeden kaynaklanır (EPA 1999). Kaliforniya için hazırlanmış 2001 yılı emisyon envanterine göre kentiçi asfaltsız ve asfaltlı yollardaki emisyonlar toplam PM_{10} emisyonlarının %17’si ile %27’si arasında değişmektedir (Kuhns ve ark. 2003). 1992-2001 arasında, ortalama PM_{10} derişimleri dünya çapında %14 oranında azalmıştır (http-3). ABD’nde de 1991-2000 yılları arasında PM_{10} emisyonlarında ve açık ortam derişimlerinde sırasıyla %10 ve %15’lik bir azalma meydana gelmiştir (Çizelge 2.3 ve 2.4).

Şekil 2.1’den, ince parçacıklar ($\text{PM}_{2,5}$) için kaçak toz emisyonları ile yanmadan kaynaklanan emisyonların önemli kaynaklar olduğu anlaşılmaktadır. SO_2 ve NO_x emisyonlarının atmosferde amonyak ile tepkimesi sonucu oluşan ikincil amonyum sülfat ve amonyum nitrat parçacıkları (http-3) ile organik karbon (Çizelge 2.6) da $\text{PM}_{2,5}$ için önemli bileşenlerdir. ABD’nde de 1991-2000 yılları arasında PM_{10} emisyonlarında gözlenen %10’luk azalmaya karşın, $\text{PM}_{2,5}$ emisyonlarında %4’lük bir artış meydana gelmiştir (Çizelge 2.3). Bu artış oranı 1999-2000 yılı arasında %9’a yükselmiştir. Son yıllarda $\text{PM}_{2,5}$ emisyonlarında gözlenen bu artış, Çizelge 2.6’dan sülfatın $\text{PM}_{2,5}$ için en önemli bileşen olduğu bilgisinden yola çıkılarak, 1991-2000 yılları arasında SO_2 emisyonlarında görülen %21’lik artış ile ilişkilendirilebilir.

PM derişimlerinin aylık değişimine bakıldığında, ABD’ndeki kentlerde derişimlerin kış aylarında arttığı görülmüştür. Buradan partikül maddelerin fiziksel ve kimyasal bileşiminin, bölgeye, mevsime ve meteorolojik duruma göre değiştiği anlaşılır (http-3).

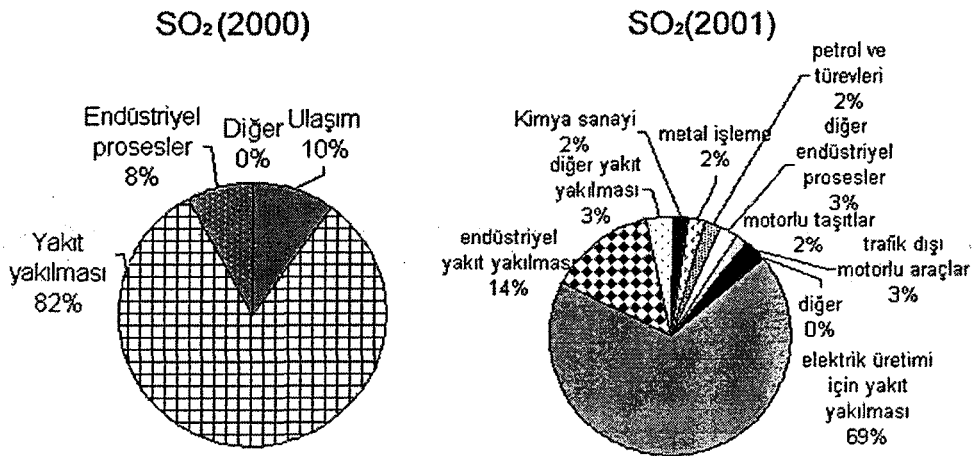
Havanın tozlu olmasının, görüş mesafesini kısaltan ve güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştiren olumsuz etkileri mevcuttur (Müezzinoğlu 2000). 3 μm ’den daha küçük çaplı partiküllerin akciğerlerin alveollerinde birikmesi ise özellikle önemlidir; ayrıca akciğere kadar gitmiş olan zerreciklerden çözünebilir karakterde olanlarının kana

kariştiğı da unutulmamalıdır (Karpuzcu 1994 ve Muezzinoğlu 2000). apı 10 μm 'nin üzerindeki partikül maddeler toplam emisyonlar içinde önemli bir yer tutmalarına rağmen, hızlı bir şekilde çökelerek havadan uzaklaştıkları ve burundan kolayca geçemedikleri için insan sağlığına doğrudan etkileri önemsizdir (Barlas 1999 ve Muezzinoğlu 2000).

2.2 Kükürt Dioksit

Kükürt dioksit, daha çok kükürt içeriği yüksek kömür ve fuel-oil gibi yakıtların yanması (özelikle kömür yakan elektrik santrallerinden) ile metal ergitme, kimya sanayi ve petrol ve türevlerini işleme proseslerinden kaynaklanır (izelge 2.5 ve şekil 2.2). En yüksek SO_2 derişimlerine endüstriyel tesislerin yakınlarında rastlanır (http-4).

Renksiz bir gaz olan kükürt dioksit (SO_2) suda ve dolayısıyla kanda büyük oranda çözünebilme özelliğine sahiptir. Bunun en büyük etkisi üst solunum yollarının cidarlarını zedeleyerek, sonuçta hava akışına olan mukavemetini azaltmasıdır. SO_2 'nin etkisi kronik olmaktan çok akut olarak meydana gelir (Karpuzcu 1994). Bu gaz, havada 0,3-1 ppm seviyelerinde bulunduğunda ağızda karakteristik bir tat bırakmakta, 3 ppm'in üstündeki seviyelerde ise boğucu bir hisse yol açmaktadır (Muezzinoğlu 2000).



şekil 2.2. 2000 ve 2001 yıllarında ABD'nde meydana gelen SO_2 emisyonlarının kaynak bazında dağılımını (EPA'nın verilerine göre) (http-4 ve http-2)

Kent atmosferinde SO₂'nin tipik seviyelerinde, bağıl nemin de %50'den fazla olduğu günlerde önemli görüş kayıpları ortaya çıkmaktadır. Örneğin, 265 µg/m³ SO₂ ve %50 bağıl nem içeren bir atmosferde görüş mesafesi 8 km'nin altına düşer ki, bu da büyük uçakların kalkış ve inişlerine engel olabilecek bir koşuldur.

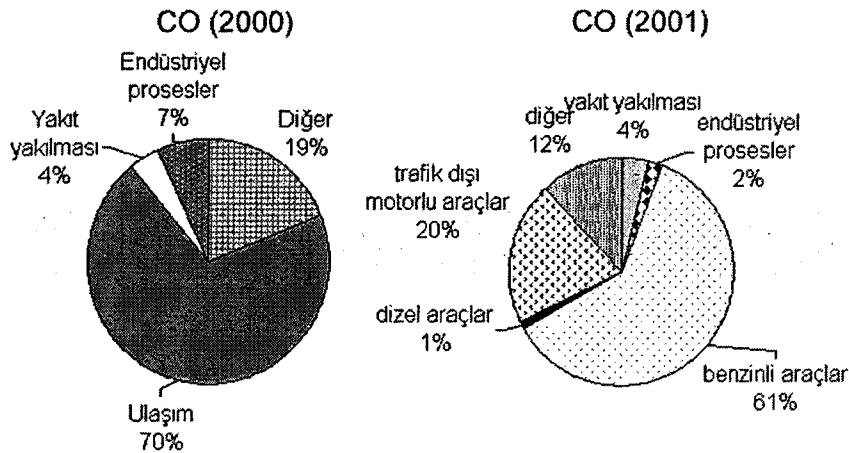
Bitkiler üzerinde en tehlikeli etki, civardaki fabrikalardan atmosfere verilen kükürt dioksit tarafından meydana getirilir. Özellikle bakır işletmelerinde;



denkleminde göre meydana gelen SO₂ bitki örtüsü ve ormanlara büyük zarar verir.

SO₂, havada gaz fazda veya katı partiküller ile su damlacıkları üzerinde karmaşık reaksiyonlarla oksitlenir ve kükürt trioksit (SO₃)'e dönüşür. SO₃, sülfürik asidin anhidriti olup, yağmur veya sis damlalarıyla birleşerek havada bu asidin damlacıklarının oluşmasına yol açar. Yapılan çalışmalar, ortalama olarak asit yağışlarının %70'inin SO₂ etkisiyle oluştuğunu göstermiştir.

Ayrıca, SO₂, görüş mesafesini olumsuz etkileyen ve önemli sağlık problemlerine yol açan PM_{2,5} parçacıklarının meydana gelmesinde önemli rol oynamaktadır (http-4).



Şekil 2.3. 2000 ve 2001 yıllarında ABD'nde meydana gelen CO emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA'nın verilerine göre) (http-5 ve http-2)

2.3 Karbon Monoksit

Karbon monoksit (CO), hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de renksiz ve kokusuz olması dolayısı ile varlığı kolay fark edilemeyen bir gazdır. Bu kirletici, karbonlu maddelerin eksik yanması sonucu meydana gelir (Müezzinoğlu 2000).

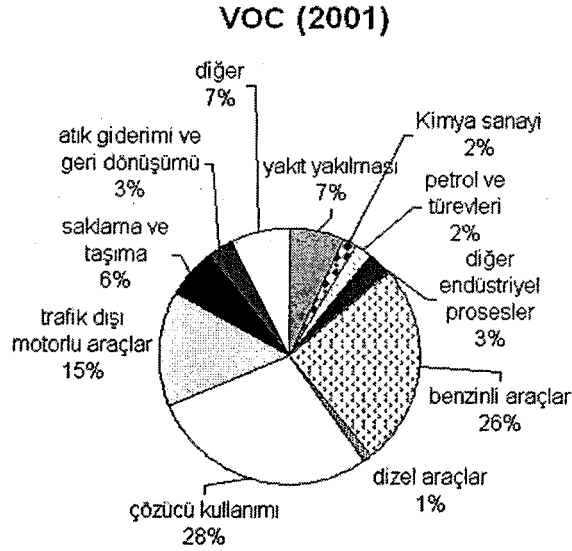
ABD'ndeki CO emisyonlarının ortalama %70'i ulaşımdan (Şekil 2.3), özellikle otobanlardaki motorlu taşıtlardan (%60) kaynaklanmaktadır. Şehirlerde toplam CO emisyonlarının %95'e varan bir bölümü otomobil eksozlarından kaynaklanabilir. Şekil 2.3'den motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan emisyonların büyük bölümünün benzinli araçlardan yayıldığı görülmektedir. Diğer önemli CO kaynakları, endüstriyel prosesler, konut ısıtılması amaçlı ve endüstriyel yakıt yakılması ve yangınlardır. En yüksek CO derişimlerine genellikle otomobil emisyonlarının daha fazla olduğu ve gece inversiyon koşullarının daha sık görüldüğü kış aylarında rastlanır (http-5).

Sanayi kuruluşlarında sağlıklı bir işçinin çalışma ortamında bulunabilecek maksimum CO derişimi 50 ppm'dir. 1000 ppm'lik derişime 4 saat maruz kalan bir kimse ölebilir. Çok şeritli ve ağır trafik yükü bulunan bir otoyolda seyreden bir otomobilin içindeki CO derişimi ise 25-50 ppm civarındadır (Karpuzcu 1994).

Kanın alyuvarlarındaki hemoglobin, karbon monoksitle tercihli olarak karboksihemoglobin kompleksini oluşturur ve bu durum dokulara oksijen iletimini engeller. Dolaşım, kalp ve kan hastalığı bulunan kişilerin kent caddelerinde aldıkları 10-50 ppm civarındaki CO seviyelerinin bile zararlı olabildiği iddia edilmektedir (Müezzinoğlu 2000).

2.4. Uçucu Organik Bileşikler

Karbon ve hidrojen içeren bileşikler (hidrokarbonlar) ve bunların türevleri olarak tanımlanabilen organik bileşiklerden uçucu olanları (VOC), diğer organik bileşiklere kıyasla, daha düşük kaynama noktaları ve daha yüksek buhar basınçlarına sahip olan katı, sıvı veya standart koşullarda gaz/buhar fazındaki maddeleri temsil eder (Atasoy 2001).



Şekil 2.4. 2001 yılında ABD’nde meydana gelen VOC emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA’nın verilerine göre) (<http-2>)

Uçucu organik bileşiklerin sayısı oldukça fazladır. 1990 yılında ABD’de uygulamaya konan Temiz Hava Kanunu (Clean Air Act Amendmend) Başlık III’de toplam 97 uçucu organik bileşikten bahsedilir. Bu kirleticiler uçuculuk özellikleri, reaktiviteleri, çözünürlük ve toksisiteleri açısından farklı özelliklere sahiptir.

Kütle emisyonları olarak atmosfere en fazla salınan VOC’ler arasında toluen, formaldehit, metilen klorür, metil kloroform, etilen, m-ksilen ve benzen sayılabilir (Atasoy 2001).

VOC emisyonları, büyük oranda insan faaliyetlerine bağlı olarak meydana gelir (Şekil 2.4). Karayolu ulaşımı ve çözücü kullanımı önemli VOC emisyon kaynaklarıdır (<http-6>). Şekil 2.4’de motorlu karayolu taşıtlarından kaynaklanan VOC emisyonlarının, CO emisyonlarında da olduğu gibi, büyük bölümünün benzinli araçlardan yayıldığı görülmektedir.

Bazı uçucu organik bileşikler güneş ışığı varlığında troposfer seviyesinde çok reaktiftir. Stratosferik ozonla reaksiyona giren ve atmosferde gruplara ayrılma eğiliminde olan klorlu ve florlu hidrokarbonlar (CFC’ler) gibi bazı bileşikler ise troposferde oldukça dengelidirler ve atmosferde uzun süre değişmeden kalırlar. Örneğin metan, troposferde 9-15 yıl kalabilen bir moleküldür. Pestisitler de

doğada (insan müdahalesi olmadan) uzun süre kararlı kalabilen organik kirleticilerdir.

Ekosferde VOC'lerin bulunmasının en önemli etkisi, troposferik ozon oluşumunda rol alması ve fotokimyasal reaksiyonlara sebep olmasıdır. Atmosferdeki birincil VOC'ler, güneş ışığı etkisi altında NO_x 'lerle tepkimeye girerek 100'den fazla ikincil hava kirleticisi içeren bir karışım (fotokimyasal duman-sis) oluştururlar. Bu fotokimyasal tepkimelerin ürünleri bazen bu organik maddelerin kendilerinden daha etkili ve zararlı olabilmektedir.

CFC'ler ve CH_4 gibi uçucu hidrokarbonlar, kızılötesi ışığı absorplama özelliğine sahip olduklarından sera gazı etkisi gösterirler ve bunların sera etkisine katkıda bulunma potansiyeli CO_2 'den çok daha kuvvetlidir. Endüstriyel devrimden önce atmosferde metan derişimi 700 ppbv olarak hesaplanmışken, 1992'de derişim 1714 ppbv'ye yükselmiştir (Atasoy 2001).

Bir çok VOC derişimi kapalı ortamda, açık ortamdaki kadar fazladır ve bu kirleticilerin bina ve işyeri gibi kapalı alanlarda doğrudan etkisi çok daha önemli olabilir. Toksik olarak nitelendirilen bazı uçucu organik bileşikler kanserojenik olan veya olmayan etkilere sahiptirler (Atasoy 2001).

2.5. Azot Oksitler

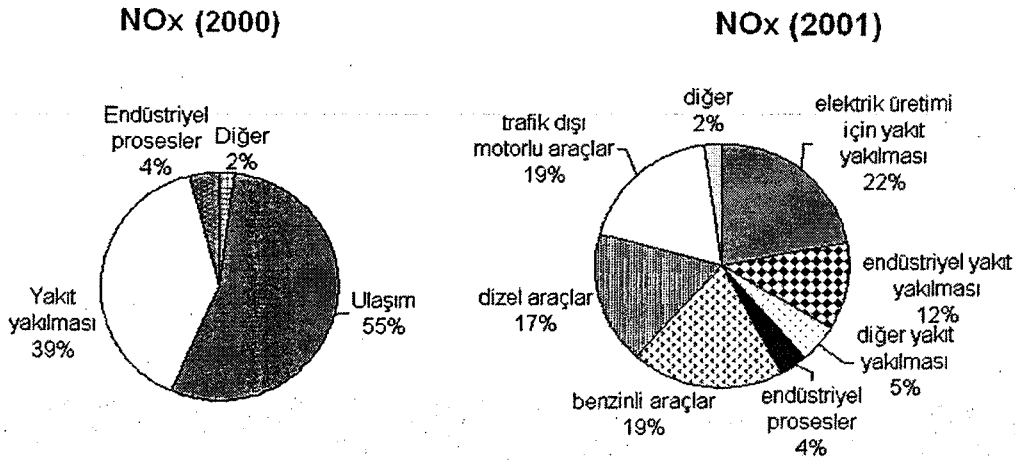
Azot atomları oksijen atomları ile birleşerek sekiz farklı azot oksit oluşturabilir. Bunlardan sadece diazot monoksit (N_2O), azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO_2) derişimleri atmosferde fark edilebilir büyüklükte bulunabilir. Bu gazlardan asıl zehirli olanı NO_2 'dir ve NO daha çok NO_2 'nin oluşumunda rol oynadığı için önem taşır (Müezzinoğlu 2000). Normal olarak her yakma tesisinin işletilmesi sırasında sürekli olarak NO_2 'ye dönüşen NO meydana gelir (Karpuzcu 1994). Her iki gaz da doğal azot çevriminin birer parçasıdır. Atmosferdeki yarılanma ömürleri düşük olup, normalde dünya atmosferinde 1 ppb'den daha az derişimlerde olmaları beklenir (Müezzinoğlu 2000).

Fosil yakıtların yakılması esnasında azot oksitleri iki şekilde oluşmaktadır; biri yüksek sıcaklıkta yanma havası içindeki moleküler azotun oksidasyonu ki buna "Termal NO_x " oluşumu adı verilmektedir, diğeri de yakıt bünyesindeki azotlu bileşiklerin oksidasyonudur ve buna da "Yakıt NO_x 'i" adı verilmektedir. Termal NO_x oluşumunda yüksek sıcaklık NO oluşumunu teşvik etmektedir. Yakıt

azotundan kaynaklanan NO_x oluşumu ise yakıt/hava oranından önemli ölçüde etkilenmektedir (Tünay 1996).

NO_x 'in önemli kaynakları termik santraller ve yüksek sıcaklıkta meydana gelen yakma prosesleridir (http-7). Ev ısıtıcıları ve gaz sobaları da önemli kaynaklardır. Doğal NO_x kaynakları şimşek, topraktaki biyolojik ve biyolojik olmayan proseslerdir. ABD'ndeki NO_x emisyonlarının oluşumunda ulaşım en önemli kaynak olarak görülmektedir (Şekil 2.5) Yanma kaynaklı NO_x emisyonlarının büyük bir kısmı (yaklaşık %95'i) NO , geri kalanı da NO_2 olarak atmosfere verilir. Atmosferde NO hızla NO_2 'ye dönüştüğünden azot oksit emisyonları NO_2 cinsinden hesaplanır (http-7).

Azot oksitler asit yağışlarına katkılarından başka $\text{PM}_{2,5}$ ve fotokimyasal sisin oluşumunda da başlıca etkenlerden sayılırlar. Ayrıca, NO_2 emisyonlarına kısa vadeli (3 saatten az) maruz kalınmasının, 5-12 yaş arası çocuklarda solunum yolu hastalıklarına neden olabildiği belirlenmiştir (http-7). Azot oksitler, akciğerdeki nemle birleşerek düşük derişimde nitrik asit oluşturabilirler.



Şekil 2.5. 2000 ve 2001 yıllarında ABD'nde meydana gelen NO_x emisyonlarının kaynak bazında dağılımı (EPA'nın verilerine göre) (http-7 ve http-2)

3. EMİSYON ENVANTERLERİ

Hava kalitesi ya doğrudan ölçüm yoluyla ya da bazı hesap teknikleri kullanılarak belirlenebilir. Hava kalitesinin ölçümler yoluyla belirlenmesi uzun vadeli ve maliyeti yüksek bir yöntemdir. Hesaplama teknikleri ise hızlı ve daha ucuz yöntemler olmaları yanında, özellikle belirli bir kaynağın hava kalitesine etkisinin belirlenmesinde de kolaylık sağlamalarından dolayı daha çok tercih edilirler (Demirci 1998).

3.1. Emisyon Envanterlerinin Kullanım Amaçları ve Çeşitleri

Bir bölgedeki mevcut kaynaklardan atmosfere salınan kirleticiler ile ilgili bilgilerin, belirli bir zaman aralığı için, kapsamlı ve sistematik bir şekilde toplanması "emisyon envanteri" olarak adlandırılır (http-8 ve Tünay 1996).

Envanter hazırlama yoluyla hava kalitesinin belirlenmesi, yeterli ve güvenilir verinin toplanmasının mümkün olduğu durumlarda, kirlilik kaynaklarının ayrı ayrı değerlendirilmesine olanak sağlaması ve ucuz bir yöntem olması açısından sık başvurulan bir yöntemdir.

Emisyon envanterleri çoğunlukla yasal zorunluluklar nedeniyle hazırlanmakla birlikte, mevcut problemlerin hava kalitesi standartları eşliğinde değerlendirilmesi sonucu ilgili politikaların oluşturulması ve gerekli değişiklikler için önceliklerin belirlenmesi başta olmak üzere çok çeşitli amaçlarla (Çizelge 3.1) kullanılırlar (http-8).

Çizelge 3.1. Emisyon envanterlerinin kullanım amaçları ve sağladığı faydalar (http-8 ve Tünay 1996).

-
- Hava kirletici kaynakların ve genel emisyon seviyelerinin belirlenmesi
 - Hava kirletici yüklerin coğrafik ve mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi
 - Bölgesel planlama ve zonlamanın yapılabilmesi
 - Hava kalitesi problemlerinin önceliklerinin belirlenmesi
 - Gelecekteki hava kalitesi eğilimlerinin tahmin edilmesi
 - Emisyonların azaltılmasına yönelik uygulanacak stratejilerin geliştirilmesi
 - Kanuni düzenlemeler ile uygunluk için sınır çizgilerin belirlenmesi
 - İnsan sağlığı risk yönetimi çalışmaları için veri sağlanması
 - Tasarlanan yeni kaynakların çevresel etki değerlendirmesinin gerçekleştirilmesi, yapı ve işletme izinleri için temel teşkil etmesi
 - Hava kalitesi izleme istasyonlarının ve erken uyarı şebekesinin konumlandırılması
 - Hava kirliliği dağılım modelleri için altyapı oluşturulması
 - Hava kirliliğinde fayda-maliyet ilişkisinin belirlenmesi
 - Toplumun eğitimi ve bilgilendirilmesine yönelik programların oluşturulması
-

Güvenilir bir emisyon envanteri, hava kalitesinin korunması için gerekli politikaların hazırlanmasında temel teşkil eder. Kontrol stratejilerinin oluşturulması için kullanılan verilerin hatalı olması durumunda, kontrol stratejilerine dayanan kamu politikaları da hatalı olacaktır ve bunun maliyetini de etkilenen halk, kontrol kapsamındaki sanayi kuruluşları ve çevre ödeyecektir (http-8).

Hazırlanış amacına göre farklı duyarlılıkta envanter çalışmalarına ihtiyaç duyulmakta ve bu çalışmalar kullanım amacına göre,

- hızlı ve basit envanterler,
- detaylı envanterler ve
- spesifik envanterler

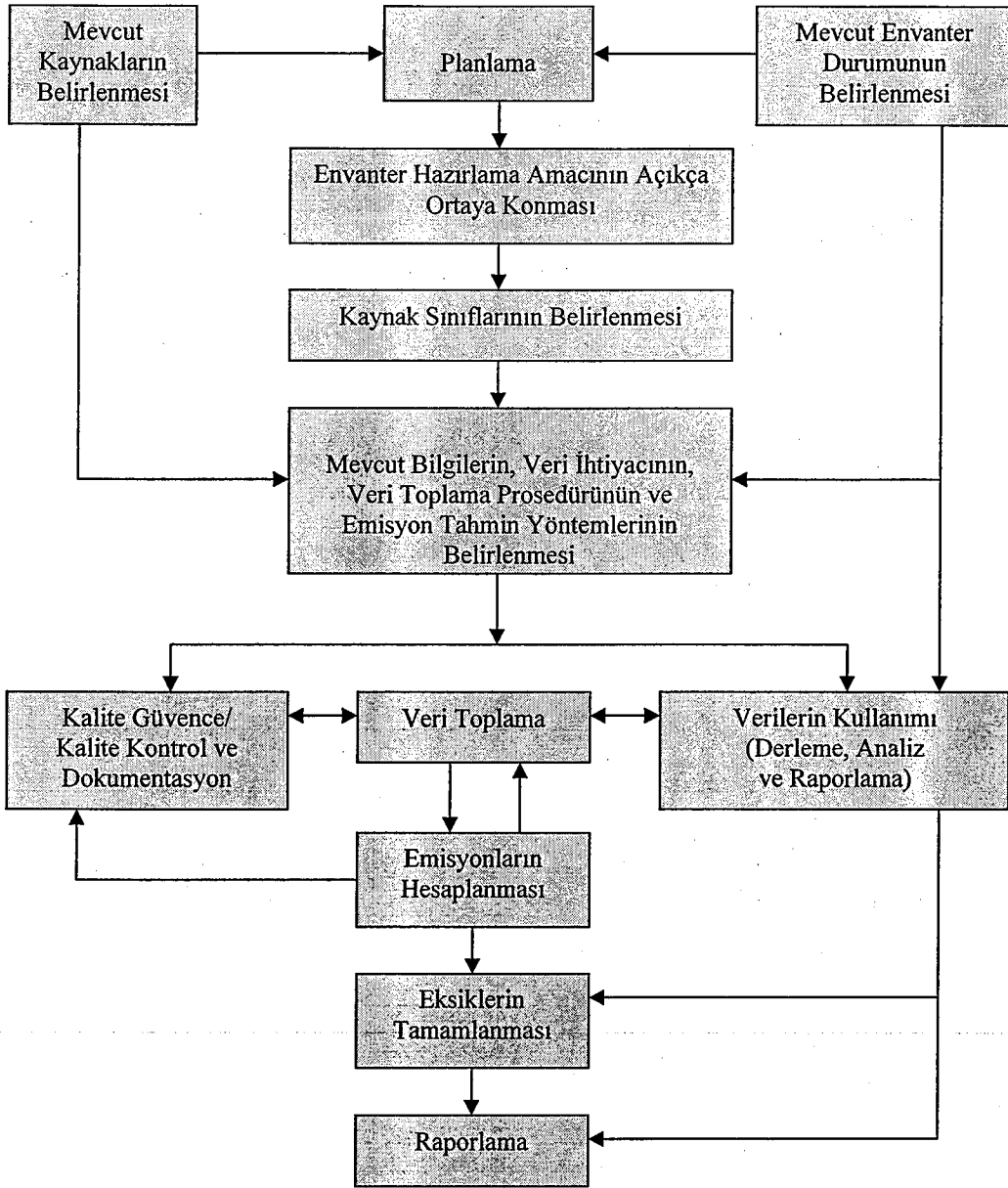
olarak üç şekilde yürütülmektedir. Bunlardan hızlı ve basit envanterler bu çalışmaya ayrılacak süre ve kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda sadece belli kaynak ve kirleticiler için yapılmaktadır. Bu tür envanter çalışmaları genellikle SO₂, NO_x, C_mH_n ve PM gibi geleneksel kirleticiler için yapılır. Detaylı envanterler daha ayrıntılı bilgi ihtiyacını karşılar, ancak, daha fazla süre ve kaynak gerektirir. Genel olarak hava kalitesinin yönetiminde gerekli olabilecek ayrıntıda bilgiler toplanır. Spesifik envanterler ise belli alanlarda belli bir tür kaynak ve belirli kirleticiler için yürütülür (Tünay 1996).

3.2. Emisyon Envanteri Hazırlama Aşamaları

Bir envanterin genel olarak:

- kirletici kaynakların saptanması,
- kirletici çeşitlerinin saptanması,
- kirletici kaynakların belirli gruplara ayrılması ve
- kirletici yayımının zaman içinde gösterdiği değişikliklerin saptanması

olmak üzere dört temel koşulu gerçekleştirilmesi beklenir (Çağatay ve Ayaz 2000). Şekil 3.1'de, bu koşulları sağlayan bir emisyon envanterinin oluşturulmasındaki aşamalar gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Emisyon envanteri hazırlama faaliyetlerinin aşamaları (http-8)

3.2.1. Amaçların belirlenmesi ve planlama

Bilgi toplanma aşamasına geçmeden önce, ilk olarak, çalışmanın amaçları ayrıntılı biçimde belirlenmelidir. Envanter prosedürlerinin dikkatli ve eksiksiz bir biçimde planlanması, süreci kolaylaştıracak ve sonradan pahalı revizyonlara gereksinim duyulmasını engelleyecektir (http-8).

3.2.2. Kaynak sınıflarının belirlenmesi

Hava kirletici kaynakların tanımı ve çeşitli amaçlarla kullanımları için yapılmış farklı kaynak sınıflandırmaları mevcuttur (Çizelge 3.2). Bunlardan kaynak türlerine göre yapılan sınıflandırma, emisyon envanterlerinin hazırlanması ve kaynak kontrollerinin belirlenmesinde yaygın şekilde kullanılmaktadır (Tünay 1996).

Çizelge 3.2. Hava kirletici kaynakların sınıflandırılması

Sınıflandırma türü	Kaynak adı
Kaynaklarına göre	* Doğal kaynak * İnsan faaliyetlerine dayalı (antropojenik) kaynak
Kaynak hareketine göre	* Hareketli (mobil) kaynak * Sabit (durağan) kaynak
Kaynak yapısına göre	* Noktasal kaynak * Çizgisel kaynak * Alan kaynak
Kaynak türlerine göre	* Sabit kaynaklarda yakıt kullanımı * Ulaşım * Endüstriyel üretim süreçleri * Diğer faaliyetler (katı atık yakılması, orman yangınları, inşaat vb.)

3.2.2.1. Noktasal kaynaklar

Noktasal kaynaklar atmosfere belirli bir emisyon sınırının üzerinde kirletici veren sabit emisyon kaynakları olarak tanımlanırlar. Bahsedilen emisyon sınırları kritik kirleticiler için Çizelge 3.3'de verilmektedir. Bu sınır değerlere eşit veya daha fazla miktarda emisyona neden olan kaynakların noktasal kaynak olarak ele alınarak incelenmesi gerekir (http-8).

Çizelge 3. 3. Kritik kirleticiler için noktasal kaynak emisyon sınırları (http-8)

Kirletici	Noktasal kaynaklar için emisyon sınırı (ton/yıl)
Karbon monoksit	1000
Azot oksitleri	100
Kükürt oksitleri	100
PM $\leq 10 \mu\text{m}$	100
PM $\leq 2,5 \mu\text{m}$	100
Kurşun ve kurşun bileşenleri	5
Uçucu organik bileşikler (VOC)*	100

* VOC'lar kritik kirletici sayılmazlar, fakat kritik kirletici olan Ozon oluşumunda rol oynayan birincil kirletici bileşendirler.

3.2.2.2. Alan kaynaklar

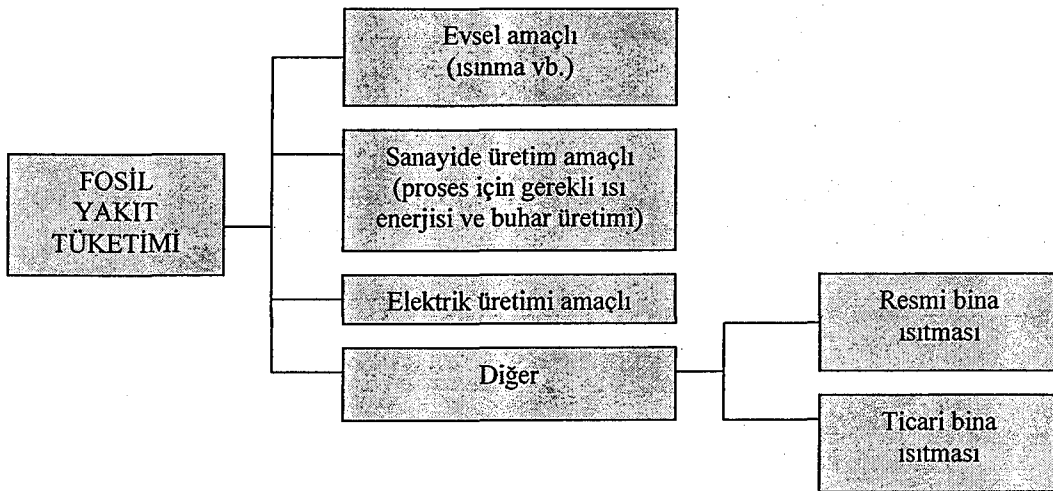
Alan kaynaklar, noktasak kaynakların tersine, tek başlarına az miktarlarda emisyonla neden olan, ancak toplandığında önemli oranlarda kirliliğe yol açan çok sayıda tesis veya etkinlikten oluşur. Örneğin, envanter alanındaki bir kuru temizleyicinin kendisi bir noktasal kaynak oluşturamaz, ancak envanter alanındaki tüm kuru temizleme etkinliklerinden kaynaklanan emisyonlar dikkate değer miktarda olabilir ve bunların envanter kapsamına alınması gerekir (http-8).

3.2.2.3. Çizgisel kaynaklar

Trafik kökenli emisyonlar genellikle çizgisel kaynak olarak kabul edilirler. Ayrıca, bir karayolu veya nehir üzerinde yerleşmiş, birbirine benzer emisyon yayan endüstriyel kaynaklar da çizgisel kaynaklar olarak nitelendirilebilirler (Tünay 1996).

3.2.2.4. Sabit kaynaklarda yakıt kullanımı

Yakıt yakılması, odun, kömür, doğalgaz, benzin, LPG ve fuel-oil gibi yakıtlarının her türlü yakma düzeneğinde yakılmasını kapsar ve hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden biridir. İçten yanmalı motorlar ulaşım kaynaklı kirlenme çerçevesinde ele alındığından yakıt yakılmasının kapsamı dışındadır (Tünay 1996). Başlıca yakıt kullanım kategorileri Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Yakıt kullanım kategorileri (Müezzinoğlu (2000)'ndan değiştirilerek alınmıştır)

Yanma sonucu ortaya çıkan kirletici emisyonunu kontrol eden, yakıtın bileşimi, yapısı ve yanma özellikleri ile yakma sisteminin boyutu, kapasitesi ve yakma tekniğidir. Ayrıca, bölgenin topoğrafik yapısı ve meteorolojik özellikleri de kirliliğin meydana gelişini ve kalma süresini etkilemektedir.

3.2.2.5. Ulaşım

Hareketli kaynaklar olan otomobil, otobüs, kamyonet, lokomotif, uçak ve gemilerde enerji elde etme amacıyla yakılan yakıtlardan kaynaklanan kirleticiler ulaşım kaynaklı kirlenmeyi oluşturur. Bunlardan lokomotif, uçak ve gemiler daha çok yerel olaylara yol açtığı halde, motorlu kara taşıt araçlarından kaynaklanan emisyonlar hemen hemen çalışma alanının bütününe dağılabildiklerinden büyük önem taşırlar (Tünay 1996).

İçten yanmalı motorlarda ekzoz kirleticilerinin tipi ve miktarı; yakıtın özellikleri (cinsi, oktan sayısı, uçucu madde oranı, katkı maddeleri vb.), motorun özellikleri (yapısı, hızı, yaşı, bakım durumu, sıcak/soğuk çalışma yüzdesi, ağırlığı vb.) hava-yakıt oranı, ateşleme zamanlaması, yanma odası geometrisi, araç hızı, yol cinsi (otoyol, şehiriçi yol vb.), lastik tipi ve hava basıncı, sürücü davranışları ve trafik düzeni gibi bir çok özelliğe bağlıdır (Tünay 1996).

3.2.2.6. Endüstriyel prosesler

Sanayi kuruluşları, yanma kaynaklı emisyonların yanında, üretim süreçlerinin kendisinden kaynaklanan emisyonlara da neden olurlar. Proses özellikleri (hammadde türleri, üretim şekilleri vb.), teknolojik uygulamalar ve kapasite farkları gibi çeşitli nedenlerle her tesisin yarattığı kirletici özellikler (kirletici türü, emisyon hızı vb) bir diğerinden farklı olabilir.

Spesifik kirleticilerin en önemli kaynağı üretim prosesleridir. Geleneksel kirleticiler açısından incelendiğinde ise, 2001 yılında ABD'nde meydana gelen PM, SO₂, CO, VOC ve NO_x emisyonlarının sırasıyla %3, %9, %2, %7 ve %4'ünün endüstriyel proseslerden kaynaklandığı görülmektedir (Bkz. Çizelge 2.5).

Proses ve kirletici çeşitliliğinin fazla olması nedeni ile, kirlenmenin tanımı, değerlendirilmesi ve kontrolünde en çok zorlukla karşılaşılan grup endüstriyel proseslerdir. Bu güçlüklerin azaltılması için endüstriyel hava kirletici

kaynakların incelenmesi sistematik bir biçimde yapılmalıdır. Endüstriler, hava kirletici özellikleri esas alınarak;

- Taş ve toprağa dayalı sanayiler,
- Güç santralleri ve atık yakma tesisleri,
- Petrol ve petrol ürünleri sanayi,
- Demir ve çelik sanayi,
- Kimya ve petrokimya sanayi,
- Orman ürünleri sanayi,
- Gıda ve hayvansal ürünler sanayi,
- Diğer sanayiler ve
- Kombine ve endüstriyel atık arıtma tesisleri.

şeklinde sınıflandırılabilir. Her kategori ayrıntılı değerlendirme için alt kategorilere ayrılır ve alt kategorilerde kirletici emisyonları, birim üretim başına oluşan kirletici miktarını veren emisyon faktörleri ile ifade edilir (Tünay 1996).

3.2.2.7. Diğer faaliyetler

Bu grupta yer alan kaynaklar çöp yakılması, yangınlar, atıksu arıtma tesisleri, inşaat ve kazı faaliyetleri, kirli su kütleleri ve yanardağlardır (Tünay 1996). Bu kaynaklar zaman zaman yöresel düzeyde önemli sorunlara yol açarlar. Metan ve metan dışı organik maddelerin bir kısmı, katı atıkların bertaraf edildiği çöp depolama alanlarından kaynaklanmaktadır. Çöp depolama alanından kaynaklanan landfill gazı (LFG) içinde toksik bazı VOC bileşenleri (toluen, vinil klorür, benzen, tetrakloreten, ksilen, etil merkaptan vb.) belirlenmiştir (Atasoy 2001).

3.2.3. Emisyon tahmin yöntemlerinin belirlenmesi

En yaygın emisyon tahmin yöntemleri, literatürdeki emisyon faktörlerinin kullanılması, kütle denkliklerinden faydalanma, yakıt analizleri, tepkime stokiyometrisinden faydalanma ve emisyon tahmin modellerinin kullanılması olarak sıralanabilir (http-8).

Araştırma alanında tüketilen yakıt miktarları, çeşitli kaynaklardan yayılan kirleticiler için verilen emisyon faktörleriyle çarpılarak bunlardan atmosfere verilen hava kirletici miktarını bulmak mümkündür.

Emisyon faktörleri;

- birim yakıt miktarı başına (g/kg yakıt, g/m³ yakıt vb.),
- birim yakıt enerjisi başına (g/GJ),
- birim üretim başına (g/kg ürün),
- birim hammadde miktarı başına (g/kg hammadde) veya
- katedilen birim yol uzunluğu başına (g/km),

oluşan kirletici kütesini ifade eden katsayılarıdır. Bu sayılar, yerinde ölçümler veya laboratuvar deneyleri sonucunda elde edilebilirler (Durmaz ve ark. 1994b).

Emisyonların tahmin edilmesinde, “tavandan tabana yaklaşım” (top-down approach) ve “aşağıdan yukarı yaklaşım” (bottom-up approach) olmak üzere iki ana yaklaşım kullanılır (Borrego ve ark. 2000, Hao ve ark. 2000, Tsilingridis ve ark. 2002, Dommen ve ark. 2003). Tavandan tabana yaklaşımda, ulusal veya bölgesel ölçekli emisyon tahminleri yerel ölçeğe dönüştürülmeye çalışılır. Örneğin, yeterli verinin bulunmadığı durumlarda, daha küçük ölçekli fakat bütünlü benzer özelliklere sahip bir yöredeki emisyonları tahmin edebilmek için, ulusal bazdaki yakıt tüketimi değerleri nüfusa göre oran yoluyla alt bölgelere dağıtılabılır (http-8).

Aşağıdan yukarı yaklaşımda ise emisyon kaynağının bir alt bölümü için veri toplanarak bu kısım için emisyon tahminleri gerçekleştirilir; daha sonra bu tahminler envanter alanındaki kaynak sınıfının tamamına dönüştürülür. Bir yerleşim alanında trafikten kaynaklanan hava kirliliğinin hesaplanmasında, cadde bazında hesap yapıp, sonuçta her cadde için hesaplanan emisyon değerlerinin toplanarak o bölge için toplam emisyon hızlarının bulunması da bu yaklaşıma örnek olarak gösterilebilir (Borrego ve ark. 2000, Hao ve ark. 2000). Aşağıdan yukarıya yaklaşımı, verilerin ayrı ayrı toplanmasına dayanması nedeni ile, tavandan tabana yaklaşımdan daha güvenilir bir yaklaşımdır (http-8).

Noktasal kaynaklar için gerçekleştirilen emisyon tahminlerinde, her bir kaynak için verilerin ayrı ayrı toplanması gerekir, alan kaynaklar için ise aşağıdan yukarıya yaklaşım veya yukarıdan aşağıya yaklaşım kullanılarak veriler elde edilebilir (http-8).

3.2.4. Emisyon envanteri için gerekli bilgilerin toplanması

Emisyon envanteri çalışmalarında en önemli safha, kaynaklar ve özellikle bu kaynaklarda kullanılan yakıt tür ve miktarları hakkında bilgi toplanması safhasıdır. Bilgilerin belirli bir sistematik içinde toplanması ve değerlendirilmesi gerekir (Tünay 1996).

Alan kaynaklar için hazırlanan emisyon envanterlerinde veriler, genellikle noktasal kaynaklardaki ile aynı yöntemlerle derlenmezler. Çok sayıda küçük kaynaktan oluştuğu için, alan kaynaklar için verilerin toplanması ve emisyonların hesaplanması için, özellikle her kaynak çok az miktarda emisyonu neden oluyorsa, daha fazla emek gerekecektir. Tek yöntem kullanılarak kollektif şekilde emisyonların tahmin edilebilmesi için küçük kaynaklar gruplanmalıdır. Konut ısıtılması amaçlı odun yakılması, mimari yüzey kaplama, pestisit kullanımı ve çözücü kullanımı gibi faaliyetler alan kaynak sınıflarına örnek verilebilir (http-8).

Bir emisyon envanteri için bilgi kaynakları:

- şehir ve ülke planlama büroları (belediyeler),
- şehir ve ülkedeki ticaret odaları,
- nüfus sayım büroları,
- kömür depolama ve satış noktaları,
- şehrin "kömür satıcıları birliği" gibi yerel kuruluşlar,
- serbest olarak yakıt satan istasyonlar,
- yerel kamu hizmeti veren şirketler,
- yerel inşaat birimleri,
- örnek alma ve denetleme yoluyla bilgi toplayan hava kirliliği kontrol ajansları ve
- trafik şube müdürlüğü

olarak sayılabilir (Boubel ve ark. 1994). Emisyon çalışmalarında toplanması gereken bilgiler ve kullanım şekilleri şöyle özetlenebilir;

Kaynak türlerine göre yapılan sınıflandırma esas alınarak kaynak bazında emisyon envanteri için gerekli bilgilerin toplanması esasları aşağıda kısaca açıklanmıştır.

3.2.4.1. Sabit kaynaklarda yakıt kullanımı

Gerekli istatistiksel bilgilerin envanter için uygun bir biçimde temin edilip kullanılır hale gelmesi için, sabit kaynaklardan büyük olanları (termik santraller gibi) noktasal kaynak ve diğerlerini (konutlar gibi) çalışma alanına yayılmış olan alan kaynaklar olarak incelemek uygundur (http-8).

Envanterde sabit kaynakların tükettikleri belli başlı fosil yakıt türleriyle ilgili bilgilerin yer alması gerekir. Her yakıt türünün tüketim miktarı, kimyasal özellikleri (kükürt ve kül muhtevaları gibi) ve yakıldığı tesisin performans özellikleri hakkında bilgi toplanır (Müezzinoğlu 2000). Tüketilen yakıt cins ve miktarları öncelikle bölgesel yakıt pazarlama şirketlerinden temin edilebilir. Termik santral gibi büyük kaynaklara ait bilgiler doğrudan o kuruluştan sağlanabilir. Alan kaynaklar için bilgiler anket formları ve tahminlere göre elde edilir (Tünay 1996).

Noktasal kaynaklar hakkında detaylı olarak kullanılan yakıt türlerine göre analizleri ve toplam tüketimleri, mevsimlik tüketim değişimleri, yakma tesisinin türü ve bunların etkinlikleri ve kaynağın etüd bölgesine ait haritadaki "tam konumu" bilinmesi gereken bilgilerdir. Alan kaynaklar ise topluca değerlendirilir ve eksik bilgiler tahminlerle tamamlanır.

3.2.4.2. Ulaşım

Bu kaynaklara ilişkin yakıt miktarları bölge içindeki yakıt satıcılarından elde edilir. Benzinli araçlar toplam trafiğin çok büyük bir kısmını oluştururlar. Bunun yanında dizelli taşıtlara ilişkin bilgilerin de ayrıca derlenmesi gerekir. Dizelli araçlardan olan otobüslerin güzergahları ve yakıt tüketimleri kolayca bulunabilir. Kamyonlar için ise daha etraflı çalışma yapmak ve zorunlu durumlarda tahminlere başvurmak gerekir.

3.2.4.3 Endüstriyel prosesler

Proses emisyonlarını değerlendirmek için literatürdeki benzeri proseslere ait bilgilerden yararlanılabilir. Emisyon faktörleri genelde üretim özelliklerine bağlı olmaktadır. Emisyon değerlendirmeleri proses tipi, hammadde, üretim hacmi ve hava kirletici kontrol ekipmanına ilişkin bilgiler baz alınarak yapılabilir (Tünay 1996).

3.2.4.4. Diğer faaliyetler

Katı atık yakma emisyonları, insineratörlerde ya da açıkta yakma faaliyeti sonucu yakılan atık miktarları esas alınarak belirlenir. Bu tür tesislerin yerleri, çalışma ve dizayn kapasiteleri, çalışma programları, kirletici kontrol ekipmanları gibi bilgiler kamu ve özel atık toplama birimlerinden öğrenilebilir.

3.2.5 Emisyonların hesaplanması

Çalışma alanı; topografya, politik sınırlar ve nüfus yoğunluğu gibi genel özellikler esas alınarak, coğrafi olarak alt bölgelere ayrılır. Alt bölgelerin alanı ve şekli kirletici kaynaklar ve arazi kullanım amaçları tarafından belirlenir. Örneğin merkezi ticaret alanları, yoğun endüstrileşme alanları, müstakil evlerin bulunduğu bölgeler ve toplu konut alanları ayrı alt bölgeler olarak alınabilir. Bu tür alt bölgelerin alanları 5-10 km² arasında değişir. Bu alt bölgeler de kendi içlerinde 1x1 km veya yoğun kirlenme bölgelerinde 0,5 x 0,5 km'lik gridlere ayrılabilir. Sonuçlar, genellikle her bir alt bölge veya gridler için değişik kirleticilerin miktarları halinde ifade edilir (Tünay 1996).

Elde edilen bilgilerin çalışma bölgesinde coğrafi konuma göre dağıtımını ise şöyle yapılır:

- Noktasal kaynaklarla ilgili bilgiler haritadaki yerlerine konur,
- Alan kaynaklardan;
 - konut ısıtılması amaçlı olanlar kentin nüfus yoğunluk dağılımına göre,
 - ticari ısınma amaçlı olanlar istihdam yoğunluk dağılımına göre ve
 - sanayide ısınma amaçlı olanlar ise sanayi türü ve istihdam yoğunluk dağılımına göre,

harita üzerinde konumlandırılırlar.

Çizgisel kaynak emisyonlarının coğrafi alandaki dağılımını ise trafik sayımlarına dayanan trafik akım haritalarıyla yapılır.

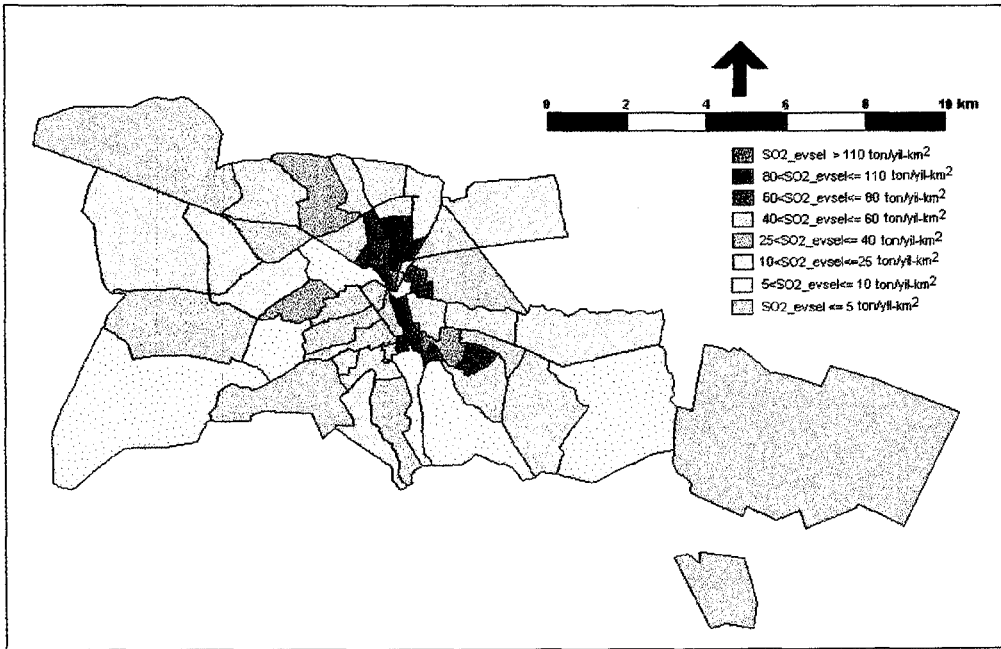
Sonuç olarak, yapılan bilgi toplama, değerlendirme ve coğrafi alana ve kirletici kategorilerine yayma işlemleri sonucunda araştırma bölgesinde belirli bir zaman ortalaması için kg/gün yada ton/yıl cinsinden kirletici maddenin emisyon hızı (Q) ortaya çıkarılmış olmaktadır (Müezzinoğlu 2000).

3.2.6. Envanter sonuçlarının sunuluşu

Kaynak bazında hesaplanan emisyon değerlerinin tablo, grafik ve haritalarla ifade edilmesi uygun olur. Bu değişik gösterimlerde,

- belli başlı kirleticilerin yıllık ve mevsimlik toplam miktarları,
- değişik yakıt ve kirletici kaynak türlerinin toplam emisyon içindeki göreceli önemleri ve
- yörenin alt bölgelerinden, örneğin çeşitli semtlerden yayınlanan kirlenmenin miktarı

gibi bilgiler yer alabilir (Müezzinoğlu 2000). Alan kaynak şeklinde ele alınan konut ısıtılması amaçlı yakıt kullanımı faaliyeti ve SO₂ kirletici parametresi için gerçekleştirilmiş bir emisyon envanterinin harita kullanılarak sunuluşu Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Bir kirletici emisyon envanterinin harita şeklinde ifade edilişi

3.3. Emisyon Envanteri Sonuçlarının Değerlendirilmesinde Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) Kullanımı

3.3.1. Tanım

Coğrafi Bilgi Sistemleri, belli bir konum ve biçimi olan nesnelere ait grafik ve grafik olmayan verilerin toplanması, doğrulanması, depolanması, bu verilerin veri tabanı işlemleri, sorgulamalar, dönüşümler ve coğrafi analizler ile coğrafi bilgiye dönüştürülmesi ve coğrafi veri ve bilgilerin gösterimi için kullanılan, bilgisayar tabanlı gelişmiş bilgi sistemleridir (Gümüştay 1997). CBS, farklı ölçeklerde ve farklı projeksiyonlarda haritaların hazırlanması yanı sıra, bu haritaların kullanımına yönelik bir analiz sistemidir. En büyük avantajı, harita üzerindeki grafik bilgilerin birbirleri ile ya da verilerin kriterler bazında mekansal ve mantıksal ilişkilerini vermesidir (DPT 2001).

Yukarıdaki tanımda belirtilen özelliklerinden dolayı CBS, tüm dünyada çok geniş kullanım alanlarına sahiptir. CBS teknolojisi, mühendislik ve bilimsel sorunların çözümü, kamu ve özel kullanıcılara ait hizmetlerin dağıtımının optimizasyonu, istatistiksel verilerin değerlendirilmesi, toplumsal ve doğal kaynakların yönetimi konularında çok etkin çözümler sunmaktadır (DPT 2001). Coğrafi bilgi sistemleri kullanıldıkları amaca yönelik olarak Kent Bilgi Sistemleri, Planlama Bilgi Sistemleri, Arsa Üretimine Yönelik Coğrafi Bilgi Sistemleri gibi farklı isimler almaktadır (Gümüştay 1997).

3.3.2. Coğrafi Bilgi Sisteminin bileşenleri

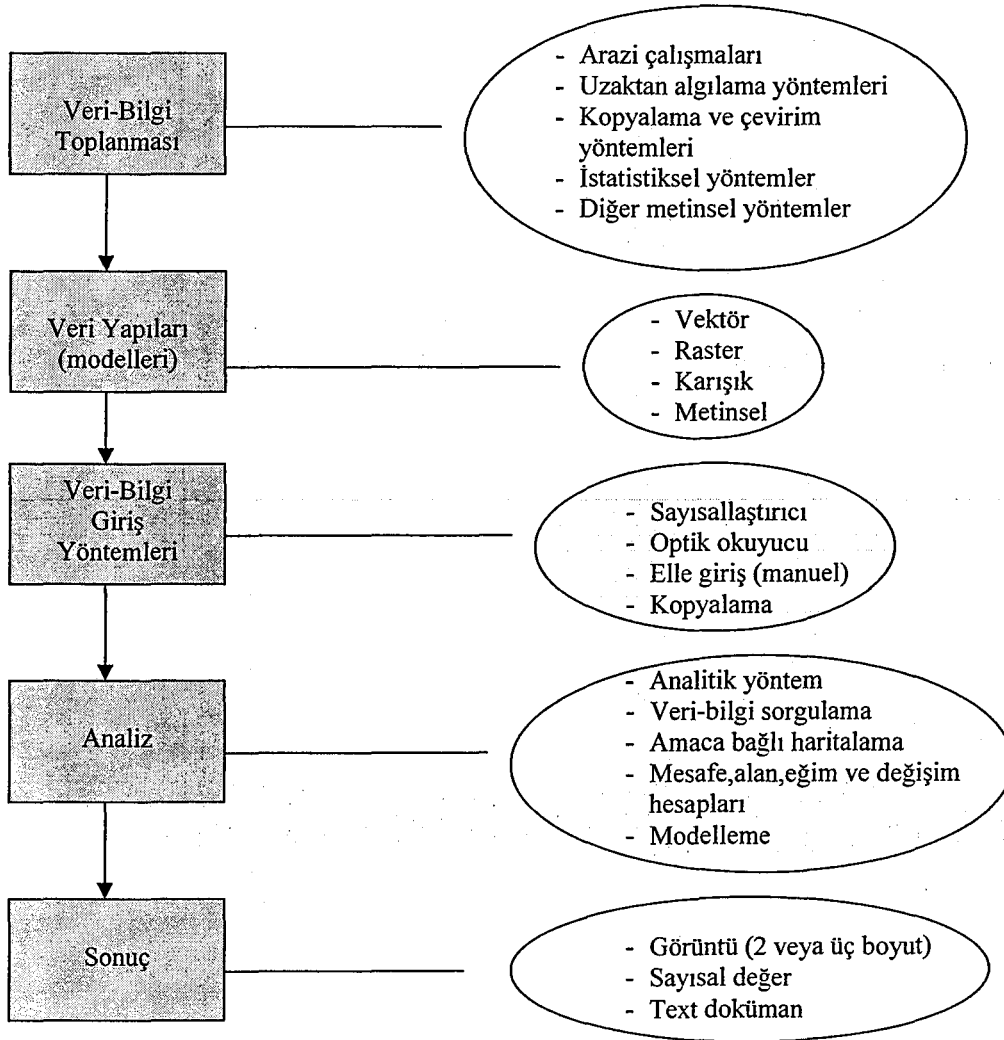
Coğrafi bilgi sistemleri dört temel bileşeni ihtiva eder. Bu bileşenler; donanım, yazılım, veri ve uzman personeldir. Bu dört temel bileşenden herhangi birinin eksik olması durumunda coğrafi bilgi sisteminden söz edilemez (Güzel 1998).

Çizelge 3.4. Coğrafi Bilgi Sistemi kapsam özellikleri (Turoğlu 2000)

Sorgulama	Cevap içeriği	Cevaplama yöntemleri	Sunduğu imkanlar
Ne	Tanımlama	Haritalama	Gelişimin izlenmesi
Nerede	Mekan	Üç boyutlu görüntü	Analiz
Ne kadar	Miktar	Text doküman	Planlama
Ne zaman	Zaman/aralığı	Veri analizi	Yönetim
Nasıl	Sebepl	Depolama	Tasarruf (zaman, emek vb.)

3.3.3. Coğrafi Bilgi Sisteminin metodolojisi

CBS'nin kapsam özellikleri (Çizelge 3.3) onun metodolojisini belirleyen temel içeriktir. İçerik özelliklerini; sorgulama ile bilgi toplama, CBS teknolojiine uygun veri elde etme ve/veya üretme, bunların farklı amaçlar için faydalı hale getirilerek değerlendirme imkanları olarak özetlemek mümkündür. Bu içerik, belirli bir akış şeması (Şekil 3.4) içinde ve aşamalar halinde gerçekleşir. Akış şeması bir standart olmayıp, bir CBS çalışmasının ideal uygulama adımlarını özetler (Turoğlu 2000).



Şekil 3.4. Coğrafi Bilgi Sistemi metodolojisi (Turoğlu 2000)

3.3.4. Kirlilik haritalarının hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) kullanımı

Birçok coğrafi işlemin sonucu, bir harita yada grafik ile görselleştiğinde kullanışlı hale gelir. Haritalar, coğrafi bilginin aklanmasında ve iletişimde en etkin araçlardır (Tatar 2000). CBS ile haritaların hazırlanmasında belli bir kural bulunmamaktadır. Buna karşın haritanın hazırlanmasında belirli bir sırayı izlemek yapım süresini kısaltmaktadır. Bu sıra genellikle; tasarım, veri tabanının oluşturulması, verilerin analizi ve analiz sonuçlarının sunulması olarak dört aşamadan oluşur (Ayday 1999).

Bu çalışmanın materyal ve yönteminin verildiği 4. Bölümde Eskişehir kent merkezi için CBS kullanılarak hava kirliliği haritalarının oluşturulma prosedürü ayrıntılı biçimde açıklanmıştır.

3.3.4.1. Tasarım

Harita hazırlama işlemlerine başlamadan önce; çözümlenmesi gereken problemler ortaya konmalı, çözüm için mevcut alternatifler araştırılmalı ve en pratik çözüm yolları belirlenmelidir. Harita üzerinde verilerin ne şekilde ve hangi tipte belgelendirileceğine bu aşamada karar verilir. Tasarım sırasında;

- çalışma alanı sınırları,
- haritanın türü,
- kullanılacak koordinat sistemi,
- kullanılacak veri katmanları,
- veri katmanlarında kullanılacak niteliklerin özellikleri ve
- özelliklerin ne şekilde kotlanacağı

gibi konuların da belirlenmesi gerekir. Tüm planlamaların tasarım sırasında yapılması harita hazırlama süresini kısaltacaktır. Harita çizimi sırasında ortaya çıkan değişikliklerin düzeltilmesi çok fazla zaman alacağından, tasarım aşamasının titizlikle planlanması son derece önemlidir (Ayday 1999).

3.3.4.2. Veri tabanı oluşturulması

Veri tabanı oluşturulması, tasarım sırasında planlanan işlemlerin harita üzerine sayısal olarak yerleştirilmesi işlemidir. Veri tabanı, analiz için gerekli tüm bilgilerden oluşur (Ayday 1999). Bir CBS veri tabanında, analiz edilecek ve sorgulanacak konu ile ilgili farklı kaynaklardan gelen veriler (işlenmiş veya ham uydu verisi, iklim, toprak, yersel ölçümler, yükseklik, yağış, sıcaklık, nüfus, yollar vb.) katmanlar olarak bilgisayarda tutulurlar (Alparslan 2001). Dar kapamlı CBS uygulamalarında coğrafi bilgilerin basit dosyalarda tutulmaları yeterli olurken, birçok kullanıcıya hizmet veren uygulamalarda verilerin saklanması, düzenlenmesi ve yönetimi için Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (VTYS) kullanılmaktadır (Tatar 2000).

3.3.4.3. Verilerin analizi

Veri tabanındaki veriler belli uzmanlık dalının kriterleri ile sorgulanarak (yeni bir bitki türünün yetiştirilmesine en uygun alanların, toprak cinsi, yağış, sıcaklık, eğim, o anki arazi kullanımı gibi kriterler göre sorgulanarak belirlenmesi gibi) yeni bilgiler üretilir (Alparslan 2001). Veriler, belirlenen amaçlara yönelik ölçütler ve parametreler gözden geçirilerek;

- grafik üzerinden veri tabanını sorgulama,
- veri tabanından grafik bilgileri sorgulama,
- metrik sorgulamalar,
- düzen sorgulamaları,
- topolojik sorgulamalar ve
- veri tabanı sorgulamaları

olarak sıralanabilecek sorgu tiplerinden en uygun olanına göre analiz edilir (Ayday 1999).

Yersel birleme (spatial join ya da overlay), yakınlık ve komşuluk işlemleri CBS analizlerinin temellerini oluşturur. Yersel birleme işlemleri değişik veri katmanlarındaki verilerin (bir katmanda mahalleler, bir başka katmanda yollar vb.) bir araya getirilerek sorgulamalarının yapılabilmesidir. Yakınlık işlemleri, genel olarak, verilen bir kritere göre bir yerin yakınında bulunan yerlerin belirlenmesi olarak tanımlanırken komşuluk işlemleri, belli bir yerin ya da

noktanın özelliklerinin (eğim, cephe yönü, görüş alanı gibi) coğrafi olarak komşu olan yerlerdeki özelliklerin de etkileşimiyle hesaplanması gibi işlemler olarak tanımlanabilir (Tatar 2000).

3.3.4.4. Analiz sonuçlarının sunulması

Projenin amacına uygun ve kullanıcının kolayca anlayacağı bir haritanın ortaya çıkması, çalışmanın amacının başarı ile gerçekleştiğini gösterir. Bu nedenle, haritada kullanılacak sembol ve işaretlerin amaca uygun seçilmesi son derece önemlidir (Ayday 1999). Haritalar; raporlar, üç boyutlu görünüm, fotoğrafik görüntüler ya da diğer çoklu-ortam öğeleriyle desteklenerek elde edilen sonuçların etkinliği artırılabilir.

Çizelge 4.1. Eskişehir ilinin iklimi ile ilgili genel veriler (Eskişehir İl Çevre Müd. 2001)

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ort. Sıc., °C *	-1,5	1,3	4,9	10,4	15,1	18,8	21,4	21,2	17,1	12,0	6,7	2,2
Ort. Yağış, mm *	43,2	35,3	37,4	37,1	46,2	34,7	13,1	6,4	16,0	25,2	30,6	48,6
Hakim rüz. yönü**	E	E	W	W	W	W	W	W	W	W	E	E
Ort.rüz.hızı, m/s***	2,8	2,8	3,0	3,0	2,8	2,8	3,0	2,9	2,5	2,0	2,1	2,6
En kuvvetli rüzgar yönü	SSW	NW	SSW	W	WNW	NW	NNW	NNE	SW	SSW	SW	NW
En kuvvetli rüzgar hız, m/s *	21	24,5	26,8	27,6	24,4	25,5	27,6	20,7	20,5	20,7	24,4	25,2
Nisbi nem ortalaması, (%) *	62	78	71	64	84	60	55	66	60	58	76	82

* 1929-1990 yılları ortalamaları, ** 1949-1990 yılları ortalamaları, *** 1933-1990 yılları ortalamaları, E : doğu, N: kuzey S: güney, W: batı,

İklim ve meteorolojik özellikler. Eskişehir iklimi ilk bakışta Batı Anadolu ve İç Anadolu iklimleri arasında bir geçiş iklimi özelliği gösteriyorsa da, ilde genellikle sert ve karasal iklim hakim olup, kışlar çok soğuk ve kar yağışlı, yazlar sıcak ve yağışsız geçer. Çizelge 4.1’de Eskişehir ilinin genel iklim özellikleri özetlenmektedir.

Çizelge 4.1’den Mart-Ekim ayları arasında hakim rüzgar yönünün doğudan batıya doğru, bir başka deyişle Organize Sanayi Bölgesi ve yine önemli bir kirlilik kaynağı olan Şeker Fabrikası’ndan kente doğru, olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun kentin hava kalitesini olumsuz etkileyeceği açıktır.

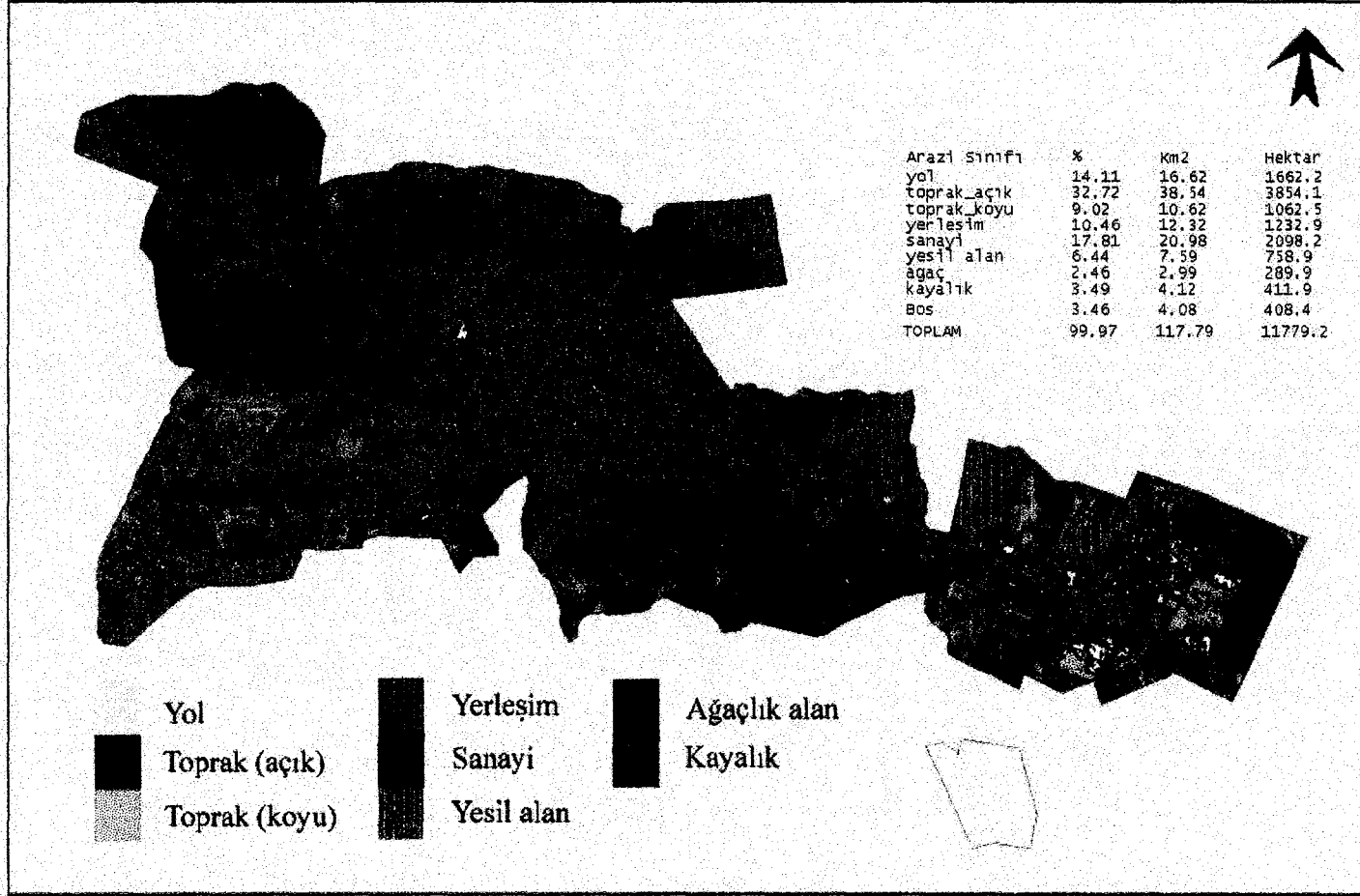
Nüfus ve demografik özellikler. 2000 yılı sayım sonuçlarına göre, Eskişehir için toplam il nüfusu 706.009 kişi ve merkez ilçe nüfusu 557.028 kişidir (http-9). Çalışma alanı olarak belirlenen mücavir alan sınırları içindeki kentsel alandaki 2000 yılı nüfusu ise Eskişehir Büyükşehir Belediyesi’nin verilerine göre 483.864 kişidir. İl topraklarının kuzey batısında, deniz seviyesinden 792 m yükseklikte, yüzölçümü 3823 km² olan merkez ilçede 3 belediye ve 101 mahalle bulunmaktadır (Atasoy 2001). Bu çalışma kapsamında incelenen alan, merkez ilçedeki bahsi geçen üç belediyenin sınırları içindeki 66 mahalleden (Bkz EK-1) oluşan kentsel bölgedir.

Arazi kullanımı. Çalışma alanının büyük kısmı topoğrafik yapı itibariyle çukurda kalır, merkezde deniz seviyesinden 740 m olan yükseklik kenarlara doğru gidildikçe artar ve ortalama 847 m'yi bulur (Var ve ark. 1994). Ortasından geçen Porsuk Çayı ve demiryolu hattı, kenti fiziksel olarak kuzey ve güney kesimleri olarak ikiye ayırır. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi'nin (2001) verilerine göre, kent yerleşiminde 10.000 hektar imarlı alan ve 2.000 dekar tarımsal faaliyet yapılan arazi bulunmaktadır; il merkezinde belediyeler tarafından yapılmış 1.500 dekar yeşil alan halkın kullanımına açıktır ve kent merkezi ve etrafında toplam 10.790 dekar orman oluşturulmuştur.

Yüksekte kalan Odunpazarı semti dışında kentin hemen hemen bütünüyle yeni olduğu görülür. Kentin yeni gelişen bölümleri, çoğunlukla yüksek yoğunluklu konut ve ticaret alanlarından oluşmaktadır. Kentin idari ve ticaret merkezi Porsuk Çayı'nın kıyılarında ve yakın çevresinde gelişmiştir. Kuzeyde demiryolu, batıda Atatürk Caddesi, doğuda Muttalip ve Yunusemre Caddeleri ile güneyde Cumhuriyet Bulvarı ile çevrili alan, kamu hizmet binaları ile ticaretin yoğunlaştığı kent merkezi olarak gelişmiştir. Bu alanların dışında konut gelişme alanı olarak belirlenen Yenikent, Sultandere gibi daha organize yerleşimler dışında, Tepebaşı ve Muttalip bölgelerinde de günümüzde hızlı bir konut gelişimi gözlenmektedir. Cumhuriyetin ilk yıllarında kurulan, şeker fabrikası gibi büyük sanayi kuruluşları kent içinde kalmıştır (Eskişehir Büyükşehir Belediyesi 2003).

Şekil 4.2'de, çalışma alanının Landsat uydusundan alınan 1999 yılı Ekim ayına ait fotoğrafları ile Image Analyst yazılımı kullanılarak ve denetimli sınıflandırma yapılarak hazırlanan arazi kullanımı haritası görülmektedir.

Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi (EOSB), 1975 yılında kurulmuştur. EOSB Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre, 2002 yılı itibariyle OSB'nde 198 kuruluş faaliyet halinde, 21 kuruluş yatırım halinde ve 11 kuruluş proje aşamasındadır. Başlıca üretim sektörleri arasında taş ve toprağa dayalı sanayi içinde yer alan refrakter, tuğla, seramik, fayans, alçı, çimentodan üretilmiş prefabrik yapı elemanları üreticileri bulunmaktadır.



Şekil 4.2. Çalışma alanının arazi kullanımı haritası

Hava kalitesi izleme çalışmaları. Şehir merkezinde hava kirliliği seviyesinin tespiti amacıyla 1985 yılından bu yana PM ve SO₂ ölçümleri yapılmaktadır. 1996 yılından itibaren, birincisi İl Sağlık Müdürlüğü, ikincisi ise Sağlık Meslek Lisesi olmak üzere, iki noktada ve 24 saat esasına göre SO₂ ve PM örnekleme ve ölçüm çalışmaları sürdürmektedir. Birbirine uzaklığı yaklaşık 2 km kadar olan iki noktadaki PM ve SO₂ derişim değerleri incelendiğinde aradaki farklılığın %10-15 arasında değişmektedir. Ancak, sadece 2 noktada ve 2 parametre için yapılan ölçümlerin yeterli olmadığı açıktır (Öztürk 2001). Çizelge 4.2’de son 6 yıl boyunca şehir merkezinde ölçülen ortalama PM ve SO₂ derişim değerleri ve Çizelge 4.3’de 2002 yılında iki noktada ölçülen aylık PM ve SO₂ derişim değerleri görülmektedir. Şekil 4.3’de de son 11 yıl boyunca bu kirleticilerin miktarlarındaki değişim görülmektedir.

1997 yılında, Eskişehir’deki konutlarda ve EOSB’nde doğalgaz kullanılmaya başlanmıştır ve 2002 yılı itibariyle kent nüfusunun % 48’i doğalgaz ile ısınır hale gelmiştir. Endüstriyel kuruluşların ise tamamına yakın bir kısmında doğalgaz kullanılmaktadır. Gerek konutlarda gerekse sanayi tesislerinde doğalgaz kullanımına geçilmesi nedeniyle, son yıllarda ildeki hava kalitesinde, SO₂ parametresi açısından önemli oranda iyileşme gözlenmiştir (Şekil 4.3)

Çizelge 4.2. Eskişehir ili şehir merkezinde 1996-2002 yılları arasında ölçülen PM ve SO₂ derişimleri, µg/m³

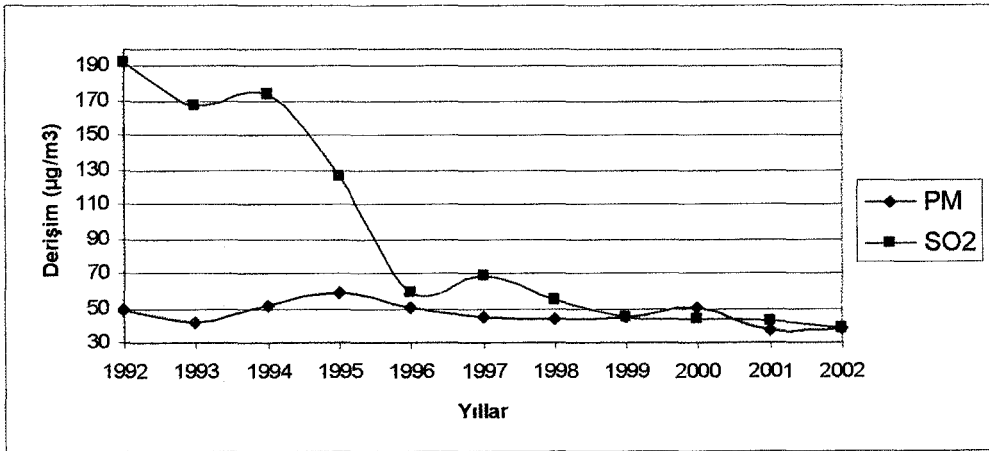
Aylar	1996*		1997*		1998*		1999*		2000*		2001**	
	PM	SO ₂	PM	SO ₂	PM	SO ₂	PM	SO ₂	PM	SO ₂	PM	SO ₂
Ocak	107	84	113	73	113	85	64	59	65	67	49	46
Şubat	91	66	137	72	97	73	71	71	63	68	62	54
Mart	80	60	93	54	86	55	67	66	63	72	46	38
Nisan	62	49	80	43	45	42	59	54	33	43	43	36
Mayıs	27	25	47	28	40	32	35	39	27	32	34	28
Haziran	31	22	40	17	31	21	27	22	23	28	39	22
Temmuz	25	20	24	21	28	19	23	19	28	28	31	22
Ağustos	24	20	27	26	21	15	24	21	29	38	29	22
Eylül	31	29	39	28	23	16	26	26	32	36	32	29
Ekim	56	55	66	50	45	43	32	35	42	50	44	47
Kasım	98	93	78	66	66	73	54	57	70	96	48	47
Aralık	85	84	78	67	69	54	66	78	53	44	62	54
Ortalama	60	51	69	45	55	44	46	46	44	50	43	37

* Öztürk (2001)’den alınan verilerdir. ** Eskişehir İl Çevre Müdürlüğü’nden alınan verilerdir.

Çizelge 4.3. 2002 yılında Eskişehir ili şehir merkezinde iki noktada ölçülen PM ve SO₂ derişimleri, µg/m³

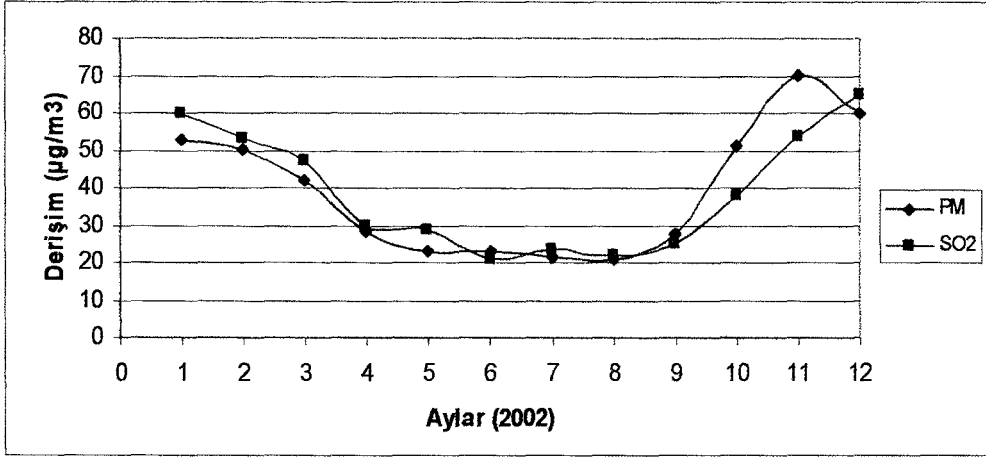
Ölçüm noktası	PM			SO ₂		
	I	II	Ortalama	I	II	Ortalama
Aylar						
Ocak	56	50	53	63	57	60
Şubat	47	54	50	51	56	53
Mart	48	36	42	40	54	47
Nisan	28	0	28	30	0	30
Mayıs	23	0	23	28	0	29
Haziran	23	0	23	21	0	21
Temmuz	22	0	22	23	0	23
Ağustos	21	0	21	22	0	22
Eylül	28	0	28	25	0	25
Ekim	52	52	51	33	44	38
Kasım	71	69	70	50	58	54
Aralık	64	56	60	64	66	65
Ortalama	40	26	39	38	28	39

I : Köprübaşı (Eskişehir İl Sağlık Müdürlüğü), II : Çifteler Caddesi (Eskişehir Sağlık Meslek Lisesi),
Kaynak : Eskişehir İl Sağlık Müdürlüğü



Şekil 4.3. PM ve SO₂ derişimlerinde yıllara bağlı olarak görülen değişimler

Yıllara bağlı olarak SO₂ derişimlerinde görülen değişimler incelendiğinde, 1994 yılına kadar SO₂ derişimlerinin, il merkezinde düşük kalorili ve yüksek kükürt içeren katı yakıtların yakılması nedeniyle, son derece yüksek olduğu ve bu kirletici için yıllık uzun vade sınır (UVS) değeri olan (Bkz. Çizelge 2.2) 150 µg/m³ sınır değerinin üzerinde seyrettiği görülmektedir (Şekil 4.3). Sonraki senelerde alınan tedbirler ve doğalgaz kullanımının başlaması ile bu olumsuzluk giderilmiştir.



Şekil 4.4. 2002 yılında ölçülen PM ve SO₂ derişimlerinde aylara bağlı olarak görölen değişimler

2002 yılı aylık PM ve SO₂ derişimlerine bakıldığında, iki kirleticinin aylık kirlilik değerlerinin paralellik gösterdiği görölmektedir (Şekil 4.4).

Ayrıca, Ekim 1989-Mayıs 1995 tarihleri arasında İl Sağlık Müdürlüğü'nde yürütölen ölçüm çalışmalarına paralel olarak Tepebaşı'ndaki Anadolu Üniversitesi Yunus Emre kampusunda, Kimya Mühendisliği bölümünce SO₂, PM ve NO₂ ölçümleri yapılmıştır. Kampusta çalışmaların yapıldığı 1990-1995 yılları arasındaki döneme ait veriler (Çizelge 4.4) aylık NO₂ derişimlerinin 4 - 23 µg/m³ arasında değiştini göstermektedir (Öztürk 2001). 2003 yılı Mayıs ayında, çalışma alanının dışında kalan Anadolu Üniversitesi İki Eylül kampusunda, Çevre Mühendisliği bölümünce yapılan ölçümlerde ise ortalama NO₂ ve NO_x (NO+NO₂) derişimleri sırasıyla 3,25 µg/m³ ve 8,62 µg/m³ olarak ölçölmüştür.

Çizelge 4.4. Eskişehir’de 1990-1995 yılları arasında ölçülen aylık ortalama NO₂ derişimleri, µg/m³ (Öztürk 2001)

Aylar	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Ocak	21	9	2	7	7	10
Şubat	23	9	6	5	5	10
Mart	10	8	9	7	5	6
Nisan	7	6	11	6	6	6
Mayıs	8	-	5	4	7	-
Haziran	7	-	9	3	5	-
Temmuz	4	-	7	3	6	-
Ağustos	6	6	-	3	5	-
Eylül	8	6	5	5	6	-
Ekim	10	5	6	6	5	-
Kasım	11	6	9	8	-	-
Aralık	18	4	8	8	8	-
Ortalama	11,8	6,56	7,0	5,42	5,9	8,0

Çizelge 4.5. Emisyon hesaplamaları için gerekli saha verileri

Veri	Verinin elde edildiği kurum
Mahalle bazında nüfus verileri	Eskişehir Büyükşehir Belediyesi
Konutsal ısıtma ile ilgili veriler	
* Kömür tüketilen mahallelerdeki soba ve kazanlı sistem kullanım oranları	Eskişehir Büyükşehir Belediyesi
* Mahalle bazında doğalgaz tüketim oranları ve ısıtma sistemleri, çalışma alanında tüketilen yıllık doğalgaz miktarı, tahmini konut sayısı	Eskişehir Şehiriçi Doğalgaz Dağıtım A.Ş. (ESGAZ)
* Çalışma alanında önceki senelerde tüketilen yakıt miktarları	Öztürk 2001
* 2002 yılında tüketilen tahmini kömür miktarı	Mahrukatçılar Odası
Trafik kökenli emisyonlarla ilgili veriler	
* Çalışma alanında trafiğe kayıtlı araç sayısı	Eskişehir İl Trafik Şube Müdürlüğü
* Kent merkezinde belirlenen 33 noktada hafta içi sabah ve akşam doruk saatlerde yapılan araç sayımlarının sonuçları, çalışma alanındaki ticari taksi ve dolmuşların sayısı	Eskişehir Büyükşehir Belediyesi 2003
* Çalışma alanındaki araçların katettiği günlük mesafeler	Çalışma alanındaki ticari araç kullanıcıları
EOSB ve nokta kaynaklar ile ilgili veriler	
* EOSB’nde 2002 yılında tüketilen doğalgaz miktarları	Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü
* Çalışma alanındaki bazı büyük kuruluşların doğalgaz tüketim miktarları	Atasoy 2001

4.2. Emisyon Hesaplamaları için Gerekli Verilerin Elde Edilmesi

Çalışma alanındaki mevcut kirletici kaynaklardan havaya salınan emisyonların hesaplanması için gerekli saha verileri (Çizelge 4.5.), 2002 yılı baz alınarak elde edilmiştir. Resmi kayıtları bulunmayan ve/veya temin edilemeyen veriler hesaplama yoluyla bulunmuştur.

4.2.1. Nüfus verileri

Eskişehir Büyükşehir Belediyesi'nden alınan 1997-2000 yılı için mahalle bazındaki resmi nüfus sayım değerleri ve İller Bankası Yöntemi birlikte kullanılarak her mahallenin 2002 yılı nüfusu hesaplanmıştır. İller Bankası Yöntemine göre yapılan nüfus projeksiyonunda,

P: Nüfus artış yüzdesi,

a: İki nüfus sayımı arasındaki yıl farkı,

N_e : Eski nüfus sayımı değeri,

N_s : Son nüfus sayımı değeri ve

olmak üzere;

$$P = [(N_s/N_e)^{1/a} - 1] \times 100 \quad (4.1)$$

formülüyle P katsayısı hesaplanmış ve İller Bankası Yönetmeliği'ne göre ;

$P < 1$ iken $P = 1$,

$1 < P < 3$ iken $P =$ Kendi Değeri ve

$P > 3$ iken $P = 3$

alınmıştır. Kabul edilen P değerleri kullanılarak;

N_g : Bulunmak istenen nüfus değeri,

t_g : Projelendirilmek istenen yıl ve

t_s : Son nüfus sayımının yapıldığı yıl

olmak üzere;

$$N_g = N_s \times \left(\frac{P}{100} + 1 \right)^{(t_g - t_s)} \quad (4.2)$$

formülü kullanılmıştır. Belirlenen çalışma alanı için toplam 2002 yılı nüfusu 504724 kişi olarak bulunmuştur. Mahalle bazında hesaplanan nüfus değerleri ve mahalle bazındaki alan verileri kullanılarak nüfus yoğunlukları hesaplanmıştır. Çalışma alanındaki nüfus yoğunluğunun 429 kişi/km² (Zincirlikuyu) ile 39222 kişi/km² (Mamure) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Mahalle bazında hesaplanan nüfus değerleri EK-2'de sunulmaktadır.

4.2.2. Hava kirletici kaynaklarla ilgili veriler

4.2.2.1. Konutlar

Eskişehir ilinde konut ısıtılmasına yönelik olarak kömür ve 1997 yılından bu yana da kömür ile birlikte doğalgaz kullanılmaktadır. Konutlarda fuel-oil, LPG, odun vb. yakıtların kullanımı ihmal edilebilecek kadar az olduğundan diğer yakıt türleri hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Eskişehir Şehiriçi Doğalgaz Dağıtım A.Ş.(ESGAZ)'den alınan verilere göre, konut ısıtılmasına yönelik olarak çalışma alanındaki 65 mahalleden (Bkz. EK-1) 16'sında (71 Evler, Çamlıca, Emek, Esentepe, Fevziçakmak, Güllük, Karapınar, Kumlubel, Orhangazi, Orta, Paşa, Sazova, Sütlüce, Şarhöyük, Şarkıye, Yeşiltepe) yalnız kömür, 8'inde (Akarbaşı, Arifiye, Büyükdere, İstikrar, Uluönder, Vişnelik, Yenikent, 75. yıl) yalnız doğalgaz ve 41'inde de kömür ve doğalgaz birlikte kullanılmaktadır. Isıtma sistemleri ve konut ısıtılmasına yönelik doğalgaz tüketim miktarları ile ilgili olarak ESGAZ'dan elde edilen diğer veriler Çizelge 4.6 ve 4.7'de sunulmaktadır. Ayrıca, doğalgaz ile ısınan 49 mahalledeki konut bazında ısıtma sistemleri ve doğalgaz kullanım oranları ile ilgili veriler EK-3'de verilmiştir.

Eskişehir'de doğalgaz dışında, konut ısıtılmasına yönelik olarak antrasit cinsi olan Sibiryia ve Güney Afrika kökenli ithal kömür ve Soma linyiti olmak üzere iki cins kömür kullanılmaktadır. Çalışma alanında konut ısıtılmasına yönelik kullanılan katı yakıtların tüketim miktarları hakkında 2002 yılına ait güvenilir resmi kayıtlar bulunamamıştır. Mahrukatçılar Odası ile yapılan görüşmede 2002 yılı kömür tüketimi miktarı kışın sert geçip geçmemesine göre 210.000-240.000 ton olarak tahmin edilmiş, bu miktarın yaklaşık 2/3'ünü ithal kömür kullanımının oluşturduğu belirtilmiştir.

Mahrukatçılar Odası'nın verdiği tahmini değerler ile karşılaştırmak üzere, 2002 yılında kullanılan kömür miktarı hesaplanmıştır. Bunun için ESGAZ'dan alınan 2000 yılı doğalgaz tüketim miktarı (Çizelge 4.8) ve Öztürk (2001)'ün çalışmasındaki 2000 yılı kömür tüketim miktarları (Çizelge 4.9) kullanılarak, o yıl için kişi başına düşen yakıt enerjisi 4.760.722 kcal / kişi-yıl olarak hesaplanmış⁽¹⁾ ve 2000 yılı için hesaplanan bu değer 2002 yılında değişmediği kabul edilmiştir.

¹ $\{(190 \cdot 10^6 \text{kg/yıl} \cdot 6500 \text{kcal/kg}) + (60 \cdot 10^6 \text{kg/yıl} \cdot 4500 \text{kcal/kg}) + (96793018 \text{Nm}^3 \cdot 8250 \text{kcal/Nm}^3)\} / 473608 \text{ kişi}$
= 4.760.722 kcal/kişi-yıl

2002 yılı için konut ısıtılmasına yönelik doğalgaz tüketim miktarının 2000 yılı verileriyle kıyaslandığında çok fazla değişmediği ⁽²⁾ ve ayrıca, 1998-2000 yılları arasında kömür kullanılan mahallelerde ısınma ihtiyacının %63-82 oranında ithal kömür ile karşılandığı (Çizelge 4.9) göz önüne alındığında, 2002 yılı için bu değer %75 alınarak kömür tüketimi 144.000 ton ithal kömür ve 69.000 ton Soma linyiti olarak bulunmuştur. Hesaplanan kömür kullanımı miktarları, Mahrukatçılar Odası'ndan alınan rakamlarla uyumlu olması nedeniyle, konut ısıtılması kökenli emisyonların tahmininde esas alınmıştır. Çalışma alanında konut ısıtılmasına yönelik kömür tüketimi ile ilgili diğer veriler Çizelge 4.10'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.6. Çalışma alanı içindeki doğalgaz tüketimi ile ilgili 2002 yılına ait veriler

Tüketilen toplam doğalgaz miktarı	: 105.667.582 m ³ /yıl
Doğalgaz ile ısınan kişi sayısı	: 242.002 kişi (nüfusun %48'i)
Kişi başına doğalgaz kullanım miktarı	: 436,64 m ³ /kişi-yıl
Kişi başına harcanan yakıt enerjisi	: 3.602.277 kcal/kişi-yıl
Doğalgaz ile ısınan konut sayısı	: 95.542 konut
Bireysel ısıtma sistemi ile ısınan konut sayısı	: 39.202 konut (%41)
Merkezi sistem ile ısınan konut sayısı	: 56.340 konut (%59)

Çizelge 4.7. Eskişehir'de sanayi dışı aboneler için 2002 yılı aylar itibariyle doğalgaz satış değerleri ve aylık yakıt kullanım oranları (ESGAZ 2003)

Ay	Doğalgaz tüketimi (Sm ³)	Toplam yıllık tüketimin aylara göre dağılımı (%)
Ocak	20.706.715	19,6
Şubat	15.667.377	14,8
Mart	12.467.989	11,8
Nisan	7.919.212	7,5
Mayıs	1.906.503	1,8
Haziran	1.022.494	1,0
Temmuz	1.174.372	1,1
Ağustos	1.221.381	1,2
Eylül	1.176.765	1,1
Ekim	4.690.236	4,4
Kasım	15.447.578	14,6
Aralık	22.264.081	21,1
Toplam	105.667.582	100

² ESGAZ'ın verilerine göre, 2000 ve 2002 yıllarında konut ısıtılması amacı ile sırasıyla 96.793.018 m³ ve 105.667.582 m³ doğalgaz kullanılmıştır.

Çizelge 4.8. Eskişehir’de doğalgaz kullanımının yıllara göre değişimi (ESGAZ 2003)

Yıl	1998	1999	2000	2001	2002
Doğalgaz tüketimi, m ³	55.085.492	74.535.689	96.793.018	84.621.608	105.667.582
Bir önceki yıla göre değişim oranı *	-	%26 artış	%23 artış	% 14 azalma	%20 artış

* 2001 yılında, muhtemelen Şubat ekonomik krizi nedeniyle doğalgaz tüketimlerinde önemli bir azalma görülmektedir ve 2002 yılı doğalgaz tüketimi 2000 yılına göre sadece %8’lik bir artış göstermiştir.

Çizelge 4.9. Eskişehir’de kömür kullanımının yıllara göre değişimi (Öztürk 2001)

Yakıt Türü	1997	1998	1999	2000
İthal Kömür	77.000 ⁽¹⁾	120.000 ⁽¹⁾	150.000 ⁽¹⁾	190.000 ⁽²⁾
Soma Kömürü	130.000 ⁽¹⁾	100.000 ⁽¹⁾	90.000 ⁽¹⁾	60.000 ⁽²⁾

⁽¹⁾ İl Çevre Müdürlüğü’nden alınan veriler, ⁽²⁾ Mahruktaçılar Odası’ndan alınan veriler * Her yıl Soma kömürü tüketiminin azalmakta, Soma kömürünün yerini ithal kömür almaktadır.

Çizelge 4.10.Çalışma alanının içindeki kömür tüketimi ile ilgili 2002 yılına ait veriler

Tüketilen ithal kömür miktarı	: 144.000 ton/yıl
Tüketilen Soma linyiti miktarı	: 69.000 ton/yıl
Kömür ile ısınan kişi sayısı	: 262.722 kişi (nüfusun %52’si)
İthal kömür ile ısınan kişi sayısı	: 197.042 kişi (nüfusun %39’u)
Soma linyiti ile ısınan kişi sayısı	: 65.681 kişi (nüfusun %13’ü)
Kömür kullanılan mahalelerde kişi başına ithal kömür tüketim miktarı	: 732 kg/kişi-yıl
Kömür kullanılan mahalelerde kişi başına Soma linyiti tüketim miktarı	: 1.058 kg/kişi-yıl
Kişi başına harcanan yakıt enerjisi	: 4.760.722 kcal/kişi-yıl

Kömür tüketen mahallelerde kullanılan ısıtma sistemlerinin (sobalar ve kazanlar) oranları (Bkz. EK-4), Eskişehir Büyükşehir Belediyesi, Nazım Plan ve Stratejik Planlama Merkezi tarafından yapılan 2000 yılı numarataj çalışması için toplanmış verilerden elde edilmiştir.

4.2.2.2. Trafik

Eskişehir Emniyet Müdürlüğü, Trafik Şube Müdürlüğü'nden alınan verilere göre, 2002 yılı Aralık ayı sonu itibariyle Eskişehir ilinde, 112.869'u il merkezinde ve 13.516'sı ilçelerde olmak üzere toplam 126.385 araç mevcuttur. Bu durumda, resmi kayıtlara göre, Eskişehir ilindeki araçların % 89,3'ü merkez ilçede bulunmaktadır. Her araç türünün merkez ilçedeki sayısı ayrıca bilinmediğinden, ticari taksiler ve taksi dolmuşlar dışındaki her araç türünün merkez ilçedeki sayısı, bu orandan yola çıkılarak bulunmuştur. Ticari taksi ve taksi dolmuş sayıları Eskişehir Büyükşehir Belediyesi'nden (2003) elde edilmiştir. Oran yoluyla hesaplanan ve emisyon tahminlerinde kullanılan 2002 yılı araç sayıları Çizelge 4.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. Eskişehir merkez ilçede karayolu ulaşımında kullanılan motorlu araç sayıları (2002 yılı için)

Araç türü	Resmi	Hususi	Ticari	Toplam
Otomobil	571	61.731	168 Taksi + 487 Taksi Dolmuş	62.957
Minibüs	218	862	424	1.504
Otobüs	327	13	806	1.146
Kamyonet	452	9.723	911	11.086
Kamyon	795	1.800	4.737	7.332
Toplam	2363	74129	7533	84025

Bir aracın günlük katettiği mesafe, o aracın türüne ve kullanım amacına göre farklılık gösterir. Trafik kökenli emisyonların hesaplanması için gerekli olan günlük katedilen mesafe değerleri (Bkz. EK-5), Eskişehir için hazırlanan ulaştırma ana planından yararlanılarak ve araç kullanıcıları ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Resmi araçların hafta sonları ve resmi tatillerde trafikte olmadıkları düşünülerek, bu araçlar için yıllık katedilen mesafeler 250 gün/yıl üzerinden hesaplanmıştır. Diğer araçların yılın 365 günü trafikte olduğu düşünülmüştür.

İlgili kişi ve kurumlardan alınan bilgiler ışığında, çalışma alanındaki hususi otomobillerin %80'inin benzin ve %20'sinin LPG kullandığı, ticari taksilerin ve taksi dolmuşların ise %80'inin LPG, %20'sinin motorin kullandığı varsayılmıştır. Diğer araçların (minibüs, otobüs, kamyonet, kamyon) tümünün

motorin kullandığı kabul edilmiştir. Kamyonların da %60'ının 3,5-7,5 ton ve %40'ının 7,5-16 ton ağırlıklarında olduğu varsayılmıştır.

Cadde bazında emisyonların hesaplanması için ise, Eskişehir için hazırlanan Ulaştırma Ana Planı (2003) kapsamında kent merkezinde belirlenen 33 noktada (Bkz. EK-6), hafta içi sabah ve akşam doruk saatlerde yapılan araç sayımlarının sonuçları (Bkz. EK-7) kullanılmıştır.

4.2.2.3. Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi

Ülkemizin doğalgaz kullanan ilk sanayi bölgesi olan Eskişehir Organize Sanayi Bölgesi (EOSB)'nde (bölgenin hemen hemen tamamında doğalgaz kullanılmakta, diğer yakıtların kullanımı ihmal edilebilecek düzeyde bulunmaktadır) yeralan 198 sanayi kuruluşunun doğalgaz kullanım miktarları EOSB Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Bu verilere göre, 2002 yılında EOSB'de toplam 182.944.917 m³ doğalgaz tüketilmiş olup, toplam tüketimin yaklaşık %92'si Eskişehir Endüstriyel Enerji (EEE) Doğalgaz Çevrim Santrali ve 10 büyük kuruluş tarafından gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. EOSB'ndeki kuruluşların 2002 yılı doğalgaz tüketimleri ile ilgili veriler

Doğalgaz kullanıcısı	Doğalgaz tüketimi, m ³	Toplam tüketimdeki payı, %
EEE*	69.096.918	37,76
Toprak Seniteri	38.789.988	21,20
Paşabahçe Schott	16.507.181	9,02
Toprak Santral	12.947.682	7,08
Arçelik I + II	10.162.893	5,55
Toprak İzolasyon	4.984.952	2,72
Eti Gıda	3.764.515	2,06
Pınar Süt	3.405.157	1,86
Tam Gıda	3.328.960	1,82
Endel Kiremit	2.761.623	1,51
Sarar	2.018.353	1,10
Diğer sanayi kuruluşları	15.176.692	8,30
Tüm OSB	182.944.917	100

* EEE: Eskişehir Endüstriyel Enerji (doğalgaz çevrim santrali)

Çizelge 4.13. Bazı büyük kuruluşların doğalgaz tüketim miktarları, m³/yıl (Atasoy 2001)

Kuruluş	1997	1998	1999
Eskişehir Şeker Fabrikası	37.003.362	41.985.238	46.405.902
Kılıçoğlu Kiremit A.Ş.	-	2.209.228	3.237.002
TUSAŞ	989.560	658.519	757.542
TÜLOMSAŞ	6.843.864	5.489.326	5.041.490
A.Ü.Yunus Emre Kampusu	4.005.086	3.549.284	3.857.728
Eskişehir Otogarı	458.962	654.100	404.161
Osmangazi Üniversitesi	3.431.427	3.416.439	3.989.898
Toplam	51.841.657	57.314.575	63.693.723

4.2.2.4. Noktasal kaynaklar

Kent merkezinde ve yerleşim bölgesi sınırları içinde bulunan bazı büyük sanayi kuruluşları (Eskişehir Şeker Fabrikası, Kılıçoğlu Kiremit A.Ş., TUSAŞ, TÜLOMSAŞ) ve sanayi dışı kuruluşların (Anadolu Üniversitesi Yunus Emre Kampusu, Eskişehir Otogarı ve Osmangazi Üniversitesi) yaydıkları hava kirleticilerinin emisyon hızlarının hesabında, yeni yatırım ve kapasite artışı söz konusu olmadığından doğalgaz tüketim değerlerinde de önemli değişikliklerin olmayacağı varsayılarak 1999 yılı doğalgaz tüketim değerleri esas alınmıştır. Bu kuruluşların yıllık doğalgaz tüketimleri Çizelge 4.13'de verilmiştir.

4.3. Emisyon Faktörlerinin Belirlenmesi

4.3.1. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt tüketimi için emisyon faktörleri

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, emisyon faktörlerinin oluşturulması konusunda ülkemizde sınırlı sayıda çalışma (Durmaz ve ark. 1994b) olduğu görülmüştür. Durmaz ve ark. (1994b) tarafından, NATO-TU-AIRPOLLUT projesi kapsamında, Ankara şehri için gerçekleştirilen çalışma, geniş bir envanter çalışması olup, yapıldığı dönemde mevcut durumu göstermektedir. Bu çalışma kapsamında üretilmiş olan emisyon faktörlerinin kullanılmasının, Türkiye'nin gerçek koşullarını temsil etmesi açısından uygun olacağı düşünülmüştür. Bu değerler, sırasıyla doğalgaz, taş kömürü ve linyit için, farklı kaynaklardan derlenmiş emisyon faktörü verileriyle (EPA 1998(http-10), Devitt 1984 ve Perkins 1974) birlikte Çizelge 4.14 - 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.14 incelendiğinde, Durmaz ve ark.(1994b) tarafından doğalgaz kullanılan kazanlı sistemler için üretilen CO ve C_mH_n emisyon faktörleri ile diğer

kaynaklardaki emisyon faktörü değerleri arasında büyük farklılık olduğu anlaşılmaktadır. Bu farklılıklar, muhtemelen, Ankara'da doğalgaz kullanılmaya başlandığı dönemde kömür ve fuel oil kazanlarının uygun olmayan şekilde doğalgaz kazanlarına dönüştürülmesi nedeniyle meydana gelen oldukça verimsiz yanmanın sonuçlarını yansıtmaktadır.

Kazanlar için Durmaz ve ark. (1994b) tarafından üretilen CO emisyon faktörü EPA tarafından verilen değerden 9,2 kat, Devitt'in değerinden 18 kat ve Perkins'in değerinden ise 983 kat daha büyük görünmektedir.

Ayrıca, Durmaz ve ark. (1994b)'nin verilerine göre doğalgaz yakan birimlerde hidrokarbon (C_mH_n) emisyon faktörleri soba ve kazanlı sistemler için birbirinden çok farklıdır. C_mH_n için sobalı sistemlerde emisyon faktörü 0,645 iken kazanlı sistemlerde 17,4 dür. Buna göre doğalgaz sobaları hidrokarbon emisyonları açısından kazanlardan daha az kirlilik üreten bir yakma sistemi gibi görünmektedir.

Eskişehir ilinde, doğalgaza geçme aşamasında, sıvı yakıt yakan sistemlerden doğalgaz kazanına dönüştürme yaşanmamıştır. Ayrıca, uluslararası literatürden derlenen değerler doğalgaz yakan sistemlere göre tasarlanmış sistemlerden sağlanmıştır. O nedenle doğalgaz yakan kazanlardan kaynaklanan emisyonlarının hesaplanması için, uluslararası literatürden elde edilmiş emisyon faktörlerinin kullanılması uygun görülmüş, bu amaç için EPA (1998) tarafından elde edilmiş emisyon faktörleri seçilmiştir. Sobalı sistemler için ise, Durmaz ve ark. (1994b)'nin ürettikleri emisyon faktörlerinin kullanılmasının, Türkiye'nin gerçek koşullarını temsil etmesi açısından uygun olacağı düşünülmüştür.

Çizelge 4.14. Konut ısıtılmasına yönelik doğalgaz kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri, g/m^3

	Durmaz ve ark. 1994b	EPA1998 (http-10)	Devitt 1984	Perkins 1974
	Sobalar	Kazanlar	Kazanlar	Kazanlar
Verim	0,81	0,85	-	-
PM	0,138	0,280	0,122	0,240
SO ₂	0,017	0,017	0,01	0,01
CO	3,650	5,9	0,641	0,321
C_mH_n	0,645	17,4	0,125	0,128
NO _x	1,58	0,82	1,507	1,283

N: İhmal edilebilir düzeydedir.

Çizelge 4.15. Konut ısıtılmasına yönelik taş kömürü kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri, kg/ton

	Durmaz ve ark. 1994b		EPA 1998	Devitt 1984	Perkins 1974
	Sobalar	Kazanlar	Kazanlar	Kazanlar	Kazanlar
Verim	0,50	0,62	-	-	-
PM	2	1,45	5,00	4,54	2,00A-24,00A
SO ₂	4	4,60	19,50S	17,18S	17,25S
NO _x	2,3	1,63	1,50	1,36	3,63
C _m H _n	0,2	58,10	TOC: 0,15,CH ₄ : 4	1,13	4,54
CO	38	15,70	0,30	40,86	22,70

S: Yakıttaki kükürt yüzdesi, A: Yakıttaki kül yüzdesi

Çizelge 4.16. Konut ısıtılmasına yönelik linyit kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri, kg/ton

	Durmaz.	ve	ark.	EPA 1998	Devit 1984	Perkins 1974
	1994b *					
	Sobalar	Kazanlar	Kazanlar	Kazanlar	Kazanlar	Kazanlar
Verim	0,50	0,55	-	-	-	-
PM	3	28,80	7,5	9,08	2,00A-24,00A	
SO ₂	12	32,20	15,50S	17,18S	17,25S	
NO _x	2,1	2,00	4,55	1,36	3,63	
C _m H _n	0,5	23,20	CH ₄ =2,5,TNMOC=5	9,08	4,54	
CO	25	263,00	137,5	40,86	22,70	

S: Yakıttaki kükürt yüzdesi, A: Yakıttaki kül yüzdesi, *: Linyit verileri Soma linyitine aittir.

İthal kömür ve taş kömürü için yaklaşık % 3 kül ve % 1,26 kükürt oranı kabul edilerek PM ve SO₂ emisyon faktörleri karşılaştırıldığında, Durmaz, ve ark. (1994b) tarafından yapılan çalışmadaki emisyon değerleri diğer kaynaklardakinden PM için yaklaşık 1/3 oranında, SO₂ için ise 4,7 daha küçük olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, yaklaşık % 10 kül oranı ve % 1,5 kükürt oranı kabul edilerek linyit için PM ve SO₂ emisyon faktörleri karşılaştırıldığında ise, Durmaz ve ark. (1994b)'nin çalışmasındaki emisyon faktörü değerlerinin diğerlerinden PM için yaklaşık 3,5 kat daha büyük olduğu, ve SO₂ değerlerinin ise diğer kaynaklardan elde edilen değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17.Konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri (EPA, 1998 ve Durmaz ve ark., 1994)

Kirlenici	Doğalgaz		İthal kömür		Soma linyiti	
	Sobalar (g/m ³)	Kazanlar (g/m ³)	Sobalar (kg/ton)	Kazanlar (kg/ton)	Sobalar (kg/ton)	Kazanlar (kg/ton)
PM*	0,138	0,122	2	5	3	40
SO ₂	0,017	0,01	4	25,93	12	24,37
CO	3,650	0,641	38	0,3	25	137,5***
VOC**	0,645	0,125	0,2	4	0,5	0,015
NO _x	1,58	1,507	2,3	1,5	2,1	2,9

* Kazanlı sistemler için PM emisyonlarının hesaplanmasında, doğalgaz için toplam (filtre edilebilir+yoğuşabilir) partikül madde, kömürler için ise uygun veriler bulunmadığından yalnızca filtre edilebilir partikül madde emisyon faktörleri kullanılmıştır. ** Kazanlı sistemler için VOC emisyonlarının hesaplanmasında, doğalgaz için CH₄+VOC, ithal kömür için CH₄ ve Soma linyiti için TNMOC değerleri alınmıştır. *** Soma linyiti için CO emisyon faktörü değeri bulunamadığından bitümlü-yarı bitümlü kömürler için verilen değer kullanılmıştır.

Sonuç olarak, bu tez kapsamında kömür ve doğalgazın sobalarda yakılması durumu için, Durmaz ve arkadaşlarının (1994) çalışmasındaki emisyon faktörü değerleri ve kazanlı yakma sistemleri için ise EPA (1998) emisyon faktörü değerleri esas alınmıştır. Bu çalışma kapsamında, konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımından kaynaklanan hava kirlenici emisyonlarının hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri Çizelge 4.17’de, toplu olarak gösterilmiştir.

Emisyon tahminlerinde kullanılan emisyon faktörlerinin, yakıttan elde edilen birim ısı başına yayılan kirlenici kütlesi cinsinden gösterildiği Çizelge 4.18’de, doğalgaz için seçilen emisyon faktörlerinin kömüre göre oldukça düşük olduğu görülmektedir. Emisyon faktörlerinden, doğalgaz için sobalı sistemlerin (tüm kirleniciler için) kazanlı sistemlere göre ve Soma linyiti için de kazanlı sistemlerin (PM, SO₂, CO ve NO_x için) sobalı sistemlere göre daha fazla emisyon neden olduğu görülmektedir. PM, SO₂, CO ve NO_x kirlenicileri için en yüksek emisyon faktörleri Soma linyitinin kazanlarda yakıldığı durum için görülmektedir. Doğalgaz için PM emisyon faktörlerinin SO₂’den daha yüksek olması dikkat çekicidir. Soma linyitinin kazanlarda yakıldığı durum için de PM emisyon faktörleri SO₂’den daha yüksektir ve ayrıca bu durum için verilen VOC emisyon faktörü de son derece düşüktür.

Çizelge 4.18. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri (g / 10⁶ kcal) (http-10 ve Durmaz ve ark. 1994)

Kirlenici	Doğalgaz		İthal kömür		Soma linyiti	
	Sobalar	Kazanlar	Sobalar	Kazanlar	Sobalar	Kazanlar
PM	17	15	308	769	667	8.889
SO ₂	2	1	615	3.989	2.667	5.416
CO	442	78	5.846	46	5.556	30.556
VOC	78	15	31	615	111	3
NO _x	192	183	354	231	467	644

Çizelge 4.19. Trafik kaynaklı hava kirliliği için emisyon faktörleri (CORINAIR)

Araç özellikleri				Emisyon faktörü, g/km					Yakıt kullanımı (g/km)
Araç türü	Yakıt türü	Araç ağırlığı (ton)	Ort. hız (km/s)	PM	SO ₂ **	CO	VOC	NO _x	
Otomobil	Benzin	< 3,5	50	0,029*	0,111	1,688	0,135	0,314	55,74
	LPG	< 2,5	50	0,029**	0,006	1,135	0,163	0,313	46,37
	Dizel	< 2,5	50	0,043	0,664	0,282	0,057	0,579	47,48
Minibüs	Dizel	< 3,5	40	0,07	0,964	0,393	0,13	1,138	68,86
Otobüs	Dizel	> 3,5	40	0,52	3,904	3,783	0,359	13,16	278,99
Kamyonet	Dizel	< 3,5	40	0,07	0,964	0,393	0,13	1,138	68,86
Kamyon	Dizel	3,5 - 7,5	40	0,335	1,212	2,876	1,576	2,93	86,58
		7,5 - 16	40	0,66	2,449	2,876	1,576	6,055	174,9

* PM için CORINAIR'da emisyon faktörü değeri bulunamadığından Atımtay ve arkadaşlarının (1995) çalışmasında kullanılan emisyon faktörü değeri esas alınmıştır. ** LPG ile çalışan araçlar için spesifik bir PM emisyon değerine rastlanmadığı için benzinli araçlar için verilen PM emisyon faktörü değeri esas alınmıştır. *** SO₂ emisyon faktörleri yakıttaki kükürtün tamamının SO₂'ye dönüştüğü varsayımıyla (2*(%S)*Yakıt Tüketimi (g/km) stokiyometrik formülünden) hesaplanmıştır.

4.3.2. Trafik kökenli kirlilik kaynakları için emisyon faktörleri

Motorlu taşıtlardan salınan kirlenici miktarları aracın türü, yaşı, tükettiği yakıt, ortalama hızı gibi bir çok parametreye bağlıdır. O nedenle her araç türüne emisyon faktörleri önemli ölçüde farklılık göstermektedir.

Trafik kökenli emisyonların tahmininde, araçların tükettikleri yakıt cinsi ile ağırlıklarına göre sınıflandırıldığı, g/km cinsinden ve araç hızının fonksiyonu şeklinde verilen CORINAIR (http-11) emisyon faktörleri (Çizelge 4.19) kullanılmıştır. Emisyon faktörlerinin hesaplanması için gerekli hız değerleri araç kullanıcıları ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiş, şehir içi trafiğinde otomobiller için 50 km/saat ve dizelli araçlar için 40 km/saat ortalama hız kabul edilmiştir. Yine emisyon faktörlerinin belirlenebilmesi için, yapılan görüşmeler sonucunda otomobillerin önemli kısmının EURO 1 direktiflerine uygun ve 1992

yılı sonrası üretilmiş olduğu ve silindir hacimlerinin 1400-2000 cm³ aralığında olduğu belirlenmiştir.

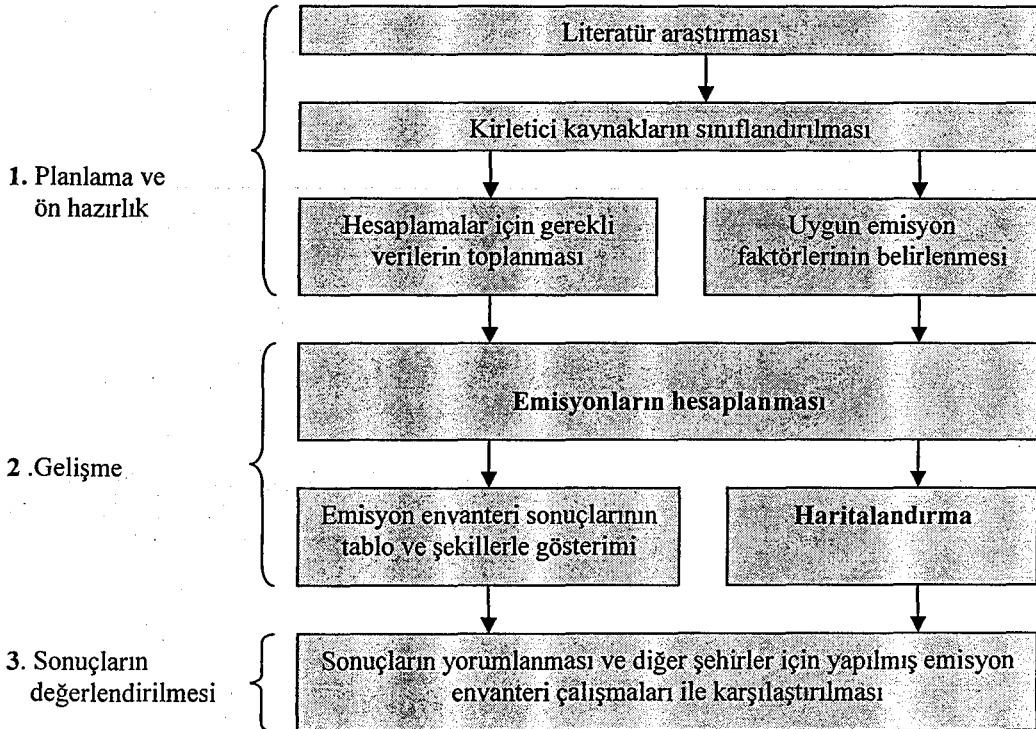
4.3.3. Sanayi tesislerindeki yakıt tüketimi için emisyon faktörleri

Sanayi tesislerinde enerji elde etmek amacıyla yakıt yakılmasından kaynaklanan emisyonların belirlenmesinde, henüz Türkiye’de faaliyet gösteren endüstriyel faaliyetler için türetilmiş özel emisyon faktörlerinin bulunmaması nedeniyle, EPA (1998) emisyon faktörleri (Çizelge 4.20) kullanılmıştır.

Çizelge 4.20. Sanayi tesislerinde doğalgaz kullanımı ile ilgili emisyon faktörleri (EPA 1998)

Yakma tesisinin ısı kapasitesi, (MW)	PM [*] (g/m ³)	SO ₂ (g/m ³)	CO (g/m ³)	VOC (g/m ³)	NO _x (g/m ³)
< 29	0,122	0,01	1,344	0,125	3,04
> 29	0,122	0,01	1,344	0,125	1,6

* PM emisyonlarının hesaplanmasında, doğalgaz için toplam (filtre edilebilir+yoğuşabilir) partikül madde emisyon faktörleri kullanılmıştır.



Şekil 4.5. Çalışmanın adımları

4.4. Çalışmada Uygulanan Metodoloji

Temelde emisyon envanterinin hazırlanması ve kirlilik haritalarının oluşturulması olmak üzere iki kısımdan meydana gelen bu çalışmanın oluşturulması sırasında, Şekil 4.5’de gösterilen üç aşamalı yol izlenmiştir.

4.4.1. Emisyon envanterinin hazırlanması

Bu çalışmada daha çok yanma kökenli emisyonlar esas alınmıştır. Envanter çalışmasına konu olan çalışma alanı (Şekil 4.1) ve bu alan içinde dikkate alınan hava kirleticiler, alan kaynaklar (konutlar, şehir içindeki ana kara ulaşımı yolları dışındaki trafik kökenli emisyon kaynakları), çizgisel kaynaklar (şehir içindeki ana kara ulaşımı yolları) ve noktasal kaynaklar (şehir içinde kalan ve dağınık halde bulunan sanayi ve sanayi dışı kuruluşlar, EOSB’ndeki doğalgaz tüketimi büyük olan kuruluşlar) olmak üzere üç kategoride incelenmiştir.

Konutsal ısıtma süreçlerinden kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında, bina bazında ısıtma sistemleri ile kullanılan yakıt tür ve miktarları dikkate alınmış ve hesaplamalar mahalle bazında yapılmıştır.

Sanayi tesislerinden atmosfere verilen kirleticiler miktarlarının hesaplanmasında, yalnızca yakıt kullanımına bağlı emisyonlar dikkate alınmış, doğrudan üretim işlemlerinden kaynaklanan ve prosese özel emisyonlar ile ilgili bir hesaplama bu çalışma kapsamına dahil edilmemiştir.

Trafikten kaynaklanan emisyonların hesaplanması kapsamında da, yalnızca motorlu karayolu taşıtlarının egzozlarından çıkan kirlilik incelenmiştir.

Öncelikle çalışma alanındaki trafiğe kayıtlı araç sayılarına ve farklı araç türleri için belirlenen yıllık katedilen toplam mesafe değerlerine göre çalışma alanının tümü için trafik kaynaklı emisyon hızları hesaplanmıştır. Çalışma alanında farklı araçlarca katedilen günlük mesafeler, Eskişehir için hazırlanan ulaştırma ana planından yararlanılarak ve araç kullanıcıları ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Resmi araçların hafta sonları ve resmi tatillerde trafikte olmadıkları düşünülerek, bu araçlar için yıllık katedilen mesafeler 250 gün/yıl üzerinden hesaplanmıştır. Diğer araçların yılın 365 günü trafikte olduğu düşünülmüştür.

Daha sonra, aşağıdan yukarı yaklaşım kullanılarak çalışma alanındaki trafiğin önemli kısmını üzerinde taşıyan ana caddelerin (Şekil 4.1) her biri için

toplam (ton/yıl) ve caddenin birim uzunluğu başına (ton/yıl-km) emisyon hızları hesaplanmıştır. Bunun için, gün içindeki trafiğin %13'ünü temsil eden ve trafik yoğunluğunun doruk seviyede olduğu, 18:00-19:00 saatlerindeki trafik yoğunluğu sayım sonuçları yardımıyla her caddeden geçen günlük araç sayıları bulunmuş, 365 gün/yıl üzerinden yıllık araç sayısına geçilmiştir. CBS programı (Geomedia Professional 4.0) kullanılarak hesaplanan cadde uzunluklarından bu caddeler üzerinde yıllık katedilen mesafe değeri belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında dikkate alınan kaynaklardan atmosfere salınan emisyonlar, emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır. Toplam kirletici emisyonlarının hesaplanması için kullanılan denklemler Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Toplam kirletici emisyonlarının hesaplanması için kullanılan denklemler

Eşitlik adı - Eşitlik

Eşitlik no

Genel Denklem

(4.3)

$$\text{Emisyon} = \left[\begin{array}{l} \text{birim üretim} \\ \text{veya tüketim} \end{array} \right] \times [\text{emisyon faktörü}] \times [\text{birim çevirme faktörü}]$$

(4.4)

Konut Isıtılmasında Doğalgaz Kullanımı

$$\text{Emisyon (ton/yıl)} = \left[\left(\begin{array}{l} \text{bireysel yakma sistemlerinde yakılan doğalgaz} \\ \text{miktarı (m}^3/\text{yıl) x emisyon faktörü (g/m}^3\text{)} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{kazanlı sistemlerde yakılan doğalgaz} \\ \text{miktarı (m}^3/\text{yıl) x emisyon faktörü (g/m}^3\text{)} \end{array} \right) \right] \times [1 \text{ ton /} 10^6 \text{ g}]$$

(4.5)

Konut Isıtılmasında Kömür Kullanımı

$$\text{Emisyon (ton/yıl)} = \left[\left(\begin{array}{l} \text{sobalı sistemlerde yakılan kömür} \\ \text{miktarı (ton/yıl) x emisyon faktörü (kg/ton)} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{kazanlı sistemlerde yakılan kömür} \\ \text{miktarı (ton/yıl) x emisyon faktörü (kg/ton)} \end{array} \right) \right] \times [1 \text{ ton /} 10^3 \text{ kg}]$$

Trafik Kökenli Emisyonlar

Alan Kaynaklar

(4.6)

$$\text{Emisyon (ton/yıl)} = \left[\begin{array}{l} \text{araç sayısı} \\ \text{(araç)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{yıllık katedilen mesafe} \\ \text{(km/yıl-araç)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{emisyon faktörü} \\ \text{(g/km)} \end{array} \right] \times [1 \text{ ton /} 10^6 \text{ g}]$$

Çizgisel Kaynaklar

(4.7)

$$\text{Emisyon (ton/yıl)} = \left[\begin{array}{l} \text{caddeden geçen günlük} \\ \text{araç sayısı (araç/gün)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{bir aracın katettiği cadde} \\ \text{uzunluğu (km/araç)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{emisyon faktörü} \\ \text{(g/km)} \end{array} \right] \times [1 \text{ ton /} 10^6 \text{ g}] \times [365 \text{ gün / yıl}]$$

Sanayi Tesisleri Tarafından Doğalgaz Kullanımı

(4.8)

$$\text{Emisyon (ton/yıl)} = \left[\begin{array}{l} \text{doğalgaz tüketimi} \\ \text{(m}^3/\text{yıl)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{emisyon faktörü} \\ \text{(g/m}^3\text{)} \end{array} \right] \times [1 \text{ ton /} 10^6 \text{ g}]$$

4.4.2. Haritalandırma

Emisyon envanterinin sonuçları Şekil 4.6'da gösterilen üç farklı yöntem kullanılarak haritalandırılmıştır.

İlk olarak; bir CBS yazılımı olan Geomedia Professional 4.0 ile öznitelikler oluşturulmuştur. Öznitelikler oluşturulurken, mahalleler poligon, yollar çizgi ve noktasal kaynaklar da nokta olarak tanımlanmıştır. Mahalleler, yollar ve noktasal kaynaklardan yayılan ve sırasıyla ton/yıl-km², ton/yıl-km ve ton/yıl cinsinden hesaplanan emisyon hızları, veritabanı sorgulaması yapılarak verilen emisyon aralıklarına göre renklendirilmiştir.

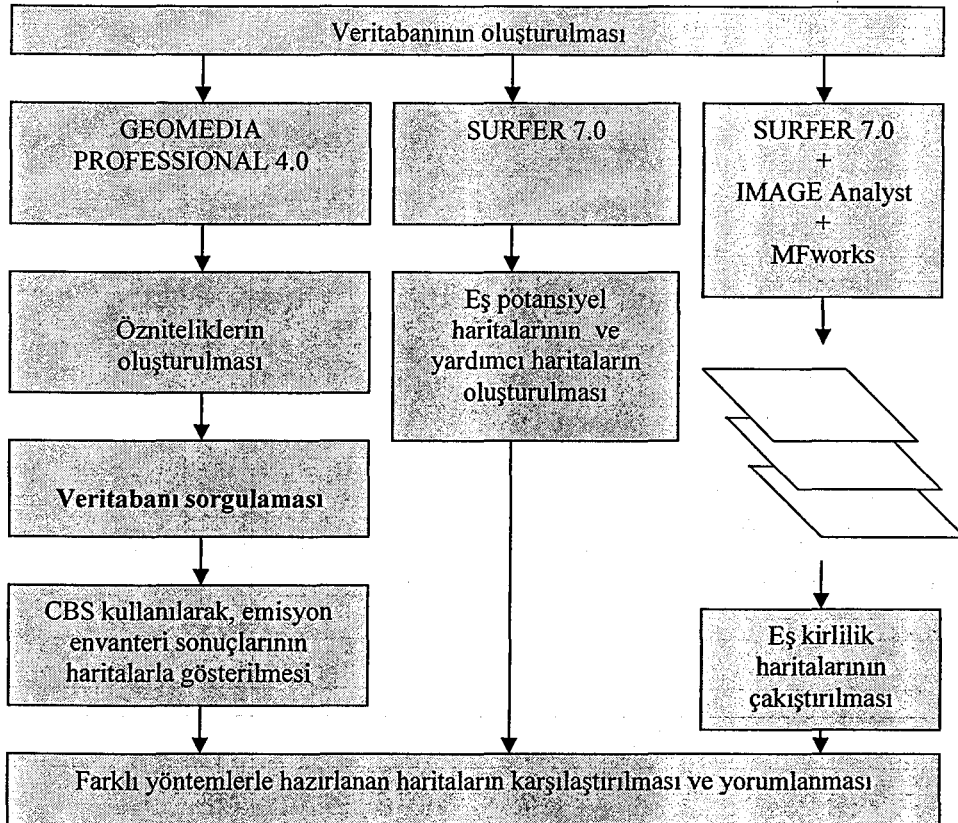
Bunun yanında, mahalle bazında hesaplanan, konut ısıtılması ve trafikten kaynaklanan toplam emisyonların km² başına düşen yoğunluk değerlerine göre, enterpolasyon yoluyla eş potansiyel eğrileri oluşturulmuştur. Bunun için Goldensoftware Surfer 7.0 kullanılmış, emisyon yoğunluğu değerleri mahallelerin orta noktalarına atanarak noktalar arası enterpolasyon yapılmıştır. Şehirden uzaklığı nedeniyle enterpolasyon sonuçlarında büyük oranda sapmaya neden olacağından 75.Yıl mahallesinin emisyon değerleri eş potansiyel eğrilerinin oluşturulmasında kullanılmamıştır. EOSB'de, konut ısıtılmasına yönelik yakıt tüketiminden kaynaklanan bir kirlilik meydana getirmediği için, eş potansiyel eğrilerinin oluşturulmasında kullanılmamıştır.

Çalışma alanındaki trafik kökenli emisyonların tümü, Eskişehir Ulaştırma Ana Planı (2003) kapsamında gerçekleştirilen ve mahalleler arası günlük yolculuk sayılarını veren anketin sonuçlarına göre mahallelere dağıtılmıştır.

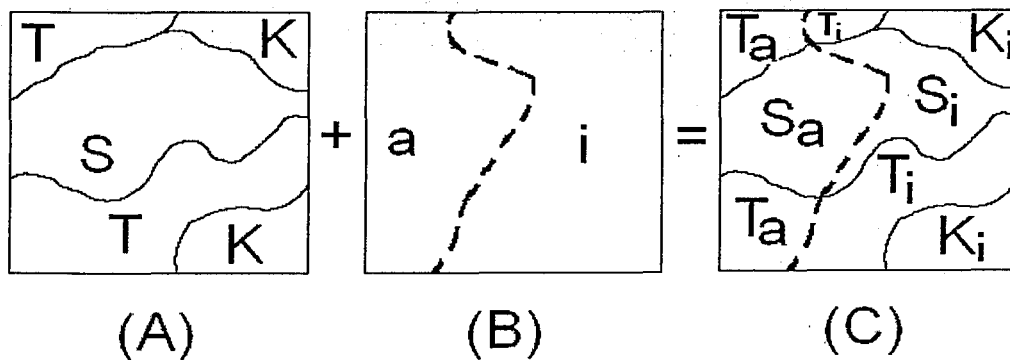
Oluşturulan kirlilik haritalarının yakıt kullanım, nüfus ve trafik yoğunluğu özelliklerine göre yorumlanabilmesi için; çalışma alanında kömür ve doğalgaz kullanımının dağılımı, nüfus dağılımı ve yapılan günlük yolculukların dağılımı ile ilgili konturlama haritaları yine Surfer 7.0 kullanılarak oluşturulmuştur.

Üçüncü aşamada Surfer 7.0 ile hazırlanan ve aynı ölçekte üretilen 3 çeşit haritanın (konut ısıtılmasına yönelik doğalgaz kullanımından, kömür kullanımından ve trafikten kaynaklanan ton/yıl-km² cinsinden emisyon yoğunluğu haritaları) Image Analyst ve MFworks kullanılarak üst üste çakıştırılmasıyla (overlay) (Şekil 4.7 ve 4.8) kirlilik haritaları elde edilmiştir.

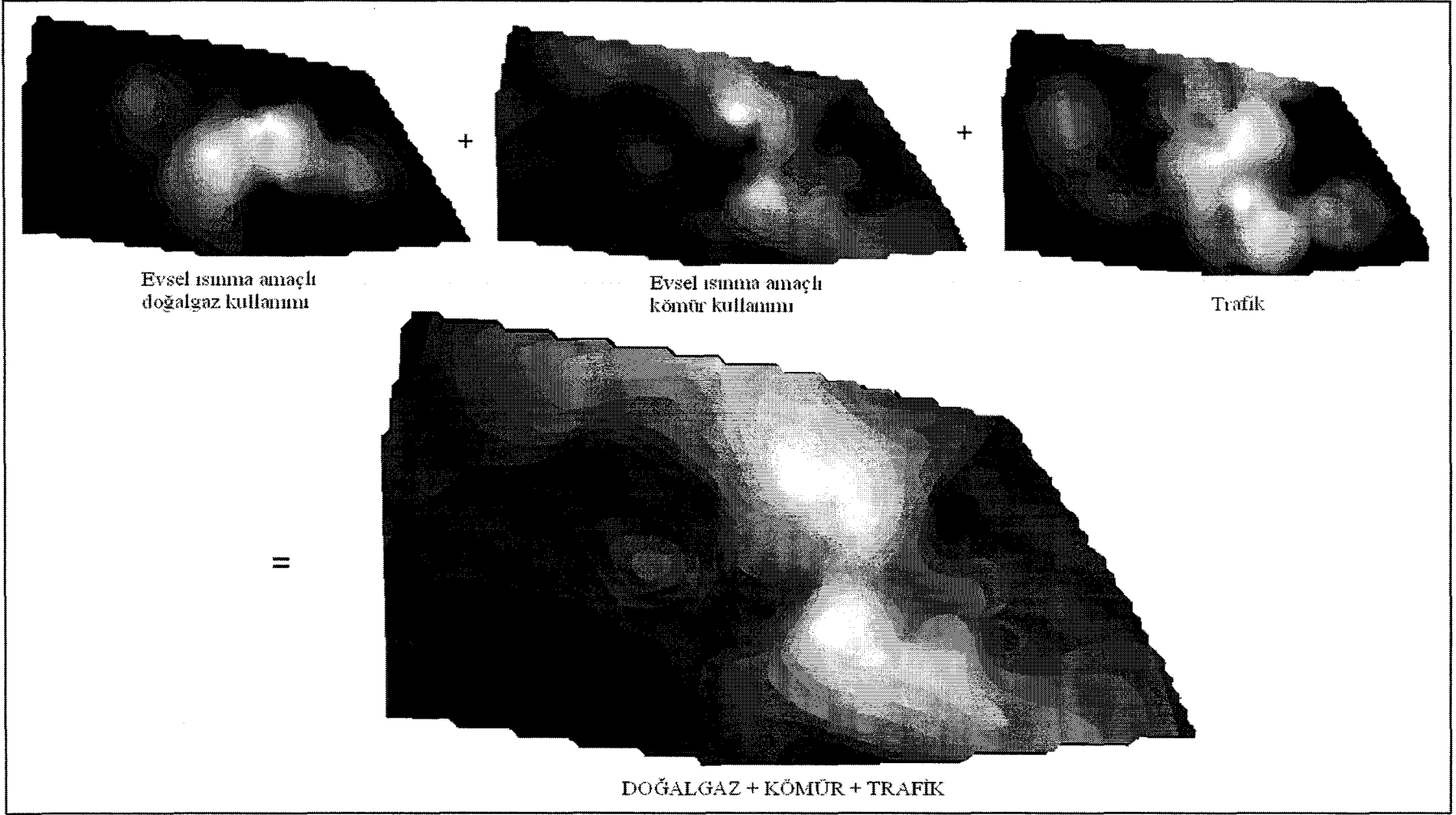
Hazırlanan haritalarda çok yaygın olarak kullanılan bir koordinat sistemi olan Universal Transverse Mercator (UTM) koordinat sistemi kullanılmıştır. Bu koordinat sisteminde dünya bir kutuptan diğerine her kutupta 6 meridyen bulunan ve zon olarak adlandırılan 60 dilime bölünmüştür. UTM projeksiyon sisteminde Eskişehir 36. zonda yer almaktadır.



Şekil 4.6. Hava kirliliği emisyon haritalarının oluşturulmasında izlenen metodoloji



Şekil 4.7. CBS'de çakıştırma (overlay) işlemi (Turoğlu 2000)



Şekil 4.8. Çalışma alanı içindeki toplam emisyonların dağılımının kaynak bazında hazırlanan eş potansiyel eğrilerinin çakıştırılması ile elde edilişi (ton / km²-yıl)

5. BULGULAR

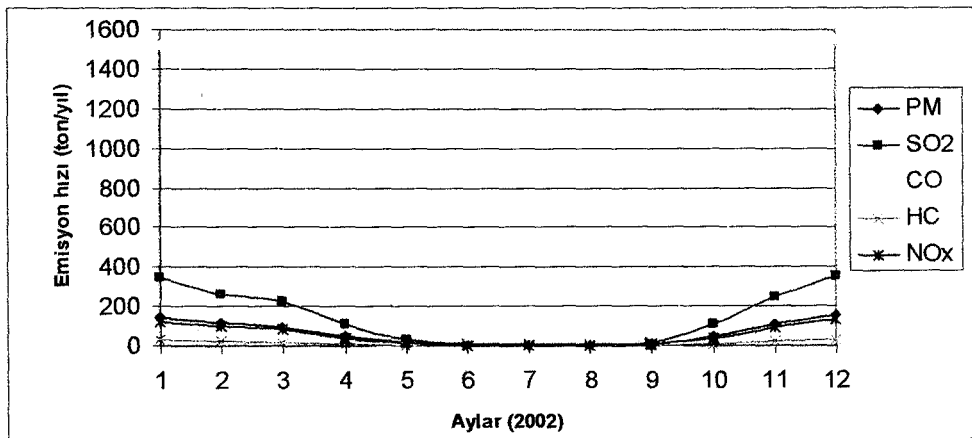
5.1. Konutsal Isıtma Süreçlerinden Kaynaklanan Emisyonlar

Yakıt tüketim miktarları, ısıtma sistemleri ve emisyon faktörleri ile ilgili veriler kullanılarak, 4.4 ve 4.5 numaralı eşitliklere göre hesaplanan mahalle bazındaki konutsal ısıtma kaynaklı emisyonlar EK-8 ve EK-9'da verilmiştir. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımından kaynaklanan toplam emisyonların hızları ise Çizelge 5.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 5.1. Konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonlar, ton/yıl

	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Doğalgaz	14	1	198	36	162
İthal kömür	322	820	5.067	71	323
Soma linyiti	406	900	2.337	32	150
Toplam	741	1.721	7.601	139	636

Çalışma alanındaki kömür tüketiminin aylara bağlı değişimi bilinmediğinden, aylık kömür kullanım miktarları doğalgaz için ESGAZ'dan elde edilen aylık kullanım oranlarına (Bkz. Çizelge 4.7) benzetilmiştir. Buna göre, konut ısıtılmasına yönelik yakıt kullanımından kaynaklanan emisyonların aylara bağlı değişimleri Şekil 5.1'de verilmektedir. Tüm kirleticiler için en yüksek emisyonların, yakıt tüketiminin en yüksek düzeyde olduğu Aralık ve Ocak aylarında meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 5.1. Konut ısıtılmasından kaynaklanan emisyonların aylık dağılımları

5.2. Trafik Kökenli Emisyonlar

Çalışma alanındaki trafiğe kayıtlı motorlu araç sayılarından yola çıkılarak ve 4.6 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanan araç tiplerine bağlı trafik kökenli emisyonlar EK-10'da ayrıntılı olarak verilmekte ve Çizelge 5.2'de özetlenmektedir.

Çizelge 5.2. Çalışma alanı içinde trafik kökenli toplam emisyonlar, ton/yıl

Araç türü	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Otomobil	10	34	556	51	114
Minibüs	2	29	12	4	35
Otobüs	47	356	345	33	1.201
Kamyonet	14	193	78	26	227
Kamyon	36	132	223	122	324
Toplam	110	744	1.214	235	1.901

Çalışma alanında çizgisel kaynak olarak ele alınan 27 adet cadde için, bu caddeler üzerindeki 33 noktada gerçekleştirilen araç sayım sonuçları ve 4.7 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanan (aşağıdan yukarı yaklaşım) emisyonlar ise Çizelge 5.3'de verilmiştir. Ayrıca, bu yaklaşımla belirlenen emisyon tahminleri için örnek hesaplama EK-11'de sunulmaktadır.

Çizelge 5.3. Çizgisel kaynaklardan yayılan trafik kökenli emisyonlar, ton/yıl

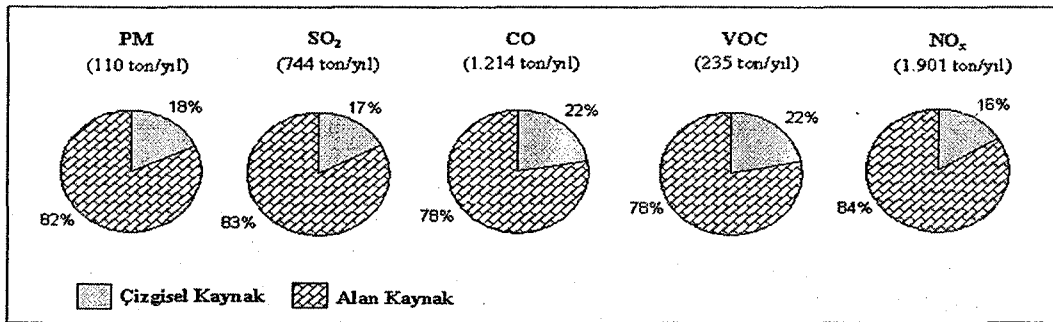
Araç türü	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Otomobil	3	9	160	14	32
Minibüs	2	27	11	4	32
Otobüs	6	46	45	4	156
Kamyonet	1	16	7	2	19
Kamyon	8	29	48	26	70
Toplam	20	127	270	51	308

Çizelge 5.4. Alan kaynaklardan yayılan trafik kökenli emisyonlar, ton/yıl

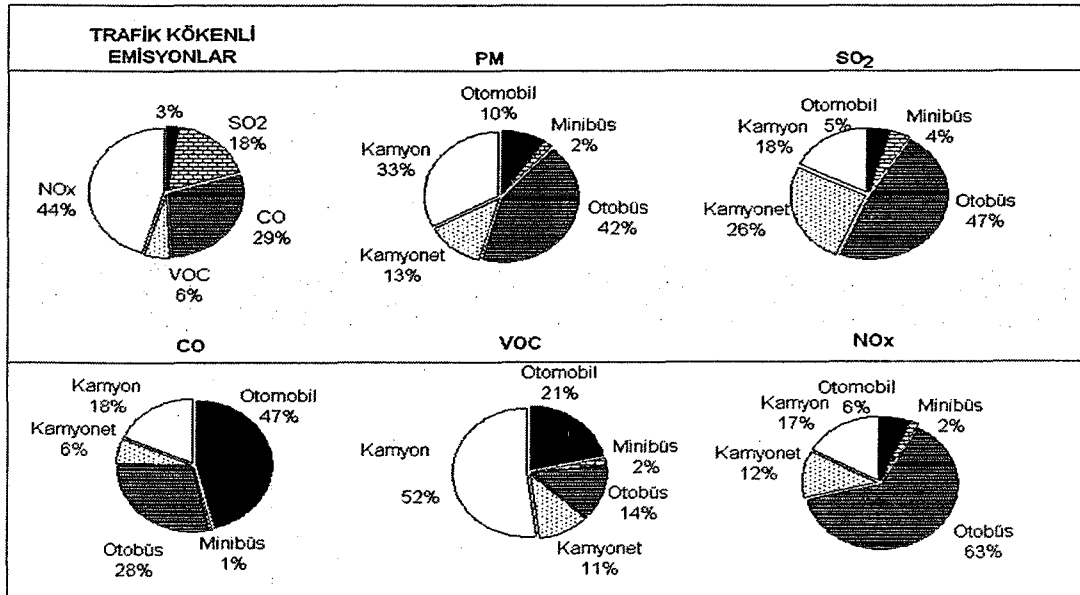
Araç türü	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Otomobil	8	24	396	36	82
Minibüs	0,2	3	1	0,4	3
Otobüs	41	310	300	28	1.045
Kamyonet	13	177	72	24	208
Kamyon	28	104	175	96	254
Toplam	90	617	944	185	1.592

Alan kaynaklar (çalışma alanında çizgisel kaynak olarak ele alınan 27 cadde dışındaki tüm trafik kökenli kirletici kaynaklar)dan yayılan trafik kökenli emisyonlar, araç sayılarına göre hesaplanan toplam emisyonların çizgisel kaynaklar için hesaplanan emisyonlardan çıkarılmasıyla bulunmuş ve Çizelge 5.4'de gösterilmiştir.

Çizgisel kaynak olarak incelenen ve kent trafiğinin önemli kısmını üzerinde taşıyan 27 büyük cadde, çalışma alanındaki trafik kökenli kirliliğin ortalama %20'sinden sorumludur (Şekil 5.2) ve yine çalışma alanında motorlu taşıt araçlarının bir yıl boyunca katettiği mesafenin %23'ü bu caddeler üzerinde gerçekleşmektedir (Şekil 5.4.c ve 5.4.d).



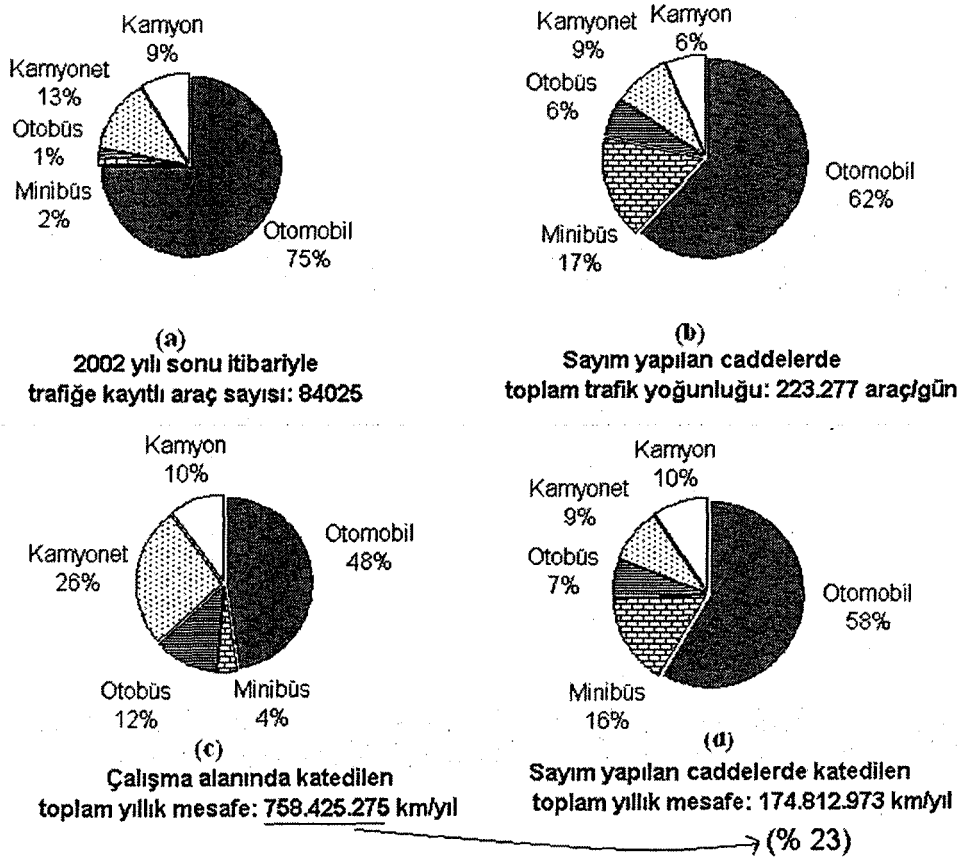
Şekil 5.2. Çizgisel ve alan kaynakların trafik kökenli emisyonlara katkıları



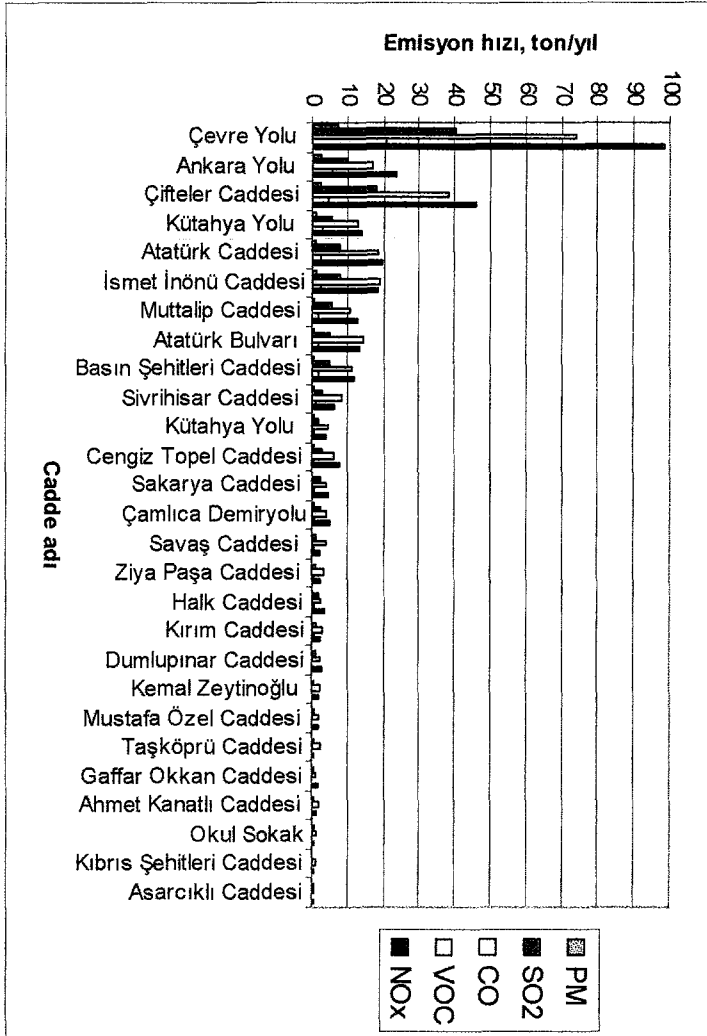
Şekil 5.3. Trafik kökenli emisyonların kirletici bazında ve araç bazında dağılımları

Şekil 5.3'den PM, SO₂ ve NO_x emisyonlarının meydana gelmesinde dizel yakıt kullanan araçların (özellikle otobüslerin) önemli rol oynadıkları görülmektedir. Bu üç kirleticinin oluşumunda sırasıyla %42, %47 ve %63'lük payla otobüsler en önemli trafik kökenli emisyon kaynağıdır. Ayrıca, CO emisyonlarının meydana gelmesinde otomobillerin ve VOC emisyonlarında kamyonların önemli katkısının olduğu görülmektedir.

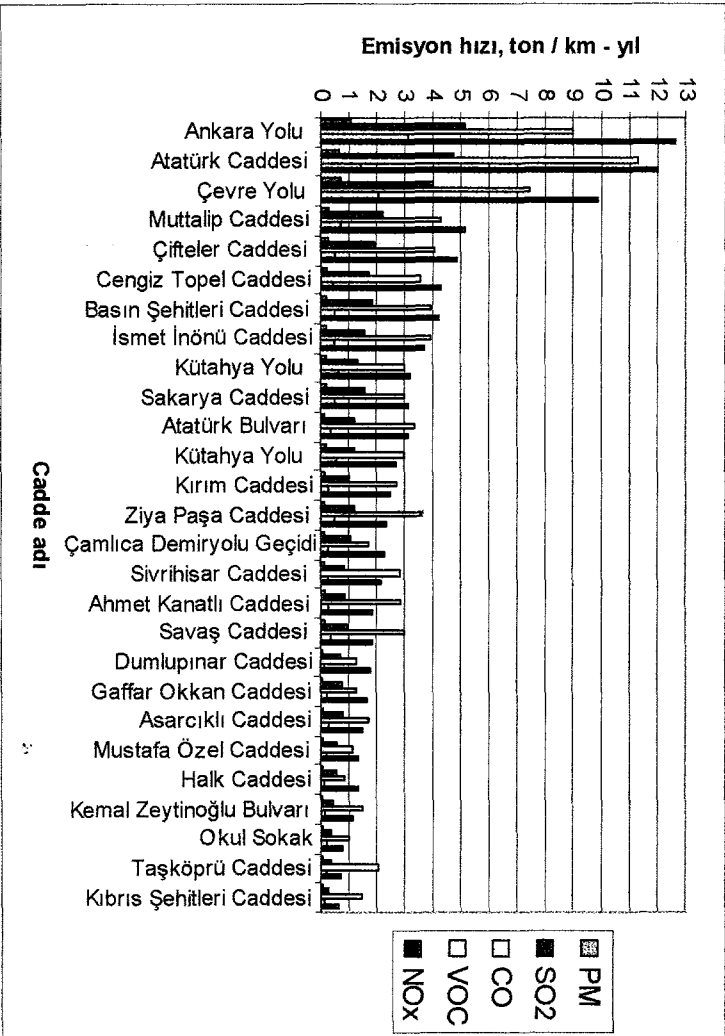
Kent içinde trafiğe kayıtlı araçların (Şekil 5.4.a) ve gün içinde trafikte dolaşım halinde olan araçların (Şekil 5.4.b,c,d) büyük kısmını otomobiller oluşturmasına rağmen, trafik kökenli kirliliğe en yüksek düzeyde katkı otobüslerden gelmektedir.



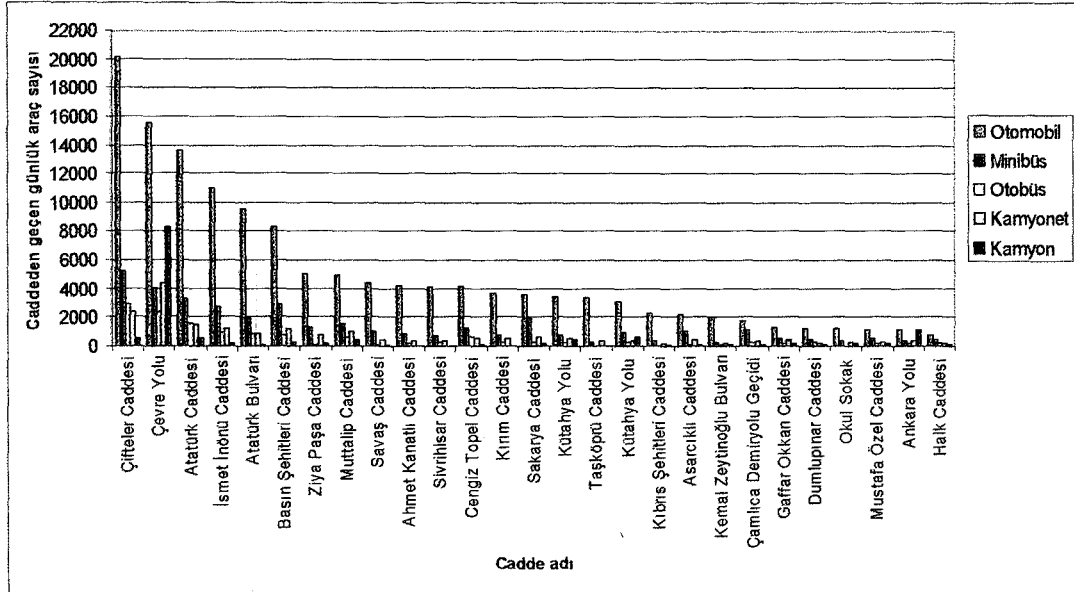
Şekil 5.4. Çalışma alanı içinde trafiğe kayıtlı taşıtların türlerine göre dağılımı (a); Trafik sayım sonuçlarına göre her taşıt türünün trafikteki yoğunluğu (b); Çalışma alanında katedilen yıllık mesafenin taşıt türlerine göre dağılımı (c); Araç sayımı yapılan 27 caddede katedilen yıllık mesafenin taşıt türlerine göre dağılımı (d).



Şekil 5.5. Çizgisel kaynak olarak ele alınan caddelerden yayılan trafik kökenli emisyonlar, ton/yıl



Şekil 5.6. Çizgisel kaynak olarak ele alınan caddelerden yayılan birim cadde uzunluğu başına emisyonlar, ton/km-yıl



Şekil 5.7. Çizgisel kaynak olarak ele alınan caddelerin araç türlerine göre trafik yoğunlukları, araç/gün

Çizgisel kaynak olarak ele alınan caddelerden yayılan trafik kökenli emisyonlara bakıldığında, yaklaşık 10 km'lik bir kısmı çalışma alanının içinden geçen çevre yolunun en fazla emisyona neden olan çizgisel kaynak olduğu görülmektedir (Şekil 5.5). Çevre yolu çalışma alanındaki trafik kökenli VOC emisyonlarının yaklaşık %9'undan ve kent içinde ele alınan kaynaklardan yayılan toplam VOC emisyonlarının da %5.15'inden sorumludur.

Şekil 5.6'da, birim cadde uzunluğu başına en yüksek emisyonların Ankara Yolu, Atatürk Caddesi ve çevre yolundan yayıldığı görülmektedir. Araç türlerine göre trafik yoğunluğu bilgilerinin verildiği Şekil 5.7'de ise, yüksek emisyonların görüldüğü Çevre Yolu ve Ankara Yolu'nda kamyon trafiğinin, Çifteler Caddesi'nde ise minibüs trafiğinin yoğun olduğu dikkat çekmektedir.

5.3. Sanayi Sektöründe Yanmadan Kaynaklanan Emisyonlar

Sanayi kuruluşlarının doğalgaz tüketim verileri ve 4.8 numaralı eşitlik kullanılarak, doğalgaz kullanımı önemli oranda olan bazı büyük kuruluşlar ve EOSB'ndeki yakıt kullanımından kaynaklanan doğalgaz emisyonları Çizelge 5.5'de verilmiştir. Eskişehir Endüstriyel Enerji doğalgaz çevrim santrali, EOSB'ndeki yanma kökenli emisyonlara önemli oranda katkıda bulunmaktadır.

Çizelge 5.5.EOSB’ndeki kuruluşlardan yayılan yanma kökenli emisyonlar, ton/yıl

Kirletici Kaynak	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
EEE	8,43	0,69	92,87	8,64	110,56
Toprak Seniteri	4,73	0,39	52,13	4,85	62,06
Paşabahçe Schott	2,01	0,17	22,19	2,06	50,18
Toprak Santral	1,58	0,13	17,40	1,62	39,36
Arçelik	1,24	0,10	13,66	1,27	30,90
Toprak İzolasyon	0,61	0,05	6,70	0,62	15,15
Eti Gıda	0,46	0,04	5,06	0,47	11,44
Pınar Süt	0,42	0,03	4,58	0,43	10,35
Tam Gıda	0,41	0,03	4,47	0,42	10,12
Endel Kiremit	0,34	0,03	3,71	0,35	8,40
Sarar	0,25	0,02	2,71	0,25	6,14
Diğer sanayi kuruluşları	1,85	0,15	20,40	1,90	46,14
Tüm EOSB	22,3	1,8	245,9	22,9	400,8

HKKY’nde EK-2’de verilen ve tesisin civarında ölçüm yapılmasını gerektiren kütleli emisyon sınır değerleri hiç bir tesis için aşılmamaktadır, ancak, EK-11’de verilen ve bir tesiste yazıcı ölçü aletleri ile sürekli olarak ölçüm yapılmasını gerektiren kütleli emisyon sınır değerlerinin EEE doğalgaz çevrim santralinde ve Toprak Seniteri işletmesinde, CO kirleticisi (5 kg/saat) için aşıldığı görülmektedir¹.

5.4. Noktasal Kaynaklardan Yayılan Emisyonlar

Noktasal kaynak olarak incelenen, şehir içindeki doğalgaz kullanımı önemli oranda olan bazı büyük sanayi kuruluşları ve kamu kurumlarından kaynaklanan emisyonlar 4.8 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 5.6’da verilmiştir. HKKY’nde EK-2’de verilen ve tesisin civarında ölçüm yapılmasını gerektiren kütleli emisyon sınır değerleri hiç bir tesis için aşılmamaktadır, ancak, EK-11’de verilen ve bir tesiste yazıcı ölçü aletleri ile sürekli olarak ölçüm yapılmasını gerektiren kütleli emisyon sınır değerlerinin Cumhuriyetin ilk yıllarında kurulan ve zamanla yerleşim alanlarının içinde kalan Eskişehir Şeker Fabrikası’nda, CO kirleticisi (5 kg/saat) için aşıldığı görülmektedir².

¹⁾ Ton/yıl cinsinden hesaplanan emisyon hızı değerleri, kg/saat cinsinden emisyonlara dönüştürülürken, EEE doğalgaz çevrim santralinde yılın 365 günü ve günün 24 saati, Toprak Seniteri karo üretim fabrikası ile diğerlerinde ise yılın 330 günü ve günün 24 saati yakıt yakıldığı kabul edilmiştir.

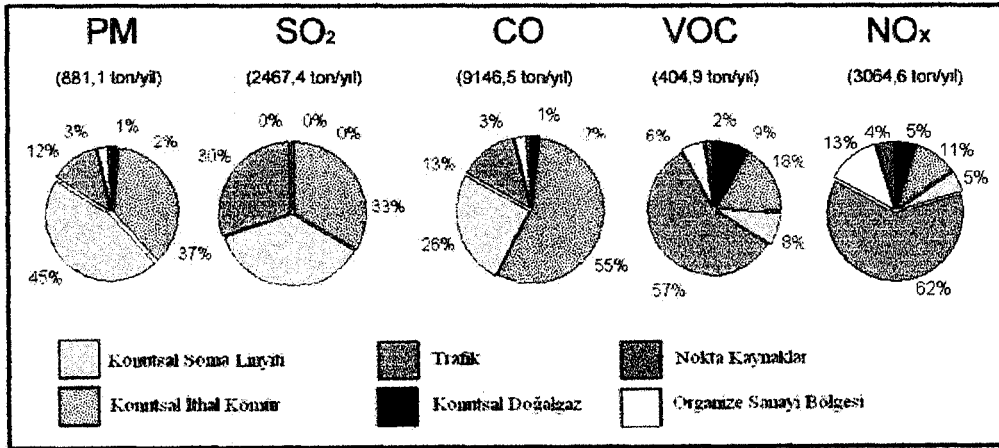
²⁾ Eskişehir Şeker Fabrikası’nda üretim süresinin kısıtlı olması nedeniyle yılın 150 günü ve günün 24 saati; doğalgaz ısıtma amaçlı kullanan Eskişehir Otogarı, Anadolu Üniversitesi Yunussemre Kampusu ve Osmangazi Üniversitesi’nde yılın 150 günü ve günün 24 saati ve diğer nokta kaynaklarda yılın 330 günü ve günün 24 saati yakıt yakıldığı kabul edilmiştir.

Çizelge 5.6. Kent içindeki noktasal kaynaklardan yayılan yanma kökenli emisyonlar, ton/yıl

Kirletici Kaynak	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Eskişehir Şeker Fabrikası	5,7	0,5	62,4	5,8	74,2
TÜLOMSAŞ	0,62	0,05	6,78	0,63	15,33
Osmangazi Üniversitesi	0,49	0,04	5,36	0,50	12,13
A.Ü.Yunus Emre Kampusu	0,47	0,04	5,18	0,48	11,73
Kılıçoğlu	0,39	0,03	4,35	0,40	9,84
TUSAŞ	0,09	0,01	1,02	0,09	2,30
Eskişehir Otogar	0,05	0,00	0,54	0,05	1,23
Toplam	7,8	0,6	85,6	8,0	126,8

Çizelge 5.7. Çalışma alanı içinde yanma kökenli tüm kaynaklardan yayılan toplam emisyonlar, ton/yıl

Kirletici Kaynak	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Evsel Toplam	741	1.721	7.601	139	636
Doğalgaz	14	1	198	36	162
İthal kömür	322	820	5.067	71	323
Soma linyiti	406	900	2.337	32	150
Trafik	110	744	1.214	235	1.901
Organize Sanayi Bölgesi	22,3	1,8	245,9	22,9	400,8
Noktasal Kaynaklar	7,8	0,6	85,6	8,0	126,8
Toplam	881,1	2.467,4	9.146,5	404,9	3.064,6



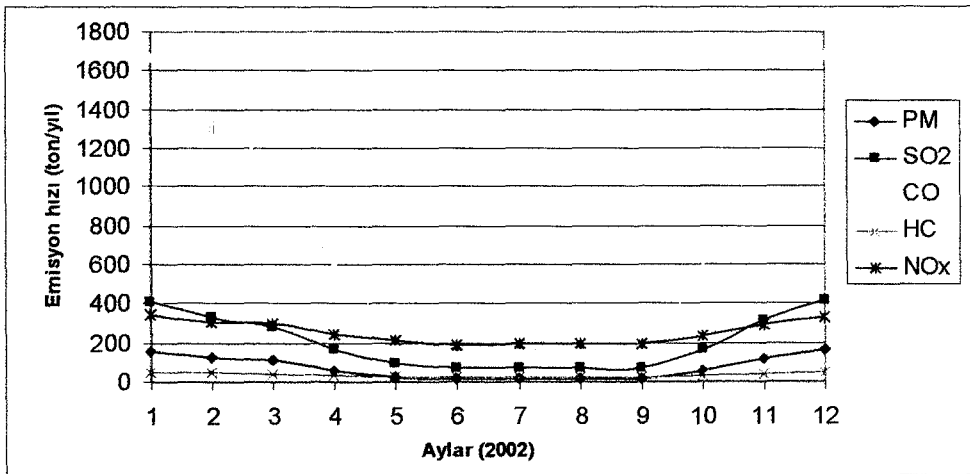
Şekil 5.8. Kirletici emisyonların kaynaklara göre dağılımı

5.5. Toplam Emisyonlar

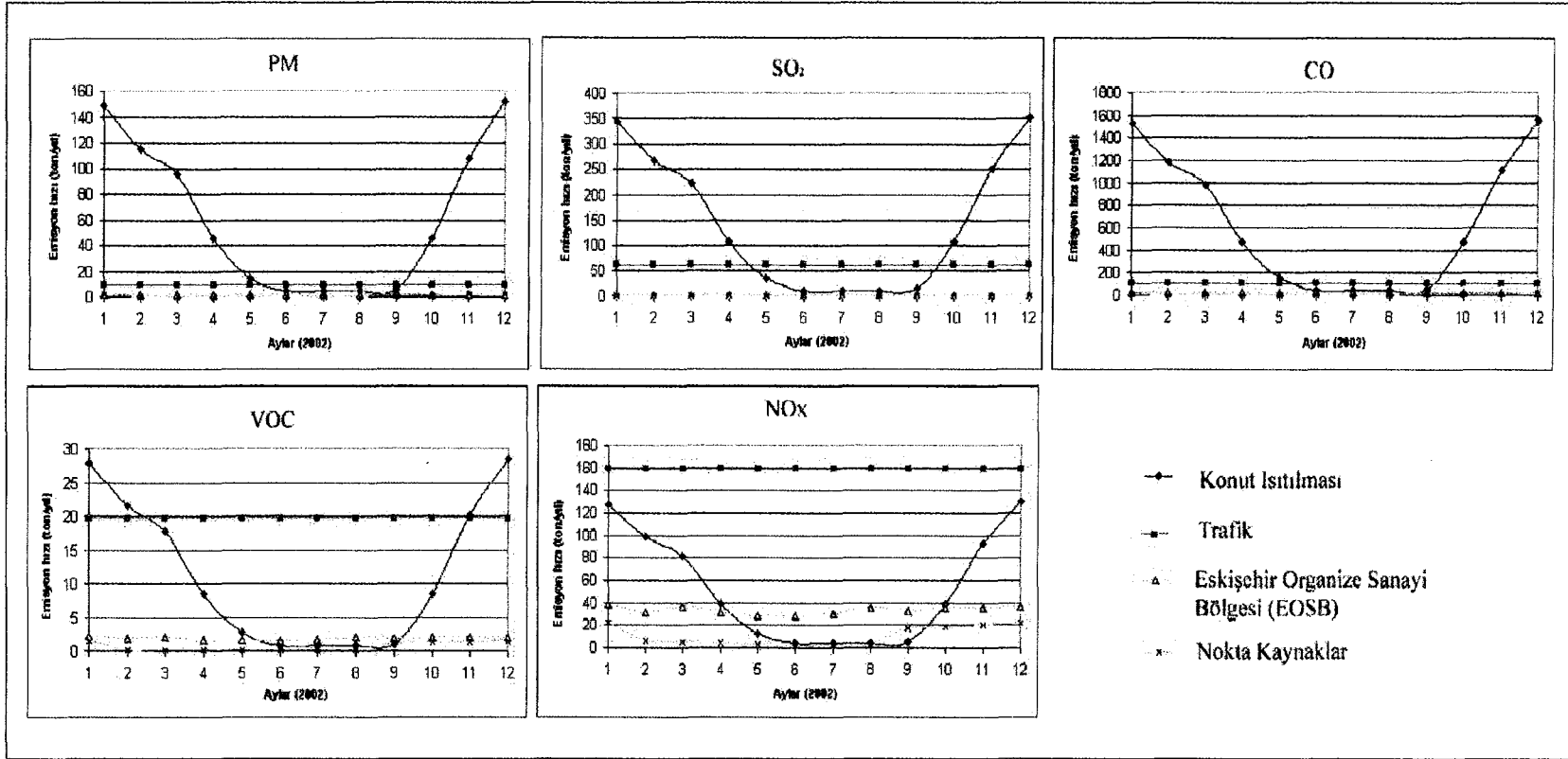
Bu çalışmada dikkate alınan kaynaklardan atmosfere atılan kirleticilerin yıllık toplam miktarlarının 405 ton/yıl (VOC) ile 9.147 ton/yıl (CO); kişi başına miktarlarının 0,8 kg/kişi-yıl (VOC) ile 18,12 kg/kişi-yıl (CO) ve birim alan başına tanımlanan miktarlarının ise 3,29 ton/km².yıl (VOC) ile 74,3 ton/km².yıl (CO) arasında değiştiği görülmüştür. Kirletici bileşenlerin kirlenmeye katkıları açısından önem sırası CO > NO_x > SO₂ > PM > VOC şeklindedir.

Konut ısıtılmasında kullanılan ithal kömür ve Soma linyiti tüketimi PM, SO₂ ve CO emisyonlarının meydana gelmesinde önemli paya sahiptir. Trafik ise en çok VOC ve NO_x emisyonlarının oluşumunda ön plana çıkmaktadır (Çizelge 5.7 ve Şekil 5.8) Ayrıca, dikkat çekici olan bir diğer husus da tüm kirleticiler için sanayi kaynaklı ve konut ısıtılması amaçlı doğalgaz kullanımından kaynaklanan emisyonların oranlarının diğer kaynaklara göre önemli ölçüde az oluşudur. Burada, doğalgazın, temiz yakıt olma özelliği bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Trafik kaynaklı SO₂'nin toplam SO₂ emisyonlarına %30 oranında katkıda bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, endüstride ağırlıklı olarak doğalgaz, konut ısıtılmasında ise nüfusun %48'si tarafından doğalgazın kullanılıyor olması ve bu kaynaklardan gelen SO₂ düzeylerinin çok yüksek olmaması nedeniyle, trafik kaynaklı SO₂'nin toplam dağılım içinde ihmal edilemeyecek düzeyde görünmesine yol açmıştır.



Şekil 5.9. Aylara göre emisyon hızları, ton/yıl



Şekil 5.10. Kaynak bazında hesaplanan kirletici emisyonlarının aylara göre dağılımı

2002 yılı için aylık emisyon tahminlerinin verildiği Şekil 5.9'da, Şekil 4.4'de de olduğu gibi, PM ve SO₂ emisyonları paralellik göstermektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan kirletici kaynakların hava kirlenmesine katkılarının aylar bazında değişimi¹ Şekil 5.10'da verilmektedir. Şekilden PM, SO₂ ve CO için yıl boyunca en önemli kirlilik kaynağının konut ısıtılması, VOC ve NO_x'ler için ise trafik olduğu görülmektedir. Yaz aylarında evsel ısınma kaynağı ortadan kalktığından, tüm kirleticiler için en önemli kirlilik kaynağı trafik olmaktadır.

Şekil 5.11-5.15'de sırasıyla PM, SO₂, CO, VOC ve NO_x kirleticileri için, CBS yazılımıyla (Geomedia Professional 4.0) veritabanı sorgulaması yapılarak oluşturulan haritalar verilmektedir. Bu haritalarda emisyon envanteri kapsamında ele alınan tüm kirletici kaynaklardan yayılan emisyonlar gösterilmektedir. Konutsal ısıtma süreçlerinden kaynaklanan emisyonlar mahalle bazında ve alan kaynak olarak verilmiştir. Şehir içindeki ana caddeler için hesaplanan emisyon hızları çizgisel kaynak, toplam trafik kökenli emisyonların geri kalan miktarı ise konutsal ısıtma süreçlerinden kaynaklanan emisyonlarla birlikte alan kaynak olarak verilmiştir. Yine EOSB'nde doğalgaz tüketimi fazla olan 11 büyük kuruluşun emisyonları noktasal kaynak, EOSB'ndeki diğer kuruluşların emisyonları ise alan kaynak olarak EOSB'ye dağıtılmıştır. Şehir içindeki doğalgaz kullanımı büyük olan sanayi ve sanayi dışı kuruluşlar da haritalara noktasal kaynak olarak yerleştirilmiştir.

Şekil 5.16-5.20'de ise konut ısıtılması ve trafik kökenli emisyonların tümü için ton/km²-yıl cinsinden hesaplanmış olan PM, SO₂, CO, VOC ve NO_x emisyon değerlerinin çalışma alanındaki coğrafi dağılımı verilmektedir.

Kirlilik dağılımının yakıt tüketimi ile ilişkilendirilmesi amacı ile, Şekil 5.21 ve 5.22'de sırasıyla konut ısıtılmasına yönelik kömür ve doğalgaz

¹ Emisyonların aylık değişimlerinin hesaplanmasında bazı varsayımlar yapılmıştır; Örneğin, çalışma alanındaki aylık kömür kullanım miktarları ve doğalgazı ısınma amaçlı kullanan bazı nokta kaynakların (Anadolu Üniversitesi Yunusemre Kampusu, Osmangazi Üniversitesi ve Eskişehir Otogarı) aylık doğalgaz kullanım miktarları bilinmediğinden, sözkonusu kaynaklardaki aylık yakıt tüketim verilerinin hesabı ESGAZ'dan elde edilen konut ısıtılmasına yönelik aylık doğalgaz kullanım oranlarına benzetilerek yapılmıştır. Nokta kaynaklardan Eskişehir Şeker Fabrikası'nda ise üretim süresinin kısıtlı olması nedeniyle, doğalgaz tüketiminin yılın 150 günü (Eylül ve Ocak ayları arasında) gerçekleştirildiği kabul edilmiştir. Ayrıca, trafik yükünün yıl içindeki mevsimsel değişimi dikkate alınmamış ve trafik kökenli emisyonlar yılın aylarına homojen olarak dağıtılmıştır.

tüketimlerinin çalışma alanı içindeki dağılımları verilmiştir. Şekil 5.23 ve 5.24 ise sırasıyla nüfus ve trafik yoğunluğu dağılımlarını göstermektedir.

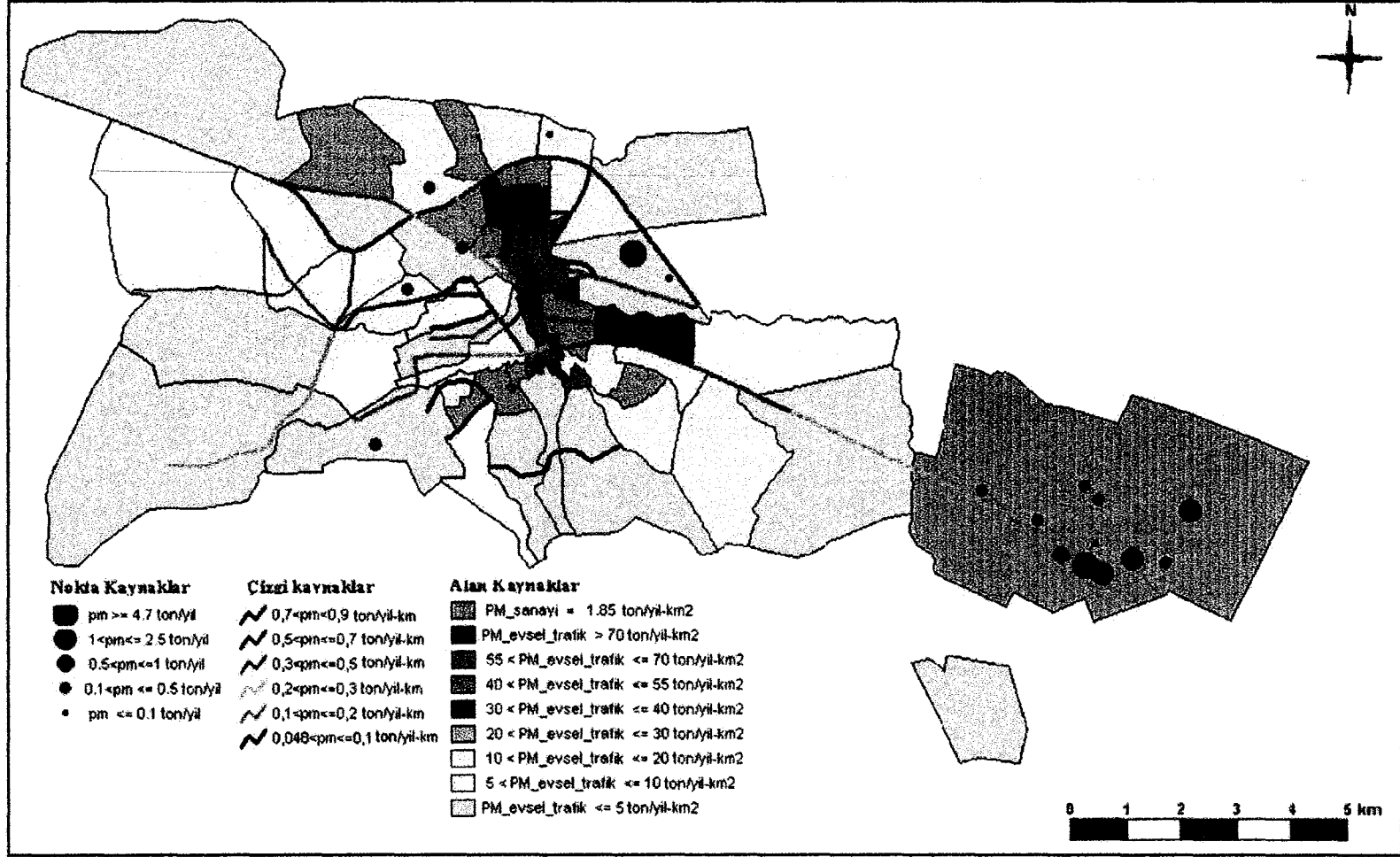
Şekil 5.16-5.20'de verilen tüm haritaların ortak özelliği kirletici emisyonlarının şehrin nüfus ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu noktalarında yoğunlaştığına işaret etmeleridir.

Toplam emisyon hızları ile birim alan ve kişi başına tanımlanan kirletici emisyon yoğunluk değerleri dikkate alınarak hazırlanan kirlilik haritaları incelendiğinde, her bir kirleticinin toplam çalışma alanı içindeki lokal dağılımının yorumlanması için; nüfus ve nüfus yoğunluğu bilgilerinin yanısıra, toplam, kişi başına ve birim alan başına yakıt tüketimi ve yolculuk bilgilerinin (Bkz.Çizelge 5.8) de birlikte kullanılmasının gerekli olduğu açıktır.

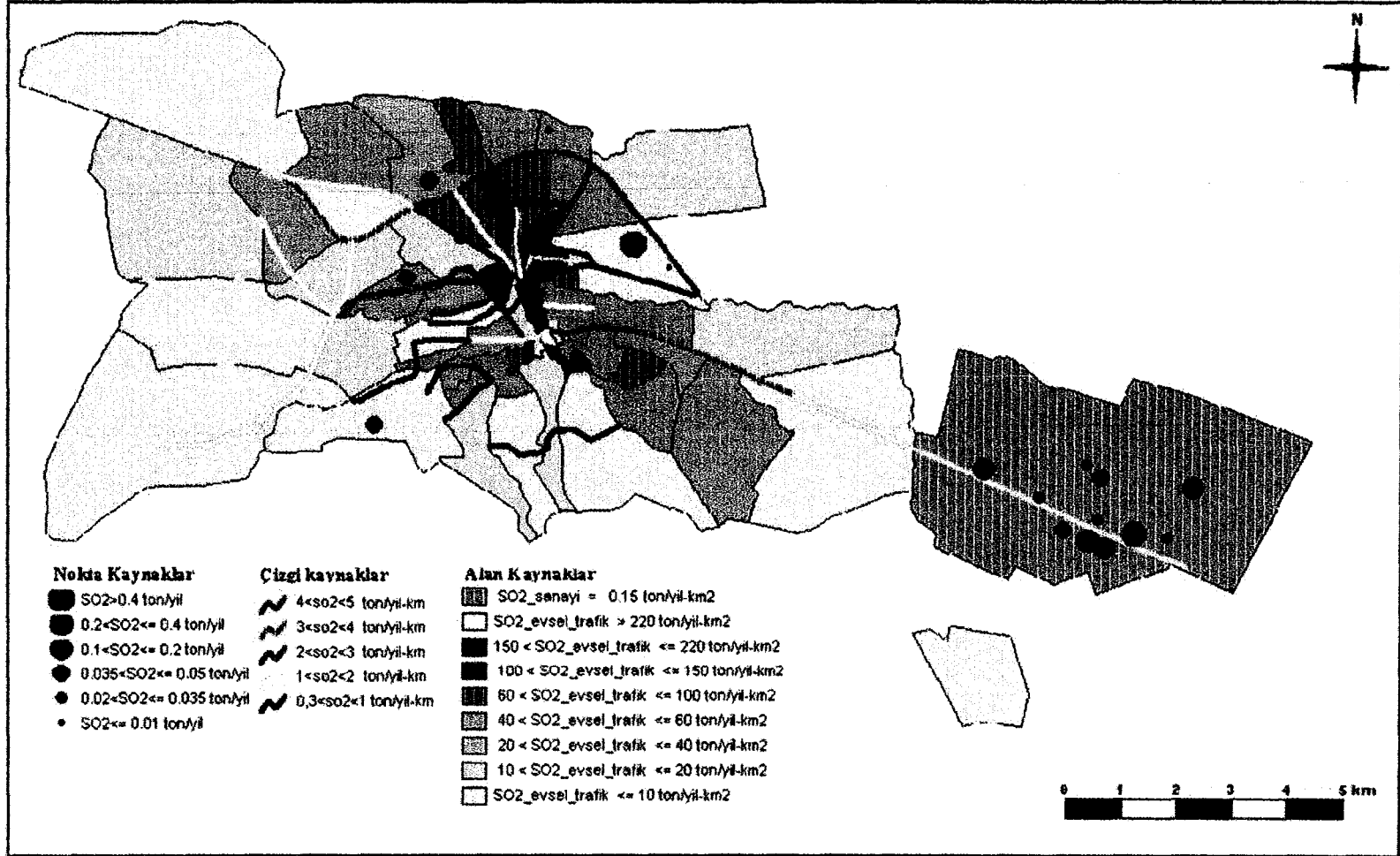
Çizelge 5.8. Çalışma alanı içinde yıllık kirletici emisyonlarının lokal bazda ekstrem değerleri

Kirletici		Ton kirletici / yıl		Ton kirletici / km ² - yıl		Kg kirletici / kişi - yıl	
		Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
PM	Emisyon	0,47	68,6	1,21	92,21	0,24	3,08
	Mahalle Adı	İhsaniye	Emek	Zincirlikuyu	Mamure	Akarbaşı	Güllük
	Etkili Parametre Değeri	1146 ⁽¹⁾ 12 ⁽²⁾	26805 ⁽¹⁾ 21814 ⁽²⁾	429 ⁽⁴⁾ 313,9 ⁽⁵⁾	39222 ⁽⁴⁾ 676,3 ⁽⁵⁾	0 ⁽⁷⁾	814 ⁽⁷⁾
SO ₂	Emisyon	2,45	188,93	3,09	195,3	1,01	11,94
	Mahalle Adı	İhsaniye	Emek	Zincirlikuyu	Güllük	Kırmızıtoprak	Akcami
	Etkili Parametre Değeri	1146 ⁽¹⁾ 12 ⁽²⁾	26805 ⁽¹⁾ 21814 ⁽²⁾	429 ⁽⁴⁾ 313,9 ⁽⁵⁾	26369 ⁽⁴⁾ 21459 ⁽⁵⁾	11,71 ⁽⁷⁾	717,3 ⁽⁷⁾
CO	Emisyon	5,2	790,5	3,2	772	2,72	35,58
	Mahalle Adı	İhsaniye	Emek	Zincirlikuyu	Güllük	Kırmızıtoprak	Akcami
	Etkili Parametre Değeri	1146 ⁽¹⁾ 12 ⁽²⁾	26805 ⁽¹⁾ 21814 ⁽²⁾	429 ⁽⁴⁾ 313,9 ⁽⁵⁾	26369 ⁽⁴⁾ 21459 ⁽⁵⁾	11,71 ⁽⁷⁾	717,3 ⁽⁷⁾
VOC	Emisyon	0,46	17,17	0,32	40,5	0,34	2,42
	Mahalle Adı	Şarkiye	Emek	Zincirlikuyu	İstiklal	Cunudiye	Akcami
	Etkili Parametre Değeri	1116 ⁽¹⁾ 539 ⁽³⁾	26805 ⁽¹⁾ 23234 ⁽³⁾	429 ⁽⁴⁾ 422 ⁽⁶⁾	21156 ⁽⁴⁾ 104881 ⁽⁶⁾	0,32 ⁽⁸⁾	6,02 ⁽⁸⁾
NO _x	Emisyon	3,50	117,45	1,94	316	2,48	19,01
	Mahalle Adı	Hayriye	Vişnelik	Zincirlikuyu	İstiklal	Fatih	Akcami
	Etkili Parametre Değeri	1299 ⁽¹⁾ 676 ⁽³⁾	20785 ⁽¹⁾ 35970 ⁽³⁾	429 ⁽⁴⁾ 422 ⁽⁶⁾	21156 ⁽⁴⁾ 104881 ⁽⁶⁾	0,23 ⁽⁸⁾	6,02 ⁽⁸⁾

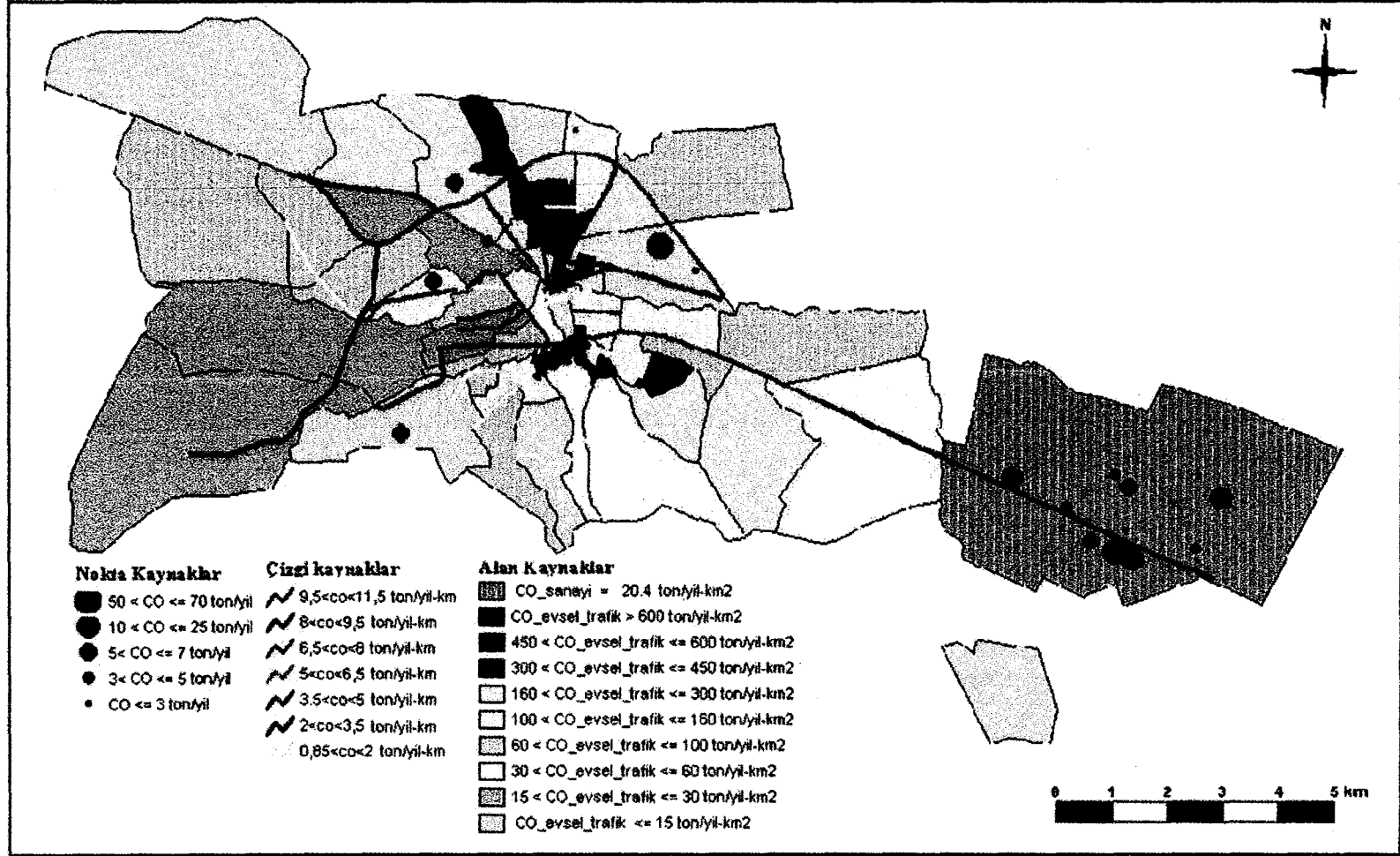
Emisyon miktarlarını etkileyen faktörler, birimleri ve minimum-maksimum aralıkları: ⁽¹⁾ Nüfus, kişi (861-26805), ⁽²⁾ Kömür tüketimi, ton/yıl (0-21814), ⁽³⁾ Yolculuk sayısı, yolculuk/gün (539-35970), ⁽⁴⁾ Nüfus Yoğunluğu, kişi/km² (429-39222), ⁽⁵⁾ Kömür tüketimi, kg/km²-yıl (0-21459), ⁽⁶⁾ Yolculuk sayısı, yolculuk/km²-gün (422-104881), ⁽⁷⁾ Kömür tüketimi, kg/kişi¹-yıl (0-814), ⁽⁸⁾ Yolculuk sayısı, yolculuk/kişi (0,23-6,02)



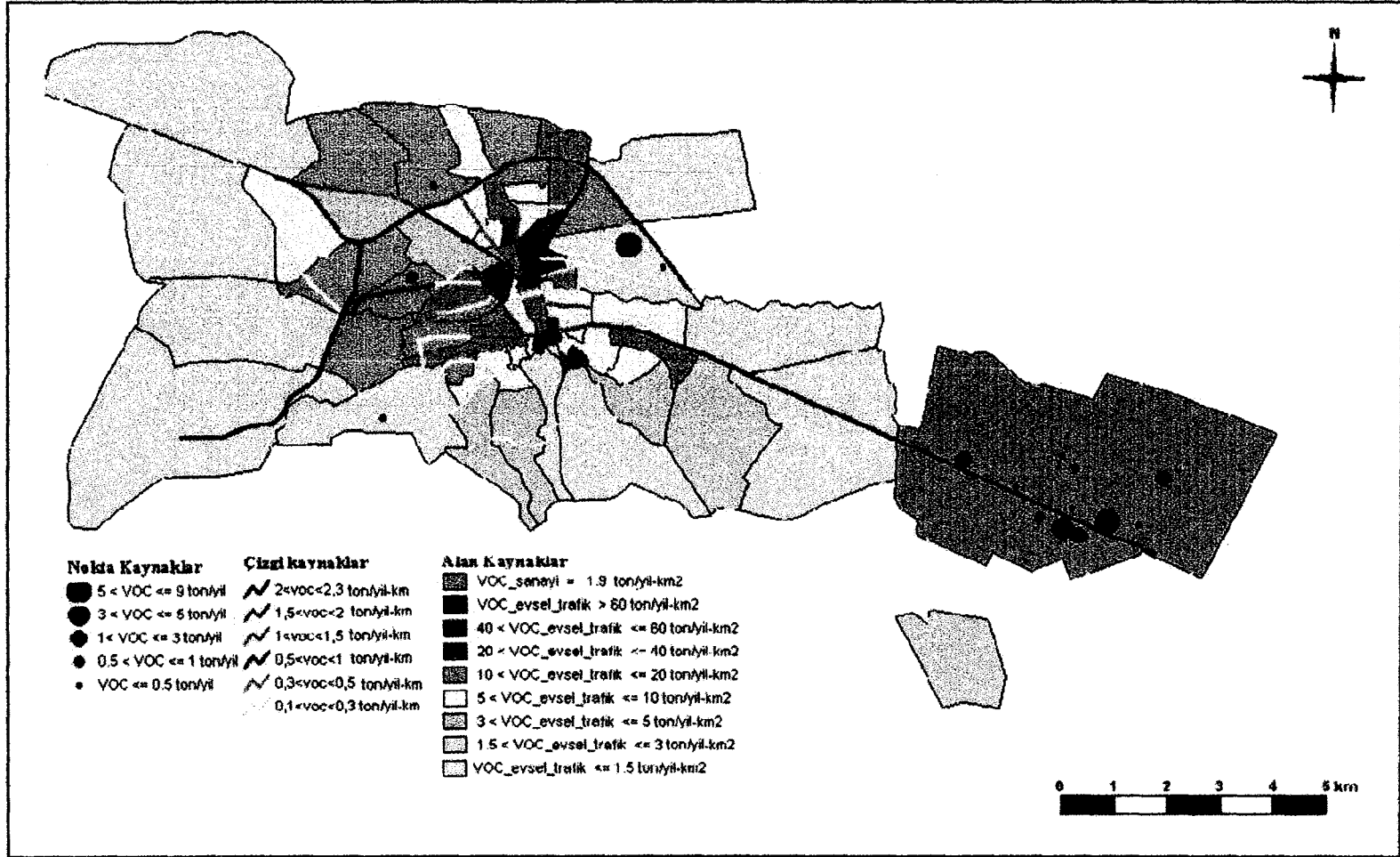
Şekil 5.11. PM emisyonlarının kaynak bazında dağılımı



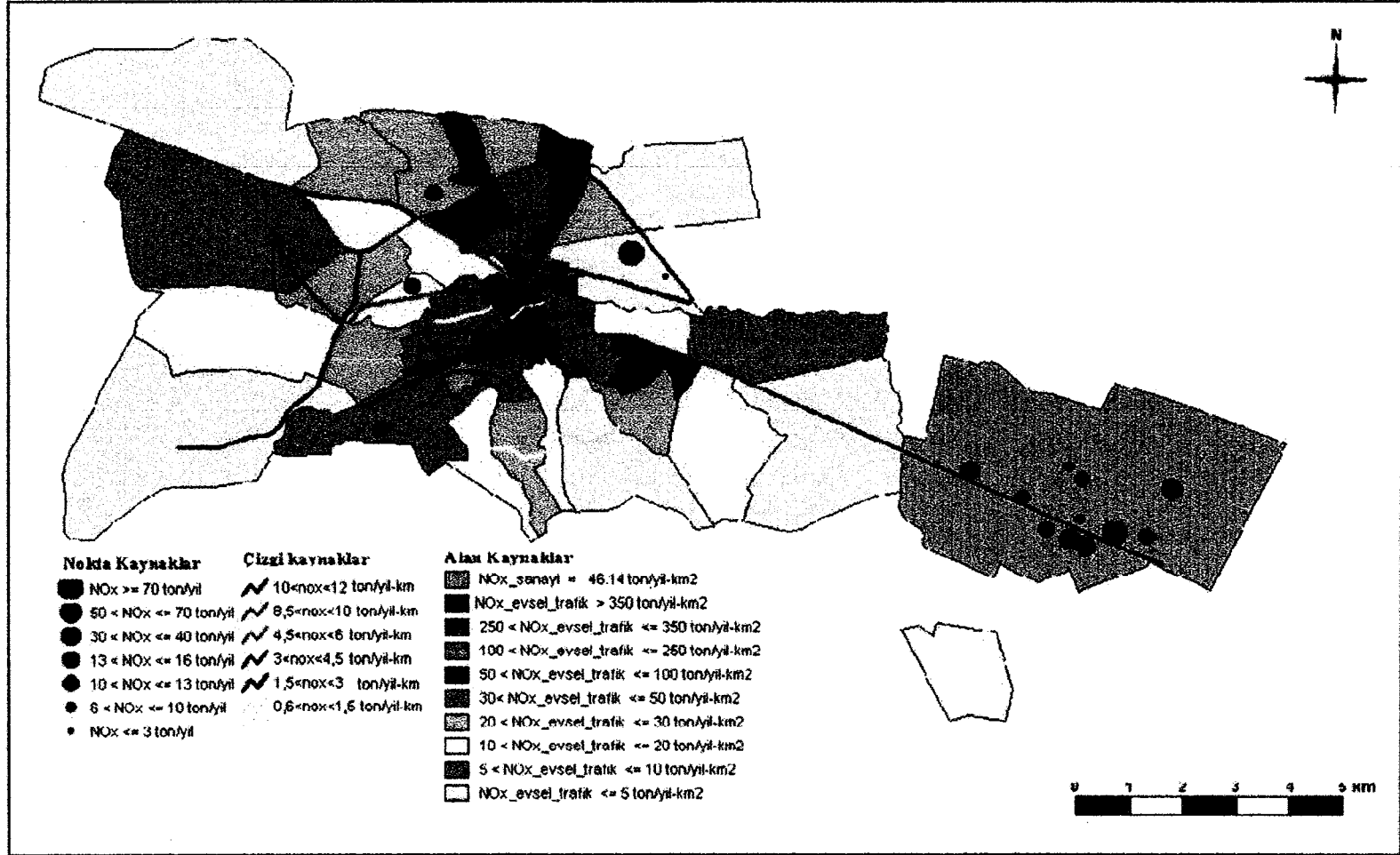
Şekil 5.12. SO₂ emisyonlarının kaynak bazında dağılımı



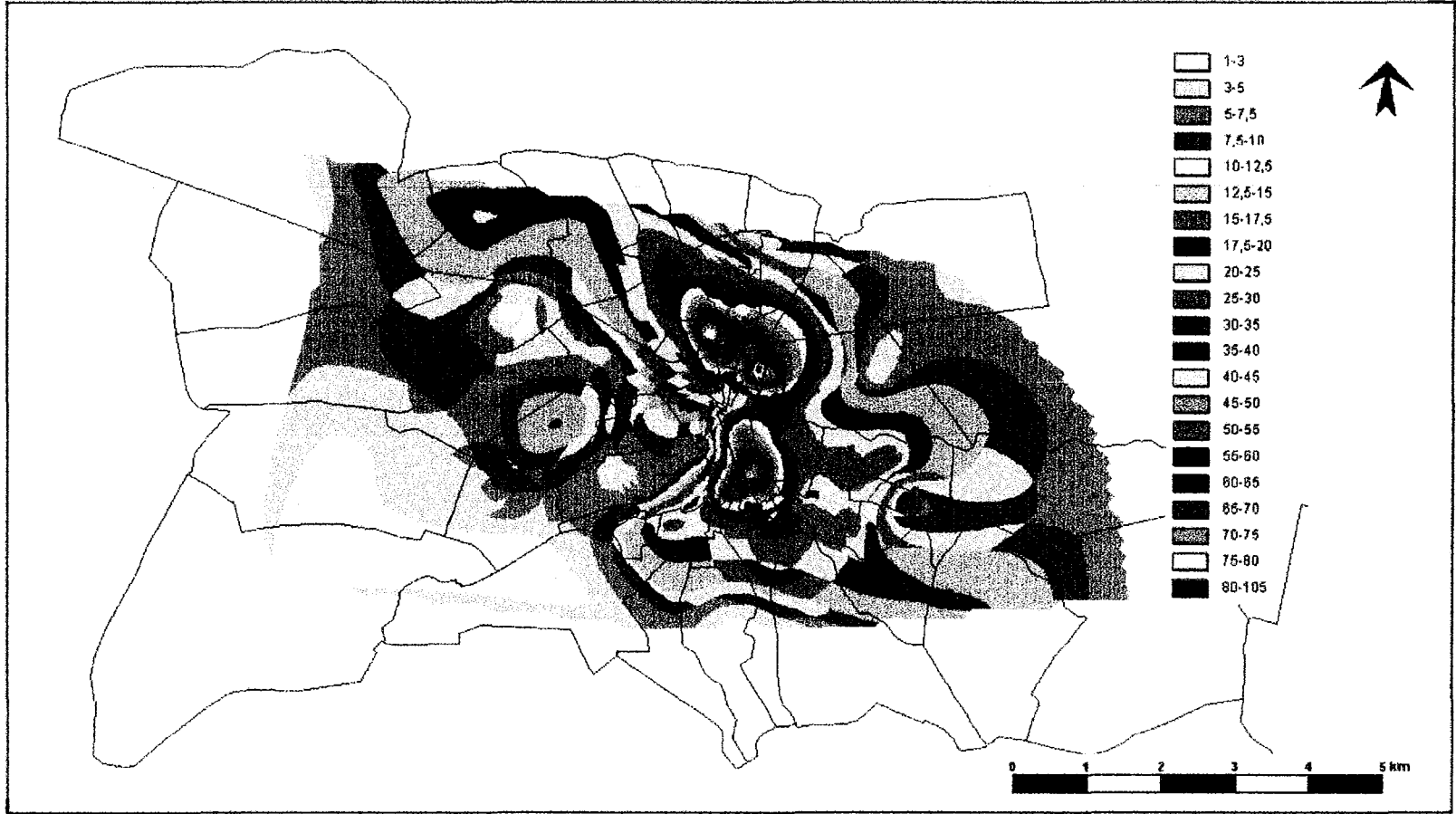
Şekil 5.13. CO emisyonlarının kaynak bazında dağılımı



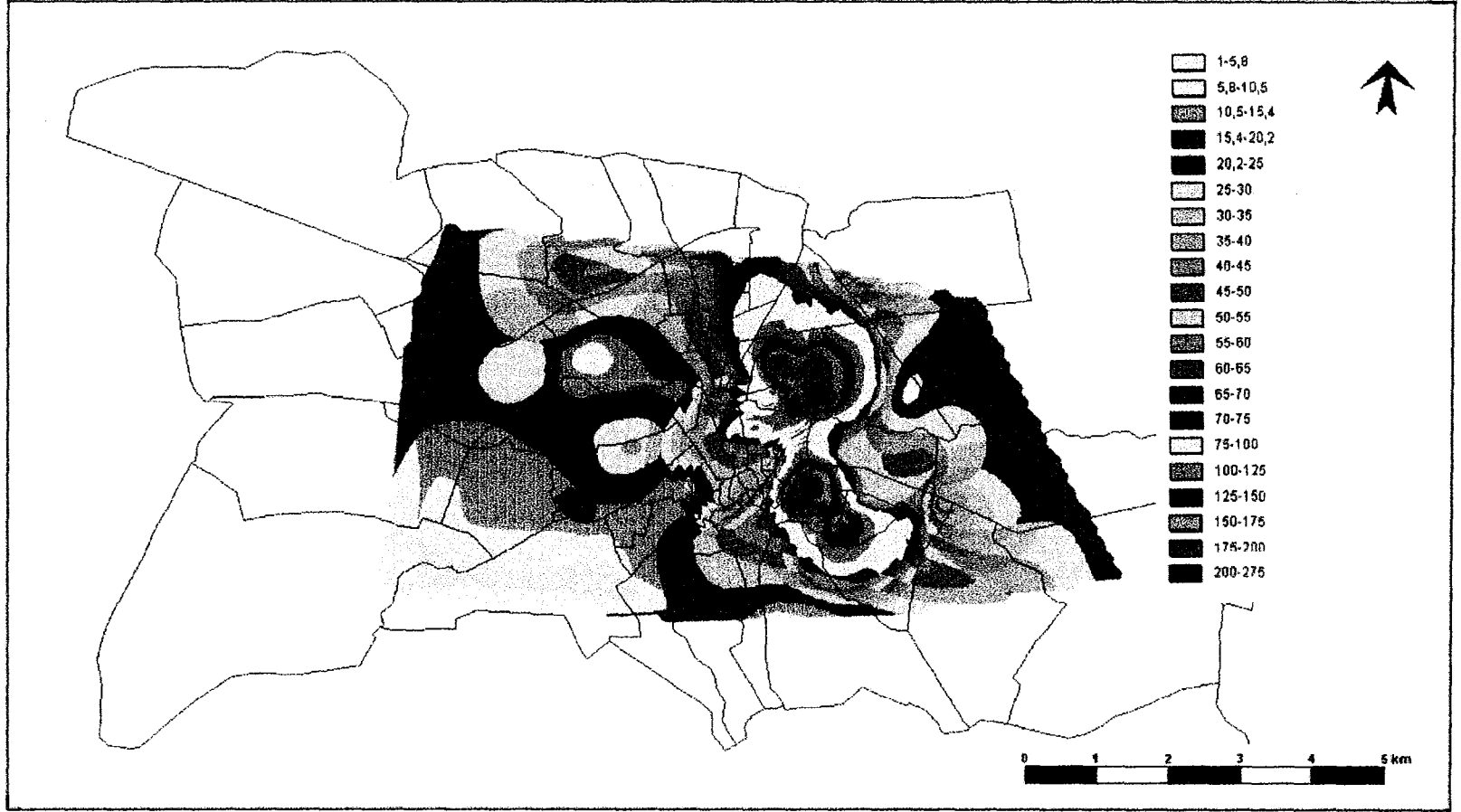
Şekil 5.14. VOC emisyonlarının kaynak bazında dağılımı



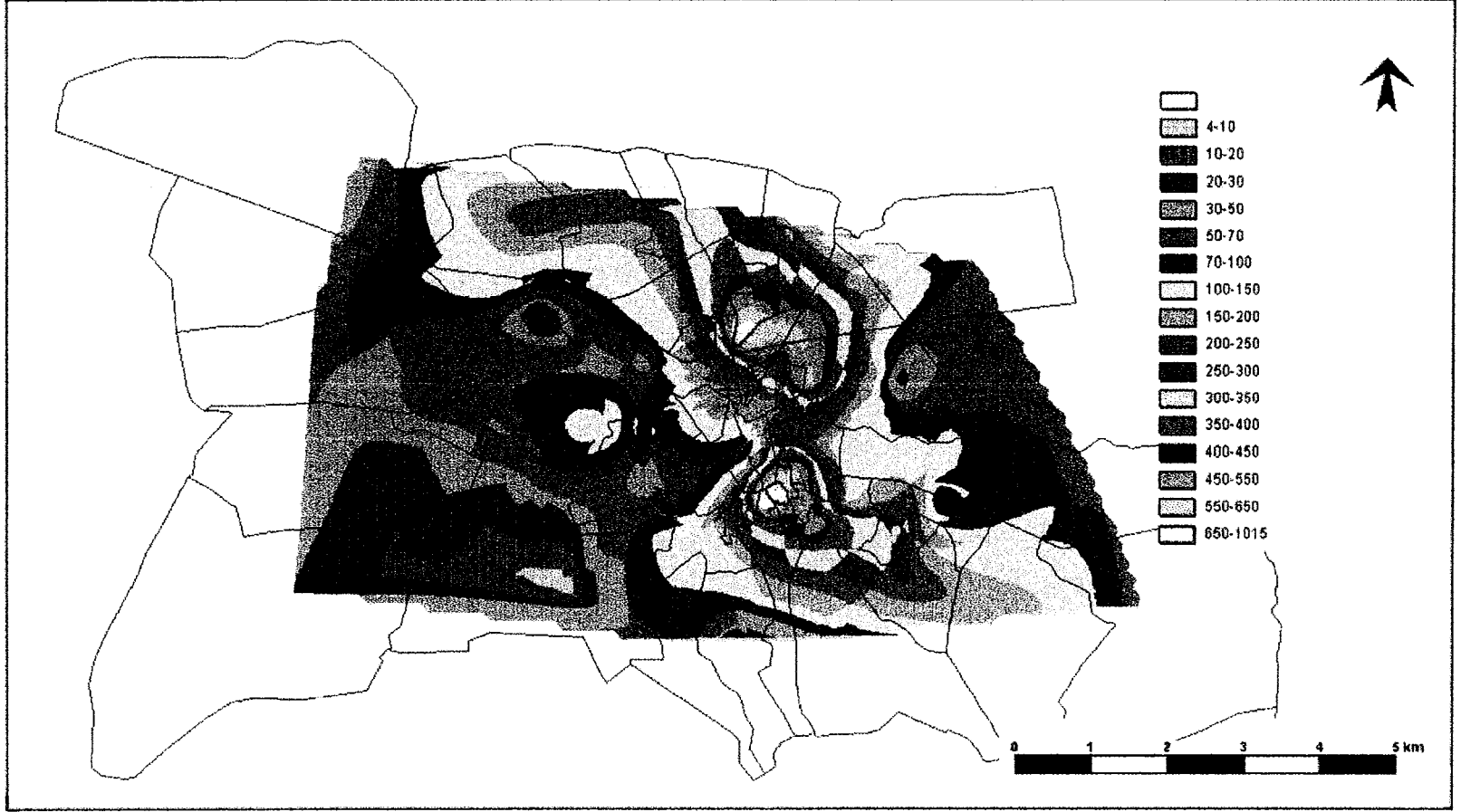
Şekil 5.15. NO_x emisyonlarının kaynak bazında dağılımı



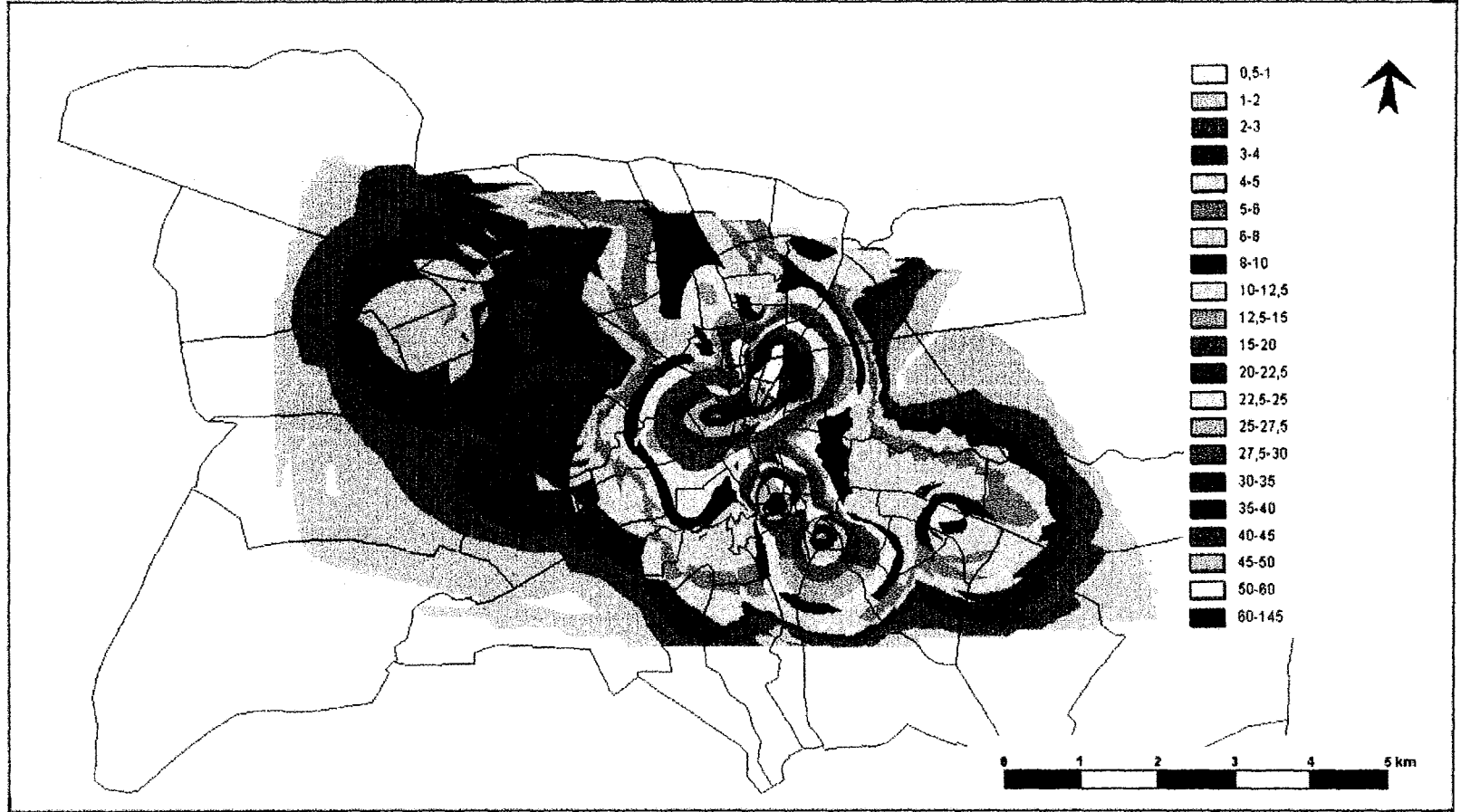
Şekil 5.16. PM emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton / km² - yıl



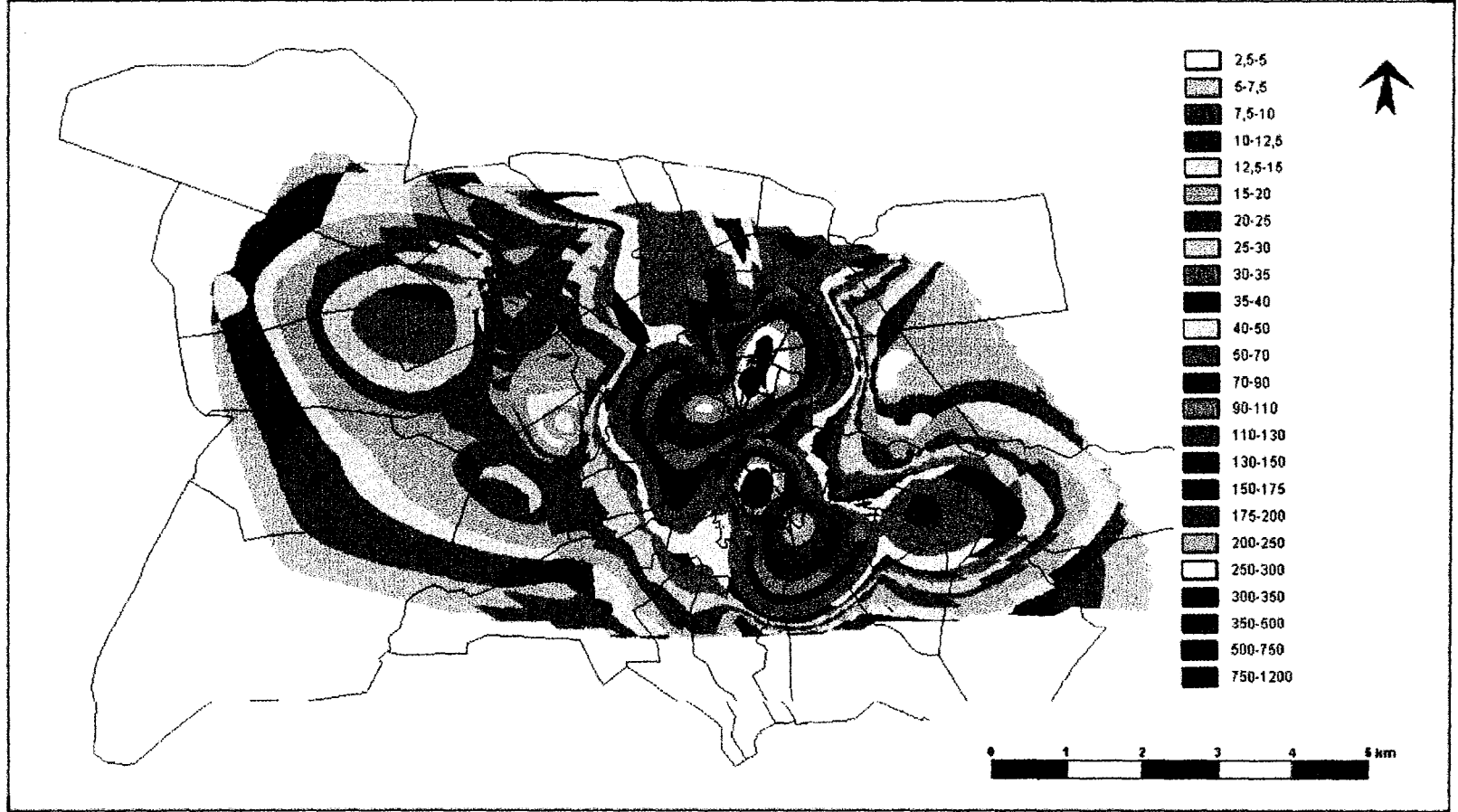
Şekil 5.17. SO₂ emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton / km² - yıl



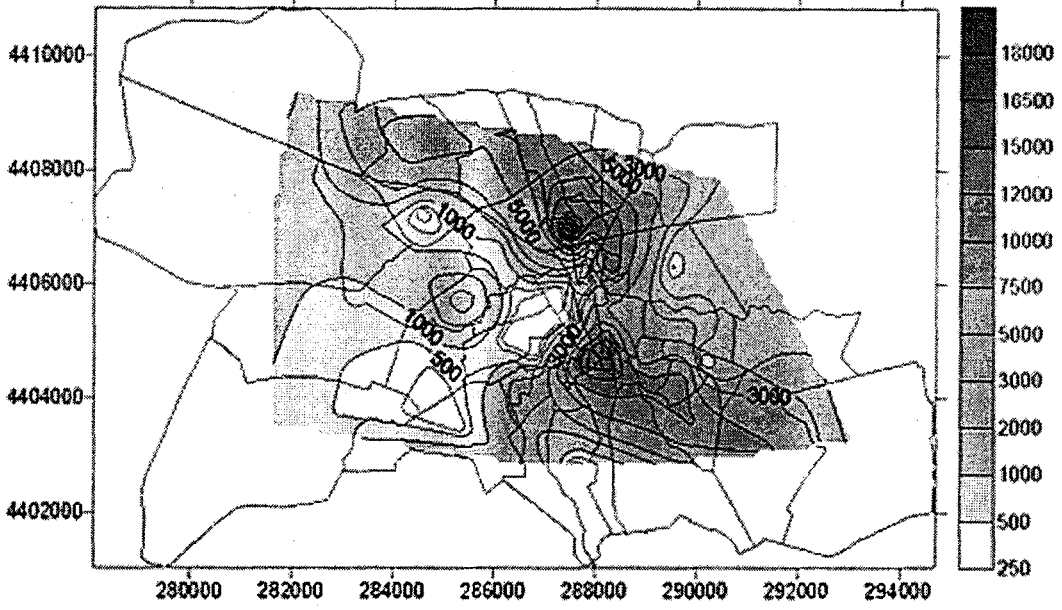
Şekil 5.18. CO emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton / km² - yıl



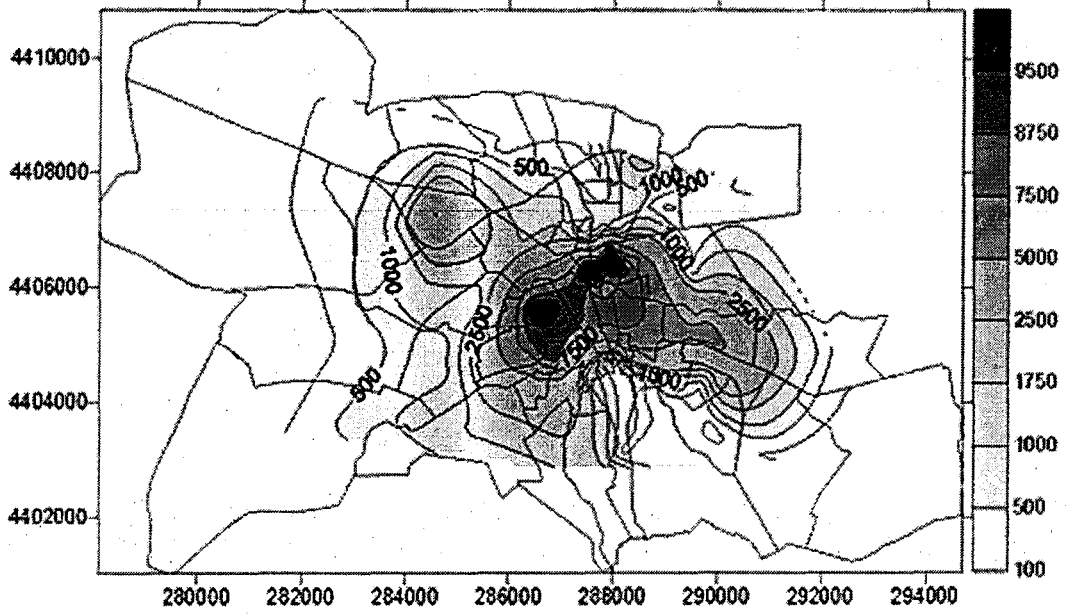
Şekil 5.19. VOC emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton / km² - yıl



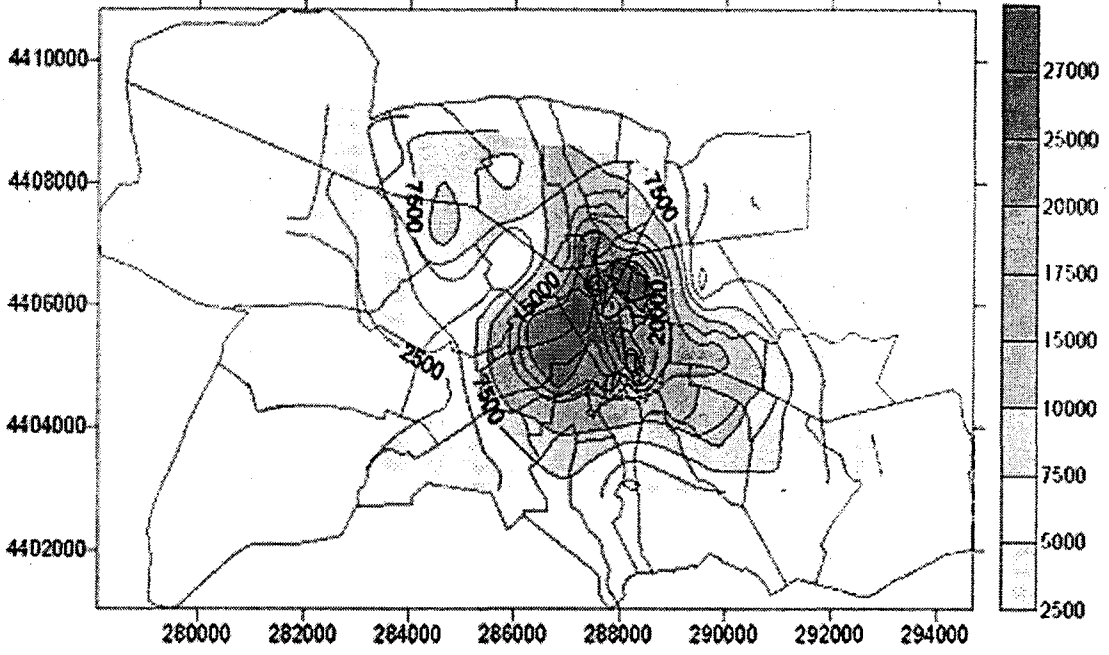
Şekil 5.20. NOx emisyonlarının çalışma alanı içinde dağılımı, ton / km² - yıl



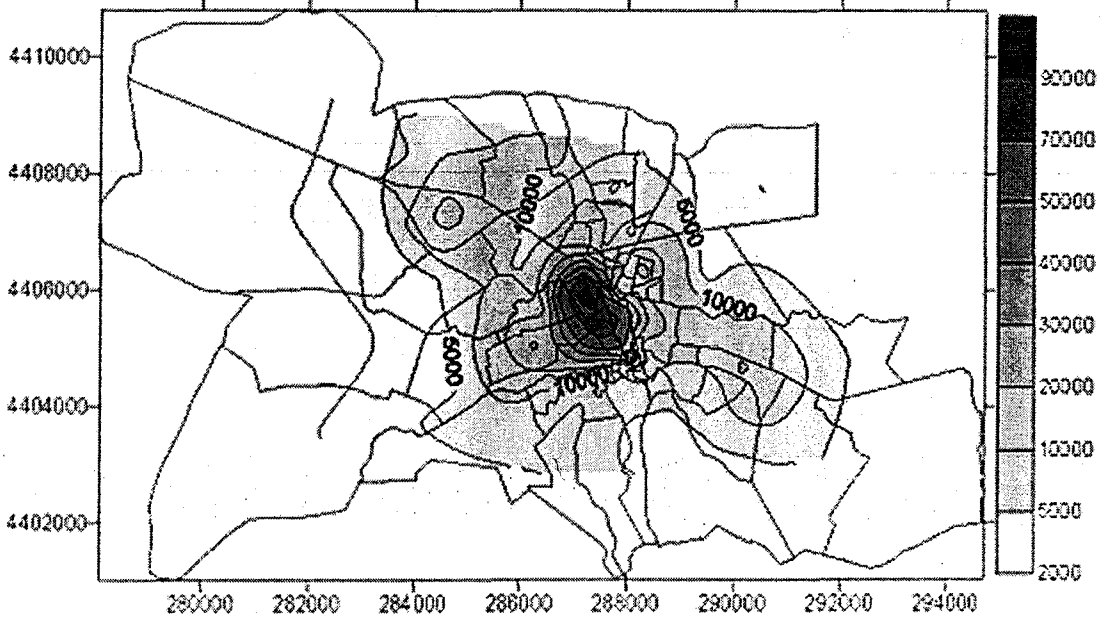
Şekil 5.21. Çalışma alanındaki kömür kullanımının dağılımı, ton/km²-yıl



Şekil 5.22. Çalışma alanındaki doğalgaz kullanımının dağılımı, 10³ m³/km²-yıl



Şekil 5.23. Çalışma alanındaki nüfus dağılımı, kişi/km²



Şekil 5.24. Çalışma alanındaki günlük yolculukların dağılımı, yolculuk/km²-gün

5. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Konut ısıtılması, endüstride yakıt tüketimi ve trafikten kaynaklanan hava kirleticilerinin dikkate alındığı envanter çalışmalarının literatürdeki sonuçlarına bakıldığında, kirleticilerin kaynaklarına bağlı dağılımında doğal olarak farklılıklar bulunmaktadır (Bkz. EK-12a). Bölgenin coğrafi konumu, ısınma ihtiyacı düzeyi, endüstriyel gelişmişlik seviyesi, özellikle enerji yoğun tesislerin çokluğu, konut ısıtılması ve endüstride kullanılan yakıt türleri, bu farklılığın ortaya çıkmasında önemli rol oynayan faktörlerdir.

Eskişehir’de de endüstride ağırlıklı olarak doğalgaz kullanılıyor olması nedeniyle, tüm kirleticiler için sanayi kaynaklı emisyonların oranları diğer kaynaklara göre önemli ölçüde azdır. Sanayi tesislerinde yakıt yakılmasından kaynaklanan kirlilik düzeylerinin yüksek olmaması nedeniyle, evsel ısınma ve trafik kaynaklı emisyonlar toplam kirlilik içinde baskın görünmektedir.

Bilindiği gibi, bazı çalışmalarda, trafikten kaynaklanan SO₂ kirliliğinin katkısının önemsiz olduğu ilk yaklaşımıyla SO₂ bileşeni hesaplamalara dahil edilmemektedir. Bu bileşenin dikkate alındığı çalışmalarda (De Leeuw ve ark. 2002) trafikten kaynaklanan SO₂’nin toplam SO₂ emisyonlarına %45’e varan oranlarda katkıda bulunabildiği görülmüştür. Bu çalışmada da trafik kaynaklı SO₂’nin toplam SO₂ emisyonlarına %30 oranında katkıda bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, endüstride ağırlıklı olarak doğalgaz, konut ısıtılmasında ise nüfusun %48’si tarafından doğalgazın kullanılıyor olması ve bu kaynaklardan gelen SO₂ düzeylerinin çok yüksek olmaması nedeniyle, trafik kaynaklı SO₂’nin toplam dağılım içinde ihmal edilemeyecek düzeyde görünmesine yol açmıştır.

Eskişehir’de, şehir içi ulaşımlarının çok sayıda otobüs ve minibüs ile karşılanması hem fazla yakıt tüketimine hem de egzoz ve gürültü kirliliğine sebep olmaktadır. Ancak, şu anda inşaatı sürmekte olan Büyükşehir Belediyesi’nin Hafif Raylı Sistem projesinin hayata geçmesiyle, çalışma alanındaki trafik kökenli kirleticilerin miktarlarında ve çalışma alanındaki dağılımlarında büyük oranda olumlu yönde değişikliklerin olması beklenmektedir.

Kısa vadede doğalgaz kullanımının daha çok yaygınlaştırılması, orta ve uzun vadede ise verimli yanmanın sağlanması için yapılacak çalışmalar, konutsal

ısıtma süreçlerinden kaynaklanan hava kirliliğinin azalmasında ve Eskişehir kent merkezinin hava kalitesinin iyileştirilmesinde büyük yarar sağlayacaktır.

Ayrıca, kentteki hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayısının artırılması, konutsal ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin göstergesi olan PM ve SO₂'nin yanı sıra, trafik kökenli kirliliğin göstergesi olan CO, NO_x ve VOC ile fotokimyasal reaksiyonlar sonucu atmosferde oluşan O₃ vb. diğer parametrelerin de ölçüm ağına dahil edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen veriler, farklı senaryoların hazırlanması (örneğin, yeni ulaşım sisteminin kentin hava kalitesi üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi vb.) ve ileriye dönük projeksiyonların yapılmasında (Klimont ve ark. 2002) kullanılabilir.

Ayrıca, gerçekleştirilen envanter çalışmasının sonuçları, uygun modeller yardımıyla istenen hava kalitesi parametre değerlerinin tahminine yönelik olarak da kullanılabilir. Bazı meteorolojik veriler yardımıyla hesaplanan atmosferik karışma yüksekliği değerleri yardımıyla kirleticiler için tahmini atmosferik derişim değerleri hesaplanarak, bu değerler ölçüm verileriyle karşılaştırılabilir.

Emisyon envanter çalışmasında kullanılan emisyon faktörleri ve çalışma alanındaki aktivite düzeyleri ile ilgili belirsizliklerin (uncertainty analysis) incelenmesi (Dommen ve ark. 2003, Lindley ve ark. 2000) çalışmanın doğruluğunun kontrol edilmesi açısından son derece önemlidir.

Bu çalışmada, envanter verileri kullanılarak oluşturulan kirlilik haritaları nüfus yoğunluğu, trafik yoğunluğu durumu ve yakıt tüketiminin dağılımıyla ilişkilendirilmiştir. Oluşturulan haritaların arazi durumu, topografik özellikler gibi veriler ile de ilişkilendirilerek değerlendirilmesi, diğer kirletici kaynakların (üretim prosesleri, atıksu arıtma tesisi, çöp deponi sahası vb.) katkılarının dikkate alınması ve zamana bağlı değişimin irdelenmesi çalışmayı daha da detaylandıracaktır.

Gerekli verilerin elde edilmesinin zorluğu nedeniyle hava yolu ulaşımından kaynaklanan emisyonlar bu çalışmaya dahil edilmemiştir, ancak Khatami ve arkadaşlarının çalışmasında (1998) bu kaynaktan yayılan CO, VOC ve NO_x emisyonlarının Fas'ın Kasablanka bölgesindeki trafik kökenli emisyonlara sırasıyla %8, %13,6 ve %8.2 oranında katkıda bulunduğu görülmüştür.

Eskişehir’de de hava trafiğinin yoğun olması nedeniyle, bu kaynaktan atmosfere yayılan emisyonların önemli düzeyde olduğu düşünölmektedir. Çalışmanın devamında bu kaynaktan yayılan emisyonlar da incelenebilir.

KAYNAKLAR

ALPARSLAN E. ve DİVAN N.J., *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojilerinin birleşimi*, Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri Kongre Kitabı (Ed: GÖREN S., BUTT A.Z., DEMİRCİ A., KARAKUYU M.), İstanbul, 95-105 (2001)

ATASOY E., *Eskişehir'de uçucu organik bileşiklerin (VOC) emisyon potansiyelinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir (2001).

ATIMTAY, A., GÜLLÜ, E. ve YETİŞ, Ü., *Ankara hava kirliliği envanter çalışması*, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü III. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: KARA S.), Ankara, 376-387 (1995).

ATIMTAY A., ERGÜL C., *Ankara'da hava kirliliğinin yıllar içinde değişimi ve doğalgaz kullanımının etkileri*, Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: ELBİR T., BAYRAM A.), İzmir, 39-45 (1999).

AYDAY C., *Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri yöntemleri ile orta Sakarya vadisinin toprak erozyon risk haritasının hazırlanması*, Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 98 K 120 600, Eskişehir (1999).

AZAD, A.K. ve KITADA, T., *Characteristics of the air pollution in the city of Dhaka, Bangladesh in winter*, Atmospheric Environment, **32(11)**, 1991-2005 (1998).

BARLAS H. ve ÇİZMECİOĞLU S., *PM10 üzerine bir değerlendirme*, Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: ELBİR T., BAYRAM A.), İzmir, 46-54 (1999).

BORREGO C., TCHEPEL O., BARROS N. ve MIRANDA A.I., *Impact of road traffic emissions on air quality of the Lisbon region*, Atmospheric Environment, **34**, 4683-4690 (2001).

BOUBEL R., FOX D.L., TURNER D.B. ve STERN A.C., *Fundamentals of Air Pollution*, Academic Pres, San Diego (1994).

BOZYAZI E., INCECIK S., MANNAERTS C. ve BRUSSEL M., *Analysis and mapping of air pollution using a GIS approach: A case study oh İstanbul*, International Conference on Air Pollution VIII (Ed: LONGHURST J.W.S., BREBIA C.A., POWER H.) WitPress Southampton, Boston (2000).

CHAUDHARY T. ve ATIMTAY A., *İskenderun Körfezi Bölgesindeki emisyon envanterinin incelenmesi*, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü VI. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: ELBİR T.), İzmir, 84-95 (2003).

ÇAĞATAY D. ve AYAZ S., *Eskişehir merkez ilçede yanmadan kaynaklanan hava kirliliği emisyon envanterinin hazırlanması*, Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Eskişehir (2000).

DAI J. ve ROCKE D.M., *A GIS-based approach to spatial allocation of area source solvent emissions*, Environmental Modelling & Software, **15**, 293-302 (2000).

DE KLUIZENAAR Y. AHERNE J. ve FARRELL E.P., *Modelling the spatial distribution of SO₂ and NO_x emissions in Ireland*, Environmental Pollution, **112**, 171-182 (2001).

DE LEEUW, F.A.A.M., VAN ZANTUOORT, E.D.G., SLUYDER, R.J.C.F., VAN PUL, W.A.J., *Urban air quality assessment model: UAQAM*, Environmental Modelling and Assessment, **7**, 243-258 (2002).

DEMİRCİ E., *Samsun'da hava kirliliğinin matematiksel modellerle incelenmesi ve modellerin karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, 19 Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Samsun (1998).

DEVITT T.W., *Fossil fuel combustion*, Handbook of air pollution technology (Ed: CALEVERT S., ENGLUND H.M.), Wiley-Interscience Publication, New York, 375-419 (1984).

DOMMEN J., PREVOT A.S.H., RITTER N.B., MAFFEIS G., LONGONİ M.G., GRUEBLER F.C. ve THIELMANN A., *High-resolution emission inventory of the Lombardy region: development and comparison with measurements*, Atmospheric Environment, Article in press

DPT Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu, *Harita, tapu kadastro, coğrafi bilgi ve uzaktan algılama sistemleri*, Ankara (2001).

DÜRMAZ A., ERCAN Y. ve BORAN A., *Ankara şehrinde ısıtma tesislerinden kaynaklanan emisyonların envanteri ve yakıt tahsis politikalarının ısıtma maliyeti ve emisyonlarına etkisi*, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü II. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: KARA S.), Eskişehir, 17-36 (1994a).

DURMAZ, A., ERCAN, Y., SİVRİOĞLU, M., TÜRKBAŞ, S., ÖZBAY, M. ve GÜLGEÇ, M., *Ankara'da kullanılan ısıtma sistemlerinin ısı verimleri ve emisyon faktörleri*, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü II. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: KARA S.), 353-371, Eskişehir (1994b).

ELBİR, T., *Preparation of emission inventories for use in determination of air quality at different scales*, Ms. Thesis, Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University, İzmir (1997).

ELBİR, T., MÜEZZİNOĞLU, A. ve BAYRAM, A., *Evaluation of some air pollution indicators in Turkey*, Environment International, **26**, 5-10 (2000).

ELBİR, T., MÜEZZİNOĞLU, A., BAYRAM, A., SEYFİOĞLU R. ve DEMİRCİOĞLU, H., *Ege Bölgesi hava kirletici emisyon envanteri*, DEÜ Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 3, Sayı 2, 21-27 (2001).

ESKİŞEHİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ, *Eskişehir ulaştırma Ana planı mevcut durum değerlendirme raporu*, Eskişehir (2003).

ESKİŞEHİR İL ÇEVRE MÜDÜRLÜĞÜ, *Eskişehir ili çevre durum raporu*, Eskişehir (2001).

FUNK T.H., CHINKIN L.R., ROBERTS P.T., SAEGER M., MULLIGAN S., FIGUEROA PARAMO V.H. ve YARBROUGH J., *Compilation and evaluation of a Paso del Norte emission inventory*, The Science of the Total Environment, **276**, 135-151 (2001).

GÜMÜŞAY M. U., *Arsa üretimine yönelik coğrafi bilgi sistemi tasarımı ve uygulaması*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotometri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul (1997).

GÜZEL G., *Türkiye Koşullarında CBS Oluşturulabilmesi İçin Yazılım Araştırması ve Tasarımı*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotometri Anabilim Dalı, İstanbul (1998).

HAO J., HE D., WU Y., FU L. ve HE K., *A study of the emissions and concentration distribution of vehicular pollutants in the urban area of Beijing*, Atmospheric Environment, **34**, 453-465 (2000).

http-1 : <http://www.epa.gov/airs/criteria.html>

http-2 : <http://www.epa.gov/ttn/chief/trends/index.html>

http-3 : <http://www.epa.gov/airtrends/pm2.html>

http-4 : <http://www.epa.gov/airtrends/sulfur2.html>

http-5 : <http://www.epa.gov/airtrends/carbon2.html>

http-6 : <http://www.epa.gov/airtrends/ozone2.html>

http-7 : <http://www.epa.gov/airtrends/nitrogen2.html>

http-8 : <http://www.epa.gov/ttn/chief/eidocs/beginner.pdf>, EPA, *Handbook for Criteria Pollutant Inventory Development: A Beginner's Guide for Point and Area Sources*, EPA-454/R-99-037, 1999, son ziyaret edilme tarihi: 11 Ağustos 2003

http-9 : <http://www.die.gov.tr/konular/nufusSayimi.htm>

http-10 : <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01>, EPA, *Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume 1*, son ziyaret edilme tarihi: 30 Mayıs 2003.

http-11:http://reports.eea.eu.int/EMEP/CORINAIR3/en/tab_content_RLR, EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY (EEA), *EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guide Book*, 3rd Edition, , son ziyaret edilme tarihi:30 Mayıs 2003.

KARPUZCU M., *Çevre kirlenmesi ve kontrolü*, Kubbealtı Akademisi Kültür ve Sanat Vakfı, Dördüncü Baskı, İstanbul (1994).

KHATAMI, A., PONCHE,J.L., JABRY, E. ve MIRABEL,Ph., *The air quality management of the region of Great Casablanca (Morocco). Part 1: Atmospheric emission inventory for the year 1992*, The Science of the Total Environment, **209**, 201-216 (1998).

KLIMONT Z., STREETS D.G., GUPTA S., COFALA J., LIXIN F. ve ICHIKAWA Y., *Antrpogenic emissions of non-methane volatile organic compounds in China*, Atmospheric Environment, **36**, 1309-1322 (2002).

KUHLWEIN J., WICKERT B., TRUKENMULLER A., THELOKE J. ve FRIEDRICH R., *Emission-modelling in high spatial and temporal resolution and calculation of pollutant concentrations for comparisons with measured concentrations*, Atmospheric Environment, **36** Supplement No.1, S7-S18 (2002).

KUHNS H., ETYEMEZIANB V., GREENB M., HENDRICKSONC K., MCGOWNC M., BARTOND K. ve PITCHFORDE M., *Vehicle-based road dust emission measurement—Part II: Effect of precipitation, wintertime road sanding, and street sweepers on inferred PM10 emission potentials from paved and unpaved roads*, Atmospheric Environment, 2003 (articles in press)

KURAL O (Editör), *Kömür, özellikleri, teknolojisi ve çevre ilişkileri*, Chapter 23, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İstanbul (1998).

LINDLEY S.J., CONLAN D.E., RAPER D.W. ve WATSON A.F.R., *Uncertainties in the compilation of spatially resolved emission inventories - evidence from a comparative study*, Atmospheric Environment, **34**, 375-388 (2000).

LOIBL W., ORTHOFER R., *From national emissions to total regional ambient air quality information for Austria*, Advances in Environmental Research, **5**, 395-404 (2001).

MANNSCHRECK K., KLEMP D., KLEY D., FRIEDRICH R., KUHLWEIN J., WICKERT B., MATUSKA P., HABRAM M. ve SLEMR F., *Evaluation of an emission inventory by comparisons of modelled and measured emission ratios of individual HC's, CO and NO_x*, Atmospheric Environment, **36** Supplement No.1, S81-S94 (2002).

MENSINK C., DE VLIIEGER I. ve NYS J., *An urban transport emission model for the Antwerp area*, Atmospheric Environment, **34**, 4595-4602 (2000).

MUKHERJEE P. ve VISWANATHAN S., *Contributions to CO concentrations from biomass burning and traffic during haze episodes in Singapore*, Atmospheric Environment, **35**, 715-725 (2001).

MÜEZZİNOĞLU A., *Hava kirliliğinin ve kontrolünün esasları*, Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları, İzmir (2000).

ODABAŞI M. ve MÜEZZİNOĞLU A., *Determination of air quality due to automotive emissions in the city of İzmir*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Araştırma Raporları, FBE/ENV-91-AR-297, İzmir (1992)

ÖZKAN A., ERTÜRK F. ve ALP K., *Çorlu ilçesinde emisyon envanteri ve hava kirlileti konsantrasyonlarının belirlenmesi*, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü VI. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: ELBİR T.), İzmir, 286-297 (2003).

ÖZTÜRK P., *Eskişehir'de konutsal ısıtma sistemleri, enerji kullanımı ve emisyon kaynaklarının mahalleler bazında dağılımlarının haritalandırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir (2001).

PULIAFITO E., GUEVARA M. ve PULIAFITO C., *Characterization of urban air quality using GIS as a management system*, Environmental Pollution, **122**, 105-117 (2003).

REDDY S.M. ve VENKATARAMAN C., *Inventory of aerosol and sulphur dioxide emissions from India: I-Fossil fuel combustion*, Atmospheric Environment, **36**, 677-697 (2002).

TATAR H., *Coğrafi Bilgi Sistemleri(CBS)*, Aselsan Dergisi, Ankara, 10-14 (Ocak 2000)

TSILINGIRIDIS G., ZACHARIADIS, T. ve SAMARAS, Z., *Spatial and temporal characteristics of air pollutant emissions in Thessaloniki, Greece: investigation of emission abatement measures*, The Science of the Total Environment, **300**, 99-113 (2002).

TUROĞLU H, *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Temel Esasları*, Acar Matbaacılık ve Yayıncılık Hizmetleri A.Ş., İstanbul (2000)

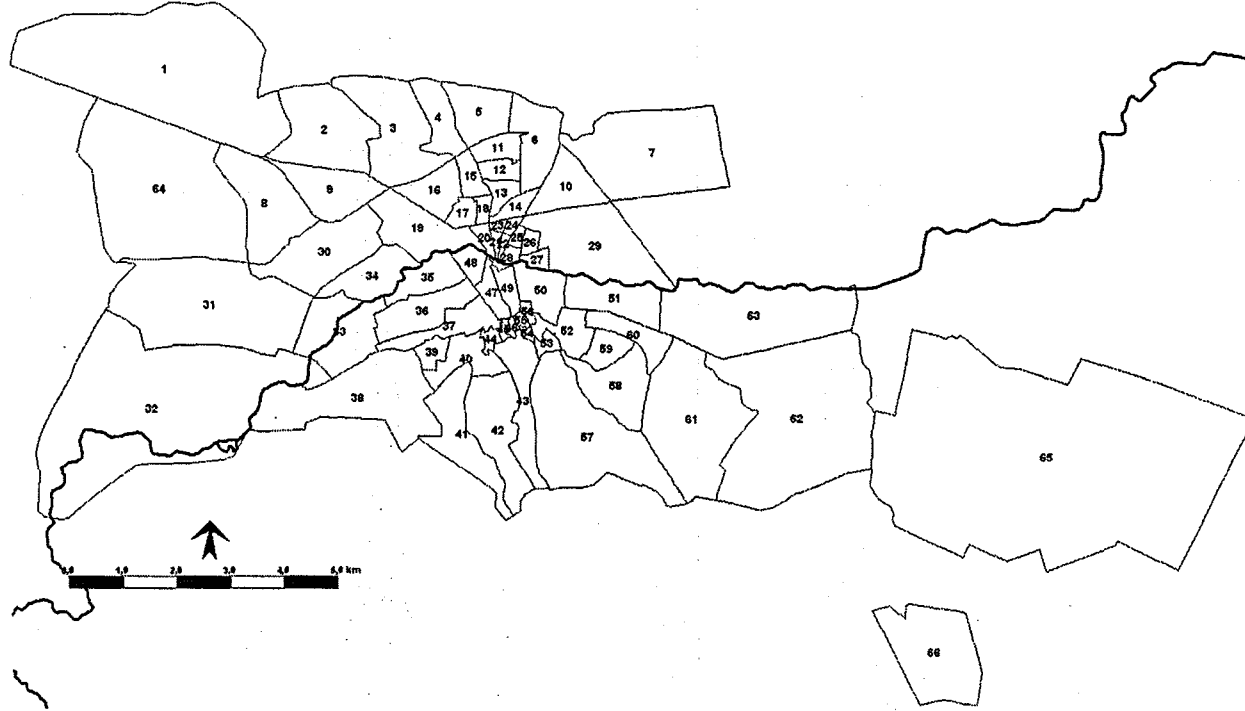
TÜNAY O. ve ALP K., *Hava kirlenmesi kontrolü*, İstanbul Ticaret Odası Yayın No: 1996-36, İstanbul (1996)

TÜRK ÇEVRE MEVZUATI, *Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği*, Türkiye Çevre Vakfı Yayınları No: 134, Ankara (1999).

VAR F., KAYTAKOĞLU S. ve KARA S., *Eskişehir'de hava kirliliğinin matematik modelle incelenmesi*, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü II. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı (Ed: KARA S.), Eskişehir, 559-586 (1994).

EKLER

EK-1 ÇALIŞMA ALANI İÇİNDEKİ MAHALLELER



1	Zincirlikuyu	11	Kumlubel	21	Hacialibey	31	Sazova	41	Gültepe	51	Gökmeydan	61	Emek
2	Şirintepe	12	Fatih	22	İhsaniye	32	Orhangazi	42	Yenikent	52	Alanönü	62	71 Evler
3	Yeşiltepe	13	Tunalı	23	Hayriye	33	Sümer	43	Dede	53	Karapınar	63	Gündoğdu
4	Sütlüce	14	Ömerağa	24	Hacıseyit	34	Osmangazi	44	Cunudiye	54	Orta	64	Çamlıca
5	Esentepe	15	Bahçelievler	25	M.Kemal Paşa	35	Kırmızıtoprak	45	Şarkıye	55	Akcamii	65	EOSB
6	Zafer	16	Yenibağlar	26	Işıklar	36	Vişnelik	46	Paşa	56	Akçağlan	66	75.yıl
7	Fevziçakmak	17	Eskibağlar	27	Yeni	37	Akarbaşı	47	Arifiye	57	Çankaya		
8	Batıkent	18	Güllük	28	Mamure	38	Büyükdere	48	İstiklal	58	Erenköy		
9	Uluönder	19	Hoşnudiye	29	Şeker	39	Göztepe	49	Deliklitaş	59	Huzur		
10	Şarhöyük	20	Cumhuriye	30	Ertuğrulgazi	40	Yıldıztepe	50	Kurtuluş	60	Yenidoğan		

**EK-2 İLLER BANKASI YÖNTEMİNE GÖRE 2002 YILI İÇİN
HESAPLANAN MAHALLE BAZINDA NÜFUSLAR VE NÜFUS
YOĞUNLUĞU BİLGİLERİ**

	Mahalle Adı	1997 Nüfusu (kişi)	2000 Nüfusu (kişi)	Hesaplanan P katsayısı	Kabul edilen P katsayısı	2002 Nüfusu (kişi)	2002 Yoğunluk (kişi/km ²)
1	71 Evler	9111	10256	4,02	3,00	10881	1456
2	75.yıl *	397 ^{min}	3240	101,33 ^{max}	3,00	3437	1286
3	Akarbaşı	13824	16331	5,71	3,00	17326	21732
4	Akcamii	905	884	-0,78	1,00	902	15063
5	Akçağlan	2136	2238	1,57	1,57	2309	32036
6	Alanönü	8598	8127	-1,86	1,00	8290	12894
7	Arifiye	6590	6325	-1,36	1,00	6452	19454
8	Bahçelievler	4354	4948	4,36	3,00	5249	15082
9	Batıkent	5202	5940	4,52	3,00	6302	2959
10	Büyükdere	10671	14441	10,61	3,00	15320	4302
11	Cumhuriye	4123	4113	-0,08	1,00	4196	28421
12	Cunudiye	1478	1621	3,13	3,00	1720	13802
13	Çamlıca	12447	16866	10,66	3,00	17893	2608
14	Çankaya	6879	7657	3,64	3,00	8123	2055
15	Dede	1854	2096	4,17	3,00	2224	1918
16	Deliklitaş	7378	7360	-0,08	1,00	7508	25993
17	Emek	23059 ^{max}	25267 ^{max}	3,10	3,00	26806 ^{max}	6758
18	Erenköy	11952	12857	2,46	2,46	13498	9539
19	Ertuğrulgazi	11806	12300	1,38	1,38	12641	6070
20	Esentepe	8716	8941	0,85	1,00	9121	8484
21	Eskibağlar	3088	3565	4,90	3,00	3782	14772
22	Fatih	4185	4278	0,74	1,00	4364	15155
23	Fevziçakmak	9049	9295	0,90	1,00	9482	2354
24	Gökmeydan	17334	19460	3,93	3,00	20645	17383
25	Göztepe	2571	2851	3,51	1,00	2908	10486
26	Güllük	3100	3531	4,43	3,00	3746	26369
27	Gültepe	8732	9327	2,22	2,22	9746	6225
28	Gündoğdu	11761	10394	-4,04	1,00	10603	2631
29	Hacıalibey	1711	1944	4,35	3,00	2062	30843
30	Hacıseyit	1949	2282	5,40	3,00	2421	30955
31	Hayriye	1372	1274	-2,44	1,00	1300	23170
32	Hoşnudiye	6802	6393	-2,05	1,00	6521	4578
33	Huzur	5846	5717	-0,74	1,00	5832	12645
34	Işıklar	3623	4297	5,85	3,00	4559	34476 ^{max}
35	İhsaniye	937	1081	4,88	3,00	1147	21212
36	İstiklal	6752	6340	-2,08	1,00	6467	21156
37	Karapınar	2121	1743	-6,33 ^{min}	1,00	1778	11709
38	Kırmızıtoprak	15384	16768	2,91	2,91	17759	23871
39	Kumlubel	4072	4209	1,11	1,11	4303	10335
40	Kurtuluş	15764	16324	1,17	1,17	16708	21716
41	Mamure	2939	3149	2,33	2,33	3297	21509

42	M.Kemal Paşa	2363	2333	-0,42	1,00	2380	28310
43	Orhangazi	7536	9174	6,78	3,00	9733	932
44	Orta	1027	844 ^{min}	-6,33	1,00	861 ^{min}	16353
45	Osmangazi	8252	8305	0,21	1,00	8472	7853
46	Ömerağa	4338	4586	1,87	1,87	4759	18660
47	Paşa	784	938	6,16	3,00	995	17189
48	Sazova	2508	3556	12,34	3,00	3773	725
49	Sümer	3085	3119	0,37	1,00	3182	1765
50	Sütlüce	6700	8183	6,89	3,00	8681	10547
51	Şarhöyük	7430	7340	-0,41	1,00	7488	7528
52	Şarkıye	895	1052	5,54	3,00	1116	20402
53	Şeker	3320	3837	4,94	3,00	4071	1529
54	Şirintepe	20962	22237	1,99	1,99	23130	9616
55	Tunalı	4208	4483	2,13	2,13	4676	17324
56	Uluönder	18261	15404	-5,51	1,00	15714	11788
57	Vişnelik	17650	19592	3,54	3,00	20785	18662
58	Yeni	3605	4060	4,04	3,00	4307	28340
59	Yenibaşlar	6235	7096	4,41	3,00	7528	9762
60	Yenidoğan	6314	7261	4,77	3,00	7703	11192
61	Yenikent	9688	9095	-2,08	1,00	9278	5282
62	Yeşiltepe	15600	14136	-3,23	1,00	14420	6124
63	Yıldıztepe	9240	8964	-1,01	1,00	9144	11926
64	Zafer	8007	8630	2,53	2,53	9072	7647
65	Zincirlikuyu	2019	3609	21,36	3,00	3829	429 ^{min}
TOPLAM		450599	483864			504724	

*: Sultandere toplu konut bölgesi yeni yerleşime açılan bir bölge olduğu için nüfus artış katsayısı çok yüksek bulunmuştur.

^{max} : maksimum değerleri ifade eder.

^{min} : minimum değerleri ifade eder.

71 EvlerMahallesi için örnek hesaplama:

$$P = [(N_{2000}/N_{1997})^{1/(2000-1997)} - 1] \times 100 \rightarrow P = ([10.256/9111]^{(1/3)} - 1) \times 100 = 4,02$$

P= 4,02 > 3 olduğundan P = 3 kabul edilir.

$$N_{2002} = N_{2000} \times \left(\frac{P}{100} + 1\right)^{(2002-2000)} \rightarrow N_{2002} = 10.256 \times (0,003 + 1)^2 = 10881 \text{ kişi}$$

EK-3 KONUT ISITILMASINA YÖNELİK DOĞALGAZ KULLANIMI İLE İLGİLİ VERİLER

	Mahalle Adı	Bireysel (soba, kombi)	Konut Eşdeğer (kazan)	Toplam Eşdeğer	Bireysel %	Konut Eşdeğer, %	Doğalgaz Kullanım Oranı,%	Doğalgaz ile ısınan nüfus	Tüketilen Doğalgaz Miktarı,m³
1	75.yıl (Sultandere)	1.290	1.183	2.473	0,52	0,48	1,00	3.437	1.500.869
2	Akarbaşı	2.883	4.031	6.914	0,42	0,58	1,00	17.326	7.565.027
3	Akcamii	1	50	51	0,02	0,98	0,12	107	46.700
4	Akçağlan	193	216	409	0,47	0,53	0,48	1.103	481.658
5	Alanönü	447	1.386	1.833	0,24	0,76	0,63	5.201	2.270.798
6	Arifiye	980	2.911	3.891	0,25	0,75	1,00	6.452	2.817.257
7	Bahçelievler	263	30	293	0,90	0,10	0,14	729	318.132
8	Batıkent (Seyrantepe)	648	332	980	0,66	0,34	0,52	3.249	1.418.496
9	Büyükdere	501	4.354	4.855	0,10	0,90	1,00	15.320	6.689.520
10	Cumhuriye	738	803	1.541	0,48	0,52	0,80	3.376	1.474.207
11	Cunudiye	13	97	110	0,12	0,88	0,23	402	175.369
12	Çankaya	1.048	270	1.318	0,80	0,20	0,51	4.126	1.801.500
13	Dede	2	70	72	0,03	0,97	0,06	141	61.484
14	Deliklitaş	1.040	1.360	2.400	0,43	0,57	0,75	5.640	2.462.545
15	Erenköy	5	0	5	0,00	1,00	0,00	16	7.035
16	Ertuğrulgazi	1.767	1.241	3.008	0,59	0,41	0,70	8.832	3.856.570
17	Eskibağlar	342	185	527	0,65	0,35	0,34	1.284	560.759
18	Fatih	16	14	30	0,53	0,47	0,02	80	34.814
19	Gökmeysan	2.786	2.766	5.552	0,50	0,50	0,75	15.542	6.786.220
20	Göztepe	426	309	735	0,58	0,42	0,73	2.112	922.295
21	Gültepe	950	600	1.550	0,61	0,39	0,51	4.942	2.157.680
22	Gündoğdu	81	274	355	0,23	0,77	0,14	1.453	634.567
23	Hacıalibey	351	319	670	0,52	0,48	0,93	1.909	833.355
24	Hacıseyit	467	400	867	0,54	0,46	0,88	2.122	926.694
25	Hayriye	142	164	306	0,46	0,54	0,52	676	295.311
26	Hoşnudiye	766	1.691	2.457	0,31	0,69	0,91	5.946	2.596.074
28	Işıklar	694	278	972	0,71	0,29	0,56	2.564	1.119.658
29	İhsaniye	200	196	396	0,51	0,49	0,99	1.133	494.509
30	İstiklal	1.352	1.931	3.283	0,41	0,59	1,00	6.467	2.823.939
31	Kırmızıtoprak	3.271	3.300	6.571	0,50	0,50	0,99	17.503	7.642.701

32	Kurtuluş	2.332	2.795	5.127	0,45	0,55	0,81	13.531	5.908.097
33	Mamure	451	562	1.013	0,45	0,55	0,72	2.379	1.038.772
33	Mamure	451	562	1.013	0,45	0,55	0,72	2.379	1.038.772
34	M.Kemal Paşa	381	503	884	0,43	0,57	0,95	2.252	983.527
35	Osmangazi	1.140	138	1.278	0,89	0,11	0,41	3.485	1.521.582
36	Ömerağa	148	7	155	0,95	0,05	0,08	396	172.798
37	Sümer	449	762	1.211	0,37	0,63	0,81	2.564	1.119.352
38	Şeker	391	636	1.027	0,38	0,62	0,77	3.148	1.374.554
39	Şirintepe	384	424	808	0,48	0,52	0,10	2.243	979.511
40	Tunalı	226	15	241	0,94	0,06	0,12	578	252.479
41	Uluönder	1.957	4.062	6.019	0,33	0,67	1,00	15.714	6.861.191
42	Vişnelik	3.598	6.045	9.643	0,37	0,63	1,00	20.785	9.075.623
43	Yeni	595	497	1.092	0,54	0,46	0,70	3.025	1.320.736
44	Yenibağlar	624	333	957	0,65	0,35	0,32	2.412	1.053.145
45	Yenidoğan	484	1.660	2.144	0,23	0,77	0,97	7.493	3.271.955
46	Yenikent	1.864	3.337	5.201	0,36	0,64	1,00	9.278	4.051.060
47	Yıldıztepe	457	1.667	2.124	0,22	0,78	0,72	6.582	2.873.777
48	Zafer	16	1.926	1.942	0,01	0,99	0,66	6.025	2.630.873
49	Zincirlikuyu	1	80	81	0,01	0,99	0,10	383	167.180
TOPLAM		39.202	56.340	95.542	-	-	-		105.667.582

EK- 4 KONUT ISITILMASINA YÖNELİK KÖMÜR KULLANIMI İLE İLGİLİ VERİLER

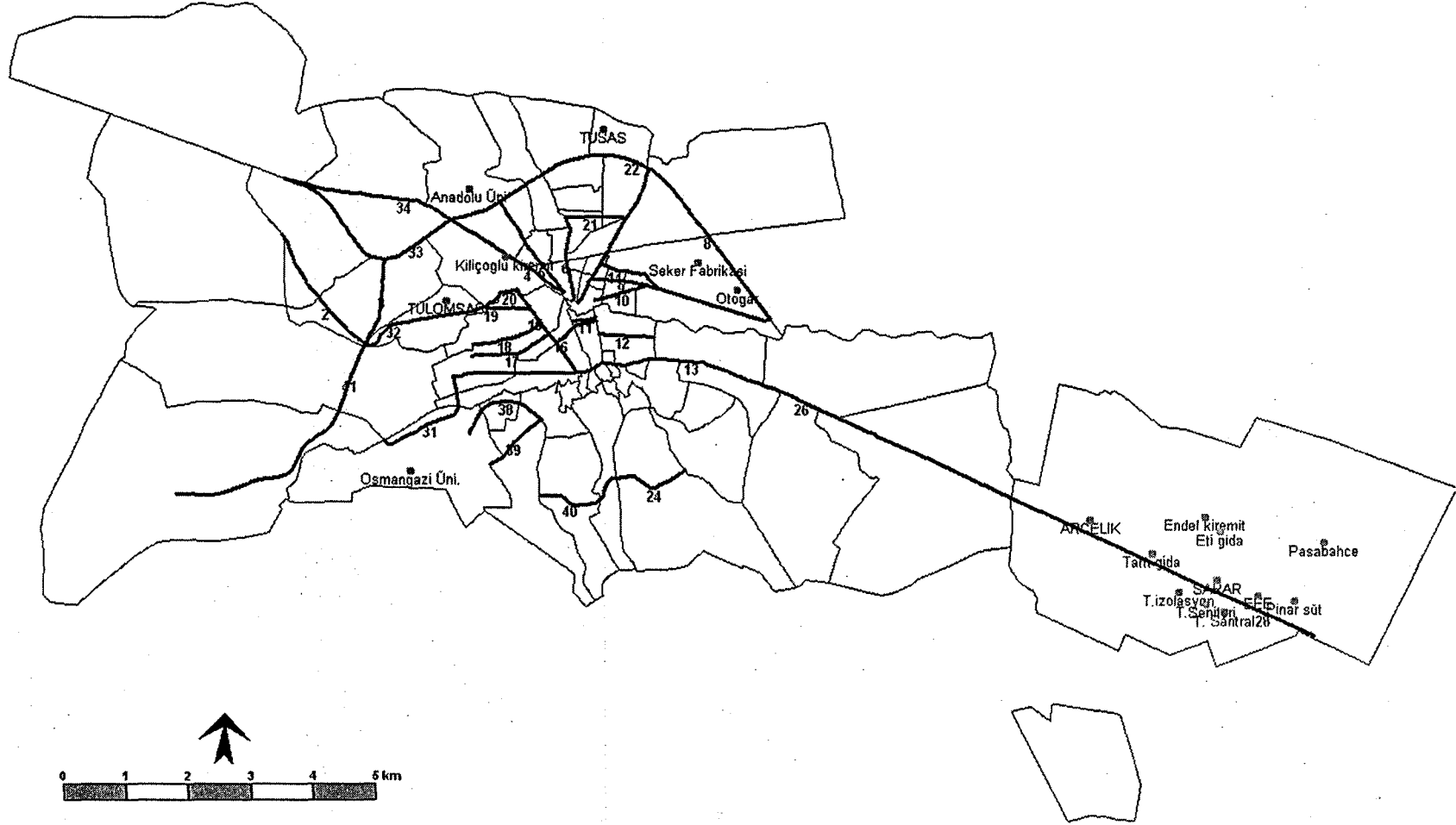
Mahalle	Isıtma sistemi		Kömür Kullanımı, %	Kömür ile ısınan nüfus	İthal kömür tüketimi (ton/yıl)	Soma kömürü tüketimi (ton/yıl)	
	Soba, %	Kazan, %					
1	71 Evler	0,98	0,02	1,00	10881	5977	2878
2	Akcamii	0,97	0,03	0,88	795	437	210
3	Akçağlan	0,79	0,21	0,52	1206	662	319
4	Alanönü	0,83	0,17	0,37	3090	1697	817
5	Bahçelievler	0,96	0,04	0,86	4521	2483	1196
6	Batıkent (Seyrantepe)	0,73	0,27	0,48	3053	1677	807
7	Cumhuriye	0,55	0,45	0,20	819	450	217
8	Cunudiye	0,99	0,01	0,77	1318	724	349
9	Çamlıca	0,93	0,07	1,00	17893	9829	4732
10	Çankaya	0,84	0,16	0,49	3997	2196	1057
11	Dede	0,98	0,02	0,94	2083	1144	551
12	Deliklitaş	0,47	0,53	0,25	1868	1026	494
13	Emek	0,95	0,05	1,00	26806	14725	7090
14	Erenköy	0,99	0,01	1,00	13482	7406	3566
15	Ertuğrulgazi	0,86	0,14	0,30	3808	2092	1007
16	Esentepe	0,99	0,01	1,00	9121	5010	2412
17	Eskibağlar	0,93	0,07	0,66	2498	1372	661
18	Fatih	0,98	0,02	0,98	4284	2353	1133
19	Fevziçakmak	0,99	0,01	1,00	9482	5209	2508
20	Gökmeydan	0,57	0,43	0,25	5103	2803	1350
21	Göztepe	0,90	0,10	0,27	796	437	211
22	Güllük	0,90	0,10	1,00	3746	2058	991
23	Gültepe	0,98	0,02	0,49	4804	2639	1271
24	Gündoğdu	0,98	0,02	0,86	9150	5026	2420
25	Hacıalibey	0,61	0,39	0,07	154	84	41
26	Hacıseyit	0,66	0,34	0,12	299	164	79
27	Hayriye	0,74	0,26	0,48	623	342	165
28	Hoşnudiye	0,42	0,58	0,09	576	316	152
29	Huzur	0,98	0,02	0,91	5292	2907	1400
30	Işıklar	0,85	0,15	0,44	1994	1096	527
31	İhsaniye	0,76	0,24	0,01	14	8	4

32	Karapınar	0,99	0,01	1,00	1778	977	470
33	Kırmızıtoprak	0,53	0,47	0,01	256	140	68
34	Kumlubel	0,99	0,01	1,00	4303	2364	1138
35	Kurtuluş	0,62	0,38	0,19	3178	1745	840
36	Mamure	0,47	0,53	0,28	918	504	243
37	M.Kemal Paşa	0,76	0,24	0,05	127	70	34
38	Orhangazi	0,92	0,08	1,00	9733	5346	2574
39	Orta	0,98	0,02	1,00	861	473	228
40	Osmangazi	0,86	0,14	0,59	4987	2740	1319
41	Ömerağa	0,93	0,07	0,92	4363	2397	1154
42	Paşa	0,97	0,03	1,00	995	547	263
43	Sazova	0,99	0,01	1,00	3773	2072	998
44	Sümer	0,00	1,00	0,19	618	340	163
45	Sütlüce	0,99	0,01	1,00	8681	4769	2296
46	Şarhöyük	1,00	0,00	1,00	7488	4113	1980
47	Şarkıye	1,00	0,00	1,00	1116	613	295
48	Şeker	0,75	0,25	0,23	923	507	244
49	Şirintepe	0,95	0,05	0,90	20887	11473	5524
50	Tunalı	0,96	0,04	0,88	4098	2251	1084
52	Yeni	0,87	0,13	0,30	1282	704	339
53	Yenibaşlar	0,87	0,13	0,68	5116	2810	1353
54	Yenidoğan	0,94	0,06	0,03	210	115	55
55	Yeşiltepe	0,99	0,01	1,00	14420	7921	3814
56	Yıldıztepe	0,50	0,50	0,28	2563	1408	678
57	Zafer	0,98	0,02	0,34	3047	1674	806
58	Zincirlikuyu	0,91	0,09	0,90	3446	1893	911
TOPLAM					262.722	144.317	69.486

EK-5 2002 YILINDA ÇALIŞMA ALANINDA KATEDİLEN YILLIK MESAFELER

Araç Türü		Çalışma alanındaki araç sayısı	Km/gün-araç	Gün/yıl	Km/yıl-araç	Km/yıl	
Otomobil	Resmi	571	20	250	5.000	841	
	Hususi	Benzin	49.385	15	365	5.475	49.765
		LPG	12.346	15	365	5.475	12.726
	Ticari	Taksi-LPG	390	70	365	25.550	825
		Taksi-dizel	97	70	365	25.550	532
		Dolmuş-LPG	134	100	365	36.500	599
	Dolmuş_dizel	34	100	365	36.500	499	
Minibüs	Resmi	218	20	250	5.000	488	
	Hususi	862	15	365	5.475	1.242	
	Ticari	424	160	365	58.400	949	
Otobüs	Resmi	327	30	250	7.500	607	
	Hususi	13	100	365	36.500	478	
	Ticari	806	300	365	109.500	1.471	
Kamyonet	Resmi	452	50	250	12.500	752	
	Hususi	9.723	50	365	18.250	10.138	
	Ticari	911	50	365	18.250	1.326	
Kamyon	Resmi < 7.5 ton	477	30	250	7.500	757	
	Resmi > 7.5 ton	318	30	250	7.500	598	
	Hususi < 7.5 ton	1.080	30	365	10.950	1.475	
	Hususi > 7.5 ton	720	30	365	10.950	1.115	
	Ticari < 7.5 ton	2.842	30	365	10.950	3.237	
	Ticari > 7.5 ton	1.895	30	365	10.950	2.290	
TOPLAM		84.025				92.710	

EK-6 ÇALIŞMA ALANINDA ÇİZGİSEL KAYNAK OLARAK İNCELENEN CADDELER



No	Cadde adı	Kesit no	Cadde uzunluğu (km)
1	Çamlıca Demiryolu Geçidi	2	2,25
2	Kütahya Yolu	3	1,49
3	İsmet İnönü Caddesi	4,34	4,94
4	Cengiz Topel Caddesi	5	1,79
5	Sakarya Caddesi	6	1,38
6	Muttalip Caddesi	7	2,47
7	Çevre Yolu	8,22,33	10,00
8	Kırım Caddesi	9	0,94
9	Sivrihisar Caddesi	10	2,95
10	Asarcıklı Caddesi	11	0,37
11	Ziya Paşa Caddesi	12	0,89
12	Çifteler Caddesi	13,26	9,46
13	Okul Sokak	14	1,05
14	Atatürk Caddesi	15	1,66
15	Kıbrıs Şehitleri Caddesi	16	0,78
16	Savaş Caddesi	17	1,35
17	Taşköprü Caddesi	18	1,18
18	Basın Şehitleri Caddesi	19,32	2,84
19	Ahmet Kanatlı Caddesi	20	0,67
20	Gaffar Okkan Caddesi	21	0,98
21	Mustafa Özel Caddesi	24	1,24
22	Ankara Yolu	28	1,87
23	Atatürk Bulvarı	31,37	4,34
24	Dumlupınar Caddesi	38	1,56
25	Halk Caddesi	39	2,67
26	Kemal Zeytinoğlu Bulvarı	40	1,53
27	Kütahya Yolu	41	4,32

EK-7 ÇALIŞMA ALANINDA BAZI KESİTLERDE YAPILAN ARAÇ SAYIMLARININ SONUÇLARI

Kesit no	Kesit uzunluğu, km	Taksi	Taksi dolmuş	Belediye otobüsü	Minibüs	Servis minibüs	Servis otobüs	Ticari kamyon	Ticari kamyonet	Ticari minibüs	TOPLAM
2*	2,25	233	0	22	59	26	13	15	49	62	479
3*	1,49	453	0	0	0	37	29	62	72	61	714
4+	2,15	1.050	17	52	40	68	23	5	116	157	1.528
5+	1,79	540	0	66	80	36	12	14	72	45	865
6+	1,38	434	36	24	119	28	13	28	76	102	860
7+	2,47	541	101 ^{max}	29	21	45	48	54	134	146	1.119
8*	3,13	592	0	0	0	58	121 ^{max}	402 ^{max}	158	125	1.456
9+	0,94	468	17	23	0	30	17	2	65	75	697
10+	2,95	520	22	21	10	17	12	1	45	67	715
11+	0,37	284	0	1	65	5	11	15	59	69	509
12+	0,89	660	0	7	61	32	10	20	98	84	972
13+	1,72	1.650	0	104 ^{max}	67	130	122	38	130	162	2.403
14+	1,05	156	0	0	0	11	4	20	34	32	257
15+	1,66	1.767 ^{max}	0	101	127 ^{max}	145 ^{max}	104	73	190 ^{max}	156	2.663 ^{max}
16+	0,78	297	0	0	3	9	3	6	18	33	369
17	1,35	576	0	11	46	21	5	11	61	68	799
18+	1,18	440	0	0	0	14	1	3	45	20	523
19+	0,97	317	8	17	37	16	3	15	30	25	468
20+	0,67	550	0	18	38	27	6	0	44	47	730
21*	0,98	173	0	0	0	24	23	19	62	49	350
22*	3,46	565	0	3	0	37	108	309	251	142	1.415
24*	1,24	155	0	4	18	24	14	22	32	23	292
26*	2,96	966	0	60	42	65	96	36	184	211 ^{max}	1.660
28+	7,74	144	0	1	0	0	25	145	41	45	401
31*	2,9	490	0	34	0	30	13	4	29	53	653
32*	1,87	760	0	40	82	78	47	22	130	146	1.305
33*	3,41	868	0	1	0	58	82	363	168	109	1.649
34*	2,79	330	31	22	29	30	26	18	44	33	563
37*	1,45	748	0	57	91	40	13	9	90	36	1.084
38*	1,56	163	0	22	12	23	13	10	26	21	290
39*	2,67	100	0	8	15	22	16	11	26	15	213
40*	1,53	263	0	10	1	13	7	8	21	17	340
41*	4,32 ^{max}	405	0	12	14	41	27	79	41	66	685

(*) Sayım tarihi: 22.10.2002 Salı, Sayım saati: 18:00-19:00 (†) Sayım tarihi: 17.10.2002 Perşembe, Sayım saati: 18:00-19:00

^{max} : maksimum değerleri ifade eder.

**EK-8 KONUT ISITILMASINA YÖNELİK DOĞALGAZ KULLANIMINDAN KAYNAKLANAN
EMİSYONLARIN MAHALLE BAZINDA DAĞILIMI, TON/YIL**

	Mahalle	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x		Mahalle	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
1	75.yıl (Sultandere)	0,20	0,02	3,32	0,59	2,32	26	Hoşnudiye	0,33	0,03	4,10	0,75	3,97
2	Akarbaşı	0,97	0,10	14,34	2,59	11,63	27	Huzur	0,03	0,00	0,32	0,06	0,36
3	Akcarnii	0,01	0,00	0,03	0,01	0,07	28	Işıklar	0,15	0,02	3,12	0,56	1,75
4	Akçağlan	0,06	0,01	0,99	0,18	0,74	29	İhsaniye	0,06	0,01	1,07	0,19	0,76
5	Alanönü	0,29	0,03	3,12	0,57	3,46	30	İstiklal	0,36	0,04	5,31	0,96	4,34
6	Arifiye	0,36	0,03	3,94	0,72	4,30	31	Kırmızıtoprak	0,99	0,10	16,35	2,93	11,80
7	Bahçelievler	0,04	0,01	1,06	0,19	0,50	32	Kurtuluş	0,76	0,08	11,87	2,14	9,10
8	Batıkent (Seyrantepe)	0,19	0,02	3,73	0,67	2,21	33	Mamure	0,13	0,01	2,06	0,37	1,60
9	Büyükdere	0,83	0,07	6,37	1,20	10,13	34	M.Kemal Paşa	0,13	0,01	1,91	0,34	1,51
10	Cumhuriye	0,19	0,02	3,07	0,55	2,27	35	Osmangazi	0,21	0,02	5,06	0,90	2,39
11	Cunudiye	0,02	0,00	0,17	0,03	0,27	36	Ömeraga	0,02	0,00	0,61	0,11	0,27
12	Çankaya	0,24	0,03	5,47	0,97	2,82	37	Sümer	0,14	0,01	1,97	0,36	1,72
13	Dede	0,01	0,00	0,04	0,01	0,09	38	Şarkıye	0,18	0,02	2,46	0,44	2,11
14	Deliklitaş	0,32	0,03	4,79	0,86	3,79	39	Şeker	0,13	0,01	2,03	0,36	1,51
15	Erenköy	0,00	0,00	0,03	0,00	0,01	40	Şirintepe	0,03	0,00	0,87	0,15	0,40
16	Ertuğrulgazi	0,51	0,05	9,29	1,66	5,98	41	Uluönder	0,87	0,08	11,11	2,02	10,50
17	Eskibağlar	0,07	0,01	1,45	0,26	0,87	42	Vişnelik	1,16	0,11	16,01	2,90	13,92
18	Fatih	0,00	0,00	0,08	0,01	0,05	43	Yeni	0,17	0,02	3,01	0,54	2,04
19	Gökmeydan	0,88	0,09	14,60	2,62	10,48	44	Yenibağlar	0,14	0,02	2,74	0,49	1,64
20	Göztepe	0,12	0,01	2,20	0,39	1,43	45	Yenidoğan	0,41	0,04	4,32	0,79	4,98
21	Gültepe	0,28	0,03	5,36	0,96	3,35	46	Yenikent	0,52	0,05	6,97	1,26	6,21
22	Gündoğdu	0,08	0,01	0,84	0,15	0,97	47	Yıldıztepe	0,36	0,03	3,70	0,68	4,38
23	Hacılibey	0,11	0,01	1,85	0,33	1,29	48	Zafer	0,32	0,03	1,75	0,34	3,97
24	Hacıseyit	0,12	0,01	2,10	0,38	1,43	49	Zincirlikuyu	0,02	0,00	0,11	0,02	0,25
25	Hayriye	0,04	0,00	0,60	0,11	0,46							
								TOPLAM	13,58	1,36	197,66	35,66	162,39

75. Yıl Mahallesi için örnek hesaplama:

Emisyon hızı = (Bireysel yakma sistemlerinde yakılan doğalgaz miktarı x Emisyon faktörü) + (Kazanlı sistemlerde yakılan doğalgaz miktarı x Emisyon faktörü)

$$PM = [(0,52 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,138 \text{ g/m}^3) + (0,48 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,122 \text{ g/m}^3)] \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,2 \text{ ton/yıl}$$

$$SO_2 = [(0,52 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,017 \text{ g/m}^3) + (0,48 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,01 \text{ g/m}^3)] \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,02 \text{ ton/yıl}$$

$$CO = [(0,52 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 3,650 \text{ g/m}^3) + (0,48 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,641 \text{ g/m}^3)] \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 3,32 \text{ ton/yıl}$$

$$VOC = [(0,52 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,645 \text{ g/m}^3) + (0,48 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 0,125 \text{ g/m}^3)] \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,59 \text{ ton/yıl}$$

$$NO_x = [(0,52 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 1,58 \text{ g/m}^3) + (0,48 \times 1500869 \text{ m}^3/\text{yıl} \times 1,507 \text{ g/m}^3)] \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 2,32 \text{ ton/yıl}$$

**EK-9 KONUT ISITILMASINA YÖNELİK KÖMÜR KULLANIMINDAN KAYNAKLANAN
EMİSYONLARIN MAHALLE BAZINDA DAĞILIMI, TON/YIL**

	Mahalle	İTHAL KÖMÜR					SOMA KÖMÜRÜ				
		PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
1	71 Evler	12	26	223	2	14	11	35	78	1	6
2	Akcamii	1	2	16	0	1	1	3	6	0	0
3	Akçağlan	2	6	20	1	1	3	5	15	0	1
4	Alanönü	4	13	54	1	4	8	12	36	0	2
5	Bahçelievler	5	12	90	1	6	5	15	36	1	3
6	Batıkent (Seyrantepe)	5	17	47	2	3	10	12	45	0	2
7	Cumhuriye	2	6	9	1	1	4	4	16	0	1
8	Cunudiye	1	3	27	0	2	1	4	9	0	1
9	Çamlıca	22	54	348	5	22	26	61	155	2	10
10	Çankaya	5	17	70	2	5	9	15	45	0	2
11	Dede	2	5	43	0	3	2	7	15	0	1
12	Deliklitaş	4	16	19	2	2	11	9	42	0	1
13	Emek	31	74	534	6	33	33	89	214	3	15
14	Erenköy	15	31	279	2	17	12	43	93	2	8
15	Ertuğrulgazi	5	15	69	2	5	8	14	41	0	2
16	Esentepe	10	21	189	1	11	8	29	62	1	5
17	Eskibağlar	3	8	48	1	3	4	9	22	0	1
18	Fatih	5	10	88	1	5	4	14	31	1	2
19	Fevziçakmak	11	21	197	1	12	8	30	64	1	5
20	Gökmeydan	9	38	61	5	5	25	23	99	0	3
21	Göztepe	1	3	15	0	1	1	3	8	0	0
22	Güllük	5	13	71	1	5	7	13	36	0	2
23	Gültepe	5	12	98	1	6	5	16	35	1	3
24	Gündoğdu	10	23	187	1	11	9	30	66	1	5
25	Hacıalibey	0	1	2	0	0	1	1	3	0	0
26	Hacıseyit	0	2	4	0	0	1	1	5	0	0
27	Hayriye	1	3	10	0	1	2	3	9	0	0
28	Hoşnudiye	1	5	5	1	1	4	3	14	0	0
29	Huzur	6	13	108	1	7	5	17	38	1	3
30	Işıklar	3	8	35	1	2	5	7	22	0	1
31	İhsaniye	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Karapınar	2	4	37	0	2	2	6	12	0	1

33	Kırmızıtoprak	0	2	3	0	0	1	1	5	0	0
34	Kumlubel	5	10	89	1	5	4	14	30	1	2
35	Kurtuluş	5	22	41	3	3	14	14	57	0	2
36	Mamure	2	8	9	1	1	5	5	20	0	1
37	M.Kemal Paşa	0	1	2	0	0	0	1	2	0	0
38	Orhangazi	12	31	187	3	12	15	33	87	1	6
39	Orta	1	2	18	0	1	1	3	6	0	0
40	Osmangazi	7	20	89	2	6	11	18	54	1	3
41	Ömerağa	5	13	85	1	5	6	15	37	1	2
42	Paşa	1	3	20	0	1	1	3	8	0	1
43	Sazova	4	9	78	0	5	3	12	26	0	2
44	Sümer	2	9	0	1	1	7	4	22	0	0
45	Sütlüce	10	20	180	1	11	7	28	59	1	5
46	Şarhöyük	8	17	156	1	9	6	24	51	1	4
47	Şarkiye	1	2	23	0	1	1	4	7	0	1
48	Şeker	1	5	14	1	1	3	4	13	0	1
49	Şirintepe	25	59	413	5	26	27	70	171	3	12
50	Tunalı	5	11	82	1	5	5	14	32	1	2
51	Yeni	2	5	23	0	2	3	5	13	0	1
52	Yenibaşlar	7	19	94	2	6	10	18	53	1	3
53	Yenidoğan	0	1	4	0	0	0	1	2	0	0
54	Yeşiltepe	16	33	299	2	18	12	46	99	2	8
55	Yıldıztepe	5	21	27	3	3	15	12	55	0	2
56	Zafer	3	8	62	0	4	3	10	22	0	2
57	Zincirlikuyu	4	11	65	1	4	6	12	32	0	2
TOPLAM		322	820	5.067	71	323	406	900	2.337	32	150

71 Evler Mahallesi için örnek hesaplama:

Emisyon hızı = (Sobalı sistemlerinde yakılan kömür miktarı x Emisyon faktörü) + (Kazanlı sistemlerde yakılan kömür miktarı x Emisyon faktörü)

İthal Kömür PM = [(0,98 x 5977 ton/yıl x 2 kg/ton) + (0,02 x 5977 ton/yıl x 5 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 12 ton/yıl

SO₂ = [(0,98 x 5977 ton/yıl x 4 kg/ton) + (0,02 x 5977 ton/yıl x 25,93 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 26 ton/yıl

CO = [(0,98 x 5977 ton/yıl x 38 kg/ton) + (0,02 x 5977 ton/yıl x 0,3 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 223 ton/yıl

VOC = [(0,98 x 5977 ton/yıl x 0,2 kg/ton) + (0,02 x 5977 ton/yıl x 4 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 2 ton/yıl

NO_x = [(0,98 x 5977 ton/yıl x 2,3 kg/ton) + (0,02 x 5977 ton/yıl x 1,5 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 14 ton/yıl

Soma Linyiti PM = [(0,98 x 2878 ton/yıl x 3 kg/ton) + (0,02 x 2878 ton/yıl x 40 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 11 ton/yıl

SO₂ = [(0,98 x 2878 ton/yıl x 12 kg/ton) + (0,02 x 2878 ton/yıl x 24,37 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 35 ton/yıl

CO = [(0,98 x 2878 ton/yıl x 25 kg/ton) + (0,02 x 2878 ton/yıl x 137,5 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 78 ton/yıl

VOC = [(0,98 x 2878 ton/yıl x 0,5 kg/ton) + (0,02 x 2878 ton/yıl x 0,015 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 1 ton/yıl

NO_x = [(0,98 x 2878 ton/yıl x 2,1 kg/ton) + (0,02 x 2878 ton/yıl x 2,9 kg/ton)] x (1 ton/10³ kg) = 6 ton/yıl

EK-10 TRAFİK KÖKENLİ EMİSYONLAR, TON/YIL

Araç Türü	PM		SO ₂		CO		VOC		NO _x			
	EF (g/km)	Emisyon (ton/yıl)	EF (g/km)	Emisyon (ton/yıl)	EF (g/km)	Emisyon (ton/yıl)	EF (g/km)	Emisyon (ton/yıl)	EF (g/km)	Emisyon (ton/yıl)		
Otomobil	Resmi	Benzin	0,029	0,08	0,111	0,32	1,688	4,82	0,135	0,39	0,314	0,90
	Hususi	Benzin	0,029	7,84	0,111	30,14	1,688	456,40	0,135	36,50	0,314	84,90
		LPG	0,029	1,96	0,007	0,47	1,135	76,72	0,163	11,02	0,313	21,16
	Ticari	Taksi-LPG	0,029	0,29	0,007	0,07	1,135	11,30	0,163	1,62	0,313	3,12
		Taksi-dizel	0,043	0,11	0,665	1,65	0,282	0,70	0,057	0,14	0,579	1,44
		Dolmuş-LPG	0,029	0,14	0,007	0,03	1,135	5,57	0,163	0,80	0,313	1,54
		Dolmuş_dizel	0,043	0,05	0,665	0,82	0,282	0,35	0,057	0,07	0,579	0,71
Minibüs	Resmi		0,070	0,08	0,964	1,05	0,393	0,43	0,130	0,14	1,138	1,24
	Hususi		0,070	0,33	0,964	4,55	0,393	1,85	0,130	0,61	1,138	5,37
	Ticari		0,070	1,73	0,964	23,87	0,393	9,73	0,130	3,22	1,138	28,18
Otobüs	Resmi		0,520	1,28	3,905	9,58	3,783	9,28	0,359	0,88	13,169	32,30
	Hususi		0,520	0,25	3,905	1,85	3,783	1,80	0,359	0,17	13,169	6,25
	Ticari		0,520	45,89	3,905	344,62	3,783	333,88	0,359	31,68	13,169	1162,26
Kamyonet	Resmi		0,070	0,40	0,964	5,45	0,393	2,22	0,130	0,73	1,138	6,43
	Hususi		0,070	12,42	0,964	171,06	0,393	69,74	0,130	23,07	1,138	201,93
	Ticari		0,070	1,16	0,964	16,03	0,393	6,53	0,130	2,16	1,138	18,92
Kamyon	Resmi < 7.5 ton		0,335	1,20	1,212	4,34	2,876	10,29	1,576	5,64	2,930	10,48
	Resmi > 7.5 ton		0,660	1,57	2,449	5,84	2,876	6,86	1,576	3,76	6,055	14,44
	Hususi < 7.5 ton		0,335	3,96	1,212	14,34	2,876	34,01	1,576	18,64	2,930	34,65
	Hususi > 7.5 ton		0,660	5,20	2,449	19,31	2,876	22,67	1,576	12,43	6,055	47,74
	Ticari < 7.5 ton		0,335	10,43	1,212	37,73	2,876	89,51	1,576	49,05	2,930	91,19
	Ticari > 7.5 ton		0,660	13,69	2,449	50,82	2,876	59,67	1,576	32,70	6,055	125,63
TOPLAM				110,07		743,93		1.214,32		235,42		1.900,76

Örnek hesaplama. Çalışma alanındaki benzinle çalışan tüm resmi otomobiller için trafik kökenli emisyonların hesaplanması:

Emisyon hızı = Yıllık⁽¹⁾ katedilen mesafe x Araç sayısı x Emisyon faktörü

PM = (20 km/gün x 250 gün/yıl) x 571 araç x 0,029 g/km x 1ton/10⁶ g = 0,082 ton/yıl

SO₂ = (20 km/gün x 250 gün/yıl) x 571 araç x 0,111 g/km x 1ton/10⁶ g = 0,317 ton/yıl

CO = (20 km/gün x 250 gün/yıl) x 571 araç x 1,688 g/km x 1ton/10⁶ g = 4,819 ton/yıl

VOC = (20 km/gün x 250 gün/yıl) x 571 araç x 0,135 g/km x 1ton/10⁶ g = 0,385 ton/yıl

NO_x = (20 km/gün x 250 gün/yıl) x 571 araç x 0,314 g/km x 1ton/10⁶ g = 0,896 ton/yıl

⁽¹⁾ Resmi araçların hafta sonları ve resmi tatillerde trafikte olmadıkları düşünülerek, bu araçlar için yıllık katedilen mesafeler 250 gün/yıl üzerinden hesaplanmıştır. Diğer araçların yılın 365 günü trafikte olduğu düşünülmüştür.

EK-11 ANA ARTERLER ÜZERİNDEKİ ARAÇ SAYIMLARI KULLANILARAK YAPILAN EMİSYON TAHMİNLERİ İÇİN ÖRNEK HESAPLAMA

3 numaralı kesit (Çifteler Caddesinin ilk kısmı) için hesaplanan PM emisyon hızları

Emisyon hızı = Kesitten geçen yıllık araç sayısı x Kesit uzunluğu x Emisyon faktörü

$$\text{Otomobil}^{(1)} = \{[(1650 \times 0,8) \text{ araç/saat} \times 0,029 \text{ g/km}] + [(1650 \times 0,2 + 0 \times 0,8) \text{ araç/saat} \times 0,029 \text{ g/km}] + [(0 \times 0,2) \text{ araç/saat} \times 0,043 \text{ g/km}] \times (100/13) \text{ saat/gün} \times (1,72 \text{ km/araç}) \times (365 \text{ gün/yıl}) \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,231 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Minibüs} = \{[(67 + 130 + 162 \text{ araç/saat}) \times 0,07 \text{ g/km}] \times (100/13) \text{ saat/gün} \times (1,72 \text{ km/araç}) \times (365 \text{ gün/yıl}) \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,121 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Otobüs} = \{[(104 + 122 \text{ araç/saat}) \times 0,52 \text{ g/km}] \times (100/13) \text{ saat/gün} \times (1,72 \text{ km/araç}) \times (365 \text{ gün/yıl}) \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,568 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Kamyonet} = \{[(130 \text{ araç/saat} \times 0,07 \text{ g/km}) \times (100/13) \text{ saat/gün}] \times (1,72 \text{ km/araç}) \times (365 \text{ gün/yıl}) \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,044 \text{ ton/yıl}$$

$$\text{Kamyon}^{(2)} = \{[(38 \times 0,6) \text{ araç/saat} \times 0,335 \text{ g/km}] + [(38 \times 0,4 \text{ araç/saat} \times 0,66 \text{ g/km}) \times (100/13) \text{ saat/gün}] \times (1,72 \text{ km/araç}) \times (365 \text{ gün/yıl}) \times (1 \text{ ton}/10^6 \text{ g}) = 0,085 \text{ ton/yıl}$$

⁽¹⁾ Çalışma alanındaki hususi otomobillerin %80'inin benzin ve %20'sinin LPG kullandığı, ticari taksilerin ve taksi dolmuşların ise %80'inin LPG, %20'sinin motorin kullandığı varsayılmıştır.

⁽²⁾ Kamyonların %60'ının 3,5-7,5 ton ve %40'ünün 7,5-16 ton ağırlıklarında olduğu varsayılmıştır.

EMİSYON HIZI (TON/YIL)

	KONUT ISITILMASI					TRAFİK					SANAYİ				
	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Afyon*	2.418	989	111	82	68	0	85	196	30	281	735	156	3	4	25
Aydın*	491	427	30	19	39	0	157	167	26	239	22	254	3	2	31
Denizli*	4.018	1.289	173	132	129	0	134	193	30	278	309	2.074	22	15	266
İzmir*	38.433	8.200	1.517	1.216	887	0	533	682	103	991	45.905	113.109	11.370	10.979	10082
Manisa*	4.805	1.035	190	152	112	0	185	284	44	403	14.108	172.806	1.340	2.398	20870
Muğla*	1.600	300	62	50	34	0	128	161	25	230	6.622	581.674	1.588	2.916	25428
Uşak*	3.603	776	143	114	84	0	37	66	10	95	8.835	15.484	239	169	2754
Ankara**	5762	7006	24465	27028	2531	200	1000	19500	3000	5500	3265	4139	10965	3492	365
Eskişehir	741	1721	7601	139	636	110	744	1214	235	1901	29,1	2,4	320,4	29,8	502,5

* Elbir ve ark. 2001, **Atımtay ve ark. 1995

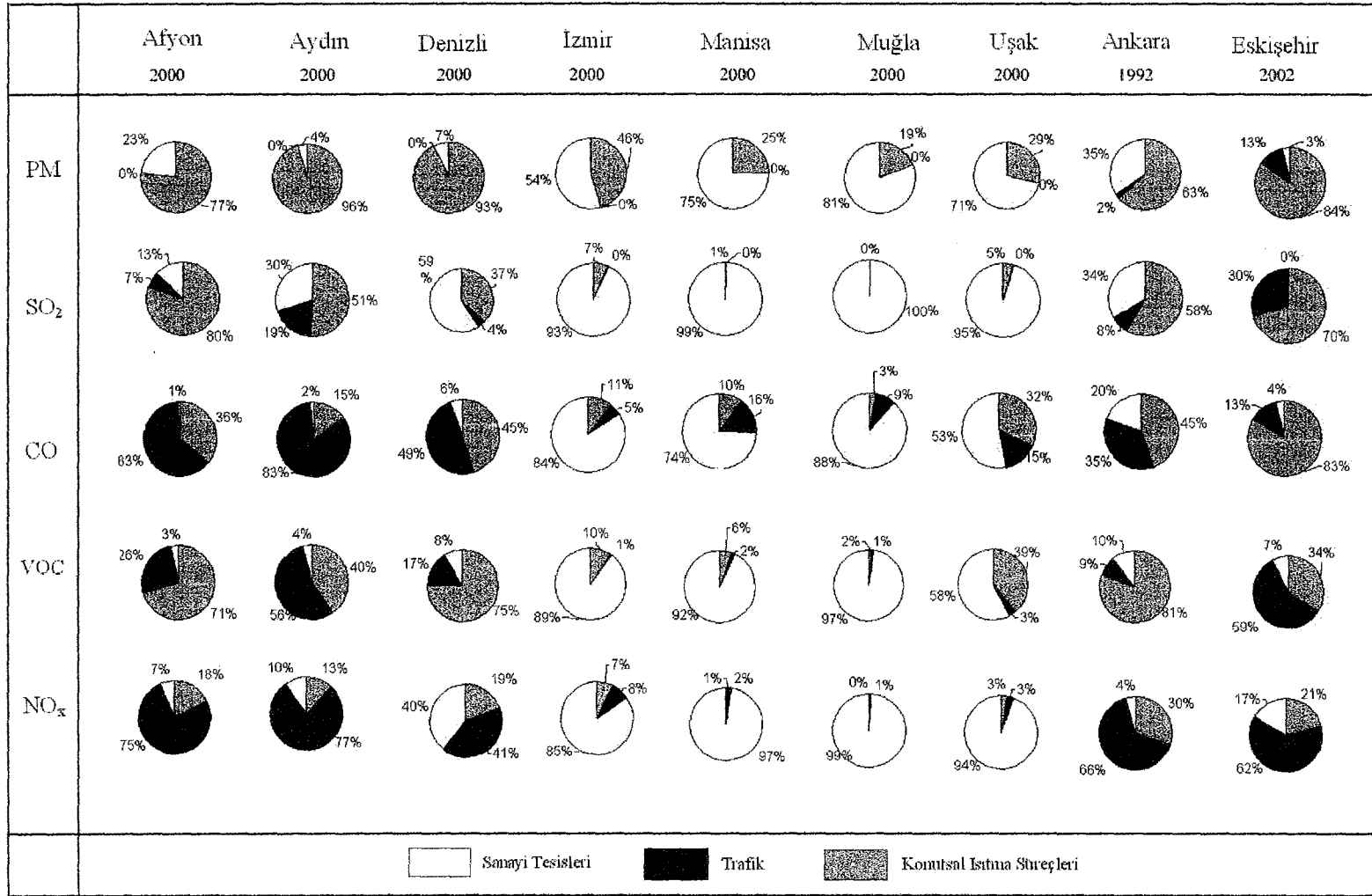
TOPLAM EMİSYONLAR (TON/YIL)

	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Afyon	3.153	1.230	310	116	374
Aydın	513	838	200	47	309
Denizli	4.327	3.497	388	177	673
İzmir	84.338	121.842	13.569	12.298	11.960
Manisa	18.913	174.026	1.814	2.594	21.385
Muğla	8.222	582.102	1.811	2.991	25.692
Uşak	12.438	16.297	448	293	2.933
Ankara	9.227	12.145	54.930	33.520	8.396
Eskişehir	833	2.584	8.568	724	2.228

KİŞİ BAŞINA EMİSYON HIZI (KG/KİŞİ-YIL)

	NÜFUS*	PM	SO ₂	CO	VOC	NO _x
Afyon	128.516 ¹	24,53	9,57	2,41	0,90	2,91
Aydın	143.561 ¹	3,57	5,84	1,39	0,33	2,15
Denizli	273.515 ¹	15,82	12,79	1,42	0,65	2,46
İzmir	2.250.149 ¹	37,48	54,15	6,03	5,47	5,32
Manisa	214.345 ¹	88,24	811,90	8,46	12,10	99,77
Muğla	44.823 ¹	183,43	12986,68	40,40	66,73	573,19
Uşak	136.879 ¹	90,87	119,06	3,27	2,14	21,43
Ankara	2.977.546 ²	3,10	4,08	18,45	11,26	2,82
Eskişehir	504.724 ³	1,74	4,89	18,10	0,80	6,02

¹ DİE'nün 2000 yılına ait merkez ilçe nüfus sayım sonuçlarıdır (http-10). ² DİE'nün 1990 ve 2000 yılına ait şehir nüfus sayım değerlerinden (http-10) enterolasyon yoluyla elde edilen 1992 yılı nüfus değeridir. ³ 1997 ve 2000 yılı resmi nüfus değerleri kullanılarak İller bankası yöntemine göre hesaplanmış 2002 yılı nüfus değeridir.



EK 12-b AVRUPA'DAKİ BAZI ŞEHİRLER İÇİN HAZIRLANAN EMİSYON ENVANTERİ ÇALIŞMALARININ SONUÇLARI

Şehir (Ülke)	SO ₂ , ton/yıl	NO _x , ton/yıl	Nüfus	SO ₂ /kişi*, kg/kişi-yıl	NO _x /kişi *, kg/kişi-yıl	Km ²	SO ₂ /km ^{2**} , Ton/yıl-km ²	NO _x /km ^{2**} , Ton/yıl-km ²
Amsterdam (Hollanda)	2.400	14.500	702.000	3,4	20,7			
Atina (Yunanistan)	17.800	36.200	886.000	20,1	40,9	350	50.857	103.429
Budapeşte (Macaristan)	37.600	27.000	2.109.000	17,8	12,8	200	188.000	135.000
Göteborg (İsveç)	2.100	16.900						
The Hauge (Hollanda)	800	7.800	430.000	1,9	18,1			
Hamburg (Almanya)	21.000	35.300	1.626.000	12,9	21,7			
Helsinki (Finlandiya)	21.900	35.700	491.000	44,6	72,7	105	208.571	340.000
Ljubljana (Slovakya)	20.000		273.000	73,3	0,0	43	465.116	0
Lüksemburg (Lüksemburg)	600	1.800						
Nuremberg (Almanya)	4.100	11.200	500.000	8,2	22,4	95	43.158	117.895
Paris (Fransa)	100.000		2.189.000	45,7	0,0			
Prag (Çek Cum.)	45.800	22.000	1.216.000	37,7	18,1	210	218.095	104.762
Rotterdam (Hollanda)	47.600	38.500	582.000	81,8	66,2			
Stokholm (İsveç)	2.400	10.800	667.000	3,6	16,2			
Viyana (Avusturya)	13.900	31.600	1.564.000	8,9	20,2	190	73.158	166.316
Zagreb (Hırvatistan)	9.600		707.000	13,6	0,0			
Zürih (İsviçre)	3.800	5.300	356.000	10,7	14,9	24	158.333	220.833

Kaynak : DE LEEUW ve ark. 2001

EK-12.c
TRAFİK KÖKENLİ EMİSYONLARIN HESAPLANDIĞI
BAZI ENVANTER ÇALIŞMALARININ SONUÇLARI

Şehir	Nüfus	Trafik kökenli emisyonlar, ton/yıl				Trafik kökenli emisyonlar, kg/kişi-yıl			
		PM	CO	HC	NO _x	PM	CO	HC	NO _x
Buenos Aires (1992)*	12.000.000	2.700	23.900	10.000	1.400	0,23	1,99	0,83	0,12
Santiago (1992)*	4.500.000	2.600	18.300	14.000	1.200	0,58	4,07	3,11	0,27
Mendoza (2002)*	950.000	400	8.600	1.400	1.200	0,42	9,05	1,47	1,26
Ankara (1992)**	2.500.000	3.265	19.500	3.000	5.500	1,31	7,80	1,20	2,20
Izmir (2000)***	2.250.000	-	680	103	991	-	0,30	0,05	0,44
Eskisehir (2002)	500.000	110	1.214	235	1.901	0,22	2,43	0,47	3,80

Kaynak: * Puliafito ve ark. 2003, **Elbir ve ark. 2001, ***Atımtay ve ark. 1995

Şehir	Araç Sayısı	CO		NO _x	
		(ton/yıl)	(Kg/araç-yıl)	(ton/yıl)	(Kg/araç-yıl)
Tokyo*	4.000.000	100.000	25,00	50.000	12,50
Pekin*	1.000.000	1027911	1027,91	69.406	69,41
Eskişehir	84.025	1.214	14,45	1.901	22,62

Kaynak : * Hao ve ark. 2000