

128684

ÇORLU İLÇESİNDE EMİSYON ENVANTERİ
VE HAVA KALİTESİ MODELLEMESİ

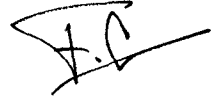
Çevre Müh. Asude ÖZKAN

F.B.E. Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

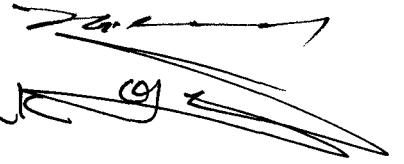
TE YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK



Doç. Dr. Atilla Akdoğanlı

Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK



128684

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMA LİSTESİ.....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET.....	ix
ABSTRACT.....	x
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Tanım.....	1
1.2 Hava Kirlenmelerinin Sınıflandırılması.....	2
1.3 Kirlenmeler Olarak Kükürtdioksit etkileri.....	3
1.3.1 Kükürtdioksit bitki ve insan sağlığı üzerine etkileri.....	4
1.3.2 Kükürtdioksit yapı ve malzemeler üzerine etkileri.....	4
1.4 Kükürtoksit Emisyonlarının Kaynakları.....	7
1.5 Yakıtlar.....	8
1.5.1 Katı yakıtlar.....	9
1.5.2 Sıvı yakıtlar.....	9
1.5.3 Gaz yakıtlar.....	10
1.6 Yanma.....	14
2 BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ.....	16
2.1 Bölgenin Coğrafik Yapısı.....	17
2.2 Bölgenin Meteorolojisi.....	17
2.3 Bölgenin Nüfusu ve Dağılımı.....	25
3 ÇORLU İLÇESİ EMİSYON ENVANTERİ.....	27
3.1 Emisyon Envanterinin Tanımı ve Uygulama Prensipleri.....	27
3.2 Emisyon Faktörleri.....	28
3.3 Bölgedeki Kirlilik Kaynaklarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması.....	29
3.3.1 Endüstriyel Tesisler.....	29
3.3.2 Yerleşim Bölgeleri.....	33
3.4 Bölgedeki Kirlenmeler Emisyon Miktarlarının Hesaplanması.....	33
3.4.1 Yerleşim Bölgelerinden Kaynaklanan Emisyon Kuvvetlerinin Hesaplanması.....	37
3.4.2 Endüstriyel Tesislerden Kaynaklanan Emisyon Kuvvetlerinin Hesaplanması.....	39

4	NUMUNE ALMA YERLERİNİN TESPİTİ VE SO ₂ ÖLÇÜMÜ.....	51
4.1	Numune Alma Noktalarının Tespitinde Dikkat Edilecek Hususlar.....	51
4.2	Bölgede Numune Alma Noktalarının Tespiti.....	52
4.3	Kükürtdioksit Ölçümünde Kullanılan Metot.....	54
4.4	Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi.....	55
5	ÇORLU İLÇESİNDE HAVA KİRLİLİĞİ MODELLEMESİ.....	66
5.1	Matematik Modellemenin Tanımı ve Uygulama Prensipleri.....	66
5.1.1	Modellemede Meteorolojinin Önemi.....	67
5.1.2	Modellemede Emisyon Envanterinin Önemi.....	67
5.1.3	Modellemede Kirletici Kaynakların Tanımı.....	68
5.1.4	Farklı Modellemelerden Örnekler.....	68
5.2	ATDL Basit Kutu Modelinin Uygulama Prensipleri.....	70
5.2.1	Modelin Tanımı.....	70
5.2.2	Modelin Değerlendirilmesi.....	74
5.3	Çorlu İlçesinde ATDL Basit Kutu Modelinin Uygulanması.....	75
5.3.1	Sezonluk Ortalamaların Bulunması.....	76
5.3.2	Sezonluk Ortalama Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	79
5.3.3	Günlük Ortalamaların Bulunması.....	83
5.3.4	Günlük Ortalama Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	95
6	SONUÇ VE ÖNERİLER	103
6.1	Yakıt Kullanımının Değerlendirilmesi	103
6.2	Emisyon Miktarlarının Değerlendirilmesi	104
6.3	Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi	104
6.4	Hava Kalitesi Modellemesi Sonuçlarının Değerlendirilmesi	107
6.5	Öneriler	110
	KAYNAKLAR.....	112
	EKLER.....	117
	Ek 1 Çorlu Haritası.....	117
	Ek 2 Çorlu Haritası Üzerinde Grid Dağılımı.....	118
	Ek 3 Çorlu ve Civarında Fabrikaların Dağılımı.....	119
	Ek 4 Deri Organize Sanayi Bölgesinde Fabrikaların Yerleşim Planı.....	120
	ÖZGEÇMİŞ.....	121

KISALTMA LİSTESİ

ARB	Air Resources Board
ATDL	Atmospheric Turbulance and Diffusion Laboratory
CH ₄	Metan
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
EPA	Environmental Protection Agency
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
H ₂ S	Hidrojen sülfür
H ₂ SO ₄	Sülfirik Asit
HC	Hidrokarbon
HCl	Hidrojen Klorür
HF	Hidrojen Florür
HKKY	Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
KVS	Kısa Vadeli Sınır Değer
N ₂ O	Azotdioksit
NH ₃	Amonyak
NO	Azot monoksit
NO _x	Azot Oksitler
NO _x	Azot oksitler
O ₃	Ozon
PAN	Peroksiasetilnitrat
PM	Partiküler Madde
SO ₂	Kükürtdioksit
SO ₃	Kükürttrioksit
SO _x	Kükürt Oksitler
SO _x	Kükürtoksitler
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri
UVS	Uzun Vadeli Sınır Değer

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması.....	2
Şekil 3.1 Grid Dağılımı.....	34
Şekil 3.2 Yoğunluklarına Göre Grid Dağılımı.....	35
Şekil 3.3 Yerleşim bölgelerinde kullanan konut sayılarına göre ısıtma sistemi dağılımı...45	
Şekil 3.4 Yerleşim bölgelerinde kullanan konut sayılarına göre yakıt cinsi dağılımı.....45	
Şekil 3.5 Bölgede yakıt tüketim miktarları yüzdelik dağılımı.....	49
Şekil 3.6 Yakıt tüketiminden kaynaklanan SO ₂ miktarının yüzdelik dağılımı.....	49
Şekil 3.7 Emisyon kuvvetleri dağılımı.....	50
Şekil 4.1 Gridler üzerinde ölçüm noktalarının dağılımı.....	53
Şekil 4.2 1 No'lu ölçüm noktasında ölçülen SO ₂ konsantrasyonu dağılımı.....	62
Şekil 4.3 2 No'lu ölçüm noktasında ölçülen SO ₂ konsantrasyonu dağılımı.....	63
Şekil 4.4 Ölçüm noktalarında belirlenen SO ₂ değerlerinin karşılaştırılması.....	64
Şekil 4.5 1 nolu ölçüm istasyonundan alınan değerlerle günlük ortalamaların karşılaştırılması.....	65
Şekil 5.1 Hava kalitesi modelinin elemanları.....	66
Şekil 5.2 Kutu modeli.....	71
Şekil 5.3 C2 Gridinin boyutları.....	78
Şekil 5.4 Gridlerde hesaplanan SO ₂ konsantrasyon değerleri.....	82
Şekil 5.5 1 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonucu değerleri.....	99
Şekil 5.6 2 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonucu değerleri.....	100
Şekil 5.7 1 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	101
Şekil 5.8 2 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	102

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1	Kirli Atmosfer ile Temiz Atmosferin Karşılaştırılması (Stern, 1976).....	1
Çizelge 1.2	Primer ve Sekonder Hava Kirleticilerinin Genel Tasnifi (Wark vd., 1998).....	3
Çizelge 1.3	SO ₂ 'nin Hava Kalitesi kriterleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Yaptığı Olumsuz Etkiler (Stern, 1984).....	5
Çizelge 1.4	Çeşitli Hava Kirleticilerinin Bitkiler Üzerine Etkileri (Stern, 1984).....	6
Çizelge 1.5	SO ₂ Emisyon Kaynakları (EPA, 1968).....	7
Çizelge 1.6	İstanbul'da sobalı ve kaloriferli konutlarda tüketilen yakıt miktarları ve tüketilmesi gereken yakıt miktarları (Öztürk, 1999).....	8
Çizelge 1.7	Linyit Rezervlerinin Isıl Değerleri (Kural, 1998)	10
Çizelge 1.8	İstanbul'da ısınma maksatlı yakıt kullanımları (Alp, 1993).....	11
Çizelge 1.9	Türkiye'de Bilinen Bazı Linyit Rezervleri ve Özellikleri (Tırıs, 1993).....	12
Çizelge 1.10	Fuel-oil İçin Karakteristik değerler (Tırıs, 1993).....	13
Çizelge 1.11	SO ₂ Emisyon standartları (Resmi Gazete, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, No.19269, 2.11.1986).....	15
Çizelge 2.1	Aylık Ortalama Rüzgar Hızları (Çorlu Met. İst.).....	19
Çizelge 2.3	2000 Yılı Meteorolojik Verileri (Çorlu Met. İst.).....	20
Çizelge 2.4	2001 Yılı Meteorolojik Verileri (Çorlu Met. İst.).....	21
Çizelge 2.5	Uzun Yıllar Ortalamaları Genel Meteorolojik Verileri (Çorlu Met. İst.).....	22
Çizelge 2.6	Uzun Yıllar Ortalamaları Aylık Rüzgar Esme Sayıları (Çorlu Met. İst.).....	23
Çizelge 2.7	Uzun Yıllar Ortalamaları Aylık Rüzgar Esme Frekansı (Çorlu met. İst.).....	24
Çizelge 2.8	DİE Nüfus sayımı Sonuçlarına Göre Çorlu İlçesinin Nüfusu ve Nüfus Artış Hızı (Çorlu Tic. Ve San Odası, 1997).....	25
Çizelge 2.9	Mahallelere Göre Nüfus Dağılımı (Çorlu Yıllığı, 2001).....	26
Çizelge 3.1	Mahallelere göre yerleşim tipi dağılımı.....	36
Çizelge 3.2	Grid alanları.....	36
Çizelge 3.3	Yerleşim bölgeleri için emisyon envanterinde kullanılan parametrelerin gridlere göre dağılımı.....	42
Çizelge 3.4	Isıtma sistemi yüzdelerik dağılımı.....	43
Çizelge 3.5	Yakıt cinsi yüzdelerik dağılımı.....	44
Çizelge 3.6	Yakıt yanması ile ilgili emisyon faktörleri (EPA, 1991).....	46
Çizelge 3.7	Yerleşim yerleri ve ticarethanelerde yakıt tüketimlerinin gridlere göre dağılımı.....	47
Çizelge 3.8	Sanayi tesislerinde yakıt tüketimlerinin gridlere göre dağılımı.....	47
Çizelge 3.9	Grid bazında SO ₂ kütlesele emisyonları.....	48
Çizelge 3.10	Emisyon kuvveti değerlerinin gridlere göre dağılımı.....	50
Çizelge 4.1	Kükürtdioksit ölçüm sonuçları.....	56
Çizelge 4.2	Kükürtdioksit emisyon standartları (Resmi Gazete, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Sayı No. 19269, 2 Kasım 1996).....	60
Çizelge 4.3	Ölçüm sonuçları ile atmosferik koşulların karşılaştırılması.....	60
Çizelge 5.1	Hesaplama da esas alınan yönler.....	76
Çizelge 5.2	Esas alınan yönlerde rüzgar esme sayıları.....	77
Çizelge 5.3	Hesaplama da esas alınacak yönlerde rüzgar esme frekansları.....	77
Çizelge 5.4	1 nolu ölçüm istasyonu için sezonluk ortalamalarla ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	80

Çizelge 5.5 2 nolu istasyonu için sezonluk ortalamalarla ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması.....	80
Çizelge 5.6 Alan kaynak kirleticilerden kaynaklanan SO ₂ konsantrasyonları.....	81
Çizelge 5.7 Stabilite kategorileri (Turner, 1969).....	85
Çizelge 5.8 Günlük meteorolojik veriler (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002).....	86
Çizelge 5.9 Günlük ortalama rüzgar esme sayıları (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002)..	88
Çizelge 5.10 Günlük ortalama model sonuçlarının gridler üzerinde dağılımı.....	90
Çizelge 5.11 Ölçüm sonuçları ile günlük ortalama model sonuçlarının karşılaştırılması...93	
Çizelge 5.12 1 nolu ölçüm istasyonunda günlük ortalamaları karşılaştırılması.....	97
Çizelge 5.13 2 nolu ölçüm istasyonunda günlük ortalamaları karşılaştırılması.....	98
Çizelge 5.14 1 nolu ölçüm istasyonu için günlük ve sezonluk ortalama modelleme sonuçlarının karşılaştırılması.....	98
Çizelge 5.15 2 nolu ölçüm istasyonu için günlük ve sezonluk ortalama modelleme sonuçlarının karşılaştırılması.....	98



ÖNSÖZ

Hava kirliliği emisyon envanterinin çıkarılma ve modelleme çalışması, özellikle yerel yönetimler için, önemli bir husustur. Çorlu ilçesi gibi hızla gelişme ve sanayileşmeye maruz kalan ve bu durumun gelecekte de artarak devam etmesinin beklendiği bir endüstri bölgesinde yerleşim bölgeleri ve sanayi tesisleri için, ısınma amaçlı yakıt kullanımı kökenli kükürtdioksit kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan ayrıntılı emisyon envanteri ve modelleme çalışmasının bölgenin kirlilik yükünün ilk defa olarak belirlenmesi ve gelecekte yapılacak daha ayrıntılı çalışmalara ışık tutması açısından faydalı olacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmada hayatım boyunca faydalı olacağına inandığım bilgilerini ve her ihtiyacım olduğunda desteğini ve yardımını esirgemeyen tez hocam Sayın Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK'e içten teşekkürlerimi sunarım. Yine her zaman desteklerini ve yardımlarını yanımda hissettiğim değerli hocalarım Çorlu Mühendislik Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Birol KAYIŞOĞLU'na ve bölüm başkanımız Sayın Yrd. Doç. Dr. Füsun UYSAL'a, ellerinden gelen her türlü imkanı sunan Çorlu Belediye Başkanı Dr. Rauf ÇETİNER'e, belediye başkan yardımcılara ve tüm belediye çalışanlarına teşekkürü bir borç bilirim. Destek ve bilgileri ile çalışmama ışık tutan Çevre Mühendisi Rüstem ÇETİNKAYA'ya, Arş Gör. Esra TINMAZ'a, Arş Gör. Nusret KARAKAYA'ya ve tüm çalışma arkadaşlarıma, maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan İnşaat Mühendisi Vedat HANEDAR'a ve tabi ki aileme sonsuz teşekkürler...

ÖZET

Ülkemizde hava kirliliği, özellikle endüstriyel bakımdan gelişmiş bölgeler için önemli bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Kirleticilerin atmosfere verdikleri miktar kadar, verildikleri andaki atmosferik koşullar da yayılımları, etkileri ve atmosferde kalma sürelerini etkileyen önemli bir parametredir.

Bu çalışmada, Tekirdağ iline bağlı Çorlu ilçesinde sabit kaynaklarda ısınma amaçlı yakıt kullanımından kaynaklanan SO₂ kirliliğinin tespiti yapılmıştır. Çalışmada, ilçe sınırları dahilinde 43 km²'lik bir alanda, kükürtdioksit için hava kirliliği envanteri çıkarılmış ve aynı bölgede ATDL dispersiyon-modelleme yöntemi ile kükürtdioksit konsantrasyon dağılımları belirlenmiştir.

Sözkonusu alan, yerleşim ve sanayi yapıları yoğunluklarına göre değişik büyüklüklerde 16 adet gride bölünmüştür. Her bir gride düşen konut, ticarethane ve sanayi tesisi sayıları ve buralarda kullanılan ısıtma sistemi tipleri belirlenmiş ve ısınma sezonu olarak kabul edilen Kasım- Nisan periyodu için, bu sabit kaynaklarda kullanılan toplam yakıt miktarı tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değerler model girdisi olarak kullanılmış, meteorolojik veriler, grid boyutları ile birlikte değerlendirilerek her bir gride oluşacak sezonluk SO₂ miktarı belirlenmiştir.

Bu envanter çalışmasına göre, yerleşim bölgelerinin %66'ında ısıtma sistemi olarak soba; %33'ünde kalorifer ve %1'lik kısmında elektrik, gaz vb. tür sobalar kullanılırken, endüstriyel tesislerin neredeyse tamamında kalorifer kullanılmaktadır. Yine bu çalışma sonuçlarına göre; yerleşim bölgelerinde 55386 konutta %90'lık oranla katı yakıt; 6385 konutta %10'luk oranla sıvı yakıt kullanıldığı belirlenmiştir. Yerleşim bölgelerinde yıllık linyit kömürü tüketimi 220792 ton; taş kömürü tüketimi 1852 ton ve kalorifer yakıtı tüketimi 31915 tondur.

Yakıt kullanımından oluşan SO₂ emisyon oranı (kütle/alan.zaman) birimi ile her bir grid için ayrı ayrı olarak ATDL dispersiyon modelleme yöntemi ile bulunmuştur. Bulunan bu değerlerle her bir grid için rüzgar yönü, rüzgar hızı, rüzgar esme frekansı gibi meteorolojik veriler ve grid boyutları girilerek (kütle/zaman birimi ile oluşan SO₂ miktarı belirlenmiştir. Bu hesaplama göre, incelenen alanda, yerleşim ve endüstri bölgelerinde ısınmadan kaynaklanan SO₂ miktarı, linyit kömürü için yaklaşık 9081 ton/yıl; taş kömürü için 226 ton/yıl, kalorifer yakıtı için 1165 ton/yıl ve fuel-oil 6 için 21960 ton/yıl olmak üzere toplam 32432 ton/yıl olarak belirlenmiştir. Her bir grid için SO₂ emisyon miktarları ATDL basit dispersiyon modeli kullanılarak hesaplanmıştır.

Bölgede iki gride SO₂ ölçümü yapılmış ve hesaplanan değerlerle ölçülen bu konsantrasyonlar karşılaştırıldığında yüksek korelasyon sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Hava kirliliği, Emisyon envanteri, Kükürtdioksit, ATDL Dispersiyon Modelleme, Grid

ABSTRACT

Air pollution in our country, especially in developed districts, shows itself as a serious problem in winter seasons. Beside the amount of pollution into the atmosphere, stable atmospheric conditions cause the air pollution episodes.

In this study, SO₂ pollution, originated from heating, in Corlu, has been investigated. In the borders of 43 km² in Corlu, air pollutant inventories have been prepared and dispersion of SO₂ concentration have been determined by using ATDL dispersion modelling.

The area divided into 16 grids with respect to the density of industrial and urban district. The number of residence, small management and industrial foundation, in per grid, and type of heating system, which is in November- April period, quantity of total fuel, used in these sources, have been determined. The confirmed values have been used as input data of model, entering meteorological data with the size of grids, quantity of SO₂, produced in each grid, has been determined.

In these inventory studies, in the area, it is determined that, stove in about %66 percent of urban area, central heating in %33 percent and electrical, vapour stoves etc. In %1 percent is used while in the industrial area central heating system is used. The result of the inventories study in the urban area, in 55386 residences solid fuel is used with %90 percent, in 6385 residences fuel oil is used with %10 percent. In the urban areas, annual using of lignit coal is 220792 tons, pit coal is 1852 tons and fuel oil is 7396 tons per year. In the industrial areas 31915 tons fuel oil is used per year.

SO₂ emission rates, originated on using fuel, in per unit area, have been prepared (mass/area.time), using emission inventories with the values determined the meteorological data such as direction of wind, speed of wind and wind direction frequency distribution are evaluated and the quantity of SO₂ (mass/time) has been determined.

According to the calculation, in the urban areas and industrial region, approximately the quantity of SO₂, originated on heating, is 9081 tons/year for lignit, 1165 tons/year for pit coal and 21960 tons/year for fuel oil and 32432 tons/year in the total. The quantity of immission values, for per grid, have been calculated by using ATDL dispersion modelling.

In the area, SO₂, measured in two grids, has been compared to the results of the calculation and it has been proved that there was a high correlation between them.

Key Words : Air pollution, Emission Inventories, Sulfuroxide, ATDL Dispersion Modelling, Grid.

1 GİRİŞ

1.1 Tanım

Hava kirliliği, atmosferde bulunan kirleticilerin insan sağlığı, bitki, hayvan ve yapı ve malzemelerde zararlı etkiler meydana getirecek miktar (konsantrasyon) ve sürede bulunması şeklinde tanımlanabilir (Wark ve Warner, 1981). Bu tanımdan da anlaşıldığı gibi hava kirliliğinde önemli olan parametreler, miktar (konsantrasyon) ve süredir. Hava kirlenmesinin olabilmesi için atmosferdeki kirleticilerin zarar verecek miktar ve sürede bulunmaları gerekmektedir. Bu tanımda verilen konsantrasyon teriminin bazı kirleticiler için kirli ve temiz havada aldığı değerlerinin karşılaştırılması Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Hava kirliliği teknoloji ile birlikte gelen modern hayatın yan ürünlerinden biridir. Fabrikalar, motorlu araçlar, elektrik ve ısı enerjisi üretimi, bu kirliliğin önemli kaynaklarından. Hava kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri yanmadır.

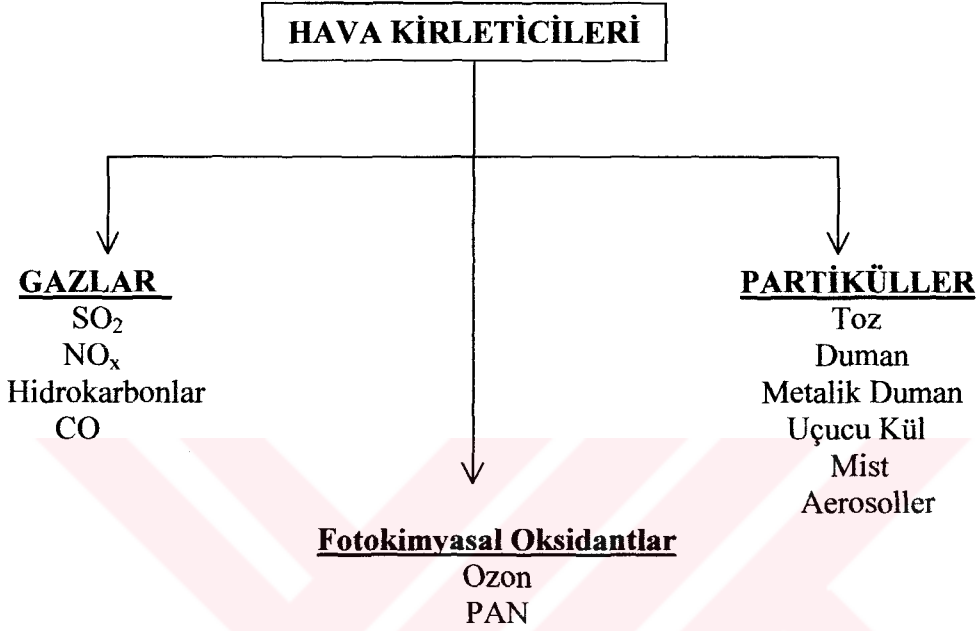
Hava kirliliğini meydana getiren en önemli kaynaklardan biri de doğal kaynaklardır (volkanlar, bataklıklar, orman yangınları, vb.). Bu yüzden dünyada, atmosfer oluştuğundan bu yana kirlenme de vardır. Fosil yakıtların yaygın kullanımı ile insan kaynaklı (antropojenik) kirlenmenin boyutu artmış, sanayinin gelişmesiyle bugünkü halini almıştır.

Çizelge 1.1 Kirli atmosfer ile temiz atmosferin karşılaştırılması (Stern, 1976)

Eser Gaz (ppm)	Temiz Hava	Kirli Hava	Kirli/Temiz
CO ₂	320	400	1.3
CO	0.1	40-70	400-700
CH ₄	1.5	2.5	1.3
N ₂ O	0.25	?	?
NO ₂ (NO _x)	0.001	0.2	200
O ₃	0.02	0.5	25
SO ₂	0.0002	0.2	1000
NH ₃	0.001	0.02	2

1.2 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması

Hava kirleticileri, gaz ve partikül halindeki kirleticiler olmak üzere iki ana sınıfta toplanabilirler. Bunlar Şekil 1.1'de şema halinde gösterilmiştir (Ertürk, 2002).



Şekil 1.1 Hava Kirleticilerinin Sınıflandırılması

- **Gaz Halindeki Kirleticiler**

Gaz halindeki kirleticilerin kaynakları, genellikle üç kategoride toplanabilir: yanma, sanayi tesisleri, ve doğal kaynaklar. Atmosferde bulunan gaz halindeki primer (birincil) ve sekonder (ikincil) kirleticilerin genel tasnifi Çizelge 1.2 de gösterilmiştir. Gaz halindeki primer kirleticiler içinde en önemlilerini, kükürtlü bileşikler (SO_2 , H_2S gibi), azotlu bileşikler (NO , NH_3 gibi), karbonlu bileşikler (Hidrokarbonlar (HC), CO) ve halojen bileşikler (florürler, klorürler, bromürler gibi) oluşturur.

- **Partiküller Halindeki Kirleticiler**

Partiküller de yanma, sanayi prosesleri ve doğal kaynaklardan atmosfere verilen katı ve ya sıvı halde bulunabilen maddelerdir.

Hava kirleticilerini ayrıca primer ve sekonder olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür (Çizelge 1.2).

• Primer ve Sekonder Kirleticiler

Primer kirleticiler, kaynaktan direk olarak atmosfere verilenler, sekonder kirleticiler ise primer kirleticilerle atmosferde bulunan birtakım kimyasal maddelerin reaksiyonu neticesinde ortaya çıkanlardır. Mesela, fotokimyasal oksidantlar (Ozon, peroksiasetilnitrat [PAN], NO₂), atmosferde solar radyasyon (bilhassa UV bölgesindeki güneş ışını) ile birtakım bileşiklerin (NO₂, hidrokarbonlar, vb.) zincirleme reaksiyonları neticesinde teşekkül ettikleri için sekonder kirletici grubuna girerler.

Çizelge 1.2 Primer ve Sekonder Hava Kirleticilerinin Genel Tasnifi (Wark vd., 1998)

Sınıf	Primer Kirleticiler	Sekonder Kirleticiler
Kükürtlü Bileşikler	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , sülfatlı bileşikler
Organik Bileşikler	C ₁ -C ₅ bileşikleri	Ketonlar, aldehitler, asitler
Azot Bileşikleri	NO, NH ₃	NO ₂ , NO ₃ bileşikleri
Karbonun oksitleri	CO, CO ₂	Yok
Halojenler	HCl, HF	Yok
		Fotokimyasal (Ozon, PAN, NO ₂)

Çalışmada, bölgede belirli bir zaman periyodunda hava kirleticisi olarak kükürtdioksit oluşum miktarı belirlendiğinden, bu bölümde yalnızca kükürtdioksidin, insan sağlığı, bitki ve malzemeler üzerine zararları ve zarar verecek konsantrasyonları üzerinde durulacaktır.

1.3 Kirletici Olarak Kükürtdioksidin Etkileri

Kükürtdioksit (SO₂) ve kükürtrioksit (SO₃), kükürtoksitlerin atmosferde en çok bulunan türleridir. Renksiz bir gaz olan SO₂'nin, 0.3-1.0 ppm arasında keskin kokusu vardır. Atmosferde fotokimyasal ve ya katalitik reaksiyonlar neticesinde SO₂ kısmen SO₃ ve ya

sülfirik aside ve bunun tuzlarına dönüşür. Partiküller ve rutubet ile birlikte zarar verici etkileri artar (sinerjistik etki).

1.3.1 Kükürtdioksidin bitki ve insan sağlığı üzerine etkileri

İnsan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkilerden biri, bronkokonstriksiyon olarak bilinen solunum yollarında direncin artması olayıdır. Yapılan araştırmalar, SO₂ ve SO₃'ün fizyolojik etkilerinin daha çok üst solunum yollarında, keskin, boğucu ve tahriş edici bir özellik göstermesi şeklinde görüldüğünü ortaya çıkarmıştır. 1972'de New York'da yapılan bir çalışmada, kükürt oksit konsantrasyonunun yoğun olduğu bölgelerde, 1-12 yaş grubu arasındaki çocuklarda akut bronşit hastalıklarında %20 artış olduğu gözlenmiştir (Ertürk, F., Ders Notları 2002)

Kükürtdioksidin hava kalitesi kriterleri ve insan sağlığı üzerinde yaptığı olumsuz etkiler Çizelge 1.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.4'de SO₂ ve diğer çeşitli hava kirleticilerinin bitkiler üzerinde etkilerini gösteren tablo verilmiştir.

1.3.2 Kükürtdioksidin yapı ve malzemeler üzerine etkileri

Yapılan gözlemler, SO₂'nin 1-2 ppm konsantrasyon değerleri arasında boya filmlerinin kuruma sürelerini % 50-100 arasında arttırdığını göstermiştir. 7-10 ppm arasında ise bu süre 3 güne kadar çıkmaktadır. Bu ortamlarda kuruyan yüzeylerin ise daha az dayanıklı oldukları belirlenmiştir (Wark vd., 1998).

Kükürt oksitler, atmosferde ve ya metal yüzeylerinde sülfirik asit oluşturmak suretiyle, metallerin korozyon hızlarının da artmasına neden olmaktadır. Bu etki, hem metal cinsine hem de SO₂'nin atmosferdeki konsantrasyonu ve etkili olduğu süreye bağlıdır. çeşitli SO₂ konsantrasyonlarında ve sürelerde metal korozyonunun 1.5 ila 5 kat arttığı gözlemlenmiştir (Wark vd., 1985). ABD'nin Pittsburg kentinde, SO₂ konsantrasyonunun

Çizelge 1.3 Kükürtdioksidin Hava Kalitesi Kriterleri ve İnsan Sağlığı Üzerinde Yaptığı Olumsuz Etkiler (Stern, 1984).

SO ₂ (ppm)	Süre	Etkiler
0.03	Yıllık Ortalama	Hava Kalitesi Standardı (Napca, 1970)
0.037-0.092	Yıllık Ortalama	185 µg/m ³ duman konsantrasyonu ile birlikte, solunum yolları ve akciğer hastalıklarında artışlar (Napca, 1970).
0.07	Yıllık Ortalama	Yüksek partikül konsantrasyonu ile birlikte, çocuklarda solunum yolları hastalıklarında ilerleme (Stern, 1984).
0.11-0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda, yaşlı kimselerde solunum yolları hastalıklarında artış (Napca, 1970).
0.14	24 saat	ABD 1971 Hava Kalitesi Standardı
0.19	24 saat	Büyüklerde kronik solunum yolları hastalıklarında ilerleme (Stern, 1984).
0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda ölüm oranında artış görülebilir.
0.25	24 saat	750 µg/m ³ duman konsantrasyonu ile birlikte, günlük ölüm oranlarında artış görülebilir (İngiltere), hastalanmalarda ani artış (Napca, 1970).
0.5	10 dakika	Astım hastalarında egzersiz (hareket) halinde solunum direncinin artması (Stern, 1984).
5	24 saat	Sağlıklı kimselerde solunum direncinin artması (Stern, 1984).
10	10 dakika	Bronkospazm (Stern, 1984).
20		Göz iritasyonu, öksürme (Stern, 1984).

EC YÜKSEK GÜRETTİME KURULU
TUTANAK BİLYON BİLYETİ

1926-1960 peryodu arasında 0.15 ppm'den 0.05 ppm'e düşerek 3 kat azalması neticesinde, çinkonun korozyon hızında da 4 kat bir azalma olduğu görülmüştür (Wark and Warner, 1998).

Metallerin korozyonunda, SO₂'nin etkisi yanında sıcaklık ve nemin de etkisi bulunmaktadır. Örneğin alüminyum SO₂'ye karşı oldukça dayanıklı olmasına rağmen, yüksek SO₂ konsantrasyonlarında (280 ppm), nisbi nem %70'in üzerine çıktığında korozyon hızları önemli ölçüde artmaktadır.

SO₂'nin yapılar üzerine etkisi, kireçtaşı (CaCO₃) ile reaksiyona girerek suda çözünebilen ve dolayısıyla yapıların zamanla yıpranmasına yol açan, CaSO₄ ve CaSO₄.2H₂O meydana getirmesidir. Bu yıpranma, mermer yapılarda da meydana gelmektedir.

Genelde hava kirlenmelerinin tekstil, kumaş ve dokumalar üzerinde yapısal bağları zayıflatıcı ve germe kuvvetini düşürücü etkileri vardır. SO₂'nin selüloz elyaflar, naylon pamuk, rayon üzerinde zarar verici etkileri bulunmaktadır. ABD'nin St.Louis kentinde yapılan bir çalışmada, hava kirliliğinin yoğun olduğu bölgelerde, pamuklu malzemelerin germe kuvvetlerinde 1 yıl içinde %50'den daha fazla bir azalma gözlenmiştir (Ertürk F., Ders Notları 2002).

Çizelge 1.4 Çeşitli hava kirlenmelerinin bitkiler üzerinde etkileri (Stern, 1984).

Kirlenici	Süre	Zararlı olduğu sınır değeri $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Etkileri
SO ₂	8 saat	785	Klorosis, benekleşme.
Ozon	4 saat	59	Kozalaklarda benekleşme.
PAN	6 saat	50	Yaprak yüzeylerinin parlaklaşması.
NO ₂	4 saat	4700	Yaprakta beyaz ve ya kahverengi ölü noktalar.
HF	5 hafta	0.08	Yaprakların uç ve kenarlarında yanıklar, küçülme, nekrotik bölgeler.

1.4 Kükürtoksit Emisyonlarının Kaynakları

ABD'de Environmental Protection Agency (EPA)'nın 1968'deki tahminlerine göre, çeşitli kaynaklardan ileri gelen SO₂ emisyonları Çizelge 1.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.5'de de görüldüğü gibi, SO₂ emisyonunun en büyük kaynağı, sabit kaynaklarda yakıt yanmasıdır. Bunun en önemli kısmı da termik santrallerden kaynaklanmaktadır. ABD'de termik santrallerden çıkan SO₂ emisyonunun 16.8 milyonton/yıl, yani diğer tüm kaynaklardan çıkan SO₂'nin %50'si, olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 1.5 SO₂ Emisyon Kaynakları (EPA, 1968)

Kaynak	Emisyon,10 ⁶ ton/yıl	%
Hareketli kaynaklar	0.8	2.4
Motorlu Taşıtlar	0.3	0.9
-Benzin	0.2	0.6
-Motorin	0.1	0.1
Uçaklar	-	-
Demiryolları	0.1	0.3
Gemiler	0.3	0.9
Taşımacılıkta kullanılmayan motorlu yakıtlar	0.1	0.3
Sabit Kaynaklarda Yakıt Yanması	24.4	73.5
Kömür	20,1	60.5
Mazot	0.4	1.2
Fuel-oil	3.9	11.8
Doğalgaz	-	-
Odun	-	-
Endüstriyel Prosesler	7.3	22.0
Katı atıkların Yanması	0.1	0.3
Çeşitli Kaynaklar	0.6	1.8
Orman yangınları	-	-
Kömür Atıklarının yanması	1.2	1.2
TOPLAM	33.2	100

Sabit kaynaklarda yakıt yakılması SO₂'nin en önemli kaynaklarından biridir. Çizelge 1.6'da İstanbul'da sobalı ve kaloriferli konutlarda tüketilen yakıt miktarları ve tüketilmesi gereken yakıt miktarları verilmiştir. Görüldüğü gibi İstanbul'daki konutlarda ısınma amacı ile kullanılan yakıt ve ya enerji miktarı tüm konutlarda %40 daha fazladır.

Çizelge 1.6 İstanbul'da sobalı ve kaloriferli konutlarda tüketilen yakıt miktarları ve tüketilmesi gereken yakıt miktarları (Öztürk, 1999).

Yakıt	Isıl verim (%)	Konut Tipi	Isıtılan Alan (m ²)	Tüketilen Yakıt Miktarı	
				Gerçek	Tüketilmesi Gereken
Kömür	75	Sobalı	40	917 kg/yıl	540
		Kalorifer	100	2300 kg/yıl	1360
Doğal gaz	80	Sobalı	40	600 m ³ /yıl	350 m ³ /yıl
		Merkezi Isıtma	100	1480 m ³ /yıl	870 m ³ /yıl
Fuel oil	75	Merkezi Isıtma	100	1700 kg/yıl	1000 kg/yıl
Elektrik	-	Daire	40	4400 kWh/yıl	2600 kWh/yıl

1991-92 kış sezonu için Ankara'da ısıtma sistemleri tarafından havaya verilen emisyon toplamının 66974 ton/yıl iken bu değer 6516 ton/yılının SO₂ olduğu tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmaya göre; toplam SO₂'nin %45'i toplam ısıtma enerjisinin %20'sini sağlayan fuel-oilden; %55'i, toplam ısıtma enerjisinin %55'ini sağlayan ithal taşkömüründen kaynaklanmakta ve toplam ısıtma enerjisinin %25'ini sağlayan doğalgazdan kaynaklanan SO₂ miktarı ihmal edilebilir seviyede olmaktadır (Durmaz, A. vd., 1993).

1.5 Yakıtlar

Genel anlamda yandığı zaman ısı açığa çıkaran maddelere yakıt denir. Doğal haliyle yakıt olarak kullanılabilen yakıtlara (taşkömürü, linyit vb.) birincil yakıtlar, bazı işlemler sonucunda özellikleri değiştirilerek kullanılan yakıtlara (kok, mangal kömürü vb.) ise ikincil yakıtlar denilmektedir. Yakıtları buldukları fazlar açısından gaz, sıvı ve katı yakıtlar olarak sınıflandırmak mümkündür. Yakıtlar ayrıca fosil yakıtlar, düşük ve yüksek kaliteli (ısı değerlikli) yakıtlar şeklinde de sınıflandırılabilir.

Ülkemizde enerji kullanımını incelendiğinde katı yakıtların birincil yakıt olarak çıkarıldığı ve genellikle yakıt özelliklerine uygun olarak tasarlanmamış yakıcılarda yakıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca petrol kökenli yakıtların da ikincil yakıt olarak kullanıldıkları görülmektedir. Yakıtları temelde üç grup halinde incelemek mümkündür:

1.5.1 Katı yakıtlar

Türkiye'nin en önemli enerji kaynaklarından biri katı yakıtlardır. Ülkemiz katı yakıt rezervleri içinde linyit, önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de katı yakıtların önemli bir kısmını oluşturan linyitlerin özellikleri Çizelge 1.7'de verilmiştir. Burada da görüldüğü gibi linyitler genellikle yüksek nem, yüksek kükürt, yüksek kül içermekte ve buna ek olarak ısı değerleri düşük olmaktadır. Linyit rezervlerinin ısı değerleri Çizelge 1.6'da verilmiştir. Linyitlerimizdeki düşük kükürt içeriği ve düşük ısı değer özellikleri birleşince yanma sonucunda SO₂ açısından tehlikeli sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Tırıs vd. 1993).

Türkiye'de linyit üretimi, kamu kesimi ve özel sektör tarafından yapılmakta ve yaklaşık yılda 50-55 milyon ton üretilmektedir. Üretim, özellikle önemli linyit havzalarının Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu'na (TKİ), 12172 sayılı kanunla devrinden sonra, dinamik ölçüde artmıştır. 1980 yılında 14,5 milyon ton olan linyit üretimi, %206 artışla 1990 yılında 44,4 milyon tona çıkmıştır. Bazı yıllar, üretim 50 milyon tonun üzerinde, bazı yıllar ise altında olmaktadır. Talep, dolayısıyla üretim, termik santrallerin tüketimi, mevsim şartları, ithalat ve sanayideki gelişme hızıyla yakından ilişkilidir. Türkiye'de üretilen linyit kömürünün %85'i, bir Kamu İktisadi Teşebbüsü olan TKİ tarafından çıkarılmaktadır (Kural, 1998, [2]).

1.5.2 Sıvı yakıtlar

Sıvı yakıtlar sınıfında gazyağı, mazot gibi beyaz ürünler ve ağır petrol türevleri olan fuel-oil yer almaktadır. Bu grupta yer alan ham petrol distilasyonu kalıntısı katran, yüksek kül ve kükürt içeriğine sahip olabilmektedir. Özellikle bazı ham petrol türevlerinden elde edilen bu grup yakıtlarda bu gibi zararlı maddelerden daha fazla olabilmektedir. Ancak

ham petrol rafine edilirken özel desülfürizasyon işlemine tabi tutulursa, elde edilecek desülfürize fuel-oil ile kirlenme sorununa çözüm getirilebilir.

Sıvı yakıt grubundan ülkemizde en çok kullanılanı fuel-oildir. Çizelge 1.8'de Türkiye'de en çok kullanılan fuel-oil tiplerinin TS 2177'ye göre belirlenen özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1.7 Linyit rezervlerinin ısı değerleri (Kural, 1998)

Alt Isıl Değer (MJ/kg)	Rezerv (milyon ton)	Rezerv (%)
< 4,2	265	3,0
4,2-8,4	5492	65,5
8,4-12,6	2038	24,5
12,6-16,7	429	5,0
>16,7	151	2,0
Toplam	8375	100,0

1.5.3 Gaz yakıtlar

Gaz yakıtlar ise, doğal gaz, petrol gazları, hava gazı ile endüstride üretilip kullanılan su gazı, kok gazı vb. yakıtlardır. Gaz yakıtların yakma kolaylığı, yüksek ısı değeri, kirlenici bileşenlerinin az olması, kolay arındırılabilir olması ve çok düşük hava fazlalığı ile yakılabilmesi gibi özellikleri açısından hava kirliliğini önlemede en uygun yakıtlardır.

İstanbul'da ısınma amaçlı kullanılan yakıt ve yakma sistemlerine ilişkin birtakım bilgiler Çizelge 1.6'da sunulmuştur. Çizelgede de görüldüğü gibi, ısınma amaçlı yakıtlar içerisinde linyit kömürü ortalama %60'la en büyük yüzdeye sahip ve ilk sırada yer alırken, onu %16 ile LPG izlemekte, daha sonra benzer ağırlıkta olmak üzere gazyağı, fuel-oil, elektrik ve diğer yakıt takip etmektedir.

Çizelge 1.8 İstanbul'da ısınma maksatlı yakıt kullanımları (Alp, K. vd., 1993).

Yakıt Cinsi	Yakma Düzeni	Genel Tüketim (%)	Miktarı	Isıl Değer (Kcal/kg)	Eşdeğer Kömür
Linyit Kömürü	Soba	43	4.300.000	2500	4.300.000
Linyit Kömürü	Kalorifer	15	1.500.000	2500	1.500.000
Fuel-oil	Kalorifer	5	130.000	10000	500.000
LPG	Soba	16	330.000	12000	1.600.000
Gazyağı	Soba	5	120.000	11000	500.000
Elektrik	Soba	4	-	-	400.000
Diğer (Omun, kok, havagazi, ithal kömür)	Soba	7	350.000	5000	700.000

Çizelge 1.9 Türkiye'de bilinen bazı linyit rezervleri ve özellikleri (Tırıs M., 1993)

Sahanın Yeri	Rezerv (10 ³ ton)	Kömür Analizleri			Isıl Değer	
		Nem %	Kül %	Kükürt %	Kcal/kg	kJ/kg
Edirne-Demirhanlı	55000	40.00	11.65	-	2700	11290
Tekirdağ-Malkara-Hasköy	35000	29.78	25.70	1.53	2490	10410
Saray	60000	38.02	17.52	2.02	2500	10450
İstanbul-Eyüp-Ağaçlı	10000					
Bursa-Çivili-Sağırlar	57966	31.73	21.03	1.70	2694	11290
Çanakkale-Çan	143343	23.34	23.18	3.18	3254	13600
Bolu-Gerede-Mengen-Salıpazarı	20500	17.35	10.85	7.60	4800	20065
Manisa-Soma-Eynes-Sarıkaya-Dereköy-Tarhala-Denis	144000	18.00	20.00	1.03	4200	17555
Muğla-Yatağan Eskihisar	131068	34.93	20.75	0.99	2782	11630
Kütahya Seyitömer	229000	33.54	19.10	1.36	2750	11495
Tavşanlı-Tunçbilek	252000	15.00	10.10	1.50	4000	16720
Ankara-Beypazarı Davutoğlan	153000	10.00	23.10	4.70	3144	13140
Samsun-Havza	40000	44.00	20.00	1.01	1600	6690
Çankırı-Orta	100000	51.50	23.50	0.57	800	3345
Sivas-Kangal	142472	47.88	21.64	-	1342	5610
Bingöl-Kozkova	45000	44.04	24.81	0.60	2060	8610

Çizelge 1.10 Fuel-oil için karakteristik değerler (Tırıs M., 1993)

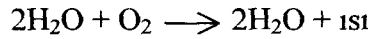
Özellik	No.1	No.2	No.4	No.5	No.6
Tip	Damıtılmış	Damıtılmış	Çok hafif Artıklar	Hafif Artıklar	Artıklar
Renk	Açık	Amber	Siyah	Siyah	Siyah
API gravitesi (15°C)	40	32	21	17	12
Yoğunluk (15°C) (g/cm ³)	0.8251	0.8654	0.9279	0.9529	0.9681
Viskozite (38°C) (santistok)	1.6	2.68	15.0	50.0	360.0
Viskozite (38°C) (Saybolt univ.)	31	35	77	232	-
Akma noktası (°C)	-18	-18	-12	0	18
Pompalama Sıcaklığı (38°C)	Atmosferik	Atmosferik	-9	1	38
Atomizasyon Sıcaklığı (°C)	Atmosferik	Atmosferik	-4	54	93
Karbon Atıklar (%)	Eser	Eser	2.5	5.0	12.0
Kükürt (%)	0.1	0.4-0.7	0.4-1.5	Maks.2.0	Maks.2.8
Oksijen ve Azot (%)	0.2	0.2	0.48	0.7	0.92
Hidrojen (%)	13.2	12.7	11.9	11.7	10.5
Karbon (%)	86.5	86.4	86.10	85.55	85.70
Su ve Çökelti (%)	Eser	Eser	Maks.0.5	Maks.1.0	Maks.2.0
Kül (%)	Eser	Eser	0.02	0.05	0.08
Isıl Değer (kcal/l) (kj /l)	9121 38125	9387 39240	9720 40630	9853 41185	9986 41740

1.6 Yanma

Havayı kirleten en büyük etken bu bahsedilen yakıtların yanması esnasında atmosfere verilen atık gazlardır.



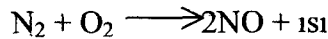
reaksiyonu uyarınca fosil yakıt adını verdiğimiz kömür ve ya petrolün yakılması ile oluşması gerekli CO_2 ve bunun yanısıra bu yakıtlarda bol bulunan hidrojenin



yanması ile açığa çıkan su buharı hava kirletici sayılmaz. Ancak yakıt içeriğinde bulunan safsızlıklarla, hava (oksijen) veriliş oranı ve şekline, yanma sıcaklığının gereğinden az ve ya çok oluşuna bağlı nedenlerle yukarıdaki reaksiyonların tam olarak meydana gelmeyişi nedeniyle oluşan başka gaz ve buharlar kirletici sayılırlar. Örneğin yakıt içindeki karbon, oksijen ile birleşerek karbondioksit oluşturduğu gibi bazen tam yanmama sonucu,



oluşturur. Yüksek yanma sıcaklıklarında ($800^\circ C$ ve üstü) havanın azotu ile oksijen birleşerek ;



oluşturur. Yakıtın bileşimindeki kükürt;



reaksiyonu gereğince SO_2 olarak yayınlanır. Yakıtın kül yüzdesine ve yakma sisteminin türüne göre toz emisyon oluşur. Ayrıca, tam yanmama nedeniyle yakıtın yanmayan kısmı yanmamış hidrokarbonlar olarak yayınlanır. Bunların yanısıra, sanayi kuruluşlarından

üretim artışı pek çok türde toz, gaz ve buhar; açıkta bırakılan hammadde, yarı ürün ve ya üründen dolayı yaygın olarak bacalardan atmosfere verilmektedir (Güngör, 1992).

Çizelge 1.9'da Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği'ne göre belirli hacimsel oksijen oranlarında yanma sonucu sanayi tesislerinde oluşan kükürtdioksit için emisyon standartları verilmiştir.

Çizelge 1.11 Kükürtdioksit Emisyon Standartları (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, 1986)

Yeni Tesisler				
Yakıt	Isıl Güç	SO ₂ Emisyon Sınırı (mg/m ³)		Hacimsel Oksijen (%)
Katı	300MW altı	2000		5
Katı	300 MW üstü	1000		5
Sıvı	300 MW üstü	1700		3
Sıvı	300 MW üstü	800		5
Gaz	100 MW altı (d.gaz)	100		3
Gaz	100 MW üstü	60		3
Gaz	Kok fabrikası gazı	200		3
Eski Tesisler				
Yakıt	Isıl Güç	H. O ₂ (%)	Geriye Kalan Ömür (saat)	SO ₂ Emisyon Std. (mg/m ³)
Bütün Yakıtlar	300 MW altı	3	20000 saatten az	Yok
Bütün Yakıtlar	300 MW altı	3	20000 saatten fazla	3200
Bütün Yakıtlar	300 MW üstü	3	20000 saatten az	Yok
Bütün Yakıtlar	300 MW üstü	3	20000-50000 arası	3200
Bütün Yakıtlar	300 MW üstü	3	50000'den fazla	Yeni Tesis Std.

2 BÖLGENİN ÖZELLİKLERİ

Çorlu ilçesi, son yıllarda hızlı ve plansız olarak gelişen şehirleşme ve endüstrileşme faaliyetleri ile karşı karşıyadır. İlçe, Türkiye’de, sanayileşmenin en hızlı geliştiği bölgelerden birinde yer almaktadır. Bu hızlı gelişmenin nedenleri şu şekilde sıralanabilir :

- ◆ Ulaşım imkanlarının kolaylığı (E-5 TEM otoyolları, Çorlu Havalimanı, gelişmesi gereken demiryolunun varlığı)
- ◆ Yüzeğe yakın ve bol miktarda yer altı sularının varlığı
- ◆ Geniş düz arazilerin fabrika kurmaya uygun olması
- ◆ Fazla miktarda iç göç ve dış göç (özellikle Bulgaristan) alması.

Devlet Planlama Teşkilatının yayınladığı ‘İlçelerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması’ raporunda Çorlu 16. Sırada, ayrıca 1996 yılında TBMM İçişleri Komisyonu’na il olmak için başvuran 57 ilçenin başvurusu içinde 5. sırada yer almaktadır.

Bu hızlı gelişim bir çok çevre sorununu da beraberinde getirmektedir. Bu plansız faaliyetlerin yol açtığı etkiler, hava kirliliği açısından, özellikle kış aylarında düşük kaliteli yakıt kullanımı, çeşitli ve çok sayıdaki sanayi kuruluşları ve bu kuruluşlar için uygun olmayan yer seçimleri ile yüksek boyutlara ulaşmıştır.

Bölgede yerleşim alanlarının yaklaşık %90’ında yakıt olarak, kömür ve odun, sanayi kuruluşlarının neredeyse tamamında 6 No’lu fuel-oil kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak kış aylarında atmosferdeki kirleticiler, özellikle kükürtdioksit ve partiküler madde oranlarındaki artış, meteorolojik koşullara da bağlı olarak oldukça yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı Çevre İstatistikleri kapsamında Türkiye genelinde il merkezlerindeki hava kirliliği istatistikleri ile ilgili 2001 yılı Aralık ayına ait SO₂ ve partiküler madde yoğunlukları açıklanmış ve bu açıklamaya göre 2001 yılı Aralık ayında SO₂ konsantrasyonunun en yüksek bulunduğu il sıralamasında Çorlu ilçesinin bağlı bulunduğu Tekirdağ ili, 312 µg/m³ SO₂ konsantrasyonu ile birinci sırada yer almıştır (Sağlık Bakanlığı, 04.04.2002, [1])

Proje, Çorlu Merkez ilçesi sınırları dahilinde yaklaşık 43 km²'lik bir alan için uygulanmıştır. Çalışmada SO₂ kaynaklı hava kirliliğinin boyutlarının belirlenmesi amacıyla, ayrıntılı bir emisyon envanteri çalışması yapılmış ve bu çalışma sonuçları kullanılarak ısınma amaçlı yakıt yakıldığı kış dönemi boyunca havaya verilen SO₂ miktarı ve kirlilik yükünün tespitine çalışılmıştır.

2.1 Bölgenin Coğrafik Yapısı :

Çorlu, Türkiye'nin kuzeybatı (Trakya) bölgesinde olup, 41°07'30" doğu boylamı ile 27°45'00" kuzey enlemi arasındadır. Denizden yüksekliği 150-180 m arasındadır. İlçe, Ergene Havzası'nda, Trakya'nın merkezi bir noktasında bulunmaktadır. Doğudan İstanbul'un Silivri ilçesi, Tekirdağ'ın Muratlı ilçesi ve Kırklareli'nin Lüleburgaz ilçeleri ile çevrilidir. Güneyde ise; Marmara Denizi ve Tekirdağ'ın Marmara Ereğlisi ilçelerine komşudur. İlçenin 1/200000 ölçekli haritası Ek 1'de verilmiştir.

Çorlu, 991 km² alanıyla, Tekirdağ ilinde kapladığı alan bakımından 4. Sıradadır. İlçe rakımı 183m'dir. Yıldız dağlarının uzantısı halinde sokulan sırtlar, Çorlu'nun en yüksek kesimini oluşturur. Arazinin büyük bölümünün yer aldığı Ergene Havzası, Yıldız (Istranca) dağlarından aşınan ve sürüklenen tortuların toplandığı bir dolgu bölgesidir.

Asya ile Avrupa'yı birbirine bağlayan E-5 karayolunun, Edirne-İstanbul bölümünün ortasında yer almakta olup İstanbul'a 110 km, Edirne'ye 125 km, Tekirdağ'a 37 km, ve Marmara Denizi'ne ise sadece 15 km uzaklıktadır (Çorlu 2000, 1997)

Çalışmada, bölgenin genel topografik yapısı incelenerek düz arazi olarak kabul edilebileceği belirlenmiştir.

2.2 Bölgenin Meteorolojisi :

Hava kirliliği modelleme çalışmalarında, mevcut alan ve nokta kaynaklardan atmosfere atılacak kirleticilerin çalışma alanı içinde yayılımında en önemli faktörlerden biri proje bölgesinin incelenen zaman diliminde sahip olduğu meteorolojik koşullardır. Hava kirliliği

açısından önemli meteorolojik parametreler; rüzgar yönü, rüzgar hızı, sıcaklık, Pasquill kararlılık sınıfı (bağıl nem, yağış, güneşlilik, karışma yüksekliği, rüzgar profili eksponenti ile potansiyel dikey ısı farkı) olarak özetlenebilir. Modelde kullanılacak meteorolojik veri seti, kullanılacak model programının meteorolojik veri içeriğine göre değişebilir.

Çorlu ilçesi SO₂ kaynaklı hava kirliliği modelleme çalışmasında, proje bölgesine en yakın olan Çorlu Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılmıştır. Çorlu meteoroloji istasyonuna ait uzun yıllar ortalama değerleri (Çizelge 2.5, 6, 7) ve projenin çalışma takvimine denk düşen 2002 yılından bir önceki dönemlere ait 2000 ve 2001 yılı verileri (Çizelge 2.3,4) bir arada değerlendirilmiştir.

Çorlu İlçesi karasal bir iklime sahip olup, yazları kurak ve sıcak, kışları ise yağışlı ve soğuktur. Ülkemizin orta yağışlı bölgeleri arasındaki Trakya'da yer alan Çorlu İlçesi, Trakya'da günlük olarak tespit edilmiş olan en yüksek yağış miktarı olan 231.7 mm'lik yağışa sahiptir ve yıllık ortalama toplam yağış miktarı 568.6 mm'dir. (Çizelge 2.5). Yağışların %20'si ilkbaharda, %30'u sonbaharda, %40'ı kışın düşmektedir (Çorlu 2000, 1997). Trakya Bölgesinde yıllık ortalama kar yağışlı gün sayısı 19.16 iken Çorlu, 43.4 günlük maksimum değer ile en yüksek kar yağışlı güne sahip yerleşim yerlerinden biridir. (Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı Projesi, 2001)

Hakim rüzgar yönü kuzey-kuzeydoğudur ve rüzgar hızı 3.6 m/sn. civarındadır (Çizelge 2.1). Bu rüzgarlar fazla yağış getirmez. Nemli hava kütlelerini getiren ve yağışa neden olan rüzgarlar güney-güneybatı yönlü Lodos ve Kible'dir. Kışın kendisini hissettiren Karayel ise soğuk hava dalgası getirerek kar yağışına neden olur (Çorlu 2000, 1997). Uzun yıllar ortalamalarına göre rüzgar esme sayıları ve frekansları çizelge 2.6 ve 7'de verilmiştir.

Hava kirliliği modellerinde, dispersiyon katsayılarının değişiminin bağlı olduğu parametrelerden biri de atmosferik stabilite kategorileridir. Dispersiyon katsayılarının formüllerde kullanılabilmesi için atmosferik stabilite kategorilerinin bilinmesi gerekir. stabilite kategorileri Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Aylık ortalama rüzgar hızları (Çorlu Meteoroloji İstasyonu)

AYLAR	ORTALAMA RÜZGAR HIZI (m/sn)		
	44 Yıllık Ort. (1947-1990)	2000	2001
OCAK	4.5	3.5	3.4
ŞUBAT	4.6	2.9	3.0
MART	4.3	2.5	2.9
NİSAN	3.6	2.2	2.6
MAYIS	3.3	2.7	3.0
HAZİRAN	3.3	3.2	2.7
TEMMUZ	3.8	2.6	3.3
AĞUSTOS	4.0	3.6	3.5
EYLÜL	3.7	3.2	2.1
EKİM	3.8	3.3	2.8
KASIM	3.7	2.2	3.2
ARALIK	4.2	2.8	5.8
ORTALAMA	3.89	2.9	3.2

Çizelge 2.4 2001 Yılı meteorolojik verileri (Çorlu Meteoroloji İstasyonu).

Meteorolojik Eleman	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Basınç (mb)	999,6	996,1	991,8	991,6	993,6	992,7	991,1	992,7	992,4	999	995,5	996,1
Azami Sic.	9,4	10,6	17,4	17,4	22,4	27,8	31,8	29,7	25,8	20,3	12,7	3,4
Asgari Sic.	2,9	2,7	6,7	7,4	10,2	14,7	18,7	17,9	14,5	9,8	4,6	-2,2
Ortalama Sic.	5,9	6,3	11,7	12,2	16,1	20,9	24,9	23,4	19,7	14,6	8,3	0,5
Nisbi Nem (%)	88,9	80,5	75,1	77,9	72,5	69,7	76,0	82,3	81,5	83,4	85	91,7
Açık Gün Sayısı	2	3	6	5	12	18	17	16	15	9	6	3
Bulutlu Gün Sayısı	18	18	20	19	17	12	14	15	14	22	14	10
Kapalı Gün Sayısı	11	7	5	6	2	10	-	-	1	-	10	18
Rüzgar Hızı Ort. (m/sn)	3,4	3	2,9	2,6	3	2,7	3,3	3,5	2,1	2,8	3,2	5,8
Yağış Toplamı (kg/m ²)	34,2	34,2	18,4	70,3	28,3	27,1	9,3	10,8	5,8	3,1	103	176,2
Kuv. Rüzgarlı Gün Sayısı	1	1	9	4	4	5	13	19	6	9	12	17
Fırtınalı Gün Sayısı	-	-	1	1	-	1	2	-	-	-	1	6

Çizelge 2.5 Uzun yıllar ortalaması genel meteorolojik verileri (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 1937-1990)

METEOROLOJİK ELEMENLAR	Rasat süresi (yıl)	AYLAR											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ortalama Buharlaşma (mm) (Wüld)	18	19.1	23.1	41.5	70.6	90.3	117.0	160.8	154.6	110.8	67.6	34.3	23.1
Günlük en çok buharlaşma (mm) (Wüld)	18	3.0	4.4	5.7	7.6	8.2	10.6	11.1	11.0	9.8	6.6	5.3	2.7
Ortalama yağış miktarı (mm)	34	72.6	53.8	47.4	38.2	40.7	39.1	15.4	19.6	28.7	45.7	76.0	91.3
Günlük en çok yağış miktarı (mm)	34	38.0	58.1	41.2	51.4	30.1	75.2	37.8	231.7	42.0	54.5	76.5	53.7
Ortalama karla örtülü günler sayısı	54	4.5	2.8	1.3	0.0	-	-	-	-	-	-	0.1	2.1
En yüksek kar örtüsü kalınlığı (cm)	54	48	38	18	3	-	-	-	-	-	-	29	57
Ortalama sisli günler sayısı	54	2.8	1.8	1.3	1.0	0.7	0.3	0.3	0.7	1.1	2.1	3.0	3.2
Ortalama dolulu günler sayısı	54	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.2
Ortalama kırağlı günler sayısı	54	5.5	4.6	4.4	0.6	-	-	-	-	-	0.2	2.3	4.6
Ortalama orajlı günler sayısı	54	0.5	0.4	0.5	1.2	2.4	3.3	1.9	1.3	1.1	0.8	0.9	0.8
En hızlı esen rüzgarın yönü	44	N	NNE	NNE	S	NNE	NNW	NNE	NE	NNE	NNE	N	NE
En hızlı esen rüzgarın hızı	44	30.2	27.9	27.5	21.6	26.0	22.6	21.1	20.2	25.5	24.1	25.4	30.2
Ortalama fırtınalı günler sayısı (rüzgar hızı < 17.2 m/s)	43	1.6	1.6	1.2	0.8	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.6	0.7	1.1
Ort. Kuv. Rüz. Günler sayısı (rüz. Hızı 10.6-17.1 m/s)	43	5.7	6.2	5.8	4.2	3.6	3.7	5.7	6.6	5.2	5.4	4.6	6.2
Ortalama 5 cm toprak sic. (°C)	34	3.3	4.2	7.3	14.2	20.5	25.2	27.7	26.8	22.1	15.0	9.3	5.3
En düşük 5 cm toprak sic. (°C)	34	-5.6	-6.8	-5.4	1.0	7.6	11.7	15.0	13.3	9.8	1.6	-4.7	-7.8
Ortalama 100 cm toprak sic. (°C)	30	6.8	6.2	7.2	11.2	15.7	20.1	23.2	24.0	22.0	17.8	13.2	9.4
En düşük 100 cm toprak sic. (°C)	30	4.1	3.2	3.2	7.0	10.8	76.1	18.4	21.5	18.4	11.7	8.6	6.1

Çizelge 2.6 Uzun yıllar ortalaması aylık rüzgar esme sayıları (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 1937-1990)

Yön/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
N	482	429	356	239	284	345	487	499	447	414	343	381
NNE	340	384	420	358	381	421	632	651	467	516	303	353
NE	483	404	581	460	535	523	784	813	748	653	460	373
ENE	72	70	77	58	113	126	169	141	138	102	85	65
E	92	88	107	125	118	135	123	136	108	95	102	54
ESE	52	63	85	90	64	87	32	32	38	48	69	78
SE	223	223	213	230	180	181	106	91	132	162	200	259
SSE	177	119	144	158	141	114	59	44	52	77	130	161
S	275	324	358	382	351	258	153	117	187	256	323	341
SSW	132	111	143	185	181	129	48	22	73	92	163	182
SW	106	84	99	134	130	85	47	40	48	95	133	103
WSW	22	24	25	28	40	21	11	8	22	21	30	28
W	61	71	67	67	83	75	41	40	43	52	65	67
WNNW	59	54	48	51	51	51	33	34	36	46	51	59
NW	196	146	118	117	128	164	130	129	134	143	185	230
NNW	177	100	98	77	100	114	127	142	137	153	180	217

Çizelge 2.7 Uzun yıllar ortalaması aylık rüzgar esme frekansları (Çorlu Meteoroloji Müdürlüğü, 1937-1990)

Yön/Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
N	16,3	16	12,2	8,6	9,9	12,1	16,3	17	15,7	14,2	12,2	12,9
NNE	11,5	14,3	14,3	12,9	13,2	14,8	21,2	22,1	16,4	17,7	10,7	11,9
NE	16,4	15	19,8	17,3	18,6	18,4	26,3	27,6	26,3	22,4	16,3	12,6
ENE	2,4	2,6	2,6	2,1	3,9	4,4	5,7	4,8	4,9	3,5	3	2,2
E	3,1	3,3	3,6	4,5	4,1	4,8	4,1	4,7	3,8	3,3	3,6	1,8
ESE	1,8	2,3	2,9	3,2	2,2	3,1	1	1,1	1,3	1,7	2,4	2,6
SE	7,5	8,3	7,2	8,3	6,2	6,4	3,5	3,1	4,7	5,6	7,1	8,8
SSE	6	4,4	4,9	5,7	4,9	4	2	1,5	2,9	2,6	4,6	5,5
S	9,3	12	12,2	13,8	12,2	9,1	5,1	3,8	6,6	8,8	11,4	11,6
SSW	4,5	4,1	4,8	6,6	6,3	4,5	1,6	0,8	2,6	2,8	5,8	6,2
SW	3,6	3,1	3,4	4,8	4,5	3,1	1,6	1,4	1,7	3,2	4,7	3,5
WSW	0,8	0,9	0,9	1	1,4	0,7	0,4	0,3	0,8	0,7	1,1	0,9
W	2,1	2,6	2,3	2,4	2,9	2,6	1,4	1,4	1,5	1,8	2,3	2,3
WNW	2	2	1,6	1,8	1,8	2,2	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2
NW	6,7	5,4	4	4,2	4,4	5,8	4,4	4,4	4,7	4,9	6,6	7,8
NNW	6	3,7	3,3	2,8	3,5	4	4,3	4,8	4,8	5,2	6,4	7,4

2.3 Bölgenin Nüfusu ve Dağılımı:

Çorlu'da şehirleşme, 1970 yılından itibaren hız kazanmıştır. İlçe özellikle 1990 sonrası, hızla artan sanayi ile Türkiye'de en fazla göç alan yerlerden biri haline gelmiştir. E-5 ve TEM karayollarında trafik akımının çoğalması, büyük şehirlere ulaşımında kolaylık, sanayileşme, tarım alanlarında fazla gelir getiren ürünlere yer verilmesi, ticareti ve şehirleşmeyi hızlandıran faktörlerin başında gelmektedir.

Çorlu merkezinin nüfusu, 1970 yılından sonra devamlı artış halindedir. 1990 yılı sayımı sonuçlarına göre şehrin nüfusu 75 bine yaklaşmıştır. 1985-1990 yılı nüfusunun yıllık ortalama artış hızı %4.847'dir. İlçenin 1955-2000 yılları arası nüfusları ve artış hızları Çizelge 2.8'de verilmiştir. Çorlu'nun mahallelere göre nüfus dağılımı ise Çizelge 2.9'da verilmiştir.

Çizelge 2.8 DİE nüfus sayımı sonuçlarına göre Çorlu ilçesinin nüfusu ve nüfus artış hızı (Çorlu Ticaret ve Sanayi Odası, 1997, DİE, 2000).

Yıllar	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1997	2000
Nüfus	16996	21983	27187	32018	40134	47086	59107	74681	120161	141857
Nüfus Artışı(%)	4,536	4,734	3,554	5,070	3,464	5,106	5,270	8,700	6,017	

Çizelge 2.9 Mahallelere göre nüfus dağılımı (Çorlu Yıllığı, 2001)

MAHALLE ADI	NÜFUS
REŞADİYE	32800
MUHİTTİN	24500
SAĞLIK	19500
ŞEHSİNAN	18700
NUSRATİYE	14500
KAZİMİYE	13900
HIDIRAĞA	7300
KEMALETTİN	6000
HATİP	5850
SİLAHTAR	5000
CAMİATİK	800
CEMALİYE	500
TOPLAM	149350

3 ÇORLU İLÇESİ EMİSYON ENVANTERİ

3.1 Emisyon Envanterinin Tanımı ve Uygulama Prensipleri

Hava kirliliğinin belirlenmesi ve kontrolünde, kirleticiler türlerinin ve bunların emisyonlarının bilinmesi gereklidir. Kirleticiler kaynakların atmosfere verildiği miktar olarak tanımlanan *emisyon*; atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar, meteorolojik ve topografik koşullar gibi dış etkenlerden çabuk etkilenir. Söz konusu bu ve benzeri etkiler dikkate alındığında, hava kirleticiler emisyonlarının bir bölgede sistematik olarak toplanması ve değerlendirilmesine *emisyon envanteri* adı verilir. Emisyon envanterinin temelini genelde kirleticiler kaynaklar ve bunların neden olduğu kirlilik miktarları (emisyonları) oluşturur. Kirlilik miktarları belirlenirken kirleticiler kaynağına ait bazı bilgilerden faydalanılır. Örneğin, kirleticiler kaynaklarının sayısı, proses türü, hammadde türü, yakıt sarfiyatı vb. bilgiler bu amaçla kullanılabilir (Ünal,1998)

Diğer bir tanımla emisyon envanteri, incelenen bir bölgede belirli bir zaman diliminde, hava kirleticiler kaynaklardan atmosfere verilen kirleticilerin listesidir. Kısa ve ya uzun vadede hava kalitesi tahmini ve değerlendirilmesi amacıyla hazırlanan dispersiyon modellerinde en önemli girdidir.

Emisyon envanterinin çıkarılması için, her bir kirleticiler kaynaktan oluşan emisyonların hesaplanması gerekmektedir. Emisyon faktörünün kullanılacağı durumlarda birim emisyonların hesaplanabilmesi için ayrıca kirleticiler kaynaklarda kullanılan yakıt tiplerinin ve miktarlarının belirlenmesi gerekmektedir. Ölçüm sonucu elde edilen ve ya emisyon faktörü kullanılarak hesaplanan birim emisyonların toplam kapasite ile çarpılmasıyla her bir kirleticiler için yalnızca bir kaynaktan oluşan emisyonlar hesaplanır. Daha sonra farklı kaynaklardan, aynı kirleticiler için birim emisyonlar hesaplanır. Ele alınan kirleticiler bazında, incelenen bölgede ve incelenen zaman dilimindeki tüm birim emisyonlar toplanarak toplam emisyonlar bulunur. Daha sonra bu işlemler her bir kirleticiler için tekrarlanarak bölgenin emisyon envanteri oluşturulur.

Dr. Yücel ÖZGÜR
ÇORLU İLÇESİ EMİSYON ENVANTERİ

3.2 Emisyon faktörleri

Emisyon faktörü, bir kirletici kaynağın birim faaliyeti başına atmosfere vermiş olduğu kirletici kütlesi olarak tanımlanabilir. Emisyon faktörleri, atmosfere yayılan kirlilik miktarının kaynak tarafından tüketilen birim yakıt miktarına kütleli oranı ya da birim zamanda endüstriyel kaynaktan çıkan birim ürün miktarına oranıdır. Genel olarak kirletici/ürün oranlarını ifade edecek şekilde; kirletici ve ya ürün türüne göre kütle/kütle, kütle/hacim ve hacim/hacim birimlerinde olmaktadır (örneğin; kg SO_x/ton kömür, kg NO_x/km araç, kg NO_x/saat vb.) (Ünal, 1998). Emisyon faktörleri ürün miktarı esas alınarak hesaplanabildiği gibi, üretimlerde kullanılan yakıt miktarına göre de hesaplanabilmektedir (Bayram ve Seyfioğlu, 1995). Bu faktörlerin kullanılması sonucunda farklı hava kirliliği kaynaklarından oluşan emisyonlar tahmin edilebilir. Çoğunlukla bu faktörler, kabul edilebilecek hassasiyetteki basit ortalama değerlerdir ve genellikle prosesle ilgili birçok parametre (sıcaklık, reaktan konsantrasyonları vb.) dikkate alınmadan hazırlanır (Tırıs vd., 1993). Temelde kütleli emisyonları, kaynaktaki birim üretim ile ve ya kaynaktaki birim tüketimi ile ilişkilendirmek gereklidir. Özellikle yakıt tüketimi ile ilişkilendirildiğinde kaynaktaki yakma teknolojisine de aynı oranda dikkat etmek gereklidir. Çünkü, aynı yakıtı kullanan, fakat farklı yakma teknikleri olan kaynaklarda ölçme yoluyla belirlenen emisyonlar arasında büyük farklılıklar görülebilmektedir (Ünal, 1998).

Emisyon faktörleri ile çeşitli hava kirliliği kaynaklarından oluşan kirletici emisyonlar tahmin edilebilir. Emisyon faktörleri farklı hassasiyetteki verilerden türetilmektedir. Bu sebeple emisyon faktörleri kullanılarak hesaplanan emisyonlar gerçek emisyonlardan az ve ya çok farklıdır. Yerinde ve gerçek proseslerde yapılan ölçümler gerçek emisyonları en iyi şekilde tespit edebilir, ancak pahalı ve güç işlemlerdir (Goncaloğlu, 2001). Bu nedenle, bazı durumlarda (örn; Çorlu ilçesindeki yakıt kökenli emisyonların belirlenebilmesi için) ölçüm yerine, emisyon faktörü kullanılarak hesaplama yöntemi tercih edilir.

Günümüzde özellikle Avrupa'da pek çok emisyon faktörü veri tabanı bulunmaktadır. Bunların içinde en kapsamlı olanı CORINAIR emisyon faktörü veri tabanıdır. En az CORINAIR veri tabanı kadar zengin olan diğer bir veri tabanı da Amerika'daki EPA emisyon faktörü veri tabanıdır.

Bu çalışma kapsamında, yakıt kullanımından ileri gelen emisyonlar hesaplanırken, "EPA's Handbook of Combination of Air Pollutant Emission" adlı katalog baz alınmıştır.

Çorlu ilçesinde emisyon envanteri çalışması sırasıyla aşağıdaki aşamalarla gerçekleştirilmiştir:

- Kirletici kaynakların belirlenmesi ve sınıflandırılması.
- Her bir kirletici kaynak grubu kapsamında kullanılan yakıt çeşitlerinin ve yakıt kullanım miktarlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması.
- Kirletici kaynaklardan oluşan emisyon parametrelerinin ve toplam emisyon miktarlarının her bir grid ve yakıt bazında belirlenmesi.

3.3 Bölgedeki Kirlilik Kaynaklarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması:

Çorlu ilçesinde kirletici kaynaklar, genel olarak , endüstriyel ve yerleşim olmak üzere iki ana grupta incelenmiştir:

3.3.1 Endüstriyel tesisler:

Çorlu ilçesinde sanayi kuruluşlarının etkinliği oldukça fazladır. Ancak bu sanayi kuruluşları özellikle son yıllarda organize sanayi bölgelerine ve yerleşim yerlerinden uzak bölgelere taşınmaya çalışılmıştır. Endüstriyel tesisler yerleşim bölgelerinin içinde olmamasına rağmen yine de bölgeye önemli ölçüde kirlilik yükleri taşımaktadırlar.

Bölgede 291 adet tekstil, 188 adet deri, 29 adet un, 18 adet yağ, 24 adet kağıt, 74 adet kimya ve 17 adet otomotiv olmak üzere toplam 641 adet büyük ve küçük sanayi kuruluşu bulunmaktadır (Çorlu Sanayi ve Ticaret Odası, 2002).

Söz konusu endüstriyel tesislerden 49 tekstil, 2 gıda, 4 boya 135 deri ve 10 diğer olmak üzere toplam 200 tane verdiği kirlilik yükü açısından önemli sanayi tesisi incelenen alan içinde bulunmaktadır. Bu sanayi kuruluşları aşağıda liste halinde verilmiştir.

TEKSTİL:

1. Eren Tekstil
2. Gülle Tekstil
3. Berkay Tekstil
4. A. Yazgan Tekstil
5. Beybo Tekstil
6. Can Tekstil
7. Marmara Pamuklu
8. Berzeg Tekstil
9. Çamaş Tekstil
10. Güde Tekstil
11. İndorama Tekstil
12. Akman Tekstil
13. Rotta Tekstil
14. Öğretmen Çorap
15. İntima Tekstil
16. Örmak Tekstil
17. Grup Tekstil
18. Marlateks Tekstil
19. Else Tekstil
20. Migiboy Tekstil
21. Nurteks Halı
22. Şıkmakas Tekstil
23. Aloha Tekstil
24. Akateks Tekstil
25. Tamteks Tekstil
26. Çağdaş Tekstil
27. Cons Tekstil
28. Flumen Tekstil
29. Örentaş Tekstil
30. Fermaş Fermuar

31. Öznalbant Tekstil
32. Emin Tekstil
33. Aktin Tekstil
34. Zeynep Giyim
35. Key Tekstil
36. Zümrüt Örne
37. Taner Triko
38. Motor Tekstil
39. Koza Tekstil
40. Arto Tekstil
41. Akerler Tekstil
42. Alper Tekstil
43. Aycan Tekstil
44. Ayla Tekstil
45. Barış Tekstil
46. Bükücü Tekstil
47. Denim Tekstil
48. Yılka Tekstil
49. Boyner Tekstil

GIDA:

1. Kars Karper A.Ş.
2. Balın Şekerleme

BOYA :

1. Sancak Boya
2. Tem Boya
3. Ham Boya Boyacılık
4. Gökkuşığı Boya

DİĞER:

1. Termo Teknik
2. Vatan Kablo
3. Kayalar Bakır
4. Çorlu Oluklu Mukavva
5. Baltaş Ticaret
6. Teko Aliminyum
7. Oluksan Oluklu Kutu
8. Monroe Amortisör
9. Trakya Gaz
10. Trakya Kağıt

DERİ:

1. Bilimsel Deri
2. Desan Deri
3. Ahmet Dalgıç Deri
4. Akder Deri
5. Aktaş Deri
6. As Deri
7. Ceylan Deri
8. Aymod Ayakkabı
9. Aziz Şen Deri
10. BAB Deri
11. Başaran Deri
12. Baysallar Deri
13. İstanbullu Deri
14. Yelmen Deri
15. Berk Deri
16. Cihaner Deri
17. Çorlu Deri
18. Demet Deri
19. Doğan Deri
20. Ensari Deri
21. Erlüks Deri
22. Fateks Deri
23. Hat Deri
24. Gürle Deri
25. Mercan Deri
26. Kurt Deri
27. Hazan deri
28. Kılıç Deri
29. Koç Deri
30. Mander Deri
31. Sultan deri
32. Baykallar Deri
33. Nadir Deri
34. Nupa Deri
35. Nurböz Deri
36. Olcay Deri
37. Ürkünç Deri
38. Pera Deri
39. Rich Style Deri
40. Riyas Deri
41. Rumeli Deri
42. Simge Deri
43. Şahin Deri
44. Üykü Deri
45. Volkan Deri
46. Yeşiller Deri
47. Endamlıer Deri
48. Yusuf Deri
49. Aker Deri
50. Akgöl Deri
51. Alcan Deri
52. Asilsan Deri
53. Aslan Deri
54. Asdersan Deri
55. Asti Deri
56. Bağır Deri
57. Başak Deri
58. Başaran Deri
59. Başaranlar Deri
60. Beta Deri
61. Beyder Deri
62. Birdallar Deri

63. Birsinler Deri
64. Bonapart Deri
65. Camilla Deri
66. Cihanbiçer Deri
67. Çelikoğlu Deri
68. DÇK Deri
69. Deka Deri
70. Derfa Deri
71. Derimod Deri
72. Derimtek Deri
73. Derkon Deri
74. Dersa Deri
75. Dersan Deri
76. Desa Deri
77. Desmo Deri
78. Doğu Yükseller Deri
79. Emelda Deri
80. Ener Deri
81. Ensari Deri
82. Erzincan Deri
83. Eser Deri
84. Gamze Deri
85. Gök Deri
86. Gökhan Deri
87. Gökoğuz Deri
88. Gönkar Deri
89. Güneş Deri
90. Hak Deri
91. Hakcan Deri
92. Has Deri
93. Hedef Deri
94. Herkim Deri
95. Hoş Deri
96. İntur Deri
97. Kartal Deri
98. Köseoğlu Deri
99. Kurtlar Deri
100. Şahin deri
101. Mert Deri
102. Nobel Deri
103. Omurtak Deri
104. Orijinal Deri
105. Öncü Deri
106. Önsa Deri
107. Özşen Deri
108. Paris Deri
109. Perk Deri
110. Reisler Deri
111. Renk Deri
112. Rumeli Deri
113. Serhat Deri
114. Serpicioğlu Deri
115. Soydan Deri
116. Bayrak Deri
117. Şahlan Deri
118. Şencan Deri
119. Şimşek Deri
120. Tanatar Deri
121. Tapel Deri
122. Tekdersan Deri
123. Tokcan Deri
124. Umut Deri
125. Undo Deri
126. Usluer Deri

127. Uşak Deri
128. Yaka Deri
129. Yılmaz Deri
130. Rota Deri
131. Şen Deri
132. Uygun Deri
133. Gündüz Deri
134. Çavuş Deri
135. Yiğitler Deri

3.3.2 Yerleşim bölgeleri (Mesken ve ticarethaneler)

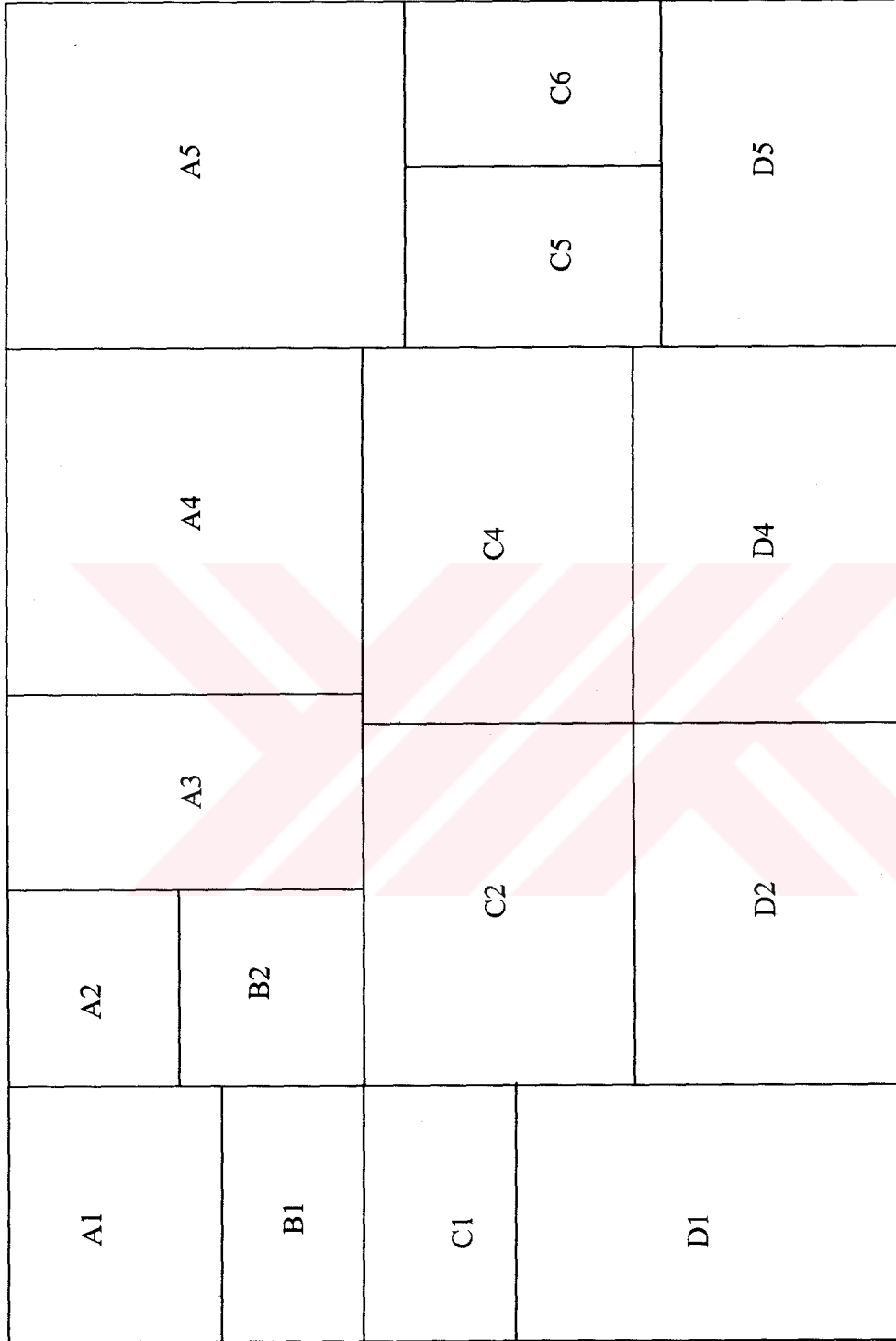
Yerleşim kaynaklı kirleticilerin belirlenmesinde "Çorlu ilçesi 1999-2000 yılı Bina Sayımı" sonuçlarından faydalanılmıştır. Bu çalışmada Çorlu'nun 12 mahallesine ait her bir sokağa düşen konut ve ticarethane sayıları, bu yerleşimlerde kullanılan ısıtma sistemi ve yakıt tipleri, ham değerler olarak belirlenmiştir. Bu değerlendirmenin sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Bu çalışma sonucunda, hane başına yakıt kullanım miktarları ve yakıt tipleri belirlenerek yerleşim kirletici kaynakları sınıflandırılmış ve her bir kaynağın bölgeye verdiği kirlilik yükleri belirlenmiştir.

3.4 Bölgedeki Kirletici Emisyon Miktarlarının Hesaplanması:

Proje bölgesinde bulunan 12 adet mahalle ve 200 adet sanayi tesisi için yapılan yakıt envanter çalışması, imar planı ve mevcut bina sayımı sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

Bu bilgilerden yola çıkılarak Çorlu ilçesi yerleşim ve sanayi yoğunluklarına, kullanılan yakıt tiplerine göre benzer özellik gösteren 16 adet gride bölünmüştür. Gridlerin bölünüş şekilleri Şekil 3.1'de verilmiştir. Grid numaralandırılması, harita üzerindeki sıralamaya göre yapılmış olup, sanayi ve yerleşim yerleri yoğunluklarına göre grid dağılımı Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Grid alanları ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Grid Dağılımı

SY	Y	Y	Y	S
Y	S	Y	Y	Y
Y	Y	Y	Y	S
Y	Y	Y	Y	S

S : sanayi bölgesi

Y : yerleşim bölgesi

Şekil 3.2 Yoğunluklarına göre grid dağılımı

Çizelge 3.1 Mahallelere göre yerleşim tipi dağılımı

MAHALLE ADI	TOPLAM HANE SAYISI	TOPLAM İŞYERİ SAYISI
NUSRATİYE	4818	492
MUHİTTİN	10903	2625
ŞEHSİNAN	6970	1453
REŞADİYE	10843	1471
SAĞLIK	6849	884
HIDIRAĞA	2052	522
CEMALİYE	174	149
CAMİATİK	326	515
HATİP	2092	656
SİLAHTAR	1708	812
KEMALETTİN	1723	185
KAZİMİYE	5586	1362
TOPLAM	54044	11126

Çizelge 3.2 Grid alanları

Grid No	Alan (km ²)
A1	1.8000
A2	1.2500
A3	2.7700
A4	3.7230
A5	5.3560
B1	1.5060
B2	1.5870
C1	1.6590
C2	3.4398
C4	3.4398
C5	1.4650
C6	1.6070
D1	3.2100
D2	3.4398
D4	3.4398
D5	2.8900

Çorlu şehir haritası üzerinde grid dağılımını gösteren harita Ek 2'de verilmiştir. Yine Çorlu haritası üzerinde, endüstriyel tesislerin dağılımını gösteren harita Ek 3'de verilmiştir. İlçenin Sağlık Mahallesi'nde bulunan Deri Organize Sanayi Bölgesi'ndeki fabrikaların dağılımını gösteren plan Ek 4'dedir.

3.4.1 Yerleşim bölgelerinden kaynaklanan emisyon kuvvetlerinin hesaplanması

İlçede 1999-2000 yılları arasında yapılan bina sayımı sonuçları kullanılarak, her bir gride düşen hane sayısı, ticarethane sayısı, bu yerleşimlerde kullanılan ısıtma sistemi türleri, yakıt tipleri sokak ve mahalleler ayrılarak toplam rakamlar ve yüzdeler olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.3, 4 ve 5). Böylece her bir gride kaç konut olduğu ve bu konutlarda hangi tür yakıt yakıldığı bulunmuştur. Bu değerlerle her bir grid için emisyon kuvveti değerleri hesaplanmış ve buradan ATDL (Atmospheric Turbulance and Diffusion Laboratory) dispersiyon, basit kutu modeli (Hanna, 1972, 1973; Hanna ve Franklin, 1977) kullanılarak alan kaynak hesabı yapılmış ve o gride ait birim zamanda, birim alana düşen SO₂ miktarı belirlenmiştir.

Yapılan bina sayımı sonucunda ilçenin yerleşim bölgelerinde kullanılan ısıtma sistemleri dağılımı Çizelge 3.4'de verilmiştir. Görüldüğü gibi bölgede ısıtma sistemi olarak %65.1 oran ile en çok kömür sobası kullanılmaktadır. Bunu, %33.5 oran ile kalorifer izlemekte ve %1.4'lük kısımda gaz sobası, elektrik sobası vb.'yi oluşturan diğer ısıtma sistemleri bulunmaktadır (Şekil 3.3).

Yine yapılan sayım sonucu ilçede en çok kullanılan yakıt cinsleri belirlenmiştir (Çizelge 3.5). Görüldüğü gibi, ilçede kullanılan yakıtlar genel olarak, linyit kömürü, taş kömürü ve kalorifer yakıtı olmak üzere 3 kısma ayrılır. Linyit kömürü bölgede en çok kullanılan yakıt cinsi olup kullanım oranı %89'dur. Kalorifer yakıtı ise ortalama %10.3'lük bir kısmı oluşturmaktadır (Şekil 3.4). Linyit ve taşkömürü kullanılan yerleşimlerde odunun da bir yakıt olarak kullanıldığı görülmüş fakat hesaplamalarda kolaylık sağlamak amacıyla ve verdiği kirlilik türlerinin benzerliği bakımından bu oran, kömür cinslerinin içine dahil edilmiştir.

Çorlu ilçesinin tüm yerleşim birimleri için, konut başına sezonluk linyit ve taş kömürü tüketimi ortalama olarak 4 ton alınmıştır. Bu değer, anket sonucu bulunmuş bir değerdir. Yakıt tüketilen sezon olarak, Kasım- Nisan sezonu baz alınmıştır. Dolayısıyla 6 ay, toplam 181 gün yakıt yakılmaktadır.

SO₂ için emisyon faktörü (13.6 x S) alınmıştır (EPA, 1991) (Çizelge 3.6). Burada S kömürdeki kükürt yüzdesidir. Bölgede kullanılan kömürün içerdiği kükürt %3 olarak kabul edilmiştir. Bu kabulü yaparken çizelge 1.9 (Tırıs, 1993)'dan da faydalanılmıştır. Buradan SO₂ için emisyon faktörü şu şekilde bulunmuştur:

$$13.6 \times 3 = 40.8 \text{ kg SO}_2/\text{ton linyit} \quad (3.1)$$

Emisyon envanteri sonuçlarına göre, örneğin C2 gridinde linyit kullanan toplam 17871 adet hane bulunmaktadır. Sezon başına kabul edilen 4 ton yakıt tüketiminden bu griddeki toplam yakıt kullanım miktarı şu şekilde hesaplanır:

$$4 \text{ (ton linyit/sezon-hane)} \times 17871 \text{ (hane)} = 71484 \text{ ton linyit/sezon} \quad (3.2)$$

Buradan C2 gridi için birim zamanda oluşan emisyon miktarı:

$$40.8 \text{ (kg SO}_2/\text{ton linyit)} \times 71484 \text{ (ton linyit/sezon)} \times 1 \text{ sezon/ (181(gün) x 86400 (sn))} = 0.19 \text{ kg SO}_2/\text{sn} \text{ olarak bulunur.} \quad (3.3)$$

Böylece C2 gridinde, birim zamanda havaya verilen SO₂ miktarı bulunmuştur. Bu değer gridin alanına bölüldüğünde, birim zamanda, birim alanda oluşan SO₂ miktarı (q, emisyon kuvveti) bulunmuş olur. C2 gridinin alanı $3.4398 \times 10^6 \text{ m}^2$ 'dir (Çizelge 3.2).

$$q = 0.19 \text{ (kg SO}_2/\text{sn)} \times 10^9 \text{ (}\mu\text{g/kg)} : (3.4398 \times 10^6 \text{ m}^2) = 55.24 \text{ }\mu\text{g SO}_2/\text{sn-m}^2 \quad (3.4)$$

Böylece modelde kullanacağımız birim alan için emisyon kuvveti değeri belirlenmiş olur. Bu işlem her bir grid için ve linyit kömürü, taş kömürü ve kalorifer yakıtı (fuel-oil) olmak üzere üç tip yakıt için tekrarlanmış ve sonuçta Çizelge 3.10'daki değerlere ulaşılmıştır.

Kalorifer yakıtı için hane başına ortalama sezonluk tüketim yine anket sonuçlarından faydalanarak, 1,2 ton olarak belirlenmiştir. Emisyon faktörü ise yine Çizelge 3.6'daki EPA emisyon faktörleri değerlerinden, $(20.1 \times S)$ olarak alınmıştır. Çalışmalarımız sırasında bölgede kalorifer yakıtı olarak en çok 5 ve 6 nolu fuel-oil kullanıldığı görülmüş ve kalorifer yakıtı için kükürt yüzdesi, çizelge 1.10'dan da faydalanılarak %2 olarak kabul edilmiştir. Taşkömürü için sezonluk hane başına tüketim, yine 4 ton olarak belirlenmiş olup, emisyon faktörü olarak $19.5 \times S$ (EPA, 1991) kullanılmış ve kükürt yüzdesi %1 olarak alınmıştır.

3.4.2 Endüstriyel tesislerden kaynaklanan emisyon kuvvetlerinin hesaplanması

Büyük endüstri tesislerinin bulunduğu A1, D5, A5, A4 ve B2 gridlerinde emisyon kuvvetlerini belirlemede, yerleşim yerlerindeki emisyon kuvvetlerini hesaplama metodundan daha farklı bir yol izlenmiştir. Bunun için, paragraf 3.3.1'de bahsedilen sanayi tesislerinin baca gazı analiz raporlarından faydalanılmıştır.

Örneğin; Deri Organize Sanayi'nin bulunduğu B2 gridinde 135 adet deri fabrikası vardır. Bu fabrikaların bazılarının baca gazı ölçüm raporları mevcutken, bazılarının ki mevcut değildir. Ölçüm raporlarında bulunan değerler de konsantrasyon (mg/m^3) birimindedir. Bu değerlerin modelde kullanacağımız kütleli debi ($\mu\text{g}/\text{sn}$) birimine çevrilebilmesi için, baca gazı debisinin bulunması gerekmektedir. Böyle bir değer hiçbir sanayi tesisi için ölçülmediğinden tesislerin kullandıkları yakıt miktarı belirlenip birtakım kabullerle debiye geçilmiştir. Sözkonusu griddeki, verdikleri kirleticiler açısından önemli sayılan tesislerin çoğu, birbirine benzer büyüklüklerdedir. Örneğin, bir deri fabrikasının kullandığı yakıt miktarı yaklaşık olarak 500-1000 ton/ay arasında değişir (Tekirdağ İl Çevre Müdürlüğü, Kişisel görüşme, Yeşiller Deri, kişisel görüşme). Ortalama olarak bu değer 700 ton/ay olarak kabul edilmiştir. Bu da saatte yaklaşık 970 kg yakıtı denk gelmektedir. Aynı tür kabulle tekstil, gıda ve diğer tesisler için de yapılmıştır.

Diğer sanayi tesislerini örnek olarak aldığımızda, her 100 kg yakıt için yaklaşık olarak 50 kmol kuru baca gazı çıktığı kabul edilebilir (Ertürk, 2002, Ders notları). Bu durumda 970

kg yakıt için saatte 485 kmol baca gazı oluşur. Bu durumda ideal gaz denkleminde saatte 16820 m³ baca gazı oluştuğu hesaplanır. Bu değer her bir fabrika için bilinen konsantrasyon (mg/m³) değeri ile çarpılarak, (mg/saat) cinsinden toplam SO₂ miktarı belirlenmiş olur. bu hesaba göre B2 gridinde, tüm sanayi tesisleri için toplam saatte verilen SO₂ miktarı 1610 µg olarak bulunmuştur. Bulunan değer grid alanına bölünerek ATDL dispersiyon modelinde kullanacağımız (kütle/zaman-alan) birimine çevrilmiş olur (Çizelge 3.10).

Baca gazı analiz raporu bulunmayan tesisler için izlenen yol ise şöyledir; bu tesislerin tamamında kullanılan yakıt 6 No'lu fuel-oildir (Baca gazı emisyon raporları, İl Çevre Müd.). Yakıttaki kükürt oranı %2 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1.8). Emisyon faktörü ise (20.1 x S)'tir (EPA,1991). Bu durumda emisyon faktörü (40.2 kg SO₂/ton yakıt) olarak bulunur. Bu değer sanayinin çeşidine göre bilinen yakıt kullanım miktarı ile çarpılarak birim zamanda verilen SO₂ miktarı bulunmuş olur. Hesaplanan bu değer baca gazı debisine bölünerek istenilen birimdeki büyüklük belirlenir.

Tüm gridler için yerleşim yerleri ve ticarethanelerde ve endüstriyel tesislerde kullanılan sezonluk toplam yakıt tüketim miktarları Çizelge 3.7 ve 8'de verilmiş ve bu değerlerin yüzdelik dağılımları Şekil 3.5'de gösterilmiştir. Yine her grid için endüstriyel tesisler ve yerleşim bölgelerinde yakıt kullanımından kaynaklanan SO₂ miktarları toplam değerleri (µgSO₂/sn) ve (tonSO₂/yıl) birimlerinde hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3.9'da verilmiştir. Bu değerlerin yüzdelik dağılımları da yine Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Bu çizelgelerden de kolayca anlaşılacağı gibi bölgede en çok kullanılan yakıt miktarı yıllık 220792 ton kullanım miktarı ile linyit kömürüdür. Linyit kömürü yakılmasından kaynaklanan yıllık SO₂ miktarı yaklaşık 9080 ton'dur. Bunlar ortalama değerler olup, karasal iklime sahip bölgede daha sert geçen iklim koşullarında artma eğilimi göstermesi beklenmektedir.

Bu verilere göre ilçede bir sezonda toplam 222.644 ton kömür tüketilmektedir. Bölgede yaklaşık 25 adet kömür satış noktası bulunmakta ve bu ticarethaneler ortalama bir sezonda 2000 ton kömür satışı yapmaktadır. (İlçe Sağlık Grup Başkanlığı Raporları, 2002). Bu

durumda, Çorlu'da resmi olarak satılan kömür miktarı sezonda en fazla 50.0000 tondur. Kolaylıkla görülüyor ki ilçede kullanılan kömürün en iyi ihtimalle ancak %22'si kontrollü olarak satılmakta, geri kalan %78'lik miktar çevre illerden, özellikle İstanbul'dan, kaçak olarak gelmektedir. Kaçak olarak ilçeye giren kömür de, bilindiği gibi herhangi bir kontrol yapılmadan satışa sunulmakta ve bölgede çok yüksek oranda hava kirliliğine yol açmaktadır.



Çizelge 3.3 Yerleşim bölgeleri için emisyon envanterinde kullanılan parametrelerin gridlere göre dağılımı.

GRİD NO	KONUT SAYISI	İŞYERİ SAYISI	ISFTMA SİSTEMİ			YAKIT CİNSİ			
			Soba	Kalorifer	Diğer*	Taşkömürü	Linyit	Kalorifer Yakıtı	Doğalgaz
A1	3048	302	3318	29	3	28	3301	18	-
A2	572	42	574	-	40	6	568	-	-
A3	88	-	78	-	10	-	78	-	-
A4	20	149	18	120	31	13	10	111	4
A5	-	18	-	18	-	-	-	18	-
B1	925	83	1008	-	-	8	1000	-	-
B2	205	331	304	221	11	-	453	72	-
C1	165	-	-	165	-	-	165	-	-
C2	14014	5745	15026	4274	459	271	17871	1158	-
C4	8411	987	6921	2299	178	45	8420	755	-
C5	2847	311	9	3143	6	-	554	2598	-
C6	96	-	88	-	8	-	88	-	-
D1	300	47	23	313	11	-	315	21	-
D2	8608	675	8173	1106	4	70	8932	277	-
D4	12709	1958	5228	9419	20	22	13268	1357	-
D5	-	472	350	-	122	-	350	-	-
TOPLAM	52008	11120	41118	21107	903	463	55373	6385	4

*Diğer: Elektrik sobası, gaz sobası, vb.

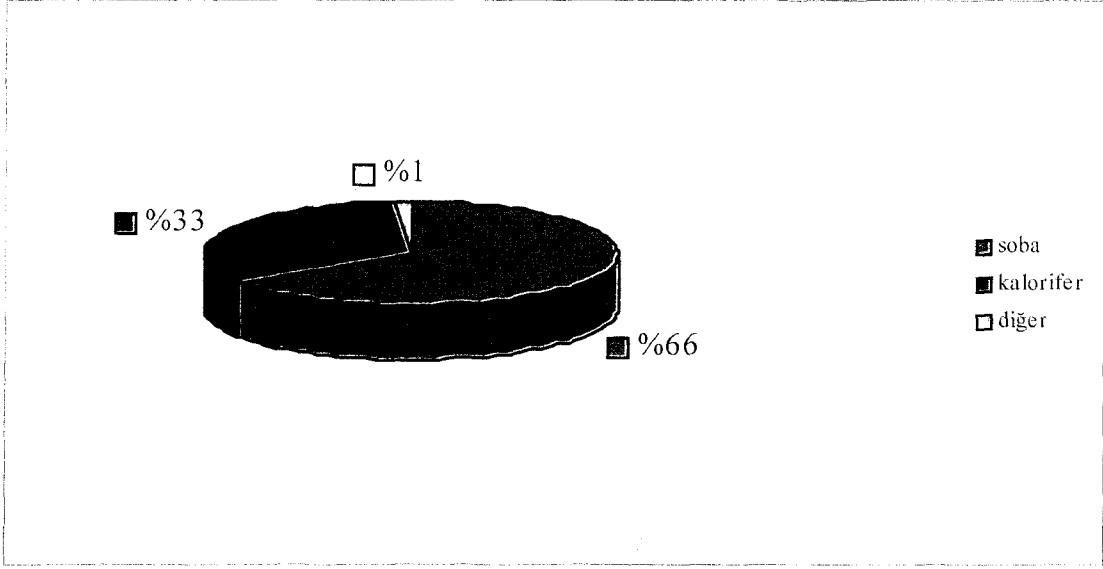
Çizelge 3.4 Isıtma sistemi yüzdeler dağılımı

GRİD NO	HANE SAYISI	ISITMA SİSTEMİ		
		SOBA (%)	KALORİFER (%)	DİĞER* (%)
A1	3350	99	0.9	0.1
A2	614	93.5	-	6.5
A3	88	88.6	-	11.4
A4	169	10.7	71	18.3
A5	18	-	100	-
B1	1008	100	-	-
B2	536	56.7	41.2	2.1
C1	165	-	100	-
C2	19759	76.1	21.6	2.3
C4	9398	73.6	24.5	1.9
C5	3158	0.3	99.5	0.2
C6	96	91.7	-	8.3
D1	347	6.6	90.2	3.2
D2	9283	88	11.9	0.1
D4	14667	35.7	64.2	0.1
D5	472	74.1	-	25.9
TOPLAM	63128	65.1	33.5	1.4

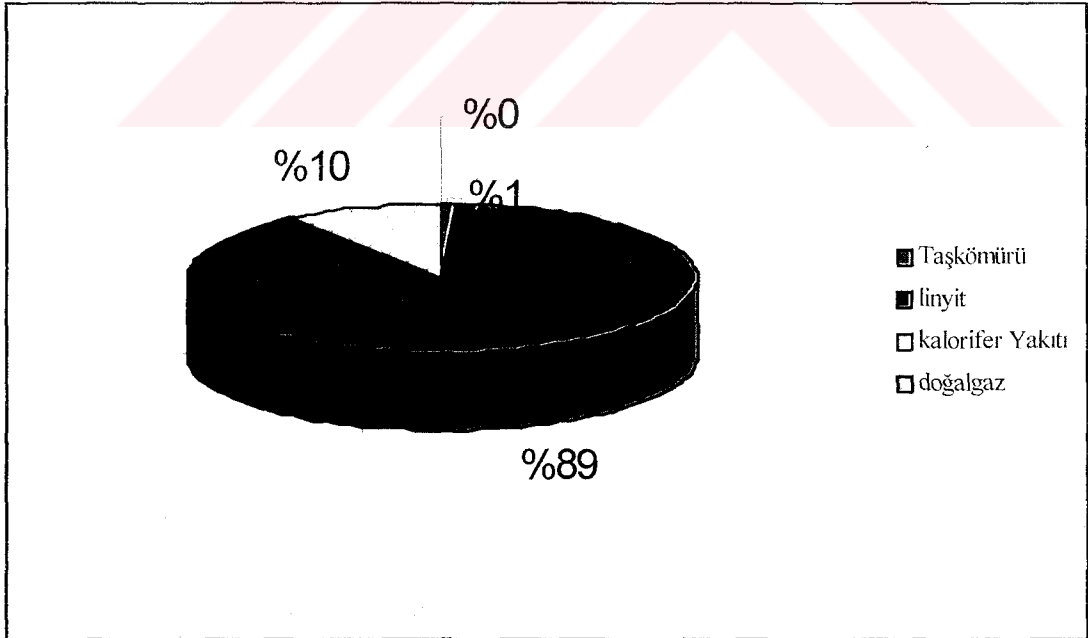
* Diğer : elektrik sobası, gaz sobası vb.

Çizelge 3.5 Yakıt cinsi yüzdeler dağılımı

GRİD NO	HANE SAYISI	YAKIT CİNSİ			
		TAŞ KÖMÜRÜ (%)	LİNYİT (%)	KALORİFER YAKITI (%)	DOĞALGAZ (%)
A1	3347	0.8	98.6	0.6	-
A2	574	1	99	-	-
A3	78	-	100	-	-
A4	138	9.4	7.3	80.4	-
A5	18	-	-	100	2.9
B1	1008	0.8	99.2	-	-
B2	525	-	86.3	13.7	-
C1	165	-	100	-	-
C2	19300	1.4	92.6	6	-
C4	9220	0.5	91.3	8.2	-
C5	3152	-	17.6	82.4	-
C6	88	-	100	-	-
D1	336	-	93.8	6.2	-
D2	9279	0.8	96.2	3	-
D4	14647	0.2	90.6	9.2	-
D5	350	-	100	-	-
TOPLAM	62225	0.7	89	10.3	-



Şekil 3.3 Yerleşim bölgelerinde kullanan konut sayılarına göre ısıtma sistemi dağılımı



Şekil 3.4 Yerleşim bölgelerinde kullanan konut sayılarına göre yakıt cinsi dağılımı

Çizelge 3.6 Yakıt yanması ile ilgili emisyon faktörleri (EPA, 1991)

Yakıt Cinsi	PM	SOx	CO	HC	NOx
KÖMÜR	kg/ton	Kg/ton	kg/ton	kg/ton	kg/ton
<i>Linyit</i>					
Pulverize	3,2A	13,6S	0,5	<0,45	6,4
Siklon	2,7A	13,6S	0,5	<0,45	7,7
Spreader Stoker	3,2A	13,6S	0,5	<0,45	2,7
<i>Bitümlü Kömür</i>					
Pulverize					
-Genel	8A	19S	0,5	0,15	9
-İslak	6,5A	19S	0,5	0,15	15
-Kuru Taban	8,5A	19S	0,5	0,15	9
Siklon	1,0A	19S	0,5	0,15	27,5
Spreader Stoker	6,5A	19S	1	0,5	7,5
Elle Besleme	10	19S	4,5	10	1,5
FUEL ÖİL					
Termik Santral	1,26	20,5S	0,005	0,5	13,02
Sanayi Tesisi					
Ağır Fuel Oil	2,9	20,1S	0,25	0,5	8,96
Hafif Fuel Oil	1,9	20,1S	0,25	0,5	8,96
Ev ve Ticari	0,1	20,1S	0,25	0,63	1,46
İşletmeler					
DOĞALGAZ	g/m3	g/m3	g/m3	g/m3	g/m3
Termik Santral	0,24	0,01	0,272	0,016	11,1
Sanayi Tesisi	0,24	0,01	0,272	0,048	3,6
Ev ve Ticari	0,24	0,01	0,272	0,128	1,9
İşletmeler					
BENZİN (kg/m3)	1,4	1,1	275	24	14
DIESEL (kg/m3)	13,2	4,8	7,2	16,3	26,6

Not: S: yakıttaki kükürt Yüzdesi A : Kömürdeki kül yüzdesi

Çizelge3.7 Yerleşim yerleri ve ticarethanelerde yakıt tüketimlerinin gridlere göre dağılımı.

Grid no	Linyit Kullanımı (ton/yıl)	Taş Kömürü Kullanımı (ton/yıl)	Kalorifer Yakıtı Kullanımı (ton/yıl)
A1	13204	112	22
A2	2272	24	-
A3	312	-	-
A4	40	52	-
A5	-	-	-
B1	4000	32	-
B2	1812	-	-
C1	660	-	-
C2	71484	1084	1390
C4	33680	180	906
C5	2216	-	3118
C6	352	-	-
D1	1260	-	-
D2	35728	280	332
D4	53072	88	1628
D5	700	-	-
TOPLAM	220792	1852	7396

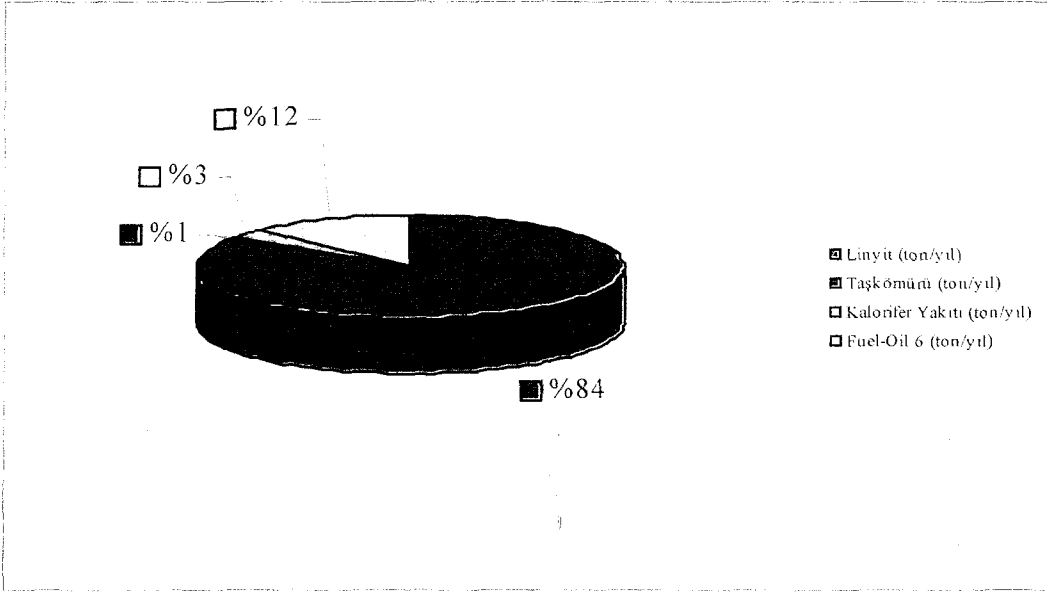
Çizelge 3.8 Sanayi tesislerinde yakıt tüketimlerinin gridlere göre dağılımı.

Grid No	Fuel-oil (ton/yıl)
A1	5004
A4	10133
A5	7325
B2	7992
D5	1461
TOPLAM	31915

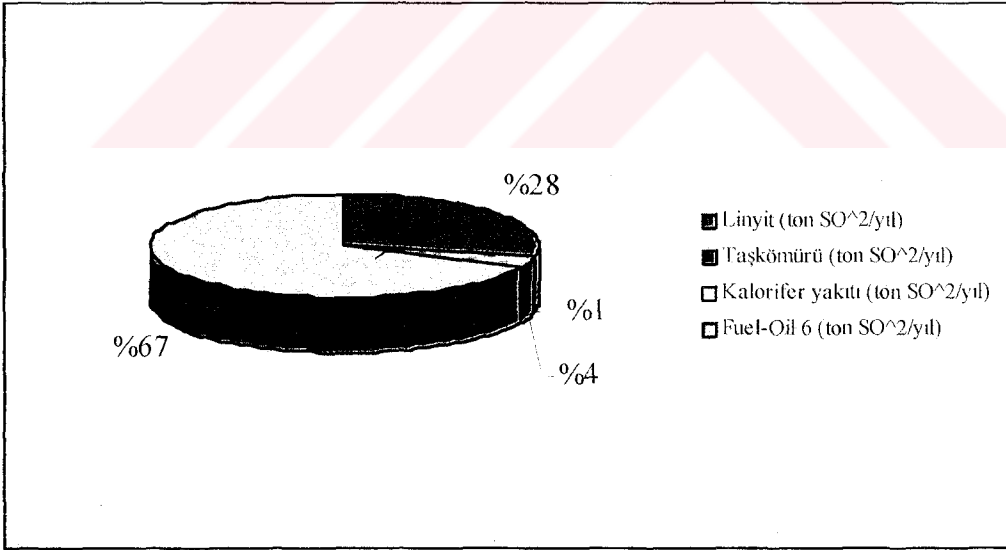
Çizelge 3.9 Grid bazında SO₂ kütlesele emisyonları.

GRID NO	LİNYİT		TAŞ KÖMÜRÜ		KALORİFER YAKITI		FUEL-OİL NO:6*	
	µg SO ₂ /sn (x10 ⁶)	ton SO ₂ /yıl	µg SO ₂ /sn (x10 ⁶)	ton SO ₂ /yıl	µg SO ₂ /sn (x10 ⁶)	ton SO ₂ /yıl	µg SO ₂ /sn (x10 ⁶)	ton SO ₂ /yıl
A1	3.5	538.7	0.1	2.3	0.06	868.3	60	403
A2	5.9	91.6	0.03	0.5	-	-	-	-
A3	0.8	12.7	-	-	-	-	-	-
A4	0.1	1.6	0.07	0.3	-	-	130	4144
A5	-	-	-	-	-	-	95	2996
B1	10.0	163.2	0.04	0.6	-	-	-	-
B2	4.7	73.9	-	-	-	-	1610	14104
C1	1.7	26.9	-	-	-	-	-	-
C2	190.0	2973.8	1.4	211.4	3.6	55.9	-	-
C4	88.0	1390.5	0.2	3.5	2.3	36.4	-	-
C5	5.8	90.4	-	-	8	125.3	-	-
C6	0.9	14.4	-	-	-	-	-	-
D1	3.3	51.4	-	-	-	-	-	-
D2	90.0	1457.7	0.4	5.5	0.9	13.4	-	-
D4	140.0	2165.3	0.1	1.7	4.2	65.5	-	-
D5	1.8	28.6	-	-	-	-	13	403
TOPLAM	546.5	9080.7	2.34	225.8	19.06	1164.8	1908	21960

*Fabrika ve büyük işletmeler için bulunan değerlerdir.



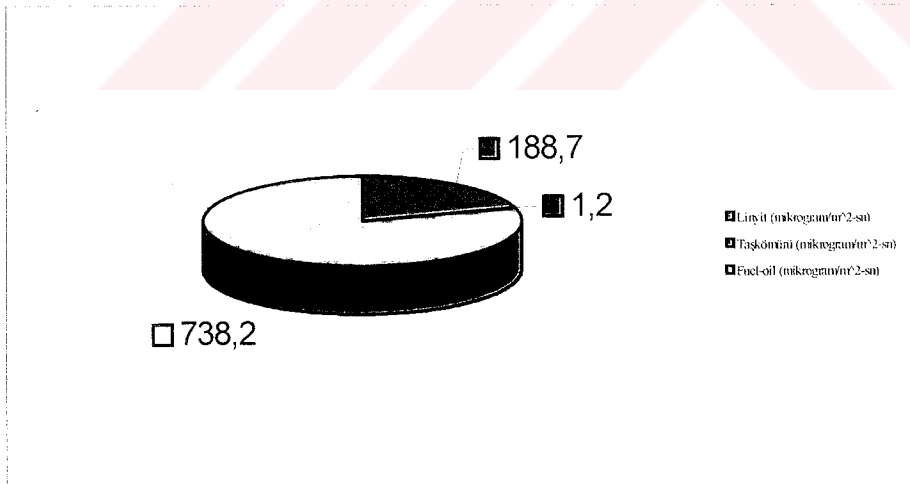
Şekil 3.5 Bölgede yakıt tüketim miktarları yüzdelik dağılımı



Şekil 3.6 Yakıt tüketiminden kaynaklanan SO₂ miktarının yüzdelik dağılımı

Çizelge 3.10 Emisyon kuvveti (q) değerlerinin gridlere göre dağılımı [$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{sn}$]

GRİD NO	q Linyit	q Taş kömürü	q Kalorifer Yakıtı	q Toplam
A1	19.14	0.083	33.36	52.58
A2	4.74	0.024	-	4.764
A3	0.29	-	-	0.29
A4	0.028	0.017	34.95	35
A5	-	-	17.74	17.74
B1	6.64	0.027	-	6.667
B2	2.98	-	639	642
C1	1.037	-	-	1.037
C2	55.24	0.85	1.04	57.13
C4	25.58	0.065	0.68	26.325
C5	3.96	-	5.47	9.43
C6	0.57	-	-	0.57
D1	1.03	-	-	1.03
D2	26.16	0.1	0.25	26.51
D4	40.7	0.032	1.22	41.952
D5	0.63	-	4.5	5.13
TOPLAM	188.695	1.198	738.21	928.155



Şekil 3.7 Emisyon kuvvetleri dağılımı

4 NUMUNE ALMA YERLERİNİN TESPİTİ VE KÜKÜRTDİOKSİT ÖLÇÜMÜ

4.1 Numune Alma Yerlerinin Tespitinde Dikkat Edilecek Hususlar

Hava kirliliği izlemek amacıyla yapılacak yer seçimi çeşitli parametrelerin hesaba katılmasını gerektiren karmaşık bir sistemdir. Kirleticilerin atmosferde dağılımı, topografik ve meteorolojik faktörlerden oldukça etkiler. Ölçüm değerlerinin bölgenin hava kalitesi seviyesini temsil edici yerde ve ölçüm ağı içinde diğer istasyonlardan elde edilen verilerle karşılaştırılabilir olması istenir (Tayanç, 1995).

Bir bölgenin hava kalitesi tespit edilirken özellikle halkın, bitkilerin, ağaçların, hayvanların, taşıtların, yapıların ve malzemelerin en fazla hava kirlenmesine maruz kaldığı yerler seçilmelidir (Öztürk, 1999).

Ölçüm yapılacak bölge seçildikten sonra bu bölgede kirletici seviyesinin tipik ya da en azından yaklaşık ölçümlerini verebileceği ve örnekleme ekipmanlarının rahatça kullanılabilmesi, spesifik bir yerleşim noktası bulmak gereklidir. Pratikte uygun bir nokta bulmak, genellikle zordur. İyi bir noktanın özellikleri hakkında oldukça az araştırma vardır ki bu araştırmaların da pratiğe uygulanması oldukça karmaşık bir proses gerektirir. Bununla birlikte aşağıda genel öneriler sunulmuştur:

- Kirletici konsantrasyonlarının bölgeyi temsil edici özellikte olabilmesi amacıyla hava kirliliği ölçüm cihazları girişleri ev, apartman, sanayi ve taşıtların bacalarından çıkan emisyonlardan ve türbülans, vorteks, bastırma gibi etkenlerden direk etkilenmemesi için mümkün olduğunca yapılardan ve ağaçlardan uzak yerlerde, mümkünse park-bahçelerde, okul ve ya hastane bahçelerinde bulunması gerekir.
- Cihazın numune alma girişi yüksek yapılarla çevrili (bina, ağaç, duvar ve işyeri vb.), hava hareketini kesen, durgun hava oluşumuna neden olan yerlerden uzak noktalara yerleştirilmelidir. Genel kural olarak numune alma girişleri, bina çatısının yatayla 30° ve ya daha az açı yaptığı noktalarda ve ya en yakın yapı yüksekliğinden iki kat daha

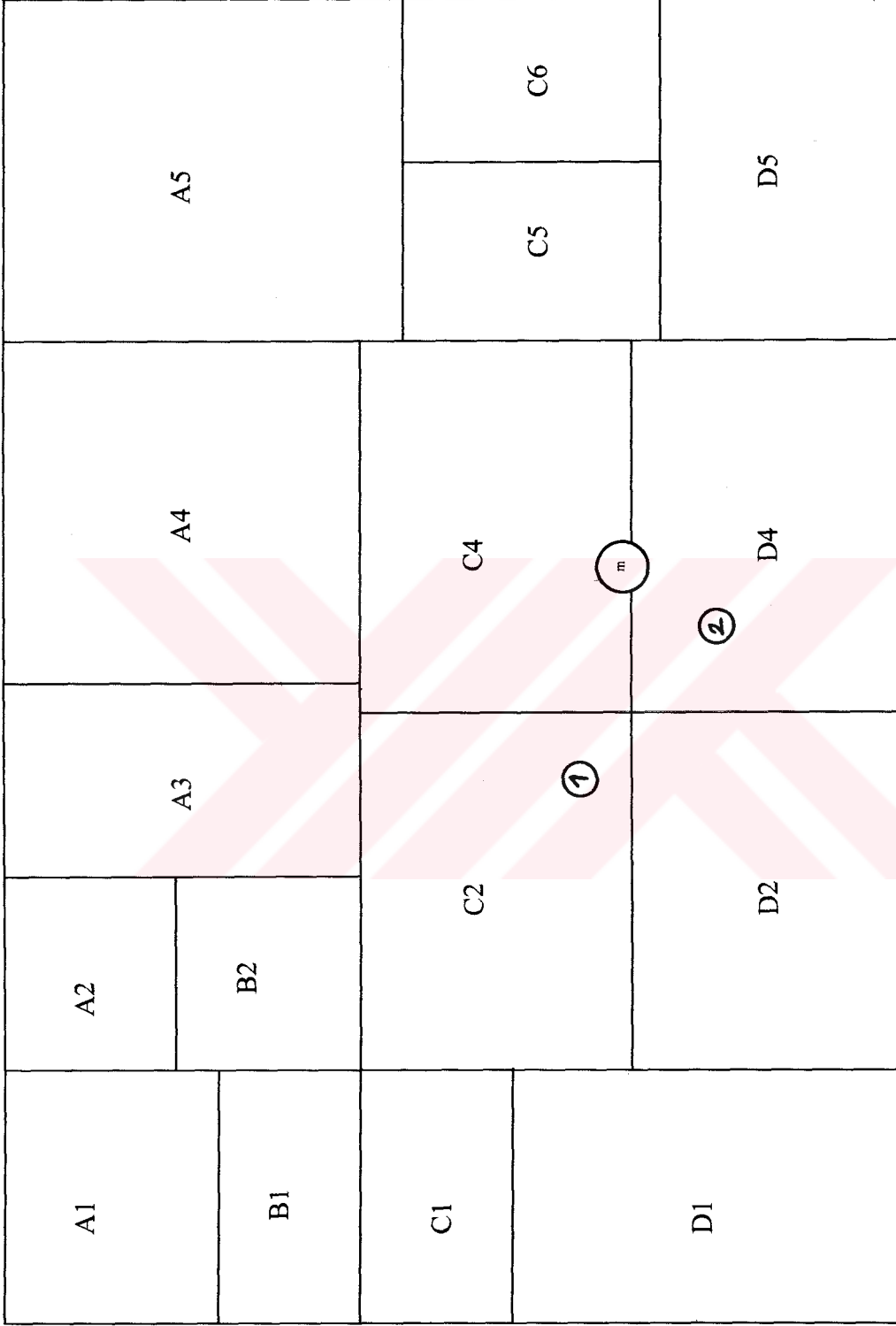
uzak mesafede olmalıdır. Numune alma noktası, ağaçların yağış düşme hattından en az iki kat uzağa yerleştirilmelidir (Tayanç, 1995).

- Numune alma girişi spesifik bir kirletici kaynağa maruz kalmamalı, yörenin genel hava kalitesini temsil etmeli, başka bir deyişle, cihaz, sadece bir baca ve ya kirletici kaynaktan ileri gelen kirliliği ölçmemelidir. Numune alma cihazı baca yanlarına ve ya kirletici gazların deşarj edildiği yerlere yerleştirilmemelidir. Cihazın yalnızca yoldan kaynaklanan kirlilikten etkilenmemesi için herhangi bir sokaktan ortalama 30m, en az 25 m uzaklığa kurulmalıdır ki bu değer, trafik yoğunluğu ile artar (Tayanç, 1995).
- Yerden yükselecek toz etkisini minimize etmek için ölçüm cihazı girişi en az 3-5m yüksekliğe konmalı ve binadan en az 1,5 m yan mesafede olmalıdır. Hava debisinde azalma meydana getirmeden en az 270° arc oluşturacak şekilde yerleştirilmelidir (Öztürk, 1999).
- Numune alma yerlerinde hareket edecek yeterli alan olmalı ve emniyetli bir bölgede bulunmalıdır.

Sonuç olarak, ölçüm cihazları sonuçlarından özellikle belirli bir kirletici kaynak etkisinden çok, o bölgede mevcut tüm kirletici kaynakların bölgenin genel hava kalitesi üzerine etkisi elde edilebilmelidir (Tayanç, 1995).

4.2 Bölgede Numune Alma Noktalarının Tespiti

Çorlu ilçesinde, SO₂ seviyesi ölçüm noktası seçilirken, yukarıdaki kriterlere mümkün olduğunca uyulmaya çalışılmıştır. Daha önce ilçede herhangi bir hava kirliliği ölçümü yapılmadığından dolayı elde edilecek sonuçlar, bu çalışma için olduğu kadar ilçedeki kirlilik yükünün ilk defa belirlenecek olması açısından da önemli bir bilgi kaynağı oluşturmuştur. Bu noktalar seçilirken, fiziki imkanların da elverdiği ölçüde mümkün olduğu kadar güvenilir ve karşılaştırılabilir sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, ilçede iki adet numune alma noktası oluşturulmuştur. Bu noktalar, ilçe merkezinde kirliliğin yoğun olduğu ve nispeten daha az yoğun olduğu iki noktada bulunmaktadır.



Şekil 4.1 Gridler üzerinde ölçüm noktalarının dağılımı
(1-1No'lu ölçüm noktası; 2- 2 No'lu ölçüm noktası; m- Meteoroloji istasyonu)

Ölçüm istasyonlarının ve meteoroloji istasyonunun grid üzerindeki konumları Şekil 4.1'de verilmiştir.

Bunlardan biri Çorlu Belediye Binası'dır ve C2 gridinde bulunmaktadır. Bu grid, ilçenin en çok kirlilik yüküne maruz kalan ve topografik açıdan nispeten çukur bölgelerinden birinde bulunmaktadır. Yerleşim bölgeleri ve ticarethanelerin de yoğunlaştığı grid, rüzgar esme yönüne bağlı olarak, çoğu günler, kuzeyinde bulunan Çorlu Deri Organize Sanayi Bölgesi'nden gelen kirliliğe maruz kalmaktadır. SO₂ ölçüm cihazı, Çorlu Belediye Binası'nın 1. Katına yerleştirilmiştir. Binanın çevresi açık alan olup ölçüm alınan nokta, herhangi bir kirleticinin direk etkisine maruz kalmayacak bir bölge olarak belirlenmiştir. Ölçümler, 19.11.2001 ile 10.04.2002 tarihleri arasında, hafta sonları ve resmi tatiller hariç her gün, ölçüm standardına uygun olarak, 24 saatlik periyodlarla, yapılmıştır.

Diğer ölçüm noktası, D4 gridinde, Çorlu İlçesi Sağlık Grup Başkanlığı'na bağlı 4 No'lu Sağlık Ocağı'nın 1. Katına yerleştirilmiştir. Burası topografik açıdan nispeten daha yüksek bir bölgedir, ancak çevresinde yoğun bir yapılaşma bulunmaktadır. Kullanımda olan konutların yanında, hala inşaat halinde olan ya da henüz kullanıma açılmamış konutların varlığı, kirliliğin gelecekte daha da artacağına dair ipuçları vermektedir. Cihazın yerleşiminde açıklık bir alan ve kirleticilerin direk etkisine maruz kalmayacak bir nokta seçilmiştir. Ölçümler 22.10.2002 ile 10.04.2002 tarihleri arasında yine hafta sonu ve resmi tatiller hariç diğer günlerde yapılmış ancak cihazla ilgili birtakım mekanik problemlerden dolayı ölçüm sürekli alınamamıştır.

4.3 SO₂ Ölçümünde Kullanılan Metot :

SO₂ ölçümünde İngiliz Volumetrik yarı-otomatik ölçüm cihazı kullanılmıştır. Yöntemin ilkeleri İngiliz Standartlar Enstitüsünce kabul edilmiştir.

Ölçümde havadaki SO₂, 24 saat boyunca seyreltik H₂O₂ çözeltisi içine emilerek H₂SO₄ şekline dönüştürülmüştür. Çözeltinin asiditesi standart alkali ile titrasyonu sonucu saptanmış ve sonuç SO₂ olarak alınmıştır (Kara, S., 1991).

Kullanılan bu metod, hava kalitesi izleme metodolojileri arasında aktif örnekleyiciler grubuna girer. Hava numunesini bir pompa aracılığıyla kimyasal bir ortamdan geçirebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyar. Örneklenen hava hacmi yüksek olduğu için hassasiyeti yüksektir. Günlük ortalama ölçümler elde edilir. Düşük maliyetli olması, işletilmesinin kolay olması gibi avantajlara sahiptir (Yeşilyurt C., Akcan N.; 2001)

4.4 Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi :

Her iki ölçüm noktasından, yukarıdaki standart metotla toplam 93 adet ölçüm alınmıştır. Bu ölçüm sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu noktadan sonra belediye binası 1 no'lu ölçüm noktası, sağlık ocağı binası ise 2 no'lu ölçüm noktası olarak isimlendirilecektir. Çizelgede de görüldüğü gibi birtakım fiziki imkansızlıklardan dolayı 2 no'lu ölçüm noktasında numune almaya 1 no'lu'dan daha geç başlanmış ve yine cihazla ilgili birtakım mekanik problemlerden dolayı 2 no'lu ölçüm noktasındaki cihazdan numune alımı kesikli olmuştur.

Yine çizelgede görüldüğü gibi 1 no'lu ölçüm noktasından alınan değerler maksimum 823 ile minimum $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında değişirken 2 no'lu ölçüm noktasında değerler maksimum 498 ile minimum $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ arasında farklı değerler almıştır. Görüldüğü gibi 2 no'lu ölçüm noktasında alınan değerler devamlı olarak diğer noktadan daha düşük bir seyir izlemiştir. Bunun nedeni, yukarıda da belirtildiği gibi ölçüm noktasının nispeten daha yüksek bir noktada bulunması ve kötü atmosferik koşullardan daha az etkilenmesidir. Her iki ölçüm noktasından alınan değerlerin grafikte gösterilişi Şekil 4.2 ve 4.3'de verilmiştir. İki noktadan alınan ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması ise Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Burada görüldüğü gibi değerlerin maksimum ve minimum pik noktaları iki noktada genel olarak uyum göstermektedir.

Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'ne göre belirlenen emisyon sınır değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Burada verilen *Uzun Vadeli Sınır Değer* bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalamasının aşmaması gereken sınır değer; *Kısa Vadeli Sınır Değer*, maksimum günlük ortalama değerler ve istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının %95'inin aşmaması

gereken değerlerdir. Kış aylarında binaların ısıtılmasıyla ortaya çıkabilen hava kirleticiler için Ekim-Mart ayları arasında yerleşim bölgelerinde yapılan ölçümlerin ortalamaları yönetmeliğe göre, aşılmaması gereken kış sezonu ortalaması Uzun Vadeli Sınır değerleri ($250 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ile karşılaştırılırlar (Resmi Gazete, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Sayı No.19269, 2 Kasım 1986).

İlçede ölçülen değerlerin çok büyük bir kısmı Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. 1 no'lu ölçüm noktasında alınan değerlerin % 98'i $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kısa vadeli sınır değerini; %41'i $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uzun vadeli sınır değerini; %80'i ise $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kış sezonu ortalama sınır değerini aşmaktadır. 2 no'lu ölçüm noktasında ise alınan değerlerin %81'i $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kısa vadeli sınır değerini; %25'i $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uzun vadeli sınır değerini; %50'si ise $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kış sezonu ortalama sınır değerini aşmaktadır. 1 no'lu ölçüm noktasından alınan değerlerin sezonluk ortalaması $394 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, 2 no'lu ölçüm noktasında ölçülen değerlerin ortalaması $284 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur.

Çizelge 4.1a Kükürtdioksit ölçüm sonuçları

Tarih	1 No'lu Ölçüm İstasyonu
19.11.2001	$159 \mu\text{g}/\text{m}^3$
20.11.2001	$442 \mu\text{g}/\text{m}^3$
21.11.2001	$532 \mu\text{g}/\text{m}^3$
27.11.2001	$631 \mu\text{g}/\text{m}^3$
28.11.2001	$557 \mu\text{g}/\text{m}^3$
29.11.2001	$458 \mu\text{g}/\text{m}^3$
03.12.2001	$255 \mu\text{g}/\text{m}^3$
04.12.2001	$336 \mu\text{g}/\text{m}^3$
06.12.2001	$222 \mu\text{g}/\text{m}^3$
06.12.2001	$165 \mu\text{g}/\text{m}^3$
12.12.2001	$472 \mu\text{g}/\text{m}^3$
25.12.2001	$227 \mu\text{g}/\text{m}^3$
26.12.2001	$658 \mu\text{g}/\text{m}^3$
27.12.2001	$303 \mu\text{g}/\text{m}^3$
08.01.2002	$311 \mu\text{g}/\text{m}^3$
09.01.2002	$510 \mu\text{g}/\text{m}^3$
10.01.2002	$539 \mu\text{g}/\text{m}^3$
15.01.2002	$691 \mu\text{g}/\text{m}^3$
16.01.2002	$677 \mu\text{g}/\text{m}^3$
17.01.2002	$741 \mu\text{g}/\text{m}^3$
21.01.2002	$157 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Çizelge 4.1b Kükürtdioksit ölçüm sonuçları

Tarih	1 No'lu Ölçüm İstasyonu	2 No'lu Ölçüm İstasyonu
22.01.2002	731 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	222 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
23.01.2002	818 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	354 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
24.01.2002	823 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	389 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28.01.2002	456 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	392 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
29.01.2002	685 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	489 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
30.01.2002	502 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	440 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
31.01.2002	330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	498 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
05.02.2002	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
06.02.2002	547 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	462 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
07.02.2002	402 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	498 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
11.02.2002	292 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	533 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
12.02.2002	492 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	391 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
13.02.2002	551 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	356 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
18.02.2002	307 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	249 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
19.02.2002	398 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	256 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
27.02.2002	213 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28.02.2002	362 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	178 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
04.03.2002	179 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
05.03.2002	313 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	142 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
06.03.2002	394 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
07.03.2002	426 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	288 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
11.03.2002	178 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
12.03.2002	282 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	224 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
13.03.2002	289 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
14.03.2002	307 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	162 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
18.03.2002	221 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
19.03.2002	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
20.03.2002	386 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
21.03.2002	397 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
25.03.2002	253 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
26.03.2002	124 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
27.03.2002	489 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	189 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
28.03.2002	277 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
01.04.2002	167 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
02.04.2002	406 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
03.04.2002	309 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
04.04.2002	284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
08.04.2002	249 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	178 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
09.04.2002	233 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	284 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
10.04.2002	269 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-

Ölçüm sonuçlarının uygunluğunu belirlemek amacıyla, günlük ortalama rüzgar hızı ve bulutluluk oranı ile ölçüm istasyonlarında ölçülen değerler karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.3). Verilerin devamlılığı açısından çizim üzerinde karşılaştırma, yalnızca 1 nolu istasyon ile günlük ortalama rüzgar hızları arasında yapılmıştır (Şekil 4.5).

Rüzgar hızının artmasının, kirleticilerin dağılımı açısından atmosferde olumlu sonuçlar yaratması beklenir. Diğer bir deyişle, yalnızca rüzgar hızı gözönüne alındığında, hız arttıkça, konsantrasyon azalmaktadır.

Şekil 4.5'de ve çizelge 4.3'de görüldüğü gibi, ölçüm istasyonlarında alınan değerlerle, rüzgar hızı arasında bu ters orantı çoğu zaman oluşmaktadır. Örneğin; 07.02.2002'de rüzgar hızı 1.2 m/sn iken ölçülen konsantrasyon 1 nolu ölçüm noktasında $402 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 2 nolu ölçüm istasyonunda $498 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olurken, 11.02.2002 tarihinde rüzgar hızı 5.6 m/sn iken ölçülen konsantrasyon 1 nolu ölçüm istasyonunda 292 ve 2 noluda $533 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Görüldüğü gibi rüzgar hızının arttığı durumlarda kirletici konsantrasyonunun azalması beklenirken, bu azalma yalnızca 1 noluda görülmüştür. 01.04.2002 tarihinde rüzgar hızı ortalama 7.6 m/sn olarak ölçülmüş ve aynı gün 1 nolu ölçüm istasyonundan alınan değer $167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 2 noluda alınan değer $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Dolayısıyla yüksek rüzgar hızlarında düşük konsantrasyon gözlenmiştir.

Ancak ölçümler incelendiğinde, Ocak ayının ilk haftasında 08.01.2002 tarihinde rüzgar hızı 2 m/sn iken ölçülen konsantrasyonun 1 noluda $311 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmekte, buna karşılık rüzgar hızının 5 m/sn'ye çıktığı ertesi gün olan 09.01.2002 tarihinde konsantrasyonun azalması beklenirken 1 noluda $511 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e çıktığı görülmektedir. 2 noluda sözkonusu günlerde ölçüm alınamamıştır.

Bunun gibi 23.01.2002 ve 24.01.2002 tarihlerinde rüzgar hızı 2.9 m/sn gibi çok düşük olmayan mertebelerde iken sözkonusu günlerde 1 ve 2 noluda alınan ölçümler sırasıyla 818, 354 ve 823, 389 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gibi oldukça yüksek değerlere ulaştığı gözlenmektedir.

Bütün bu uyumsuzlukların nedeni araştırılırken atmosferin diğer koşullarının da (bulutluluk oranı, karışma yüksekliği, solar radyasyon şiddeti, solar radyasyon geliş açısı vb.) gözönüne alınması gerekir.

Bu bilgilerden elimizde yalnızca sözkonusu günlere ait ortalama bulutluluk oranı bulunmaktadır ve bu da çizelge 4.3'de verilmiştir. Solar radyasyon ya da karışma yüksekliği ile ilgili herhangi bir ölçüm çevredeki meteoroloji istasyonlarınca yapılmamaktadır.

Bilindiği gibi meteoroloji istasyonlarında bulutluluk oranı ölçümleri 10 üzerinden sayılarla ifade edilir. 0-2 arası açık, 2-8 arası bulutlu, 8-10 arası kapalı günü temsil eder (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002). Sonuçların uyumsuzluk gösterdiği tarihlerden örneğin 23.01.2002'de bulutluk oranı 0'dır. Yani bulutluluk çok zayıftır. Dolayısıyla daha kararlı bir atmosferik koşul sözkonusu olabilir ve 1 nolu ölçüm istasyonunda değerin yüksek çıkmasının nedeni buna bağlanabilir. 24.01.2002'de ise bulutluluk oranının 7'ye çıktığı görülürken alınan ölçüm değerinde yine 1 nolu istasyon için çok az bir değişim gözlenmektedir. Buna karşılık 2 nolu istasyonda ölçülen değer nispeten düşük bir seyir izlemiştir. Yine uyumsuzluk gösteren tarihlerden 08.01.2002 tarihinde bulutluluk oranı 9.3 iken yani hava kapalı iken düşük rüzgar hızına rağmen gözlenen düşük konsantrasyon açıklanabilir. Bunun yanında 09.01.2002 tarihinde yüksek rüzgar hızına rağmen gözlenen yüksek konsantrasyonun nedeni ise bulutluluğun 2.7 olması yani havanın neredeyse açık olması ile açıklanabilir.

Ölçüm sonuçları kendi aralarında değerlendirilirken gözlenen ani yükseliş ve alçalmaların nedeni de yukarıdaki şekilde açıklanabilir. Tüm bu nedenlerin yanında ölçüm sırasında cihazda kaynaklanan mekanik bir problem ya da ölçüm sonrası analiz sırasında oluşan herhangi bir hata da bu uyumsuz sonuçların nedeni olarak açıklanabilir.

Çizelge 4.2 Kükürtdioksit İmisyon Standartları (Resmi Gazete, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Sayı No.19269, 2 Kasım 1986)

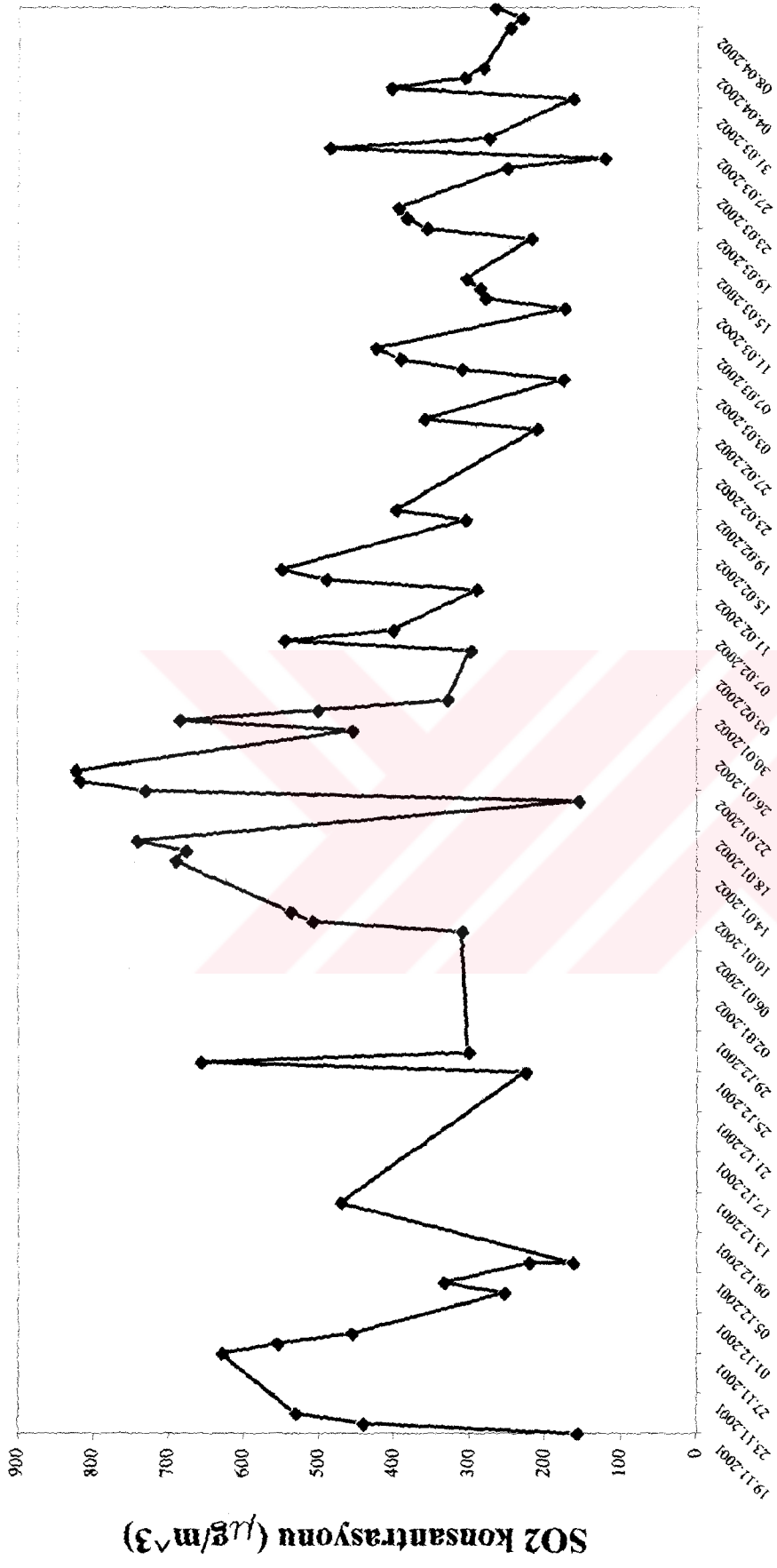
	Birim	UVS	KVS	Referans maksimum saatlik sınır değer	Kış sezonu ortalama sınır değeri
Genel	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	150	400	900	250
Endüstri bölgeleri	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	250	400	900	-

Çizelge 4.3a Ölçüm sonuçları ile atmosferik koşulların karşılaştırılması

Tarih	Rüzgar Hızı (m/sn)	Günlük Ortalama Bulutluluk	1 No'lu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer ($\text{SO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	2 Nolu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer ($\text{SO}_2 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
19.11.2001	2.2	7.3	159	-
20.11.2001	3.2	8.3	442	-
21.11.2001	2.3	1.7	532	-
27.11.2001	1.0	1.3	631	-
28.11.2001	1.5	3.3	557	-
29.11.2001	2.6	10.0	458	-
03.12.2001	11.6	10.0	255	-
04.12.2001	7.0	10.0	336	-
05.12.2001	6.0	10.0	222	-
06.12.2001	7.8	10.0	165	-
12.12.2001	6.0	10.0	472	-
25.12.2001	4.4	10.0	227	-
26.12.2001	2.1	0	658	-
27.12.2001	1.4	10.0	303	-
08.01.2002	2.0	9.3	311	-
09.01.2002	5.0	2.7	510	-
10.01.2002	2.7	9.0	539	-
15.01.2002	6.4	7.7	691	-
16.01.2002	2.0	8.3	677	-
17.01.2002	1.9	8.0	741	-
21.01.2002	2.7	5.0	157	-
22.01.2002	1.5	3.7	731	222
23.01.2002	2.9	0	818	354
24.01.2002	2.9	7	823	389
28.01.2002	1.2	5.7	456	392
29.01.2002	1.7	1.3	685	489

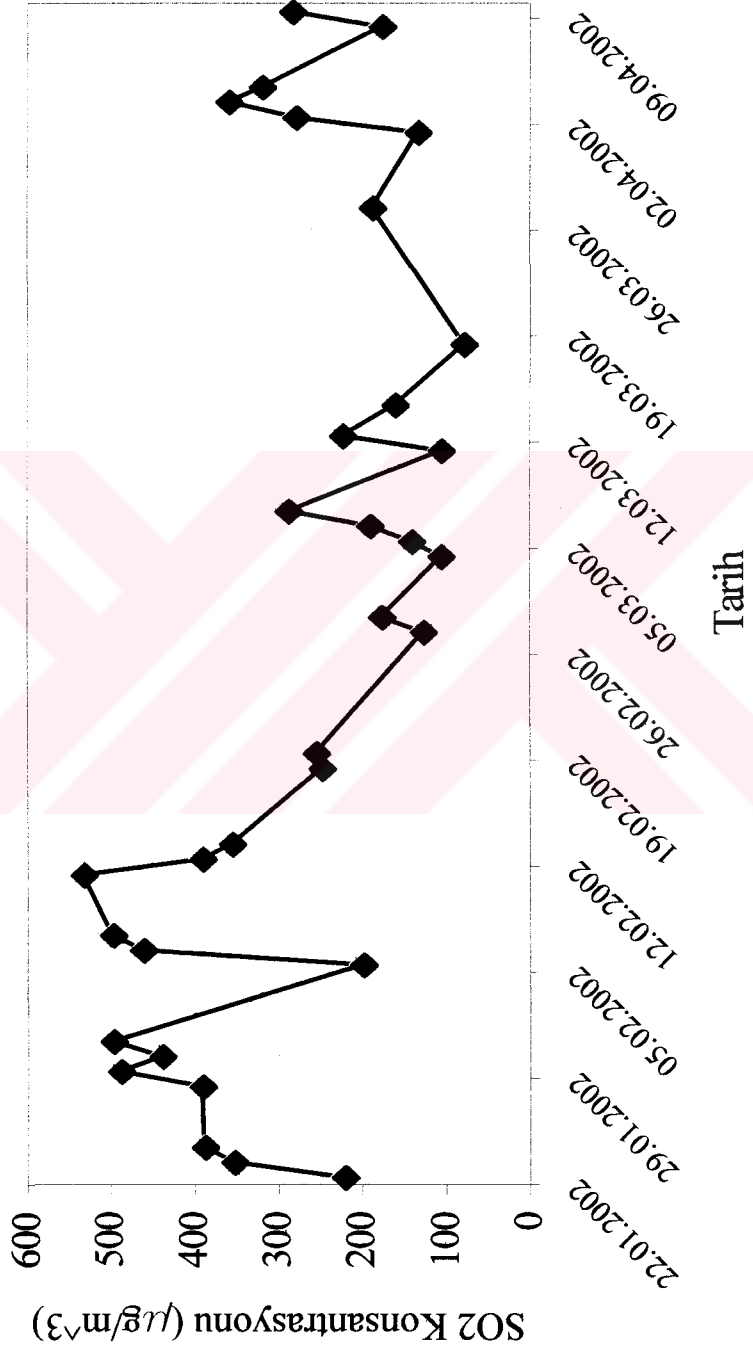
Çizelge 4.3b. Ölçüm sonuçları ile atmosferik koşulların karşılaştırılması

Tarih	Rüzgar Hızı (m/sn)	Günlük Ortalama Bulutluluk	1 No'lu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer (SO ₂ µg/m ³)	2 Nolu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer (SO ₂ µg/m ³)
30.01.2002	1.8	1.0	502	440
31.01.2002	2.7	3.7	330	498
05.02.2002	1.1	4.0	300	200
06.02.2002	1.9	4.0	547	462
07.02.2002	1.2	0	402	498
11.02.2002	5.6	6.3	292	533
12.02.2002	2.4	1.3	492	391
13.02.2002	2.0	1.0	551	356
18.02.2002	2.2	3.0	307	249
19.02.2002	1.4	7.7	398	256
27.02.2002	2.6	9.7	213	128
28.02.2002	2.5	2.0	362	178
04.03.2002	3.2	4.3	179	107
05.03.2002	2.8	4.7	313	142
06.03.2002	1.4	2.7	394	192
07.03.2002	3.2	2.0	426	288
11.03.2002	9.0	10.0	178	107
12.03.2002	6.2	9.3	282	224
13.03.2002	1.7	5.3	289	-
14.03.2002	1.3	9.7	307	162
18.03.2002	3.6	6.3	221	80
19.03.2002	1.8	0	360	-
20.03.2002	2.0	6.7	386	-
21.03.2002	2.4	8.0	397	-
25.03.2002	2.1	9.3	253	-
26.03.2002	4.1	10.0	124	-
27.03.2002	3.5	9.3	489	189
28.03.2002	2.2	8.3	277	-
01.04.2002	7.6	10.0	167	135
02.04.2002	4.0	7.7	40	280
03.04.2002	3.2	4.0	309	360
04.04.2002	6.0	9.7	284	320
08.04.2002	2.9	0	249	178
09.04.2002	3.2	9.0	233	284
10.04.2002	4.2	8.0	269	-

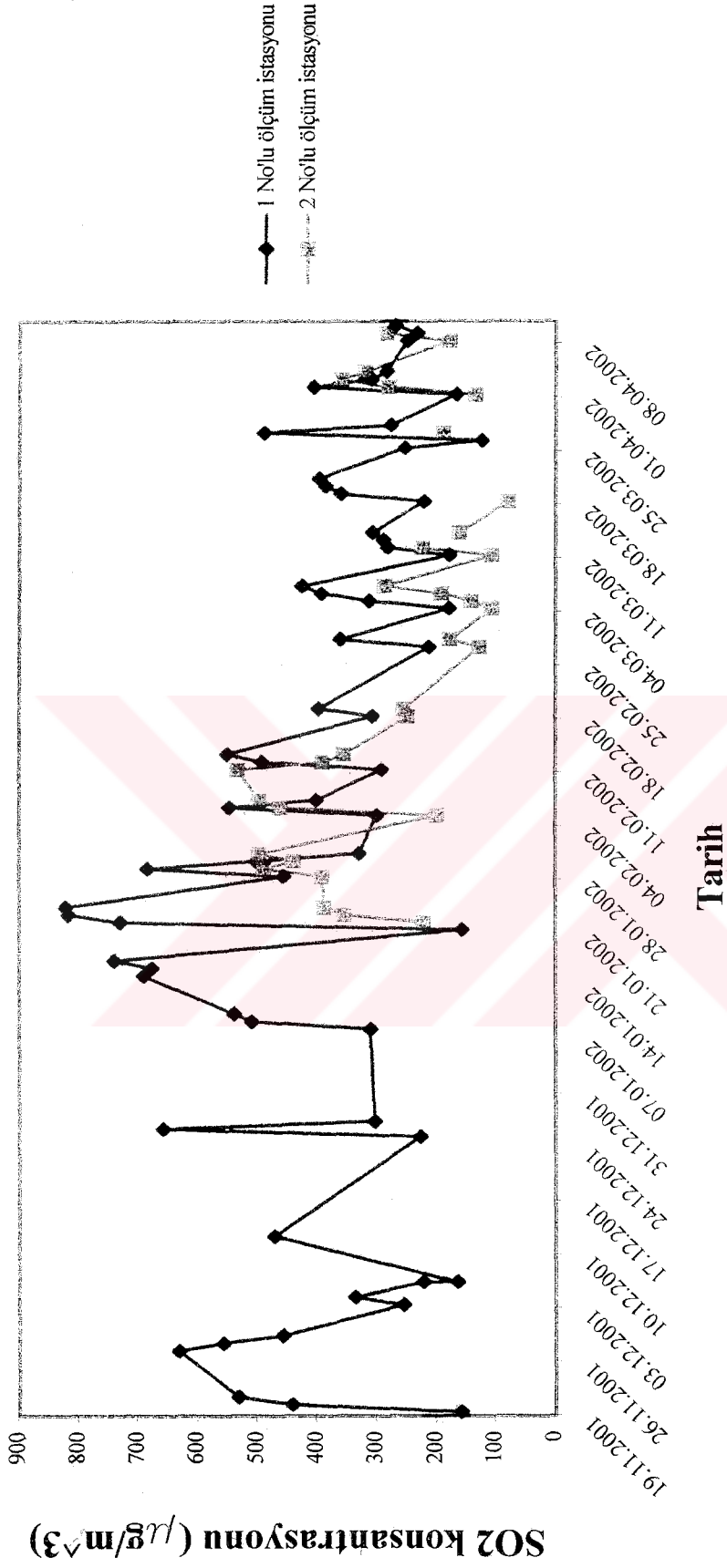


Tarih

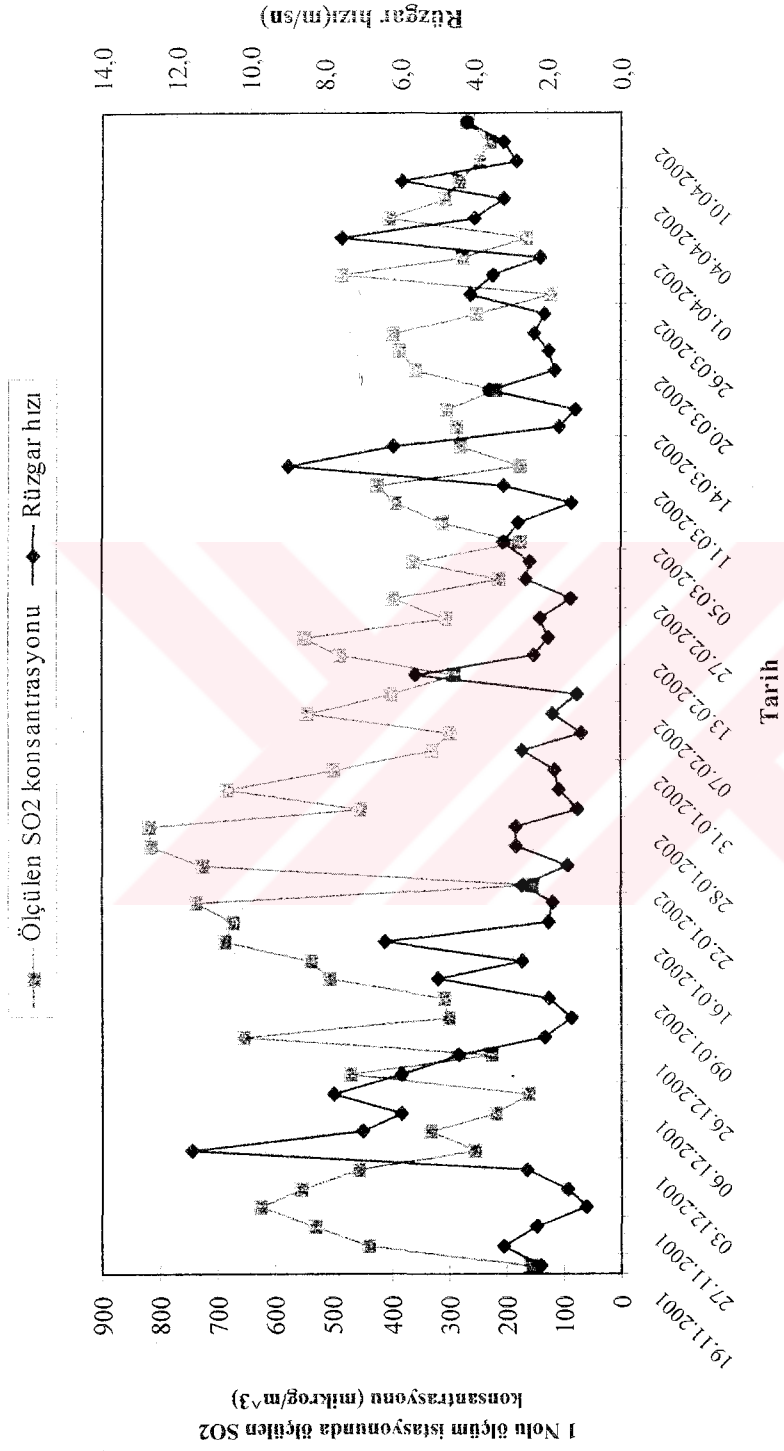
Şekil 4.2 I No'lu ölçüm noktasında ölçülen SO₂ konsantrasyonu dağılımı



Şekil 4.3 2 No'lu ölçüm noktasında ölçülen SO₂ konsantrasyonu dağılımı



Şekil 4.4 Ölçüm noktalarında belirlenen SO₂ değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.5 1 nolu ölçüm istasyonundan alınan değerlerle günlük ortalama rüzgar hızlarının karşılaştırılması

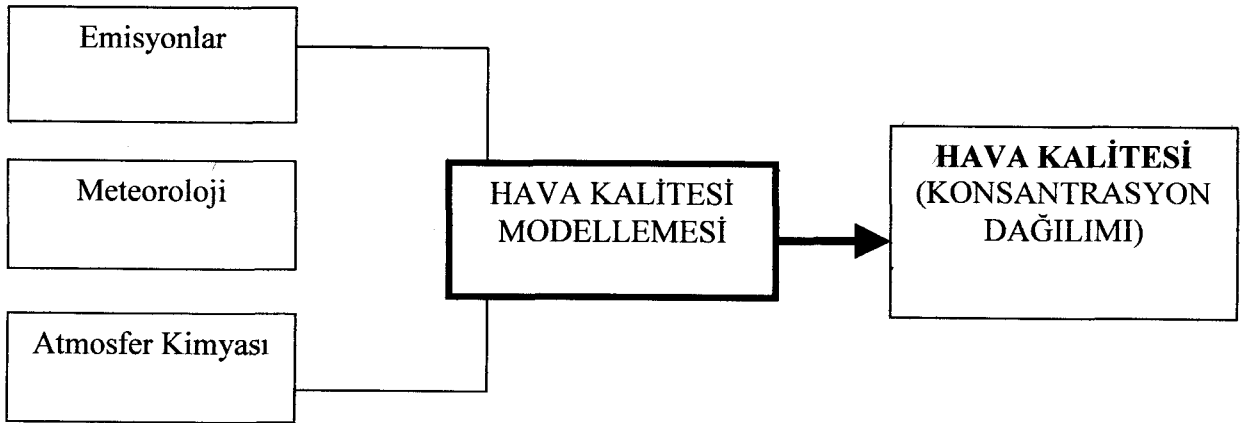
5 ÇORLU İLÇESİNDE HAVA KİRLİLİĞİ MODELLEMESİ

5.1 Matematik Modellemenin Tanımı ve Uygulama Prensipleri

Bir bölgede hava kirliliğinin kontrolü ve çeşitli kaynakların hava kirliliği etki değerlendirmesi, kirleticilerin atmosferde difüzyonu ve taşımını ifade eden hava kirliliği simülasyon modelleri ile yapılmaktadır.

Modeller, kirletici kaynak ve ya kaynaklardan oluşan emisyonların, bu kaynak etrafındaki dağılımlarını, yer seviyesindeki çökelmelerini, yer seviyesinde ve ya soluma yüksekliğindeki uzun ve ya kısa dönemli ortalama konsantrasyonları hesaplar.

Bir model, genelde iki çeşit veri gerektirir. Bunlardan biri kirletici kaynaklardaki emisyon miktarları, diğeri rüzgar hızı ve türbülans gibi meteorolojik verilerdir. Bunların yanında gerekirse atmosfer kimyası ile ilgili veriler de girdi olarak kullanılabilir. Bu verilerin modele girdi olarak verilmesinden sonra, matematik ifadelerle kirleticilerin atmosferdeki taşınım ve dispersiyonu ve ya kimyasal ve fiziksel dönüşümleri ve uzaklaştırılma prosesleri model vasıtası ile simüle edilir. Modelin çıktısı ise belirli bir zaman aralığı için belirli alıcı noktalardaki kirletici konsantrasyonlarıdır. Bir modelin elemanları Şekil 5.1'de gösterilmiştir



GİRDİLER (INPUT)

ÇIKTILAR (OUTPUT)

Şekil 5.1 Hava Kalitesi Modelinin Elemanları.

5.1.1 Modellemede meteorolojinin önemi

Kirletici kaynaktan çıkan emisyonların atmosferdeki yükselişini etkileyen faktörler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- ◆ Rüzgar hızı, esme yönü ve frekansları, dış ortam sıcaklığı
- ◆ Türbülans hareketlerinin şiddeti ve dağılımı
- ◆ Hüzme boyutu
- ◆ Kaynaktan itibaren hareket süresi
- ◆ Bacanın geometrik yapısı
- ◆ Baca gazının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kirletici kaynaktan çıkan emisyonlar rüzgar yönüne dik eksenlerde belirli bir süreç içinde normal ve ya gauss tipi bir dağılım gösterebilir. Kaynaktan çıkan hüzme, türbülans (eddy) hareketleri sonunda dağılım göstererek genişler. Kaynağa yakın mesafede etkili olan türbülans hareketleri ile uzak mesafelerdeki türbülans hareketlerinin boyutları farklıdır. Hüzmenin zamana göre dağılımına bakıldığında; hüzme alanı rüzgar yönüne dik olarak genişledikçe, anlık, 10 dakikalık ve 2 saatlik periyotlarda konsantrasyonların seviyesinde düşme olduğu belirlenmiştir. Görüldüğü gibi, kirletici kaynaktan çıkan emisyonların dağılımında bölge meteorolojisinin (rüzgar hızı, esme yön ve frekansları ve türbülans hareketlerinin) önemli etkisi bulunmaktadır.

5.1.2 Modellemede emisyon envanterinin önemi

İncelenecek bölgenin kısa ve uzun vadede hava kalitesi tahmini ve değerlendirilmesi amacıyla hazırlanan dispersiyon modellerinde emisyon envanteri sonuçları en önemli veridir. Bölgede belirli bir zaman diliminde, tüm kirletici kaynaklardan atmosfere verilen kirleticilerin listesidir. Modelleme yapılacak bölgede öncelikle emisyon envanterinin hazırlanması gerekmektedir.

5.1.3 Modellemede Kirletici Kaynakların Tanımı

Kirletici kaynaklar, atmosfere verdikleri emisyon miktarına ve bölgede yerleşim durumlarına göre üç ana grupta incelenmektedir. Bunlar:

- ◆ Alan kaynaklar
- ◆ Nokta kaynaklar
- ◆ Çizgi Kaynaklardır.

Yer seviyesindeki evsel kaynaklar, çevre hava kalitesine önemli derecede olumsuz katkıda bulunurlar. Bu kaynaklardan oluşan emisyonları noktasal kaynaklar gibi ayrı ayrı incelemek güç olduğundan ve oldukça küçük olduklarından alan kaynak olarak düşünülür (Gargava, P., 2001).

Herhangi bir grid içindeki bir kaynak, 5 kg/saat'ten fazla emisyonla ya da bulunduğu griddeki toplam konsantrasyonun yarısından daha fazla emisyonla sahipse nokta kaynak olarak kabul edilebilir (Hanna, Steven R., 1977). California Environmental Protection Agency tarafından hazırlanan California eyaletine ait emisyon envanterinde herhangi bir kriter kirletici için kaynak, yılda 10 tondan fazla emisyonla sahipse nokta kaynak olarak kabul edilmiştir (Air Resources Board, 1996).

5.1.4 Farklı modellemelerden örnekler

Atmosferdeki kirleticilerin dispersiyonu ile ilgili mevcut teoriler, fiziksel ve istatistiki modeller olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Fiziksel ve istatistiki difüzyon modelleri, homojen şartlar ve uzun difüzyon süreleri için Gauss tipi (normal) bir konsantrasyon dağılımı vermektedir. Bugüne kadar yapılan araştırmaların çoğunda Gauss tipi modeller çeşitli şekillerde modifiye edilerek uygulanmıştır. Kararlı durumlar için kullanılan Gauss tipi modelin yanısıra, atmosferdeki konsantrasyon dağılımını zaman ve mekana göre simüle eden nümerik modeller geliştirilmiştir.

Son yıllarda, atmosferdeki fiziksel olayları daha iyi ve doğru olarak simüle etmek için, şehirlerdeki alan kaynaklardan meydana gelen hava kirlenmesini belirlemek amacıyla daha karmaşık matematiksel modeller kullanılmıştır. Ancak bu modellerin tahmin ettiği kirlilik seviyeleri gerçek ölçümlerle karşılaştırıldığında aradaki korelasyonun çok iyi olmadığı gözlenmiştir.

1977 yılında Almanya Frankfurt'ta alan kaynakların yol açtığı SO₂ konsantrasyonlarının tahmini için, NATO/CCMS grubu tarafından sağlanan veriler kullanılarak ATDL şehir dispersiyon modelinin iki versiyonu oluşturulmuş ve bu çalışmada da kullanılan ATDL basit modelinin, gözlenen ve tahmin edilen konsantrasyonlar arasındaki en iyi korelasyonu verdiği ($r=0.83$) gözlenmiştir. Daha kompleks modelin korelasyonu ise 0.80 olarak bulunmuştur (Hanna, Steven R.; Gifford, Franklin A., 1977)

Hindistan'ın Cochin bölgesinde yapılan modelleme çalışmasında ATDL dispersiyon modelleme yöntemi kullanılarak SO₂, partiküler madde CO ve NO_x'in yer seviyesindeki konsantrasyonları tahmin edilmiş ve iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Gargava, P., 2001).

ATDL dispersiyon modeli kullanılarak yapılan bir başka modelleme çalışmasında da SO₂, CO, NO_x, ve hidrokarbonlar için konsantrasyon tahminleri yapılmış ve uygun sonuçlara ulaşılmıştır (Kemerdere, 1996).

1982 yılında Türkiye'deki ilk modelleme çalışması, İstanbul'un Haliç Bölgesi için yine ATDL dispersiyon modelleme tekniği kullanılarak yapılmış ve uygun sonuçlara ulaşılmıştır (Ertürk, F., 1982).

Bursa ilinin hava kirliliği haritasının belirlenmesi çalışmasında, "uzaysal enterpolasyon metodu" Krigging kullanılmıştır (Payan, F., 1997).

Erzurum'da yapılan çalışmada, kontrol hava hacminde süreklilik denklemi kullanılarak SO₂ ve partiküler madde konsantrasyonlarını tahmin için modelleme çalışması yapılmış ve 0.97'lik korelasyon sağlanmıştır (Topçu, N.; Keskinler, b., 1991).

İstanbul'un Yapay Sinir Ağları modeli kullanılarak hava kirliliğinin çeşitli meteorolojik parametreler bazında modellenmesi yapılmış ve 1 gün sonraki hava kirliliğinin tahmin edilmiştir. Bu çalışmada da oldukça başarılı sonuçlara ulaşılmıştır (Saraç, A., 2001).

Gauss yaklaşımının oldukça geliştirilmiş şekilleri de vardır. Örneğin KAPPAG modeli, rüzgarın yatay profiline ve yüksekliğin fonksiyonu olan difüzyon katsayılarına dayalı analitik bir modeldir. Model, her bir zaman aralığı için (örn; 1 saat) zaman değişimi koşullarını simüle ederek kaynakların ve alıcıların toplamını değerlendirebilir. KAPPAG-LT, KAPPAG'ın iklimsel versiyonudur ve konsantrasyonların iklimsel ve yıllık değerlerini verebilir [3].

CISP modeli, yalnızca bir noktasal kaynaktan oluşan maksimum yer seviyesi konsantrasyonunu, türbülans yoğunluğunun ve rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak hesaplar. VIM ise yine yer seviyesindeki maksimum konsantrasyonu türbülans yoğunluğu, rüzgar hızı ve yönünün bir fonksiyonu olarak birçok emisyon kaynağı için hesaplayan bir modeldir [3].

SPM modeli, basitleştirilmiş dispersiyon teorisine dayanan bir modeldir. Brezilya'nın Sao Paulo bölgesinde bir endüstriyel alanda radyonüklidlerin dispersiyonunu belirlemek için kullanılmaktadır [3].

Bu çalışmada kullanılan model ATDL dispersiyon basit kutu modelidir. Bölgedeki tüm kaynaklar alan kaynak olarak kabul edilmiştir. Belirli bir bölgeye yoğunlaşmış nokta kaynaklar da alan kaynak olarak belirlenmiştir. Basit kutu modelde alan kaynak uygulama prensibi aşağıda açıklanmıştır.

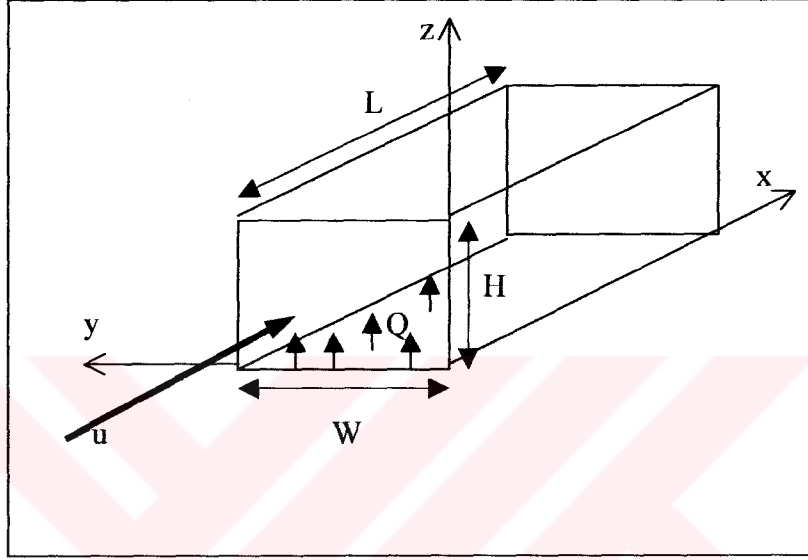
5.2 ATDL Basit Kutu Modelinin Uygulama Prensipleri

5.2.1 Modelin Tanımı

Bu, hava kirliliği modellenmesinde kullanılan en basit modeldir. Bu model, kirleticilerin, sabit hacimdeki üç boyutlu bir kutu (dikdörtgen) için üniform olarak karıştığı varsayımına dayanmaktadır. (Şekil 5.2)

Bu modelde temel eşitlik şudur:

$$\left(\begin{array}{c} \text{birikim} \\ \text{miktarı} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{tüm içeriye} \\ \text{akışlar} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{tüm dışarıya} \\ \text{akışlar} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{c} \text{oluşum} \\ \text{hızı} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{giderim} \\ \text{hızı} \end{array} \right) \quad (5.1)$$



Şekil 5.2 Kutu Modeli

Şekilde gösterildiği gibi dikdörtgen bir şehir düşünelim. Bu şehirde, eşitlik 5.1'i kullanarak hava kirletici konsantrasyonunu hesaplamak için, aşağıdaki temel kabulleri yaparız (De Never, 1995):

- 1) Şehir, W ve L boyutlarında bir dikdörtgendir ve bir kenarı rüzgar yönüne paraleldir.
- 2) Atmosferik türbülans, kirleticilerin tam ve toplam karışımını H yüksekliği boyunca oluşturur ve bu yüksekliğin üzerinde karışım yoktur.
- 3) Bu türbülans, kirletici konsantrasyonunun üniform dağılımı için, şehrin üzerindeki tüm hava hacminde yeterince güçlüdür ve rüzgar altında rüzgar üstünden daha yüksek değildir. Bu kabul, doğada gözlemediğimiz tersidir fakat matematiksel benzetmelerde oldukça kolaylık sağlar.

- 4) Rüzgar u hızıyla x yönünden eser. Bu hız sabittir ve zamandan, yerden ve yükseklikten bağımsızdır. Bu durum da gözlemlerle çelişki gösterir. Çünkü rüzgar hızı yerden yükseklikle artar. Burada, yeryüzeyi ve H arasındaki ortalama u kullanılır.
- 5) Şehre giren havadaki ($x=0$ 'da), kirletici konsantrasyonu sabittir ve b' ye eşittir (b , arka plan konsantrasyonudur). Bu modelde konsantrasyonlar genellikle g/m^3 ya da $\mu g/m^3$ birimindedir.
- 6) Şehirde hava kirletici emisyon oranı Q 'dur (g/san biriminde ifade edilir). Bu değer normalde birim alan için emisyon hızı olarak verilir [(q) , $g/san-m^2$]. Biz bu değerleri birinden diğerine şu denklemlerle çevirebiliriz:

$$Q = qA \quad (5.2)$$

Burada A şehrin alanıdır ve $W \times L$ 'ye eşittir. Bu emisyon oranı sabittir ve zamanla değişmez.

- 7) Kutunun üzerinden ya da rüzgar yönüne paralel kenarlardan hiçbir kirletici girmez ya da ayrılmaz.
- 8) Kirletici atmosferde yeterli sürede kalır ve reaksiyon vermez.

Bu kabullerle eşitlik 5.1'deki terimlerin tümünü değerlendirebiliriz. Burada sistemdeki hacim WLH 'tır. Tüm bu kabullerde akış ve emisyon hızları zamandan bağımsız olduğundan, zamanla değişmeyen koşulların oluştuğu görülür. Her genel denge eşitliği uygulamalarında olduğu gibi toplam değer 0 olacaktır.

Emisyon oranı Q oluşum hızı ya da kutunun aşağı yüzeyine akış olarak değerlendirilebilir. İkisinin de tam olarak aynı sonucu vermesine rağmen, hava kirliliği literatüründe, aşağı yüzey boyunca bir akışmış gibi davranmak daha yaygındır. Bu yüzden burada oluşum hızı 0'a eşit alınacaktır. Böylece eşitlik 5.1, şu şekilde basitleştirilebilir:

$$0 = [\text{tüm içeriye akımlar}] - [\text{tüm dışarıya akımlar}] \quad (5.3)$$

İçeriye akımlarda iki kirletici vardır. Şehrin rüzgar üstü kenarına, kirleticinin akım hızı:

$$\text{İçeriye akım hızı} = uWHb \quad (5.4)$$

Burada ilk üç sembol, birim zamanda sistemin akım üstü sınırındaki havanın hacmini oluşturur. uWH değeri hacim/zaman boyutlarıyla modifiye edilebilir. Bu değeri konsantrasyonla çarparak, kütle akış hızını bulabiliriz (kütle/zaman).

İkinci içeriye akım, şehir tarafından, sistemin daha alçak sınırı ya da yüzeyine verilen kirleticidir.

$$\text{İçeriye akım hızı} = Q = qWL \quad (5.5)$$

Daha önceki kabullere dayanarak, şehir girişindeki konsantrasyon sabittir ve c 'ye eşittir denilebilir (Burada, c , konsantrasyon olarak kullanılacaktır). Sistemden ayrılan kirleticiyi bulmanın tek yolu, rüzgar altı yüzey boyunca oluşan dış akımı bulmaktır. Dışarıya akım hızı şu eşitlikle verilir:

$$\text{Dışarıya akım hızı} = uWHc \quad (5.6)$$

Bu ifadeleri eşitlik 5.1'de yerine koyarak ve c için çözerek şu ifadeyi buluruz:

$$c = b + \frac{qL}{uH} \quad (5.7)$$

Bu, basit kutu modeldir (De Never, 1995).

5.2.2 Modelin değerlendirilmesi

Eşitlik (5.7)'nin uygulaması oldukça kolaydır. Görüldüğü gibi W hesaba katılmamakta ve sonucu etkilememektedir. Bu durum, seçilen modele göre uygundur; q 'yu sabit tutarak, şehrin genişliğini iki katına çıkarmak, c 'yi değiştirmeyecektir.

Açık olarak görülüyor ki, eşitlik (5.7), doğada oluşanların oldukça basitleştirilmiş halidir. Ancak, tüm önemli değişkenler, doğru simgeler ve değerlerle girilmiştir. Uzun süre kalıcı kirleticiler için, rüzgar üstü konsantrasyonu, şehir tarafından üretilen konsantrasyonlara ilave edilmiştir ve bu konsantrasyon, q ve L 'nin artmasıyla artar, u ve H 'ın artmasıyla azalır.

Kabullerden en uygun olmayanı üçüncüsüdür; şehrin kenarlarında rüzgar üstü ve rüzgar altı konsantrasyonları eşittir. Holzworth, bu kabulü daha gerçekçisi ile değiştirerek, eşitlik (5.7)'yi daha kompleks bir forma dönüştürmüştür.

İkinci uygun olmayan kabul, emisyonların, şehir alanı üzerinde üniform dağıldığı kabulüdür (örneğin q , tüm şehir için sabittir). Eğer kutu içinde tam bir karışım varsa, bu kabul farklılık yaratmaz. Fakat biz bu tam karışım kabulünü ihmal edersek, üniform emisyon kabulü de geçersiz hale gelir. Genellikle q 'nun değeri şehir içinde bölgeden bölgeye değişmektedir. Örneğin kirleticilerin çoğu için q , yerleşim alanlarında düşük ve endüstriyel alanlarda daha yüksektir. Hanna, kutu modeline, Holzworth tarafından ifade edilen noktalarla uygunluk gösterecek şekilde birtakım modifikasyonlar uygulamıştır. Hanna, şehri, alanlara bölmüş ve herbir gride farklı değerler uygulamıştır.

Basit kutu modeli ve modifikasyonları, kirletici konsantrasyonlarını, yalnızca bir spesifik meteorolojik koşul için tahmin eder. Kirleticinin yıllık ortalama konsantrasyonunu bulmak için, rüzgar yönü dağılım sıklığı ve H 'ın farklı değerlerini kullanarak herbir değer için konsantrasyon, eşitlik (5.7)'den bulunmuş ve bulunan değerler eşitlik (5.8)'deki gibi dağılım sıklığı ile çarpılarak toplanmıştır (De Never, 1995).

$$\left(\begin{array}{c} \text{Yıllık} \\ \text{ortalama} \\ \text{konsantrasyon} \end{array} \right) = \sum_{\text{tüm meteorolojik koşullar}} \left(\begin{array}{c} \text{belirli meteorolojik} \\ \text{koşullarda} \\ \text{konsantrasyon} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{o meteorolojik} \\ \text{koşulun} \\ \text{oluşum sıklığı} \end{array} \right) \quad (5.8)$$

5.3 Çorlu İlçesine ATDL Basit Kutu Modelinin Uygulanması

Bölgede, emisyon kaynaklarını oluşturan alan kaynakların, emisyon yükleri değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-sn}$), emisyon konsantrasyonlarının hesaplanmasında kullanılmıştır.

Çalışma yapılan bölgede, emisyon konsantrasyonlarının tahmin edilmesinde ATDL hava kalitesi modelleme programı uygulanmıştır. Bölge, 16 adet gride bölünmüştür. Her bir grid için alan ve nokta kaynaklardan oluşan SO_2 emisyon konsantrasyonlarının ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) hesaplanmasında kullanılan veriler, emisyon envanteri sonuçlarından bulunan alan kaynak emisyon kuvvetleri ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-sn}$ ve $\mu\text{g}/\text{sn}$), 2000-2001 ve uzun yıllar ortalaması meteorolojik verileri ve Kasım 2001-Nisan2002 tarihleri arası günlük meteorolojik verilerden elde edilen rüzgar hızı (m/sn) ve rüzgar yönü esme frekansı, karışma yüksekliği günlük ortalama bulutluluk, günlük güneşlenme şiddeti, saatlik güneşlenme süresi gibi verilerdir.

Modelleme çalışmasında iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan birincisinde geçmiş yıllara ait aylık ve yıllık ortalama meteorolojik verilerden faydalanılarak her bir gride ait yıl içinde atmosferik koşulların en kötü olduğu (kararlı),; en iyi olduğu (kararsız) koşullar için maksimum ve minimum değerler ve sezonluk ortalama değerler belirlenmiştir. Bulunan değerler ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Diğer yöntemde ise, ölçüm yapılan tarihlere ait, günlük meteorolojik veriler kullanılarak, her bir grid için ölçüm yapılan her gün için ayrı hesap yapılmış ve ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır. İzlenen bu metotlar aşağıda açıklanmıştır.

5.3.1 Sezonluk Ortalamaların Bulunması

Çalışmanın bu kısmında, ATDL dispersiyon modelleme yöntemi ile eşitlik 5.7 kullanılarak her bir grid için sezonluk maksimum, minimum ve ortalama değerler bulunmuştur. Bunun için eşitlik 5.7'deki rüzgar hızı, karışma yüksekliği, rüzgar esme yönü frekansı gibi veriler aylık ve yıllık ortalama meteorolojik bilgiler yoluyla belirlenmiştir.

Eşitlikte bilinmesi gereken değerlerden karışma yüksekliği (H), atmosferin farklı stabilite koşulları için farklı değerler almaktadır. Bu değer nötr atmosfer koşulu için 500 m; kararsız atmosfer koşul için 1000 m; kararlı atmosfer koşulu için 200 m alınmıştır (Hanna,S., 1973; Ertürk, F.; 2002; Gargava, P., 2002). Rüzgar hızı ortalaması meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre 3.5 m/sn'dir (Çizelge 2.1). Rüzgar esme frekansı değerleri yine Çorlu meteoroloji istasyonundan alınmıştır (Çizelge 2.7). Ölçülen toplam 16 doğrultudaki yön, hesaplamalarda kolaylık açısından 4 ana yöne indirgenmiştir. Hesaplama esas alınan yönler Çizelge 5.1'de verilmiştir. Bu yönlerin esme sayıları dağılımları da diğer doğrultuların toplanması ile bulunmuştur (Çizelge 5.2). Söz konusu 4 ana yön için toplanan değerlerin yüzdeler fraksiyonları hesaplanmıştır. Modelde kullanılacak olan bu değerler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Hesaplama esas alınan yönler

N	S	W	E
N	S	W	E
NW	SE	WNW	ENE
NNW	SSE	WSW	ESE
NNE	SW		
NE	SSW		

Modelleme sonucunda, 2000-2001 kış sezonu için 43 km²'lik bir alanda ortak özelliklerine göre ayrılan 16 gride SO₂ konsantrasyonu bulunmuştur. C2 gridi için örnek hesaplama aşağıda verilmiştir:

Çizelge 5.2 Esas alınan yönlerde rüzgar esme sayıları (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2001)

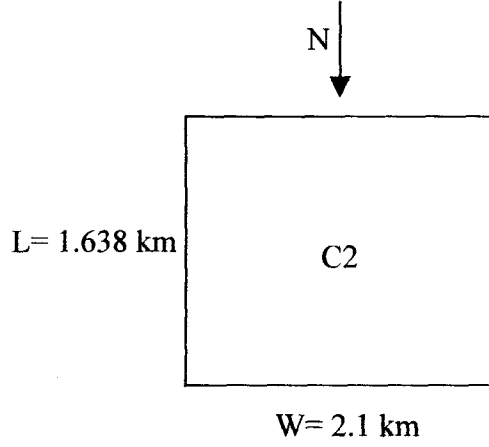
AYLAR	N	S	E	W
Ocak	56,9	30,9	7,3	4,9
Şubat	54,4	31,9	8,2	5,5
Mart	53,6	32,5	9,1	4,8
Nisan	45,8	39,2	9,8	5,2
Mayıs	49,6	34,1	10,2	6,1
Haziran	55,1	27,1	12,3	5,5
Temmuz	72,5	13,8	10,8	2,9
Ağustos	75,9	10,6	10,6	2,9
Eylül	67,9	18,5	10	3,6
Ekim	64,4	23	8,5	4,1
Kasım	52,2	33,5	9	5,2
Aralık	52,6	35,6	6,6	5,2
TOPLAM	700,9	112,4	330,8	55,9

Çizelge 5.3 Hesaplama esas alınacak yönlerde rüzgar esme frekansları

Yönler	Frekans değerleri (%)
N	58,4
S	9,4
E	27,6
W	4,6

C2 gridi için Bölüm 3'te hesaplanan emisyon kuvveti değeri $57.13 \mu\text{g}/\text{m}^2\text{-sn}$ 'dir. Rüzgarın kuzeyden estiği durumda gridin uzunluğu (L) 1.638 km; genişliği (W) 2.1 km'dir (Şekil 5.3). Bu değerler esas alınarak, kararlı, kararsız ve nötr olmak üzere 3 atmosferik stabilite koşulu için, griddeki SO_2 emisyon değerleri aşağıda hesaplanmıştır. Bu hesaplamada eşitlik 5.7 kullanılmıştır. Burada b arkaplan konsantrasyonudur ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Bu değer,

çalışmada kenar gridler için başlangıç değeri olarak $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alınmıştır (Hanna, S., 1977). Hesaplama aşağıdaki gibidir:



Şekil 5.3 C2 Gridinin boyutları

Nötr (H=500 m):

$$C = b + \frac{57.13 \times 1.638 \times 10^3}{3.5 \times 500} = (b + 53.47) \mu\text{g} / \text{m}^3 \quad (5.9)$$

Kararsız (H=1000 m):

$$C = b + \frac{57.13 \times 1.638 \times 10^3}{3.5 \times 1000} = (b + 26.74) \mu\text{g} / \text{m}^3 \quad (5.10)$$

Kararlı (H=200 m):

$$C = b + \frac{57.13 \times 1.638 \times 10^3}{3.5 \times 200} = (b + 133.68) \mu\text{g} / \text{m}^3 \quad (5.11)$$

olarak hesaplanır.

Aynı işlem, her bir grid için, 4 ana yönde, 3 atmosferik stabilite koşulu için tekrarlanmıştır. Sonuçta her gride 12 farklı değer bulunmuştur. Bu değerler, harita üzerinde esme yönüne göre, ardışık olarak toplanarak, arka plan konsantrasyonları ile toplanmış değerleri hesaplanmıştır. Belirlenen bu değerler çizelge 5.6'da verilmiştir. Sonraki aşamada kabul

edilen 4 ana yönün yıl içindeki esme frekansları ile eşitlik 5.8'de gösterildiği şekilde çarpılarak, yıllık ortalama konsantrasyonlar belirlenmiştir.

Örneğin C2 gridi için arka plan konsantrasyonları ile toplanmış hali nötr koşullarda, Kuzey-Güney doğrultusu için $591.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Doğu-Batı doğrultusu için $145.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Güney-Kuzey doğrultusu için $118.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Batı-Doğu doğrultusu için $109.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür (Çizelge 5.4). Bu durumda gridin nötr koşullar için ortalama yıllık konsantrasyonu şu şekilde hesaplanır:

$$(591.04) \times (0.584) + (145.84) \times (0.094) + (118.28) \times (0.276) + (109.44) \times (0.046) = 396.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Her grid için bu şekilde hesaplanan yıllık konsantrasyonlar şekil 5.4'te verilmiştir. Bu şekilde belirtildiği gibi gridlerin üst kısmına yazılan değerler kararlı, alt kısmına yazılan değerler kararsız ve sağ tarafına yazılan değerler nötr koşullar için hesaplanan emisyonlardır. Gridin soluna yazılan değer ise emisyon kuvvetidir ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{-sn}$).

5.3.2 Sezonluk Ortalama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Şekil 5.4'te de görüldüğü gibi ilçede yerleşim (C2, C4, D2, D4) ve sanayinin (B2) yoğunlaştığı bölgelerde yüksek konsantrasyonlara rastlanmaktadır. Bu değerler, özellikle atmosferik kararlı koşullar için çok yüksek seviyelere ulaşmaktadır.

Çalışmada, SO_2 konsantrasyonu yıllık ortalaması için nötr koşullar baz alınmış ve ölçülen SO_2 değerleri ile karşılaştırmada, bu nötr koşullar için hesaplanan konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Bunun yanında, ölçülen maksimum ve minimum değerlerle, modelde kararlı ve kararsız atmosferik koşullar için hesaplanan maksimum ve minimum değerler de karşılaştırılmıştır.

1 nolu ölçüm noktasından alınan değerlerle, C2 gridi için modelde hesaplanan maksimum, minimum ve ortalama konsantrasyon değerlerinin karşılaştırıldığında, 1 nolu ölçüm noktasında ölçülen değerlerin ortalaması $394 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken nötr koşullar için hesaplanan değer bu grid için $397 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülür. Dolayısıyla, ortalama konsantrasyon

tahmininde % 99'luk bir korelasyon sağlanmıştır. Aynı ölçüm noktasında ölçülen maksimum değer $823 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken kararlı koşullar için hesaplanan konsantrasyon değeri tahmini $896 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu değerde de % 92'lik bir korelasyon sağlanabilmiştir. Ölçülen minimum konsantrasyon $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kararsız koşullar için hesaplanan konsantrasyon değeri $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Minimum konsantrasyon için sağlanabilen korelasyon %68 olmuştur (Çizelge 5.4).

2 nolu ölçüm noktasında alınan değerlerle, D4 gridi için modelden hesap yoluyla bulunan maksimum, minimum ve ortalama değerler karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, 2 nolu ölçüm noktasında yukarıdaki gibi yüksek korelasyonlar sağlanamadığı görülmüştür. Bu noktada ölçülen ortalama konsantrasyon $284 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken hesapla bulunan konsantrasyon değeri $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Sağlanan korelasyon %44'tür. Aynı ölçüm noktasında ölçülen maksimum konsantrasyon $533 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken kararsız koşullar için hesaplanan değer $248 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Korelasyon %47'dir. Ölçülen minimum konsantrasyon $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken kararsız koşullar için hesapla bulunan değer $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ve bu ölçüm noktası için en yüksek korelasyon olan %98'lik korelasyon sağlanabilmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.4 1 nolu ölçüm istasyonu için sezonluk ortalamalarla ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

	1 nolu ölçüm istasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2 gridi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Korelasyon (%)
Ortalama	394	397	99
Maksimum	823	896	92
Minimum	157	230	68

Çizelge 5.5 2 nolu ölçüm istasyonu için sezonluk ortalamalarla ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması

	2 nolu ölçüm istasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	D4 gridi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Korelasyon (%)
Ortalama	284	126	44
Maksimum	533	248	47
Minimum	80	82	98

Çizelge 5.6 Alan kaynak kirleticilerden kaynaklanan SO₂ konsantrasyonları (µg/m³)

GRİD NO	Yön : Kuzey-Güney Frekans : 0.584			Yön : Doğu-Batı Frekans : 0.094			Yön : Güney-Kuzey Frekans : 0.276			Yön : Batı-Doğu Frekans : 0.046		
	Nötr	Kararsız	Kararlı	Nötr	Kararsız	Kararlı	Nötr	Kararsız	Kararlı	Nötr	Kararsız	Kararlı
	A1	76.28	58.14	130.7	95.58	63.03	209.08	82.06	61.02	145.14	84.80	62.40
A2	42.66	41.33	46.65	50.78	40.63	97.09	516.34	268.18	1260.85	88.24	64.14	129.43
A3	40.37	40.19	40.99	94.68	77.78	176.74	59.51	39.77	118.81	604.12	341.14	1359.02
A4	88.32	62.16	150.8	94.48	77.68	176.21	148.23	94.11	310.57	637.72	357.94	1443.02
A5	66.36	53.18	105.89	60.88	50.44	92.21	78.81	59.41	136.97	658.60	368.38	1495.23
B1	80.13	60.06	140.32	523.02	275.79	1277.43	45.78	42.88	54.44	45.68	41.93	54.20
B2	497.2	268.6	1182.99	517.34	273.86	1263.23	513.68	266.85	1254.2	515.68	276.90	1229.06
C1	80.79	60.39	141.97	146.72	93.36	307.09	41.93	40.96	44.82	40.88	40.44	42.21
C2	591.04	335.26	1357.66	145.84	92.92	304.88	118.28	79.15	235.71	109.44	74.72	213.90
C4	112.96	74.48	212.4	77.28	58.64	133.19	103.91	71.95	199.77	141.03	90.52	292.88
C5	41.16	30.58	72.89	45.69	42.84	54.21	29.97	24.99	44.9	146.37	93.19	306.22
C6	33.67	26.83	54.17	40.35	40.17	40.87	22.48	21.24	44.9	146.72	93.36	307.09
D1	82.06	61.02	145.14	129.28	84.64	263.21	41.27	40.63	43.17	40.88	40.44	42.19
D2	615.85	347.67	1419.69	128.4	84.20	261.02	64.81	52.41	102.03	72.69	56.35	121.72
D4	152.23	94.11	310.57	96.59	68.29	181.49	79.27	59.63	138.17	123.03	81.52	247.58
D5	78.80	59.40	136.98	46.25	43.12	55.63	43.97	41.99	49.92	129.28	84.64	263.21

5.3.3 Günlük Ortalamalarının Bulunması

Çalışmanın bu kısmında ölçüm yapılan her gün için o günün meteorolojik koşulları dikkate alınarak her bir griddede oluşacak SO₂ değerleri bulunmuş ve bulunan değerler ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Ölçüm yapılan Kasım 2001-Nisan 2002 kış sezonuna ait meteorolojik veriler Çorlu Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmıştır. Bu değerler, ölçüm yapılan her günün meteorolojik durumunun tespitinde kullanılmıştır.

Bilindiği gibi ATDL dispersiyon modelinin uygulanmasında kullanılması gereken meteorolojik veriler rüzgar hızı, karışma yüksekliği ve günlük rüzgar esme sayıları bilgileridir. Bu verilerden günlük ortalama rüzgar hızı değerleri ve günlük ortalama rüzgar esme sayıları değerleri Çorlu Meteoroloji İstasyonu'ndan direk olarak alınmıştır. Günlük karışma yüksekliği değerlerinin bulunması için ise o güne ait ortalama bulutluluk oranı, saatlik güneşlenme süresi ve günlük güneşlenme şiddeti değerleri bir arada değerlendirilerek o güne ait stabilite kategorisi belirlenmiştir. Stabilite kategorisinin belirlenmesinde Turner (1969) abağı kullanılmıştır (Çizelge 5.7). Bu abağa göre A, B, C stabilite kategorileri kararsız atmosferik koşulu ifade eder ve buna göre karışma yüksekliği ortalama olarak 600-1000 m arasında değerler alır. D stabilite kategorisi nötr atmosferik koşulu ifade eder ve karışma yüksekliği ortalama olarak 500-600 m arasında değerler alır. E ve F stabilite kategorisi ise kararlı atmosferik koşulları ifade eder ve karışma yüksekliği ortalama olarak 500-200 m arasında değerler alır (Turner, 1969; Ertürk, 2001). Karışma yüksekliği değeri ortalama bulutluluk oranı ve günlük ortalama rüzgar hızı değerleri ile değerlendirilmiş ve günlük güneşlenme şiddeti ve süresine göre söz konusu aralıklarda değerler almıştır.

Örneğin; 06.12.2001 tarihinde meteoroloji istasyonunda ölçülen rüzgar hızı 7.8 m/sn'dir. Aynı tarihte günlük ortalama bulutluluk oranı 10 olarak belirlenmiştir (Çizelge 5.8). meteoroloji istasyonlarında ölçülen bulutluluk oranı 0 ile 10 arasında değerler alır. 0-2 arası bulutluluk açık; 2-8 arası bulutluluk bulutlu; 8-10 arası bulutluluk kapalı günü

temsil eder (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002). Dolayısıyla; 06.12.2001 tarihinde günlük ortalama bulutluluk olarak tüm gün kapalıdır.

Çizelge 5.7'de görüldüğü gibi stabilite kategorileri ayrımı, gece ve gündüz saatleri için ayrı ayrı tespit edilebilmektedir. Ancak ölçüm 24 saatlik ortalamalar olarak alındığından, bize modelde uygulanmasında tüm gün ortalamaları gerekmektedir. Bu nedenle, stabilite kategorileri abağı kullanılırken, gece ve gündüz için ayrı kategori belirlemesi yapılmış ve daha sonra abağın 1,2,3,4,5 sütunlarının kendi başlarına taşıdıkları anlamlarla birlikte değerlendirilerek günlük ortalama stabilite kategorisi yapılmıştır. Bu tespit yapılırken günlük güneşlenme şiddeti ve güneşlenme süresi bilgileri de göz önünde tutulmuştur.

Dolayısıyla 06.12.2001 tarihi için, rüzgar hızı >6 m/sn için ve tüm gün ortalamasının bulutlu olması bakımından günlük güneşlenme şiddeti ile birlikte değerlendirilerek stabilite kategorisi D olarak belirlenmiştir. Aynı günün gecesi için bulutluluk oranı $\geq 4/8$ olduğundan ve rüzgar hızı yine >6 m/sn olduğundan gece için kategori yine D'dir. Bu bilgilerden yola çıkılarak söz konusu tarih için stabilite kategorisi D olarak alınmış ve karışma yüksekliği 500 m olarak belirlenmiştir.

Bu bilgilere göre değerlendirilerek çalışma bölgesinde ölçüm yapılan her güne ait ortalama rüzgar hızı, ortalama bulutluluk oranı, stabilite kategorileri ve bu bilgilerden yola çıkılarak bulunan günlük ortalama karışma yüksekliği değerleri Çizelge 5.8'de verilmiştir. Modelleme çalışmasında kullanılacak olan günlük ortalama rüzgar esme sayıları bilgileri de yine Çorlu Meteoroloji İstasyonundan alınmış ve Çizelge 5.9'da verilmiştir. Bu uygulamada da hesaplamada kolaylık amacıyla 16 adet rüzgar yönü 4 ana yöne indirgenmiştir. Bu işlem Çizelge 5.1'e göre yapılmıştır.

Bütün bu bilgilerin kullanılarak her bir grid için modelde uygulanması Bölüm 5.3.1'de C2 gridi için açıklandığı gibidir. Çalışmanın sonucunda her bir gride ait günlük ortalama SO_2 konsantrasyonları bulunmuştur. Bulunan değerler, çizelge 5.10, şekil 5.5 ve 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.7 Stabilite kategorileri (Turner, D. B., 1969)

Gündüz			Gece		
Yüzey Rüzgar Hızı (10m) m/s	Solar Radyasyon			Bulutluluk	
	Kuvvetli	Orta	Zayıf	≥4/8 Bulutlu	≤3/8 Bulutlu
Kategori	1	2	3	4	5
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

1. Solar açının 60°den büyük olduğu açık yaz günleri,
 2. Parçalı bulutlu yaz günü
 3. Solar açının 60°den büyük olduğu açık sonbahar günleri, ve ya parçalı bulutlu (alçak) yaz günleri, ve ya solar açının 15-35° olduğu açık yaz günleri,
 4. Kış günleri için de kullanılabilir.
- Gündüz ve gece kapalı şartlar için nötr stabilite D kabul edilecektir.

Çizelge 5.8a Günlük Meteorolojik veriler (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002)

Tarih	Rüzgar Hızı (m/sn)	Günlük Ortalama Bulutluluk	Stabilite Kategorisi	Karışma Yüksekliği (m)
19.11.2001	2.2	7.3	D	500
20.11.2001	3.2	8.3	D	500
21.11.2001	2.3	1.7	C	700
27.11.2001	1.0	1.3	C	800
28.11.2001	1.5	3.3	C	800
29.11.2001	2.6	10.0	D	500
03.12.2001	11.6	10.0	D	500
04.12.2001	7.0	10.0	D	500
05.12.2001	6.0	10.0	D	500
06.12.2001	7.8	10.0	D	500
12.12.2001	6.0	10.0	D	500
25.12.2001	4.4	10.0	D	500
26.12.2001	2.1	0	E	400
27.12.2001	1.4	10.0	D	500
08.01.2002	2.0	9.3	E	400
09.01.2002	5.0	2.7	C	700
10.01.2002	2.7	9.0	E	400
15.01.2002	6.4	7.7	D	500
16.01.2002	2.0	8.3	E	400
17.01.2002	1.9	8.0	E	400
21.01.2002	2.7	5.0	D	500
22.01.2002	1.5	3.7	D	500
23.01.2002	2.9	0	D	500
24.01.2002	2.9	7.0	D	500
28.01.2002	1.2	5.7	D	500
29.01.2002	1.7	1.3	E	400
30.01.2002	1.8	1.0	D	500
31.01.2002	2.7	3.7	D	500
05.02.2002	1.1	4.0	D	500
06.02.2002	1.9	4.0	E	400
07.02.2002	1.2	0	D	500
11.02.2002	5.6	6.3	D	500
12.02.2002	2.4	1.3	D	600
13.02.2002	2.0	1.0	D	600
18.02.2002	2.2	3.0	D	500
19.02.2002	1.4	7.7	D	500
27.02.2002	2.6	9.7	C	800
28.02.2002	2.5	2.0	D	600
04.03.2002	3.2	4.3	C	800
05.03.2002	2.8	4.7	C	800
06.03.2002	1.4	2.7	D	600

Çizelge 5.8b Günlük Meteorolojik veriler (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002)

Tarih	Rüzgar Hızı (m/sn)	Günlük Ortalama Bulutluluk	Stabilite Kategorisi	Karışma Yüksekliği (m)
07.03.2002	3.2	2.0	D	600
11.03.2002	9.0	10.0	D	600
12.03.2002	6.2	9.3	D	500
13.03.2002	1.7	5.3	D	500
14.03.2002	1.3	9.7	C	800
18.03.2002	3.6	6.3	D	600
19.03.2002	1.8	0	C	800
20.03.2002	2.0	6.7	C	800
21.03.2002	2.4	8.0	D	500
25.03.2002	2.1	9.3	D	500
26.03.2002	4.1	10.0	D	600
27.03.2002	3.5	9.3	D	600
28.03.2002	2.2	8.3	C	700
01.04.2002	7.6	10.0	D	500
02.04.2002	4.0	7.7	D	600
03.04.2002	3.2	4.0	C	800
04.04.2002	6.0	9.7	D	600
08.04.2002	2.9	0	C	800
09.04.2002	3.2	9.0	D	500
10.04.2002	4.2	8.0	D	600

Çizelge 5.9a Günlük ortalama rüzgar esme sayıları (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002)

Tarih	N (%)	S (%)	E (%)	W (%)
19.11.2001	-	100.0	-	-
20.11.2001	62.5	33.3	-	4.2
21.11.2001	74.8	4.2	4.2	16.8
22.11.2001	16.7	83.3	-	-
27.11.2001	-	66.5	29.0	4.5
28.11.2001	12.4	87.6	-	-
29.11.2001	50.0	4.2	41.5	4.3
03.12.2001	4.2	95.8	-	-
04.12.2001	100.0	-	-	-
05.12.2001	83.3	16.7	-	-
06.12.2001	100.0	-	-	-
12.12.2001	100.0	-	-	-
25.12.2001	95.7	-	-	4.3
26.12.2001	41.6	54.2	4.2	-
27.12.2001	4.2	33.3	62.5	-
08.01.2002	95.8	-	-	4.2
09.01.2002	100.0	-	-	-
10.01.2002	95.8	-	-	4.2
15.01.2002	100.0	-	-	-
16.01.2002	100.0	-	-	-
17.01.2002	83.2	-	16.8	-
21.01.2002	-	70.7	-	29.3
22.01.2002	21.0	45.8	-	33.2
23.01.2002	100.0	-	-	-
28.01.2002	16.6	33.4	16.7	33.3
29.01.2002	100.0	-	-	-
30.01.2002	8.3	87.5	-	4.2
31.01.2002	25.0	66.7	-	8.3
05.02.2002	12.5	70.9	16.6	-
06.02.2002	-	79.2	20.8	-
07.02.2002	-	100.0	-	-
11.02.2002	91.7	8.3	-	-
12.02.2002	29.2	45.8	-	25.0
13.02.2002	-	87.5	-	12.5
18.02.2002	12.5	62.5	25.0	-
19.02.2002	8.4	91.6	-	-
27.02.2002	-	100.0	-	-
28.02.2002	-	100.0	-	-
04.03.2002	83.4	16.6	-	-
05.03.2002	100.0	-	-	-
06.03.2002	4.2	83.4	12.4	-

Çizelge 5.9b Günlük ortalama rüzgar esme sayıları (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002)

Tarih	N (%)	S (%)	E (%)	W (%)
07.03.2002	-	100.0	-	-
11.03.2002	83.3	16.7	-	-
12.03.2002	100.0	-	-	-
13.03.2002	58.4	41.6	-	-
14.03.2002	-	100.0	-	-
18.03.2002	100.0	-	-	-
19.03.2002	41.7	54.2	4.1	-
20.03.2002	12.5	79.2	4.2	4.1
21.03.2002	16.7	83.3	-	-
25.03.2002	62.5	4.2	-	33.3
26.03.2002	70.8	-	-	29.2
27.03.2002	100.0	-	-	-
28.03.2002	100.0	-	-	-
01.04.2002	91.7	8.3	-	-
02.04.2002	91.6	8.4	-	-
03.04.2002	50.0	25.0	20.9	4.1
04.04.2002	100.0	-	-	-
08.04.2002	4.2	54.2	8.3	33.3
09.04.2002	25.0	30.0	45.0	-
10.04.2002	100.0	-	-	-

Çizelge 5.10a Günlük ortalama model sonuçlarının gridler üzerinde dağılımı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tarih	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	C2*	C4	C5	C6	D1	D2	D4*	D5
19.11.2001	107	892	165	212	148	50	888	43	165	142	59	48	42	80	103	46
20.11.2001	82	237	92	27	112	70	562	68	444	116	74	66	68	438	131	114
21.11.2001	52	155	151	193	180	67	547	48	515	126	95	89	55	548	148	140
27.11.2001	170	866	237	284	146	385	1195	110	230	168	72	58	110	135	141	57
28.11.2001	100	717	140	185	134	55	800	50	241	134	62	51	50	178	110	62
29.11.2001	127	106	105	138	106	368	699	128	454	118	74	66	119	454	152	112
03.12.2001	53	193	63	71	91	42	198	41	70	59	44	42	41	55	53	44
04.12.2001	59	41	40	63	54	61	280	61	348	76	58	54	62	361	97	114
05.12.2001	60	89	47	69	62	58	287	58	303	76	56	52	58	309	91	102
06.12.2001	56	41	40	59	52	58	240	59	304	70	55	52	59	315	87	108
12.12.2001	59	41	40	63	54	61	280	61	348	76	58	54	62	361	97	114
25.12.2001	70	44	53	88	75	71	405	72	477	98	72	66	72	494	126	132
26.12.2001	90	388	82	134	103	66	635	67	367	123	65	56	73	345	128	92
27.12.2001	237	563	188	216	123	758	1216	210	318	156	62	47	371	250	170	61
08.01.2002	83	45	65	116	96	86	534	86	578	124	85	77	87	603	163	153
09.01.2002	58	41	40	63	53	60	272	61	339	75	57	54	61	352	95	113
10.01.2002	100	47	76	71	83	103	785	104	844	118	102	90	106	879	176	186
15.01.2002	59	41	40	63	54	61	280	61	348	76	58	54	62	361	97	114
16.01.2002	104	45	41	118	86	110	840	111	934	161	100	87	114	977	223	194
17.01.2002	128	62	58	125	87	246	901	145	861	166	94	81	181	884	223	175
21.01.2002	75	653	362	412	402	50	852	43	147	145	116	108	42	56	97	87
22.01.2002	124	634	527	598	507	70	1199	63	449	225	165	154	63	362	190	153
23.01.2002	44	43	41	94	72	49	592	49	657	123	81	72	51	687	171	159

Çizelge 5.10bGünlük ortalama model sonuçlarının gridler üzerinde dağılımı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tarih	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	C2*	C4	C5	C6	D1	D2	D4*	D5
24.01.2002	44	43	41	94	72	49	592	49	657	123	81	72	51	687	171	159
28.01.2002	187	608	636	716	663	322	1439	113	477	243	168	156	162	397	231	167
29.01.2002	838	43	40	94	72	89	592	89	697	123	81	72	91	90	170	159
30.01.2002	97	694	166	53	163	51	766	47	200	136	69	59	46	135	104	60
31.01.2002	78	377	131	162	146	53	502	51	215	113	73	67	51	182	96	74
05.02.2002	313	820	169	222	142	225	1072	86	310	159	67	53	120	235	140	68
06.02.2002	208	1373	266	337	188	351	1623	113	297	219	73	51	177	157	172	54
07.02.2002	53	1538	260	343	199	56	1531	45	259	219	73	52	44	110	150	51
11.02.2002	63	69	44	71	61	63	332	64	377	83	61	56	64	389	105	115
12.02.2002	91	357	278	321	302	59	672	56	308	142	101	95	56	266	197	105
13.02.2002	102	733	237	281	235	48	804	43	157	144	79	69	42	77	105	61
18.02.2002	163	594	139	177	120	296	861	94	260	127	61	50	82	203	115	61
19.02.2002	144	1273	221	298	180	61	1358	53	326	201	74	56	51	208	152	65
27.02.2002	77	508	108	135	118	45	505	42	108	96	50	44	41	61	74	43
28.02.2002	89	668	132	167	130	47	665	42	132	115	54	45	41	69	86	45
04.03.2002	66	102	49	78	60	64	368	64	383	87	62	56	65	391	108	112
05.03.2002	69	42	40	75	61	72	400	72	482	94	67	61	73	483	125	131
06.03.2002	143	998	192	248	156	187	1150	73	243	168	66	50	68	153	133	56
07.03.2002	78	527	112	139	119	45	525	42	111	98	51	44	41	63	76	44
11.03.2002	52	693	44	58	64	51	188	51	211	62	50	64	51	215	70	91
12.03.2002	60	42	40	65	55	63	296	63	326	79	59	55	64	340	101	116
13.03.2002	120	507	109	187	125	93	1049	90	743	178	91	76	92	726	204	144
14.03.2002	111	940	172	222	152	50	935	43	172	147	60	48	42	82	106	47

Çizelge 5.10c Günlük Ortalama model sonuçlarının gridler üzerinde dağılımı ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tarih	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	C1	C2*	C4	C5	C6	D1	D2	D4*	D5
18.03.2002	70	42	40	76	61	72	408	73	491	95	67	61	74	510	127	132
19.03.2002	91	393	94	136	104	90	645	82	372	118	65	57	82	358	132	102
20.03.2002	85	488	130	162	136	70	580	51	182	107	58	51	50	137	91	59
21.03.2002	97	393	59	161	110	73	721	71	450	137	74	63	71	467	147	110
25.03.2002	104	105	346	413	403	86	815	86	635	188	151	143	85	621	202	183
26.03.2002	67	51	158	187	182	61	364	61	308	95	79	75	61	313	111	119
27.03.2002	71	42	40	77	62	74	424	74	469	98	69	63	75	490	131	135
28.03.2002	81	43	40	90	70	86	560	86	621	118	79	71	88	649	163	154
01.04.2002	57	61	43	39	56	57	613	57	257	71	55	51	58	265	87	104
02.04.2002	67	73	45	76	64	68	381	68	390	90	64	59	69	404	116	121
03.04.2002	76	142	77	108	87	115	421	84	279	107	57	53	79	273	104	86
04.04.2002	58	41	40	62	53	60	264	60	290	74	57	53	61	302	93	112
08.04.2002	76	274	223	245	243	77	424	49	125	108	85	82	57	78	79	64
09.04.2002	148	328	116	146	97	443	844	134	354	123	63	549	217	326	142	82
10.04.2002	66	42	40	71	58	68	360	69	437	88	64	59	70	454	116	126

* Koyu renkle yazılan sütunlardan C2 gridi 1 nolu ölçüm noktasının D4 gridi ise 2 nolu ölçüm noktasının bulunduğu gridlerdir.

Çizelge 5.11a Ölçüm sonuçları ile günlük ortalama hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Tarih	1 No'lu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer (SO ₂ µg/m ³)	C2 gridi için hesaplanan değer (SO ₂ µg/m ³)	2 Nolu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer (SO ₂ µg/m ³)	D4 gridi için hesaplanan değer (SO ₂ µg/m ³)
19.11.2001	159	165	-	103
20.11.2001	442	444	-	131
21.11.2001	532	515	-	148
27.11.2001	631	230	-	141
28.11.2001	557	241	-	110
29.11.2001	458	454	-	152
03.12.2001	255	70	-	53
04.12.2001	336	348	-	97
05.12.2001	222	303	-	91
06.12.2001	165	304	-	87
12.12.2001	472	348	-	97
25.12.2001	227	477	-	126
26.12.2001	658	367	-	128
27.12.2001	303	318	-	170
08.01.2002	311	578	-	163
09.01.2002	510	339	-	95
10.01.2002	539	844	-	176
15.01.2002	691	348	-	97
16.01.2002	677	934	-	223
17.01.2002	741	861	-	223
21.01.2002	157	147	-	97
22.01.2002	731	449	222	190
23.01.2002	818	657	354	171
24.01.2002	823	657	389	171
28.01.2002	456	477	392	231
29.01.2002	685	697	489	170
30.01.2002	502	200	440	104
31.01.2002	330	215	498	96
05.02.2002	300	310	200	140
06.02.2002	547	297	462	172
07.02.2002	402	259	498	150
11.02.2002	292	377	533	105
12.02.2002	492	308	391	197
13.02.2002	551	157	356	105
18.02.2002	307	260	249	115
19.02.2002	398	326	256	152
27.02.2002	213	108	128	74
28.02.2002	362	132	178	86

Çizelge 5.11b Ölçüm sonuçları ile günlük ortalama hesap sonuçlarının karşılaştırılması

Tarih	1 No'lu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer (SO ₂ µg/m ³)	C2 gridi için hesaplanan değer (SO ₂ µg/m ³)	2 Nolu Ölçüm İstasyonunda ölçülen değer (SO ₂ µg/m ³)	D4 gridi için hesaplanan değer (SO ₂ µg/m ³)
04.03.2002	179	383	107	108
05.03.2002	313	482	142	125
06.03.2002	394	243	192	133
07.03.2002	426	111	288	76
11.03.2002	178	211	107	70
12.03.2002	282	326	224	101
13.03.2002	289	743	-	204
14.03.2002	307	172	162	106
18.03.2002	221	491	80	127
19.03.2002	360	372	-	132
20.03.2002	386	182	-	91
21.03.2002	397	450	-	147
25.03.2002	253	635	-	202
26.03.2002	124	308	-	111
27.03.2002	489	469	189	131
28.03.2002	277	621	-	163
01.04.2002	167	257	135	87
02.04.2002	40	390	280	116
03.04.2002	309	279	360	104
04.04.2002	284	290	320	93
08.04.2002	249	125	178	79
09.04.2002	233	354	284	142
10.04.2002	269	437	-	116

5.3.4 Günlük Ortalama Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Bulunan değerlerin ölçüm sonuçları ile karşılaştırılması Çizelge 5.11'de, Şekil 5.7 ve 5.8'de verilmiştir.

Ölçüm istasyonları ile model sonuçları karşılaştırıldığında bazı tarihlerde bu iki değer arasında büyük farklar göze çarpmaktadır. Modelle, ölçüm sonuçlarının birebir uyuşması beklenemeyeceği gibi, bu büyük farkların işlem hatasından mı, bir ölçüm hatasından mı, yoksa modelin yaptığı kabullerle doğada oluşan olayların birbirini tutmamasından mı kaynaklandığını belirlemek gerekir. Ancak bu oldukça zor bir iştir.

1 nolu ölçüm istasyonundan alınan değerlerle, model sonuçlarının karşılaştırılması incelendiğinde bazı tarihlerde iki değer arasındaki farkın oldukça büyük olduğu görülmektedir. Örneğin; 27.11.2002 tarihinde ölçüm sonucu $631 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve hesap sonucu $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Bu tarihteki meteorolojik koşullar incelendiğinde rüzgar hızının 1 m/sn ve günün açık olduğu görülür. Bütün bu olumsuz koşullara rağmen hesap sonucu beklenenden düşük çıkmıştır. Bunun gibi örnekleri arttırmak mümkündür. Örneğin 03.12.2001 tarihinde ölçüm sonucu $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken hesap sonucu $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Aynı şekilde 15.01.2002, 22.01.2002, 113.02.2002 tarihlerinde de aynı durum gözlenmiştir. Bu örnekler çoğaltılabilir.

Bunun nedenini belirleyebilmek amacıyla bir yaklaşım geliştirilmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi rüzgar esme yönleri 4 ana yöne indirgenmiştir. 1 nolu ölçüm istasyonunun bulunduğu C2 gridinin kuzeyinde, kirletici açısından ilçenin en yoğun gridi olan Deri Organize Sanayi Bölgesi'nin bulunduğu B2 gridi mevcuttur (Şekil 5.4). bu griddeki kirletici C2 gridine hesapta yalnızca rüzgar esme yönü kuzey olduğu durumlarda direk etki etmekte ve arkaplan konsantrasyonu olarak katılmaktadır. Diğer yönlerde ise modele göre hiçbir etkisi olmadığı düşünülmektedir. Dolayısıyla rüzgar esme yönünün modele göre kuzey olmadığı günlerde hesaplanan konsantrasyonlar düşük kalmaktadır. Yukarıda verilen tarihlerin, indirgenmiş rüzgar esme yönlerine bakıldığında düşük konsantrasyon olarak hesaplanan tarihlerin tümünde rüzgarın kuzey yönünden ya çok az ya da hiç esmediği görülmektedir (Çizelge 5.9)

2 nolu ölçüm istasyonunda, ölçüm sürekli, olarak alınamadığı için karşılaştırma da sağlıklı bir şekilde yapılamamaktadır. Ancak bazı tarihlerde yine ölçülen, yüne ölçülen ve hesaplanan değerler arasında oldukça büyük farklar göze çarpmaktadır. Örneğin; 30.01.2002 tarihinde 2 nolu ölçüm istasyonunda ölçülen konsantrasyon $440 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken hesapla bulunan değer $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 11.02.2002, 07.03.2002, n 04.04.2002 tarihlerine de bakıldığında ölçüm sonuçlarının sürekli olarak hesap sonuçlarından daha büyük olduğu ve bu farkın bazı tarihlerde çok fazla olduğu gözlenmektedir. Bu farkların nedeni belirlenmeye çalışılırken o günkü rüzgar hızı, bulutluluk oranı gib meteorolojik faktörlerin yanında 1 nolu ölçüm istasyonunda yapıldığı gibi rüzgar esme yönlerini de hesaba katmak gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen B2 gridi, 2 nolu ölçüm istasyonunun bulunduğu D4 gridinin kuzeydoğusunda kalmaktadır ve ardışık toplama hesabına göre D4 gridine herhangi bir kirletici girdisi vermemektedir. Dolayısıyla hesaplanan değer, düşük kalabilmektedir.

Tüm bu nedenlerin yanında ölçüm sırasında, ölçümün analizi sırasında, hesabın yaptığı kabuller açısından da birtakım hatalar yapmak mümkündür. Bu tür sistematik hataların da ölçüm sonuçlarının uyumsuzluğun etkileri olabilmektedir.

Bu şekillerde de görüldüğü gibi, 1 nolu ölçüm istasyonu için hesaplanan değerlerle aynı gride yapılan ölçüm sonucu değerleri, sezonluk ortalama modellemesinde olduğu gibi oldukça yüksek korelasyon sağlamıştır. C2 gridi için ölçüm ve model sonucu karşılaştırılmasında maksimum değerde %88'lik; minimum değerde %57'lik; standart sapma değerinde %92'lik ve ortalama değerde %90'lık korelasyon sağlanmıştır (Çizelge 5.12)

2 nolu ölçüm istasyonunun bulunduğu D4 gridi için karşılaştırmada ise, sezonluk ortalama değerlerinin karşılaştırılmasında olduğu gibi, aynı şey söylemek mümkün olmamaktadır. Bu grid için, ölçüm sonuçları ile model sonuçlarının maksimum, minimum, standart sapma ve ortalama değerlerinin karşılaştırılmasında sağlanan korelasyonlar sırasıyla; %43; %66; %31 ve %46 olmaktadır (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.14 ve 5.15’de ise her bir ölçüm istasyonu için kullanılan iki tür modelleme yoluyla bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Burada da görüldüğü gibi 1 nolu ölçüm istasyonunda ölçülen değerlerle hesap yoluyla bulunan iki tür değer de benzerlik gözlenmekte yalnızca bu ölçüm istasyonu için minimum değerlerde bir fark göze çarpmaktadır. 2 nolu ölçüm istasyonu için aynı şeyi söylemek mümkündür.

1 nolu ölçüm noktasında bulunan değerlerle model yoluyla hesaplanan değerler arasında oldukça yüksek korelasyonlar sağlanırken, 2 nolu ölçüm noktasında sağlanan korelasyonların düşük olması durumu için birtakım yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Daha önce bahsedildiği gibi 2 nolu ölçüm noktasında numune alımı kesikli olabilmektedir. Dolayısıyla, kirliliğin en yoğun olduğu günlerde numune alınabilmiş ve bu nedenle ölçüm sonuçları ortalaması hesaplanandan daha yüksek çıkmıştır. Aynı mantıkla, minimum değerlerin sağladığı yüksek korelasyonu da açıklamak mümkündür.

Model hesaplarında daha önce bahsedildiği gibi 16 adet rüzgar yönü, 4 adete indirgenmiştir. Böylece D4 gridinin kuzeybatısında kalan ve en fazla kirlilik yüküne sahip olan, organize deri sanayinin bulunduğu B2 gridinin, kuzeybatı yönünde ardışık toplanması yapılamamış, kuzey yönü için, gridin sadece kuzeyinde bulunan A4 ve C4 gridlerinin sahip olduğu kirlilik yönü gözönüne alınmıştır. Bu durumda hesapta, D4’e B2 gridinin etkisi belirlenemediğinden hesaplarda bulunan değerler düşük kalmıştır.

Çizelge 5.12 1 nolu ölçüm istasyonunda günlük ortalamaların karşılaştırılması

	1 nolu ölçüm istasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2 gridi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Korelasyon (%)
Maksimum	823	934	88
Minimum	124	70	57
Standart Sapma	177	193	92
Ortalama	394	356	90

Çizelge 5.13 2 nolu ölçüm istasyonunda günlük ortalamaların karşılaştırılması

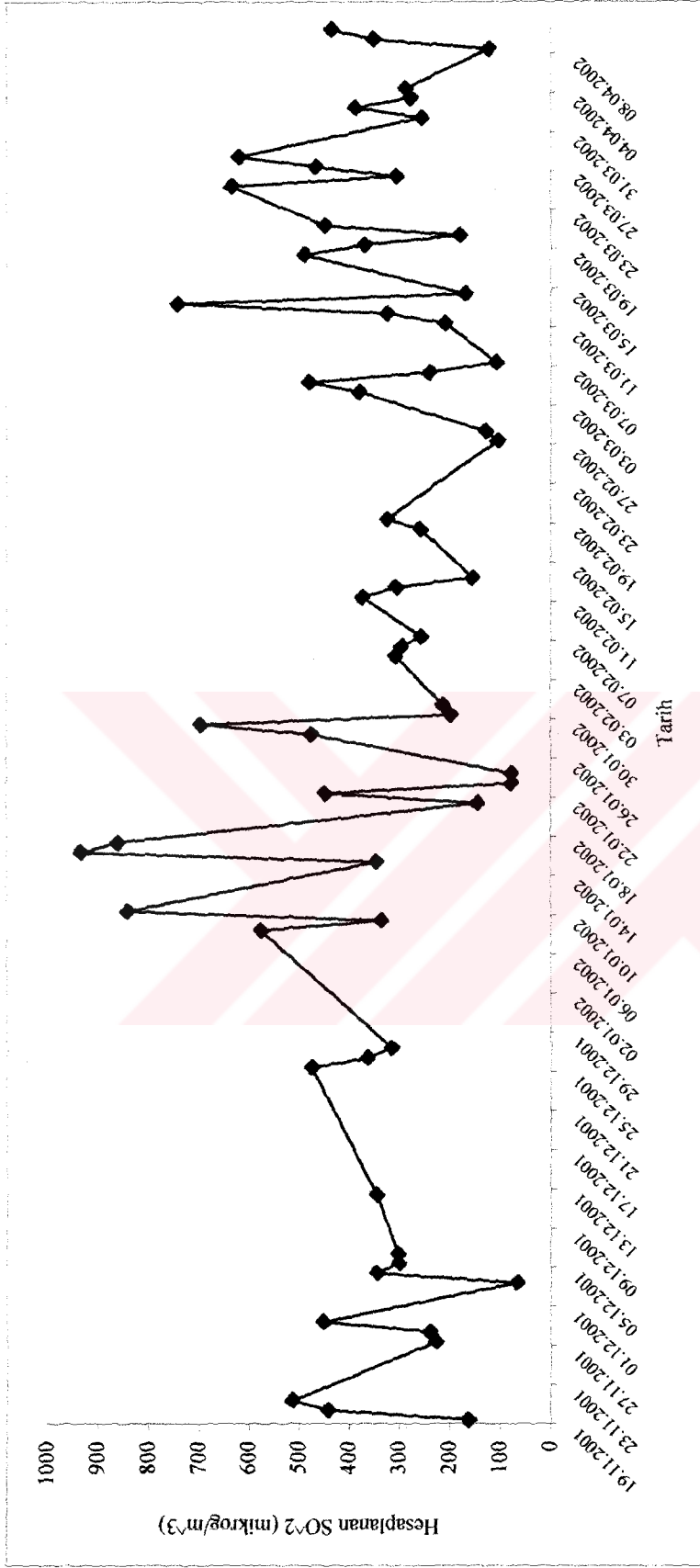
	2 nolu ölçüm istasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	D4 gridi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Korelasyon (%)
Maksimum	533	231	43
Minimum	80	53	66
Standart Sapma	133	41	31
Ortalama	284	130	46

Çizelge 5.14 1 nolu ölçüm istasyonu için günlük ve sezonluk ortalama modelleme sonuçlarının karşılaştırılması

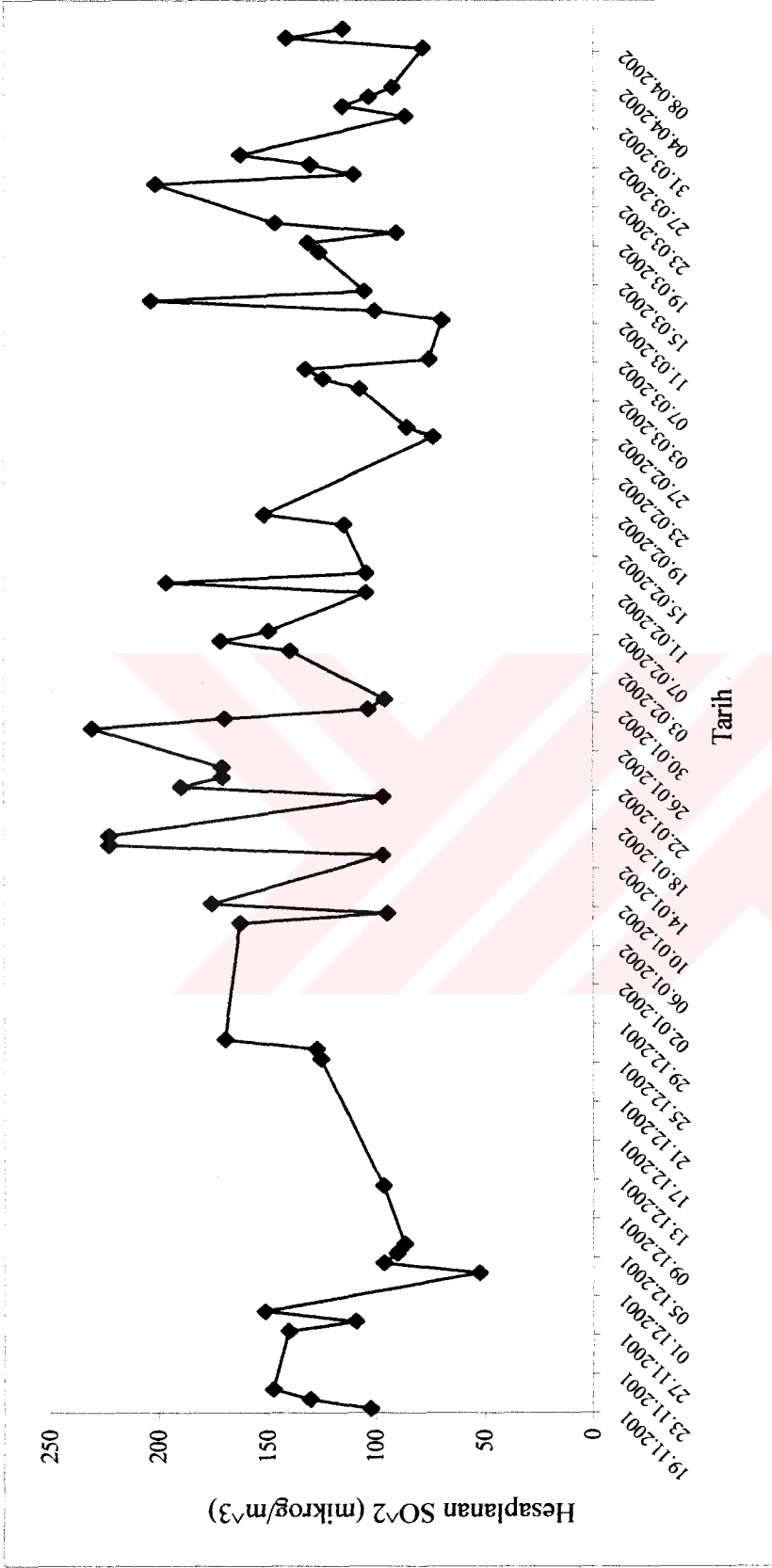
	1 nolu ölçüm istasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2 gridi Günlük hesap ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	C2 gridi sezonluk hesap ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Maksimum	823	934	896
Minimum	124	70	230
Standart Sapma	177	193	-
Ortalama	394	356	397

Çizelge 5.15 2 nolu ölçüm istasyonu için günlük ve sezonluk ortalama modelleme sonuçlarının karşılaştırılması

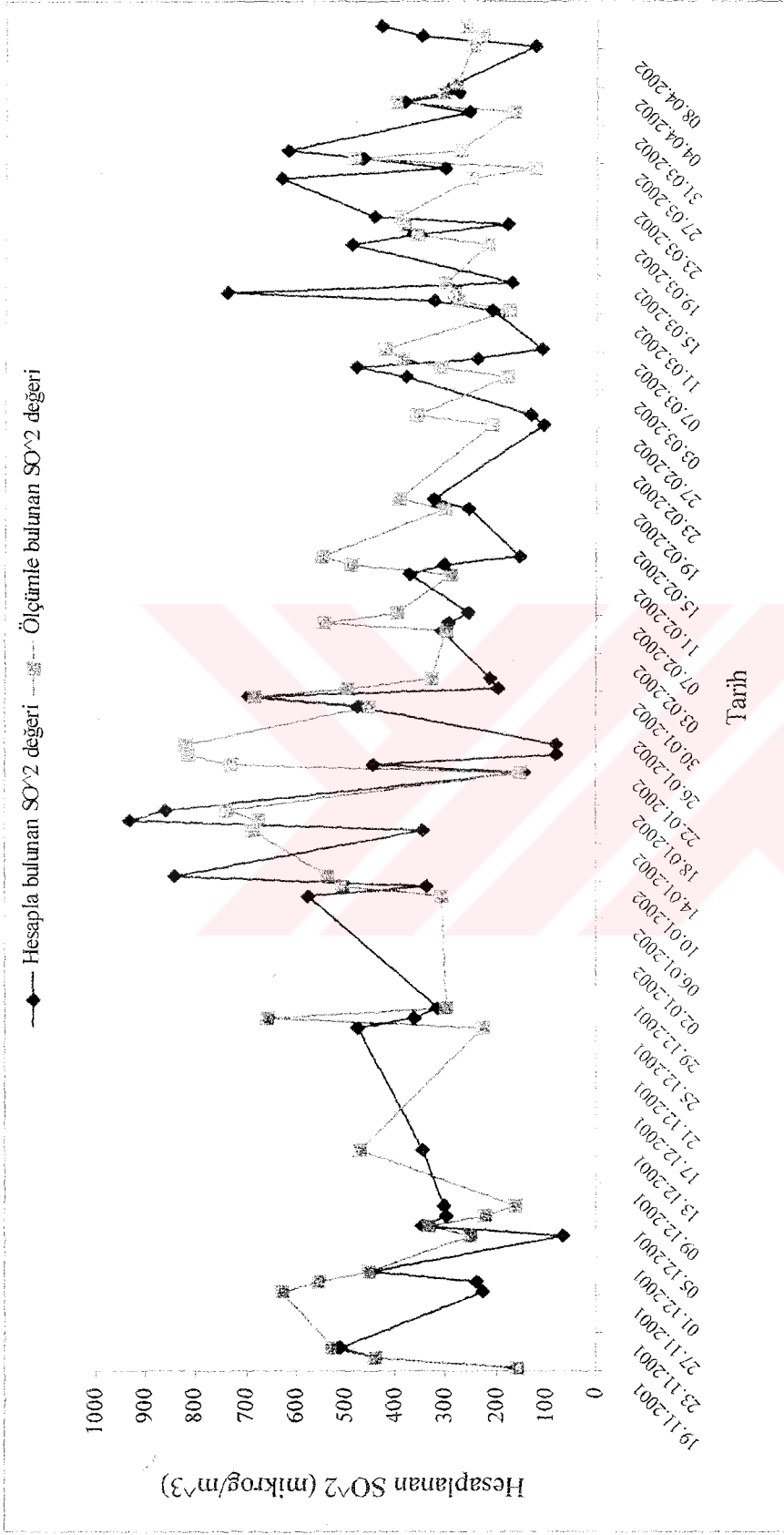
	2 nolu ölçüm istasyonu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	D4 gridi günlük hesap ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	D4 gridi sezonluk hesap ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Maksimum	533	231	248
Minimum	80	53	82
Standart Sapma	133	41	-
Ortalama	284	130	126



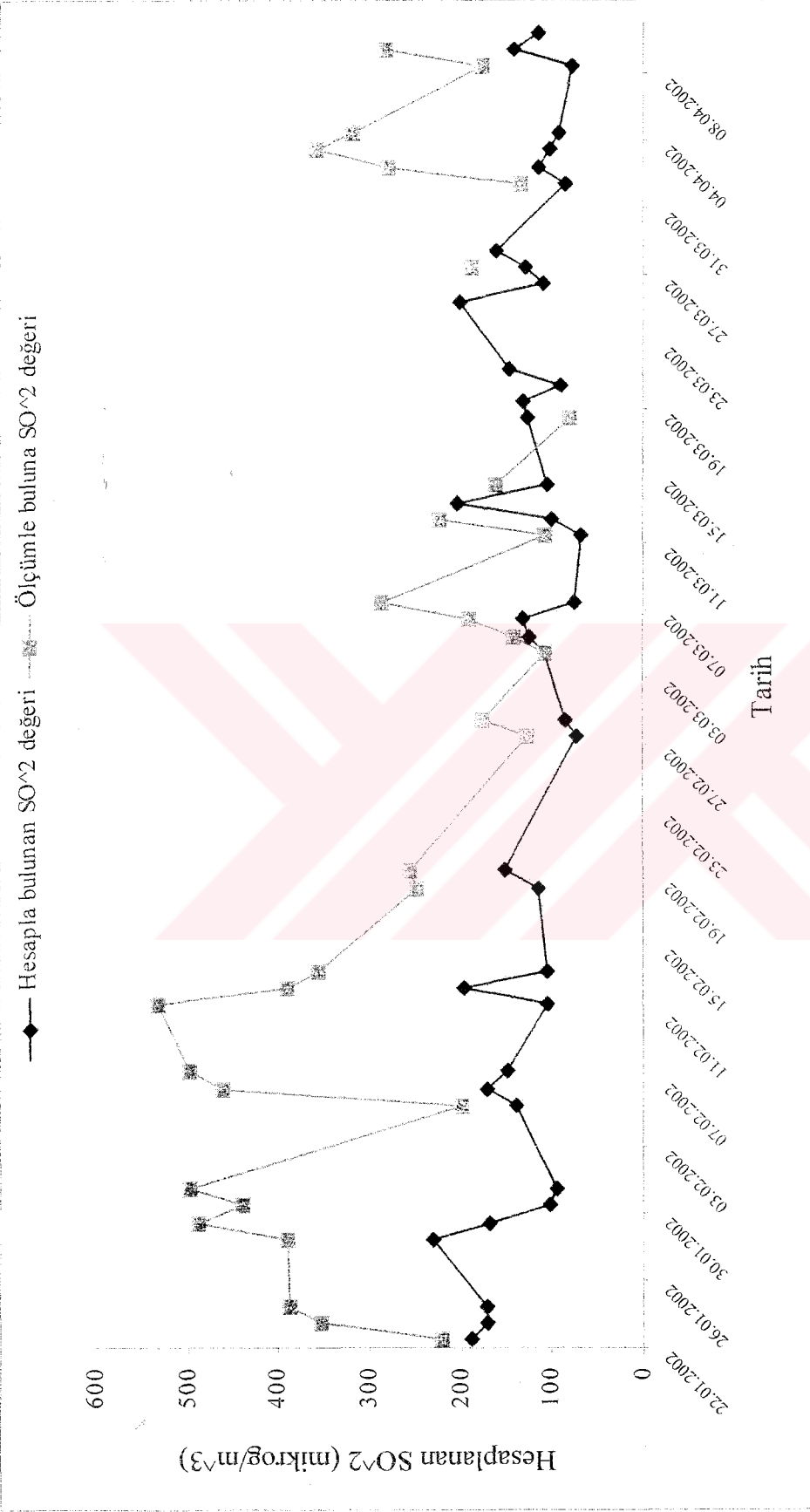
Şekil 5.5 1 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonucu değerleri (C2 gridi)



Şekil 5.6.2 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonucu değerleri (D4 gridi)



Şekil 5.7.1 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması (C2 gridi)



Şekil 5.8.2 nolu ölçüm istasyonu için günlük ortalama model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması (D4 gridi)

6 SONUÇ ve ÖNERİLER

Çorlu ilçesinde yapılan emisyon envanteri ve hava kalitesi modelleme çalışmasından elde edilen sonuçları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

6.1 Yakıt Kullanımının Değerlendirilmesi

İlçede, endüstriyel tesisler ve yerleşim bölgelerinde kullanılan ısıtma sistemi tipleri, yakıt cinsleri ve yakıt kullanım miktarları grid ve mahalleler bazında belirlenmiştir. Bu belirleme sonuçlarına göre; yerleşim bölgelerinde ısıtma sistemi olarak %65.1 oran ile en çok kömür sobası kullanılmaktadır. Bunu, %33.5 oranla kalorifer izlemekte ve %1.4'lük kısımda gaz sobası, elektrik sobası vb.'den oluşan diğer ısıtma sistemleri bulunmaktadır. Endüstriyel tesislerin tümünde merkezi ısıtma sistemi kullanılmaktadır.

İlçede kullanılan yakıtlar, genel olarak linyit kömürü, taş kömürü ve kalorifer yakıtıdır. Linyit kömürü bölgede en çok kullanılan yakıt cinsi olup kullanım oranı %89'dur. Kalorifer yakıtı ise %10.3'lük kısmı oluşturmaktadır.

Yerleşim bölgeleri ve ticarethanelerde linyit kullanımı 220792 ton/yıl; taş kömürü kullanımı 1852 ton/yıl, kalorifer yakıtı (fuel-oil) kullanımı 7396 ton/yıl'dır. Sanayi tesislerinin tamamında 6 No'lu fuel-oil kullanıldığı ve miktarının 31915 ton/yıl olduğu belirlenmiştir.

Yine bu verilere göre ilçede bir sezonda toplam 222.644 ton kömür tüketilmektedir. Bölgede yaklaşık 25 adet kömür satış noktası bulunmakta ve bu ticarethaneler ortalama bir sezonda 2000 ton kömür satışı yapmaktadır. (İlçe Sağlık Grup Başkanlığı Raporları, 2002). Bu durumda, Çorlu'da resmi olarak satılan kömür miktarı sezonda en fazla 50.0000 tondur. Kolaylıkla görülüyor ki ilçede kullanılan kömürün en iyi ihtimalle ancak %22'si kontrollü olarak satılmakta, geri kalan %78'lik kısmı çevre illerden, özellikle İstanbul'dan, kaçak olarak gelmektedir. Kaçak olarak ilçeye giren kömür de, bilindiği gibi herhangi bir kontrol yapılmadan satışa sunulmakta ve bölgede çok yüksek oranda hava kirliliğine yol açmaktadır.

6.2 Emisyon Miktarlarının Değerlendirilmesi

Emisyon envanteri çalışması sonucunda, endüstriyel tesisler ve yerleşim bölgelerinden kaynaklanan emisyonların grid bazında değerlendirilmesi yapılarak yıllık toplam emisyon miktarları hesaplanmıştır.

Bölgede, linyit kullanımından kaynaklanan SO₂ miktarı 9080.7 ton/yıl, taş kömürü kullanımından kaynaklanan miktar 225.8 ton/yıl, kalorifer yakıtı kullanımından kaynaklanan miktar 1164.8 ton/yıl ve sanayi tesislerinde fuel-oil 6 kullanımından kaynaklanan miktar 21960 ton/yıl'dır.

Görüldüğü gibi bu değerler oldukça yüksek değerler olup, hava kalitesini önemli derecede tehdit etmektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığı Çevre İstatistikleri kapsamında Türkiye genelinde il merkezlerindeki hava kirliliği istatistikleri ile ilgili 2001 yılı Aralık ayına ait SO₂ ve partiküler madde yoğunlukları açıklanmış ve bu açıklamaya göre 2001 yılı Aralık ayında SO₂ konsantrasyonunun en yüksek bulunduğu il sıralamasında Çorlu ilçesinin bağlı bulunduğu Tekirdağ ili, 312 µg/m³ SO₂ konsantrasyonu ile birinci sırada yer almıştır (Sağlık Bakanlığı, 04.04.2002).

6.3 Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmanın kapsamında, ilçede kirliliğin yoğun olduğu (1 nolu ölçüm noktası) ve daha az yoğun olduğu (2 nolu ölçüm noktası) iki gridda belirli noktalarda ölçüm yapılmıştır. Her iki ölçüm noktasından toplam 93 adet numune alınmıştır.

1 no'lu ölçüm noktasından alınan değerler maksimum 823 ile minimum 157 µg/m³ arasında değişirken 2 no'lu ölçüm noktasında değerler maksimum 498 ile minimum 80 µg/m³ arasında farklı değerler almıştır. 2 no'lu ölçüm noktasında alınan değerler devamlı olarak diğer noktadan daha düşük bir seyir izlemiştir. Bunun nedeni, ölçüm noktasının nispeten daha yüksek bir noktada bulunması ve kötü atmosferik koşullardan daha az

etkilenmesidir. İki ölçüm noktasından alınan değerler karşılaştırıldığında maksimum ve minimum pik noktalarının iki noktada genel olarak uyum gösterdiği görülmektedir.

İlçede ölçülen değerlerin çok büyük bir kısmı Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerlerin üzerindedir. 1 no'lu ölçüm noktasında alınan değerlerin % 98'i $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kısa vadeli sınır değerini; %41'i $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uzun vadeli sınır değerini; %80'i ise $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kış sezonu ortalama sınır değerini aşmaktadır. 2 no'lu ölçüm noktasında ise alınan değerlerin %81'i $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kısa vadeli sınır değerini; %25'i $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uzun vadeli sınır değerini; %50'si ise $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kış sezonu ortalama sınır değerini aşmaktadır. 1 no'lu ölçüm noktasından alınan değerlerin sezonluk ortalaması $394 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken, 2 no'lu ölçüm noktasında ölçülen değerlerin ortalaması $284 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bulunmuştur.

Ölçüm sonuçlarının uygunluğunu belirlemek amacıyla, günlük ortalama rüzgar hızı ve bulutluluk oranı ile ölçüm istasyonlarında ölçülen değerler karşılaştırılmıştır.

Rüzgar hızının artmasının, kirleticilerin dağılımı açısından atmosferde olumlu sonuçlar yaratması beklenir. Diğer bir deyişle, yalnızca rüzgar hızı gözönüne alındığında, hız arttıkça, konsantrasyon azalmaktadır.

Ölçüm istasyonlarında alınan değerlerle, rüzgar hızı arasında bu ters orantı çoğu zaman oluşmaktadır. Örneğin; 07.02.2002'de rüzgar hızı 1.2 m/sn iken ölçülen konsantrasyon 1 nolu ölçüm noktasında $402 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 2 nolu ölçüm istasyonunda $498 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olurken, 11.02.2002 tarihinde rüzgar hızı 5.6 m/sn iken ölçülen konsantrasyon 1 nolu ölçüm istasyonunda 292 ve 2 noluda $533 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Görüldüğü gibi rüzgar hızının arttığı durumlarda kirletici konsantrasyonunun azalması beklenirken, bu azalma yalnızca 1 noluda görülmüştür. 01.04.2002 tarihinde rüzgar hızı ortalama 7.6 m/sn olarak ölçülmüş ve aynı gün 1 nolu ölçüm istasyonundan alınan değer $167 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 2 noluda alınan değer $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Dolayısıyla yüksek rüzgar hızlarında düşük konsantrasyon gözlenmiştir.

Ancak ölçümler incelendiğinde, Ocak ayının ilk haftasında 08.01.2002 tarihinde rüzgar hızı 2 m/sn iken ölçülen konsantrasyonun 1 noluda $311 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu görülmekte, buna karşılık rüzgar hızının 5 m/sn'ye çıktığı ertesi gün olan 09.01.2002 tarihinde

konsantrasyonun azalması beklenirken 1 noluda $511 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e çıktığı görülmektedir. 2 noluda sözkonusu günlerde ölçüm alınamamıştır.

Bunun gibi 23.01.2002 ve 24.01.2002 tarihlerinde rüzgar hızı 2.9 m/sn gibi çok düşük olmayan mertebelerde iken sözkonusu günlerde 1 ve 2 noluda alınan ölçümler sırasıyla 818, 354 ve 823, 389 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gibi oldukça yüksek değerlere ulaştığı gözlenmektedir.

Bütün bu uyumsuzlukların nedeni araştırılırken atmosferin diğer koşullarının da (bulutluluk oranı, karışma yüksekliği, solar radyasyon şiddeti, solar radyasyon geliş açısı vb.) gözönüne alınması gerekir.

Bu bilgilerden elimizde yalnızca sözkonusu günlere ait ortalama bulutluluk oranı bulunmaktadır. Solar radyasyon ya da karışma yüksekliği ile ilgili herhangi bir ölçüm çevredeki meteoroloji istasyonlarınca yapılmamaktadır.

Bilindiği gibi meteoroloji istasyonlarında bulutluluk oranı ölçümleri 10 üzerinden sayılarla ifade edilir. 0-2 arası açık, 2-8 arası bulutlu, 8-10 arası kapalı günü temsil eder (Çorlu Meteoroloji İstasyonu, 2002). Sonuçların uyumsuzluk gösterdiği tarihlerden örneğin 23.01.2002'de bulutluk oranı 0'dır. Yani bulutluluk çok zayıftır. Dolayısıyla daha kararlı bir atmosferik koşul sözkonusu olabilir ve 1 nolu ölçüm istasyonunda değerin yüksek çıkmasının nedeni buna bağlanabilir. 24.01.2002'de ise bulutluluk oranının 7'ye çıktığı görülürken alınan ölçüm değerinde yine 1 nolu istasyon için çok az bir değişim gözlenmektedir. Buna karşılık 2 nolu istasyonda ölçülen değer nispeten düşük bir seyir izlemiştir. Yine uyumsuzluk gösteren tarihlerden 08.01.2002 tarihinde bulutluluk oranı 9.3 iken yani hava kapalı iken düşük rüzgar hızına rağmen gözlenen düşük konsantrasyon açıklanabilir. Bunun yanında 09.01.2002 tarihinde yüksek rüzgar hızına rağmen gözlenen yüksek konsantrasyonun nedeni ise bulutluluğun 2.7 olması yani havanın neredeyse açık olması ile açıklanabilir.

Ölçüm sonuçları kendi aralarında değerlendirilirken gözlenen ani yükseliş ve alçalmaların nedeni de yukarıdaki şekilde açıklanabilir. Tüm bu nedenlerin yanında ölçüm sırasında

cihazda kaynaklanan mekanik bir problem ya da ölçüm sonrası analiz sırasında oluşan herhangi bir hata da bu uyumsuz sonuçların nedeni olarak açıklanabilir.

6.4 Hava Kalitesi Modelleme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu kısmında, kullanılan modelleme ile kirletici emisyon konsantrasyonları ve çalışma bölgesindeki dağılımları sezonluk ortalamalar ve günlük ortalamalar olarak belirlenmiştir. Modelleme sonucunda hesaplanan SO₂ konsantrasyonlarında en yüksek değerler nüfusun yoğun olduğu ve endüstriyel faaliyetlerin fazla olduğu gridlerde belirlenmiştir.

Modele göre, hem sezonluk ortalama hem de günlük ortalama değerleri için bölgede belirlenen en yüksek SO₂ konsantrasyonu değerleri Deri Organize Sanayi'nin bulunduğu B2 gridinde hesaplanmıştır. Bu griddede, sezonluk ortalama hesabında, kararsız atmosferik koşullar için hesaplanan SO₂ konsantrasyonu, 269 µg/m³, kararlı atmosferik koşullar için 1212 µg/m³ ve nötr atmosferik koşullar için 505 µg/m³'tür. Günlük ortalama konsantrasyon hesabında da bu grid, maksimum 1623 ve minimum 188 µg/m³ arasında değerler almıştır.

İlçede yapılan ölçümlerle sezonluk ortalama değerleri karşılaştırıldığında, model sonuçlarının 1 no'lu ölçüm noktasında (C2 gridi) ölçülen sonuçlarla oldukça yüksek korelasyonlar sağladığı fakat 2 nolu ölçüm noktasında (D4 gridi), sağlanan korelasyonun çok yüksek olmadığı gözlenmiştir.

Sezonluk ortalama değerlerin hesaplanmasında SO₂ konsantrasyonu yıllık ortalaması için nötr koşullar baz alınmış ve ölçülen SO₂ değerleri ile karşılaştırmada, bu nötr koşullar için hesaplanan konsantrasyon değerleri kullanılmıştır. Bunun yanında, ölçüm noktalarında bulunan maksimum ve minimum değerler de, modelde kararlı ve kararsız atmosferik koşullar için hesaplanan sırasıyla, maksimum ve minimum değerlerle karşılaştırılmıştır.

Sezonluk ortalama değerlerin belirlenmesi çalışmasında elde edilen bilgiler şu şekildedir. 1 nolu ölçüm noktasında ölçülen değerlerin ortalaması 394 µg/m³ iken hesaplanan değer 397 µg/m³'tür. Görüldüğü gibi ortalama konsantrasyon tahmininde % 99'lük bir korelasyon

sağlanmıştır. Aynı ölçüm noktasında ölçülen maksimum değer $823 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken kararlı koşullar için hesaplanan konsantrasyon değeri tahmini $896 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu değerde de %92'lik bir korelasyon sağlanabilmiştir. Ölçülen minimum konsantrasyon $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve kararsız koşullar için hesaplanan konsantrasyon değeri $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Minimum konsantrasyon için sağlanabilen korelasyon %68 olmuştur.

2 nolu ölçüm noktasında ise yukarıdaki gibi yüksek korelasyonlar sağlanamamıştır. Bu noktada ölçülen ortalama konsantrasyon $284 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken hesapla bulunan konsantrasyon değeri $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Sağlanan korelasyon %44'tür. Aynı ölçüm noktasında ölçülen maksimum konsantrasyon $533 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken kararsız koşullar için hesaplanan değer $248 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Korelasyon %47'dir. Ölçülen minimum konsantrasyon $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken kararsız koşullar için hesapla bulunan değer $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür ve bu ölçüm noktası için en yüksek korelasyon olan %98'lik korelasyon sağlanabilmiştir.

Modelleme çalışmasında ayrıca ölçüm yapılan her günün meteorolojik koşulları belirlenmiş ve bu meteorolojik verilerle kullanılarak ölçüm yapılan her gün için ayrı ayrı hesap yapılmış ve bulunan değerler ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

1 nolu ölçüm istasyonundan alınan değerlerle, günlük ortalama model sonuçlarının karşılaştırılması incelendiğinde bazı tarihlerde iki değer arasındaki farkın oldukça büyük olduğu görülmektedir. Örneğin; 27.11.2002 tarihinde ölçüm sonucu $631 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve hesap sonucu $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dir. Bu tarihteki meteorolojik koşullar incelendiğinde rüzgar hızının 1 m/sn ve günün açık olduğu görülür. Bütün bu olumsuz koşullara rağmen hesap sonucu beklenenden düşük çıkmıştır. Bunun gibi örnekleri arttırmak mümkündür. Örneğin 03.12.2001 tarihinde ölçüm sonucu $255 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken hesap sonucu $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Aynı şekilde 15.01.2002, 22.01.2002, 113.02.2002 tarihlerinde de aynı durum gözlenmiştir. Bu örnekler çoğaltılabilir.

Bunun nedenini belirleyebilmek amacıyla bir yaklaşım geliştirilmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi rüzgar esme yönleri 4 ana yöne indirgenmiştir. 1 nolu ölçüm istasyonunun bulunduğu C2 gridinin kuzeyinde, kirletici açısından ilçenin en yoğun gridi olan Deri Organize Sanayi Bölgesi'nin bulunduğu B2 gridi mevcuttur. Bu griddeki kirletici

C2 gridine hesapta yalnızca rüzgar esme yönü kuzey olduğu durumlarda direk etki etmekte ve arkaplan konsantrasyonu olarak katılmaktadır. Diğer yönlerde ise modele göre hiçbir etkisi olmadığı düşünülmektedir. Dolayısıyla rüzgar esme yönünün modele göre kuzey olmadığı günlerde hesaplanan konsantrasyonlar düşük kalmaktadır. Yukarıda verilen tarihlerin, indirgenmiş rüzgar esme yönlerine bakıldığında düşük konsantrasyon olarak hesaplanan tarihlerin tümünde rüzgarın kuzey yönünden ya çok az ya da hiç esmediği görülmektedir.

2 nolu ölçüm istasyonunda, ölçüm sürekli, olarak alınamadığı için karşılaştırma da sağlıklı bir şekilde yapılamamaktadır. Ancak bazı tarihlerde yine ölçülen, yüne ölçülen ve hesaplanan değerler arasında oldukça büyük farklar göze çarpmaktadır. Örneğin; 30.01.2002 tarihinde 2 nolu ölçüm istasyonunda ölçülen konsantrasyon $440 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken hesapla bulunan değer $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 11.02.2002, 07.03.2002, 04.04.2002 tarihlerine de bakıldığında ölçüm sonuçlarının sürekli olarak hesap sonuçlarından daha büyük olduğu ve bu farkın bazı tarihlerde çok fazla olduğu gözlenmektedir. Bu farkların nedeni belirlenmeye çalışılırken o günkü rüzgar hızı, bulutluluk oranı gib meteorolojik faktörlerin yanında 1 nolu ölçüm istasyonunda yapıldığı gibi rüzgar esme yönlerini de hesaba katmak gerekmektedir. Yukarıda bahsedilen B2 gridi, 2 nolu ölçüm istasyonunun bulunduğu D4 gridinin kuzeydoğusunda kalmaktadır ve ardışık toplama hesabına göre D4 gridine herhangi bir kirletici girdisi vermemektedir. Dolayısıyla hesaplanan değer, düşük kalabilmektedir.

Tüm bu nedenlerin yanında ölçüm sırasında, ölçümün analizi sırasında, hesabın yaptığı kabuller açısından da birtakım hatalar yapmak mümkündür. Bu tür sistematik hataların da ölçüm sonuçlarının uyumsuzluğun etkileri olabilmektedir.

Günlük ortalamaların belirlenmesi çalışmasında elde edilen bilgilerin özeti şu şekildedir. 1 nolu ölçüm istasyonu için hesaplanan değerlerle aynı gridde yapılan ölçüm sonucu değerleri, sezonluk ortalama modellemesinde olduğu gibi oldukça yüksek korelasyon sağlamıştır. C2 gridi için ölçüm ve model sonucu karşılaştırılmasında maksimum değerde %88'lik; minimum değerde %57'lik; standart sapma değerinde %92'lik ve ortalama değerde %90'lık korelasyon sağlanmıştır.

2 nolu ölçüm istasyonunun bulunduğu D4 gridi için karşılaştırmada ise, sezonluk ortalama değerlerinin karşılaştırılmasında olduğu gibi, aynı şey söylemek mümkün olmamaktadır. Bu grid için, ölçüm sonuçları ile model sonuçlarının maksimum, minimum, standart sapma ve ortalama değerlerinin karşılaştırılmasında sağlanan korelasyonlar sırasıyla; %43; %66; %31 ve %46 olmaktadır.

Her iki ölçüm istasyonu için kullanılan iki tür modelleme yoluyla bulunan sonuçlar karşılaştırıldığında ise, 1 nolu ölçüm istasyonunda ölçülen değerlerle hesap yoluyla bulunan iki tür değer de benzerlik gözlemlendiği yalnızca bu ölçüm istasyonu için minimum değerlerde bir fark olduğu göze çarpmaktadır. 2 nolu ölçüm istasyonu için aynı şeyi söylemek mümkündür.

Görüldüğü gibi, 2 nolu ölçüm noktasında maksimum ve ortalama konsantrasyonların tahmininde, gerek sezonluk ortalama gerekse günlük ortalama çalışmasında, ölçülen sonuçlara yaklaşamamıştır. Daha önce bahsedildiği gibi bu ölçüm noktasında numune alımı kesikli olabilmıştır. Dolayısıyla, kirliliğin en yoğun olduğu günlerde numune alınabilmiş ve bu nedenle ölçüm sonuçları ortalama ve maksimum değeri hesaplanandan daha yüksek çıkmıştır. Aynı mantıkla, minimum değerini sağladığı yüksek korelasyonu da açıklamak mümkündür.

6.5 Öneriler

Hava kirliliği probleminin çözümü için, ilk etapta kirlenmeye sebep olan faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla bölgenin meteorolojik ve topografik özellikleri ve kirlenme kaynakları belirlenir. Hava kirliliğinin azaltılmasında en etkili önlem kirliliği daha oluşmadan kaynaktan kontrolüdür. Özellikle kış aylarında yüksek değerlere ulaşan kirliliğin, en önemli kaynağı sabit kaynaklarda ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtlardır. Fosil yakıtlar bilindiği gibi, hava kirlenmelerinin büyük bir kısmını oluşturan SO₂, NO_x ve PM emisyonlarına sebep olmaktadır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre Çorlu ilçesi endüstriyel açıdan hızla gelişen ve kirliliğe maruz kalacak olan bir bölgedir. Bu sebeple ilçede hava kirliliğinin ölçümler ve modelleme yöntemleri ile sürekli izlenmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir.

Bölgede uygulanacak çevre koruma ve yatırım (ÇED gibi) kararlarında ölçüm ağları ile birlikte modelleme çalışmaları da önem taşımaktadır. Bu çalışmaların sürekli ve periyodik olarak yapılabilmesi için gerekli verilerin ve istatistik bilgilerin yeterli sayıda ve kalitede üretilmesi gerekmektedir. İlçede halen bir ölçüm istasyonu mevcut değildir. Bölgede en az dört istasyonla ana rüzgar yönleri doğrultusunu çevreleyen ölçüm istasyonlarına ihtiyaç vardır.

Bölgede hava kirliliğine neden olan en büyük etken kullanılan yakıt cinsleridir. Bu amaçla alınması gereken birtakım önlemler mevcuttur. Öncelikle kullanılan yakıt tipinin değiştirilmesi yoluna gidilmelidir. Bölgede, ısınma amaçlı (kükürt yüzdesi yüksek, alt ısı değeri düşük olan) kalitesiz kömür kullanılmaktadır. Bu durum yerini doğalgaz ve alternatif teknolojilere bırakmalıdır. Doğalgaz şebekesi bölgeye gelinceye kadar ve ulaşamadığı alanlarda kükürt ve kül yüzdesi düşük, alt ısı değeri yüksek kömür kullanılmalıdır. Bunun kontrolü tam olarak yapılmalı ve kaçak kömür girişi engellenmelidir.

Binalarda ısı izolasyonu yapılarak enerji kayıplarının önlenmesi yoluna gidilmelidir. Bütün bunların yanında, halkın eğitime önem verilmeli, halkın gerektiğinde hava kirliliği ile ilgili sorunlarını yöneltebileceği şikayet mercileri oluşturulmalı ve bu mercilerin yaptırım güçleri ve çalışmaları denetlenebilmelidir ve ayrıca, özellikle kalorifer kazanını yakma görevini üstlenen kişilerin eğitimi olmasına özen gösterilmelidir.

KAYNAKLAR

Ankara Devlet Meteoroloji İstasyonu Müdürlüğü, Çorlu İlçesi Meteorolojik verileri (1937-1990), 2002.

Alp K., Eroğlu V., Borat O., (1993), "İstanbul'da Hava Kirlenmesi ve Önleme Tedbirlerinin Değerlendirilmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi 1. Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1993.

Bayramoğlu M., Topçu N., Keskinler B., (1992), "A Simple Mass-Balance Model for Air Pollution", Quartely Journal of the Hungarian Meteorological Service, Vol. 96, No. 4.

California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, (1996), Emission Inventory Procedural Manual, Volume I, Inventory Development Process.

Compilation of Air Pollution Emission Factors Volume I, "Stationary Point and Area Sources", 4. Baskı, AP 42, U. S. EPA, Office of Air Quality Planning and Standarts, (1985, Eylül 1991'de güncelleme ile).

Çorlu İlçesi 1999-2000 yılları Bina Sayımı Verileri, Çorlu Belediye Başkanlığı (2001).

Çorlu Meteoroloji İstasyonu 2000-2001 Meteorolojik Verileri, (2002).

Çorlu San. ve Tic. Odası (1997), Çorlu 2000, Tarih Kültür Ekonomi Uniform Matbaacılık Tic ve San. A. Ş., Tekirdağ.

De Never, Noel (1995), Air Pollution Control Engineering, Mac Row Hill, International Edition, Singapoure.

Durmaz A., Doğu G., Ercan Y., Sivrioğlu M., (1993), "Ankara'da Hava Kirliliğinin Nedenlerinin Araştırılması ve Azaltılmasına Yönelik Önlemler", Gazi Üniversitesi, Müh. Mim. Fak., Ankara.

Ergene Havzası Çevre Düzeni Planı Projesi, (2001), Trakya Üniversitesi ve Çevre Bakanlığı işbirliği.

Ertürk F., (2002), "Hava Kirliliği ve Kontrolü Ders Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Ertürk, F., (1981), "İstanbul'un Haliç Bölgesinde Hava Kirlenmesinin Modelle İncelenmesi", Doçentlik Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Gargava P., (2001), "Application of the ATDL Model for Air Pollution Predictions Due to Domestic Sources- A Case Study", Proceedings of Second International Symposium on Air Quality Management at Urban Regional and Global Scales pp. (644-371), 25-28 Eylül 2001, İstanbul.

Goncaloğlu B. İ., (2001), "İstanbul'daki Sanayi Tesislerinde Yanma Sonucu Atmosfere Atılan Hava Kirleticilerinin Emisyon Envanterinin Çıkarılması", Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Güngör H., (1992), "Türkiye genelinde ve İller Bazında Sektörlere Göre Hava Kirletici Emisyonlarının ve Sektör Paylarının Belirlenmesi", Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Mim. Fak., Çevre Müh. Böl. Lisans Tezi, İzmir.

Hanna S. R., (1972), "An Air Quality Model for Knox County, Tennessee", Air Resources atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.

Hanna S. R., (1973), "Application of a Simple Dispersion Model to a Rural Industrial region", Air Resources Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory, Oak ridge, Tennessee.

Hanna S. R., Swisher S. D., (1970), "Air Pollution Meteorology of the Rockwood-Harriman, Tennessee, Valley", Air Resources Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.

Hanna, S. R., Gifford F. A., (1977), "Application of the Simple Urban Dispersion Model to Frankfurt, Germany", Air Resources Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory, Oak Ridge, Tennessee.

Kara, Serap, Kaytakođlu, Süleyman, Döğeroğlu, Tuncay, Var, Figen, (1991), "Sabit Emisyon Kaynaklarında Hava Kirleticilerinin Ölçüm Yöntemleri", Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir.

Kemerdere N., (1996), "Gebze İlçesinde Emisyon Envanteri ve Hava Kalitesi Modellemesi Raporu", Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü, Marmara Araştırma Merkezi, Kocaeli.

Kural O., (1998), "Kömür, Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri", Özgün Ofset Mat. A.Ş., İstanbul.

NAPCA, (1970), "Air Quality Criteria for Sulfur Oxides", AP-50, Washington D. C., HEW.

Öztürk M., (1999), "Şehiriçi Bölgelerde Hava Kalitesinin Belirlenmesi", İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Daire Başkanlığı, İstanbul.

Öztürk M., Mangır N., Özçelik R. (1999), "İstanbul'da Hava Kirliliğindeki Değişimler", İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Cilt 3, Çevre Yönetimi ve Kontrolü, 17-19 Şubat 1999, İstanbul.

Payan, F., (1997), "Bursa İlinin Hava Kirliliği Haritasının Çıkarılması", Uludağ Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Bursa.

Resmi Gazete, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği, Sayı No. 19269, 2 Kasım 1996.

Saral A., (2000), "Hava Kirliliğinin Yapay Sınır Ağları Yöntemiyle Modellenmesi ve Tahmini", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Stern A. C., (1976), "Air Pollution" Volume I, "Air Pollutants, Their transformation and Transport", Academic Press Inc., New York.

Stern A. C., (1984), Boubel R. W., Turner D. B., Fox D. L., "Fundamentals of Air Pollution", Academic Press, 2. Edition, New York.

Tayanç M., (1995), "Determination of the Acceptable Locations for the Ambient Air Quality Monitoring Systems", Marmara Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Çevre Bakanlığı, Tekirdağ İl Çevre Müdürlüğü, Hava Kirliliği Bölümü, Baca Gazı Analiz Raporları, 2001-2002.

Tekirdağ İli Çevre Durum Raporu, (2001), tekirdağ Valiliği Çevre İl Müdürlüğü, Tekirdağ.

Tırıs M., Kalafatoğlu E., Okutan H., (1993), "Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü", TÜBİTAK, Kocaeli.

Topçu N., Keskinler B., Bayramoğlu M., (1991), "Air Pollution Modelling In Erzurum City", Environmental Pollution, 79 (1993) 9-13.

Turner D. B., (1969) "Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates", Washington D. C., HEW.

Türkiye Kömür İşletmeleri, Yıllık Raporu (1970-1992).

Ünal T., (1998), "İzmir Atatürk Çiğli Organize Sanayi Bölgesi (AOSB) Hava Kirlitici Emisyon Envanteri", Bitirme Ödevi, Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.

Wark K., Warner C. F., Addison W. T. (1998), "Air Pollution-Its Origin and Control", Wesley Longman Inc., New York.

Wark K., Warner C. F., (1981), "Air Pollution Its Origin and Control" 2. Baskı, Harper and Row Publishers, New York.

Yeşilyurt C., Akcan N., (2001), "Hava Kirliliği İzleme Metodolojileri ve Örnekleme Kriterleri", TC Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıha Merkezi Başkanlığı, Ankara.

İNTERNET KAYNAKLARI

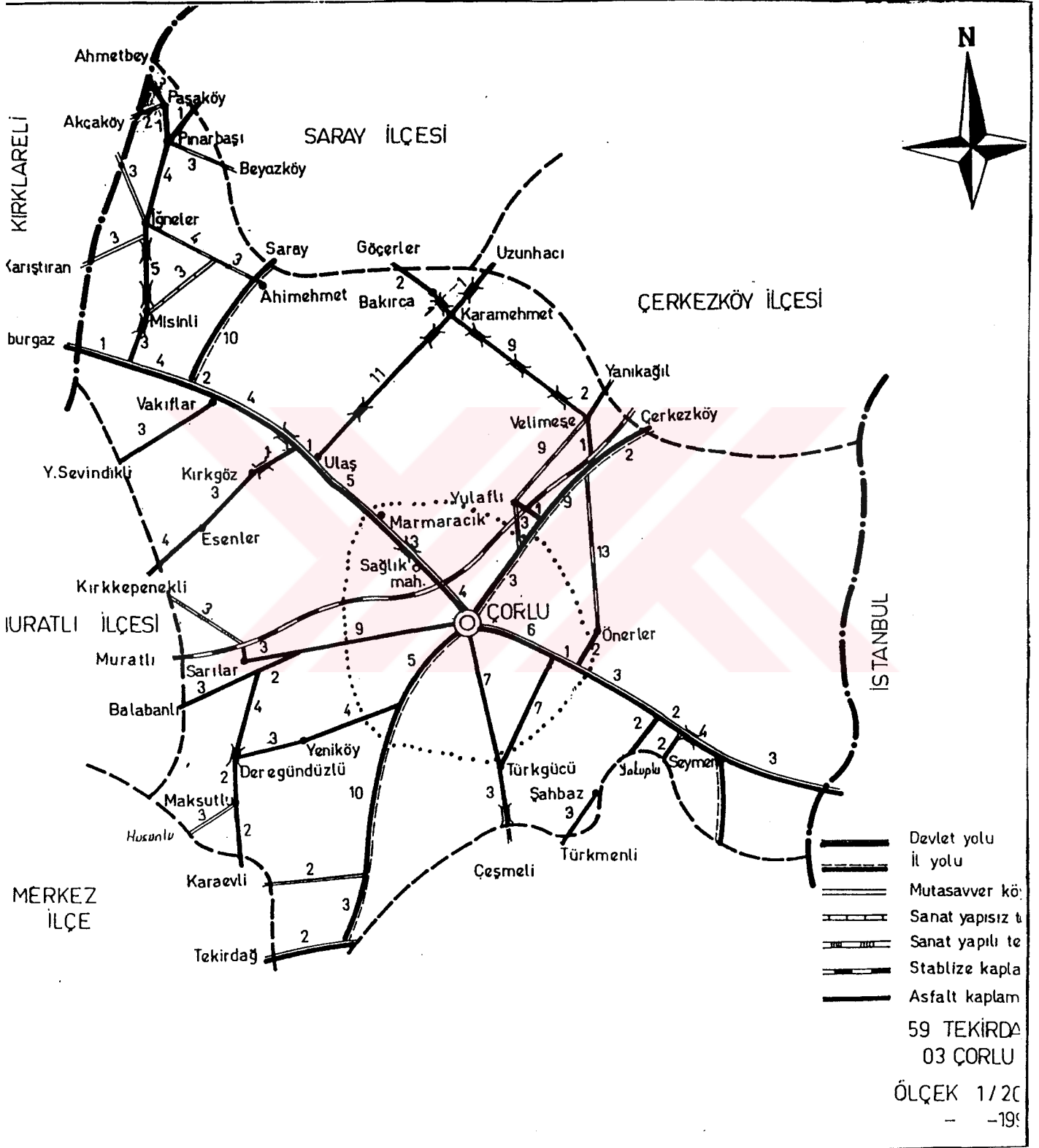
[1] www.die.gov.tr

[2] www.tki.gov.tr

[3] www.epa.gov

EKLER

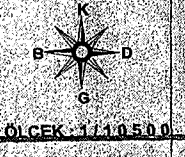
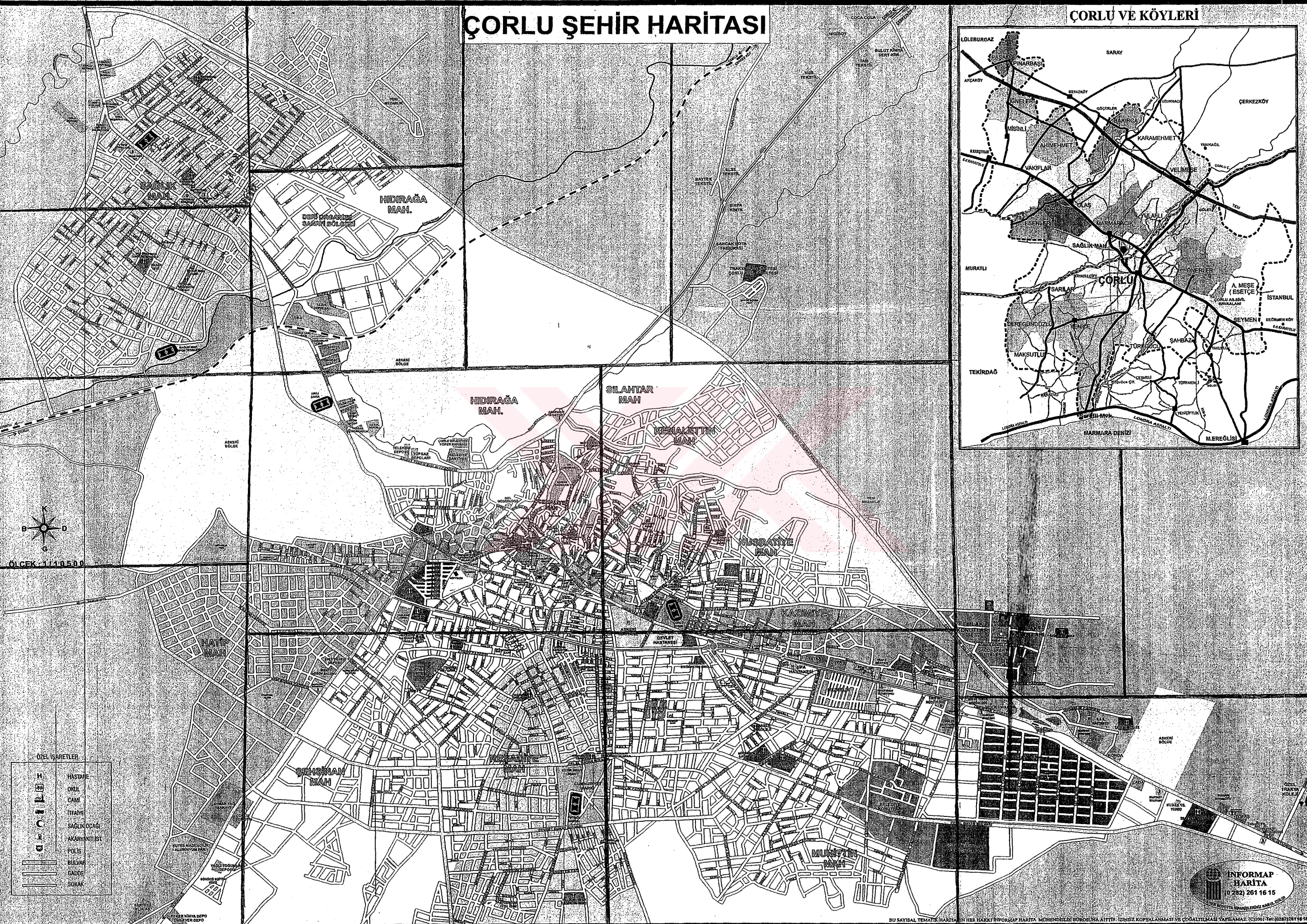
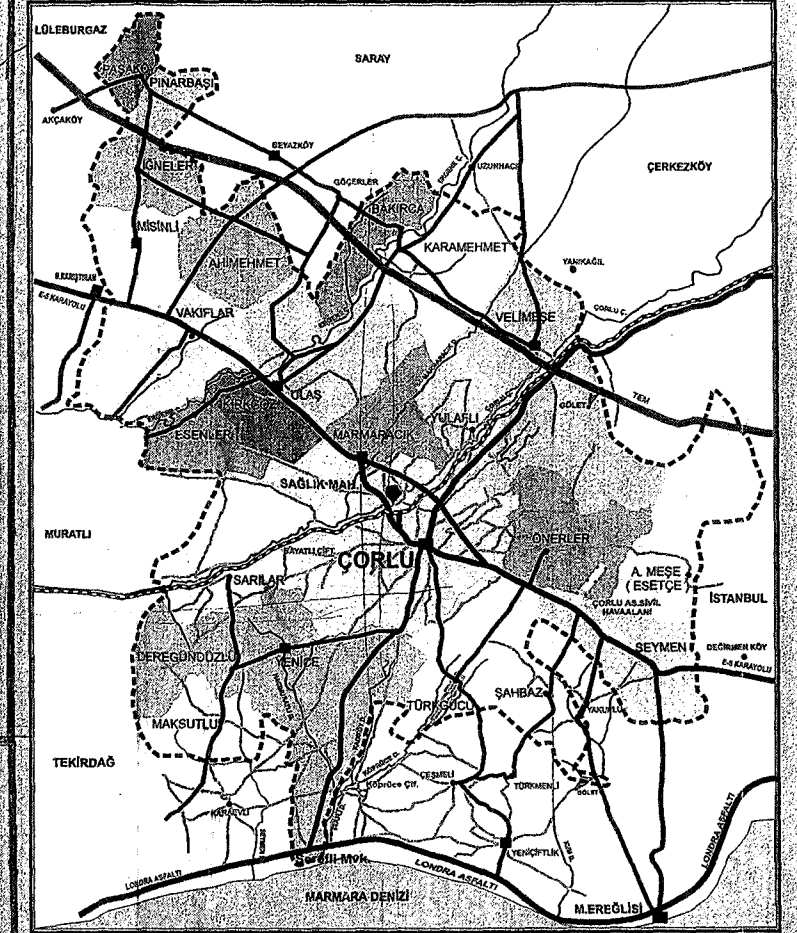
EK. 1 Çorlu İlçesi Haritası



Ek. 2 ÇORLU HARİTASININ ÜZERİNDE GRİD DAĞILIMI

ÇORLU ŞEHİR HARİTASI

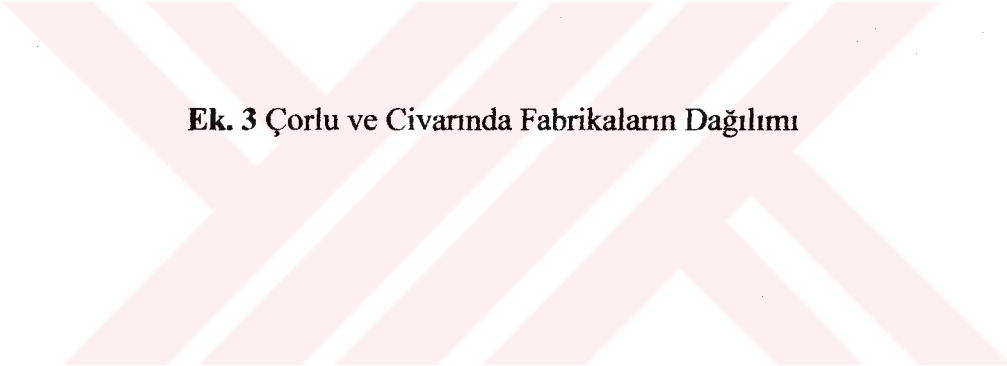
ÇORLU VE KÖYLERİ



ÖZEL İŞARETLER

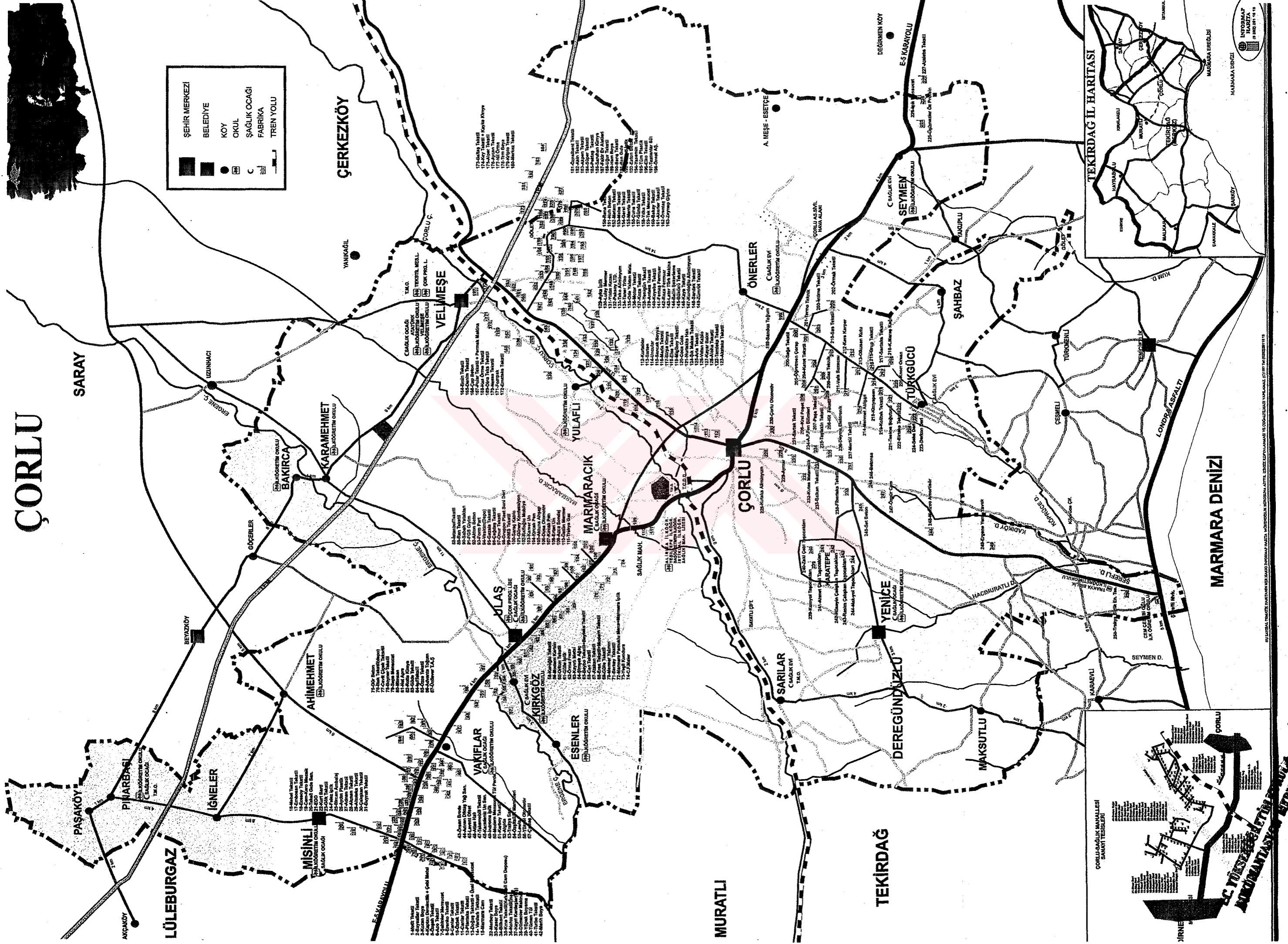
HASTANE
OKUL
CAMI
İTİFAYE
SAGLIK OCAĞI
AKARYAKIT İST.
POLİS
BULVAR
GADESE
SOKAK

INFORMAP HARİTA
(0 282) 261 16 15

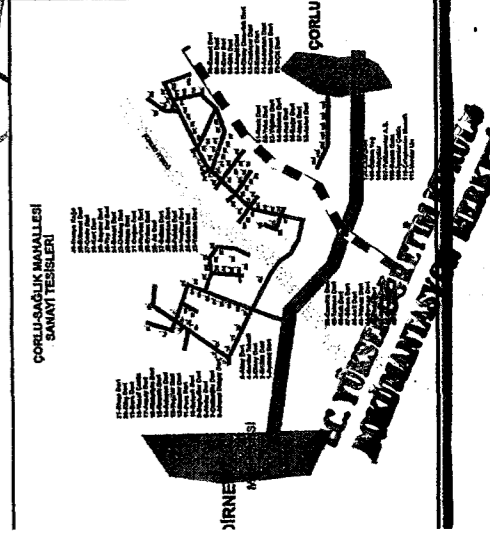
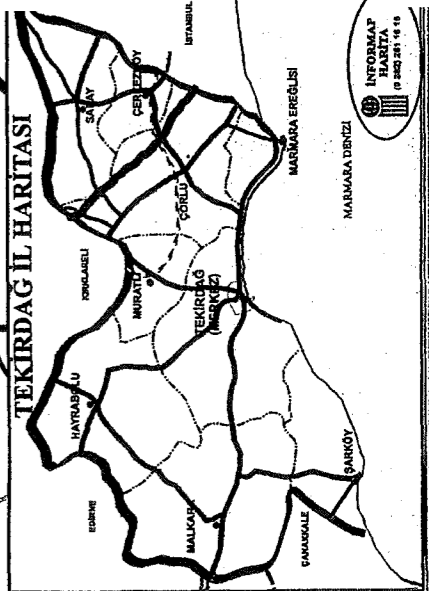


Ek. 3 Çorlu ve Civarında Fabrikaların Dağılımı

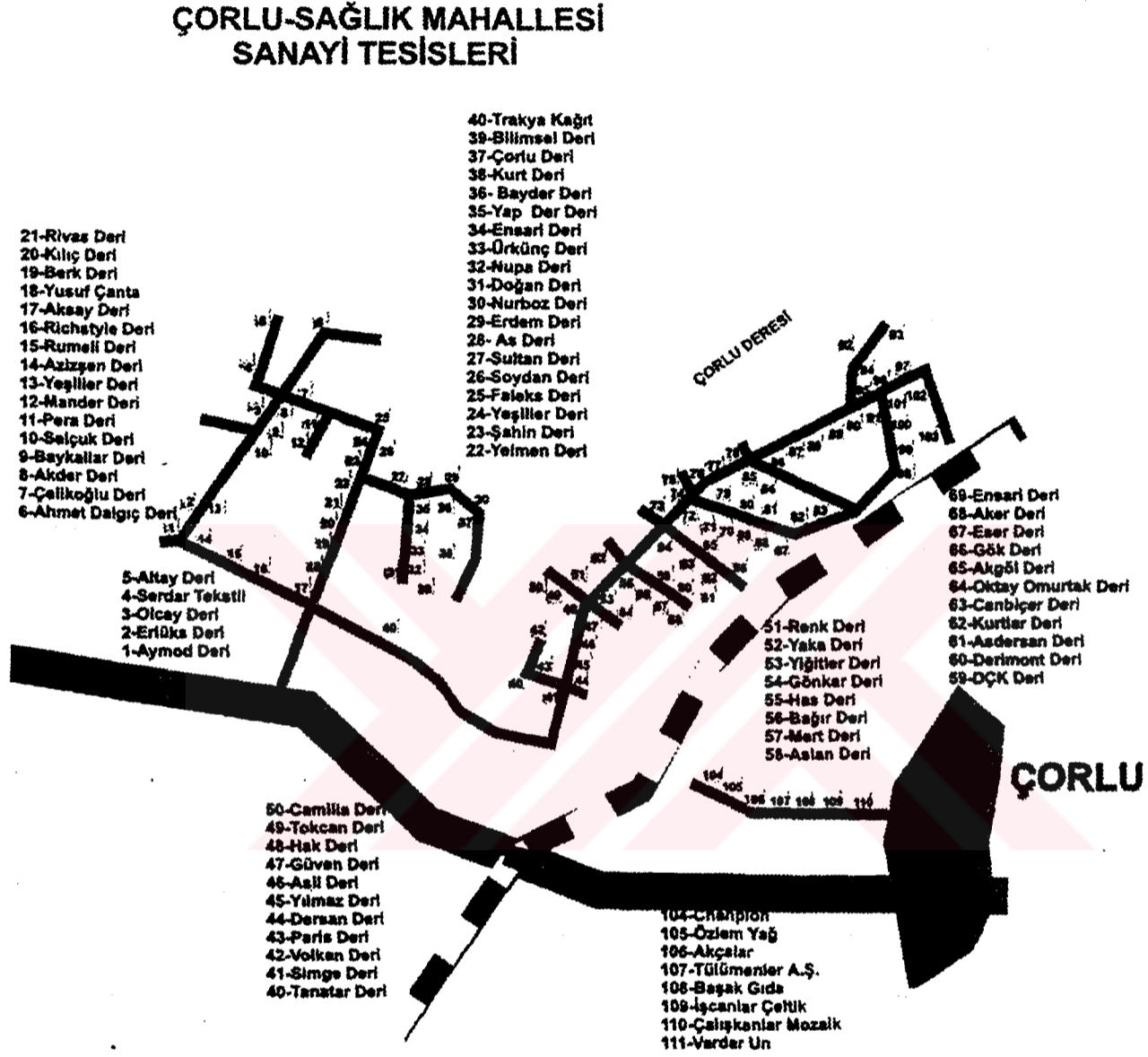
ÇORLU



ŞEHİR MERKEZİ
BELEDİYE
KÖY
OKUL
SAĞLIK OCAĞI
FABRİKA
TREN YOLU



Ek. 4 Deri Organize Sanayi Bölgesinde Fabrikaların Yerleşim Planı



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Asude ÖZKAN	
Doğum Tarihi	24.06.1978	
Doğum Yeri	İstanbul	
Lise	1991-1994	İhsan Mermerci Lisesi
Lisans	1995-1999	Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-2002	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Müh. Anabilim Dalı, Çevre Müh. Programı

Çalıştığı Kurum

2000-Devam ediyor Trakya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü
Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Araştırma Görevlisi