

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİLOVASI ÇANAĞI'NDA OZON PREKÜRSÖRÜ OLAN NO_x
DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yusuf BAŞARAN**

Anabilim Dalı : Çevre Mühendisliği

Programı : Çevre Bilimleri ve Mühendisliği

Haziran 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİLOVASI ÇANAĞI'NDA OZON PREKÜRSÖRÜ OLAN NO_x
DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yusuf BAŞARAN
(501041737)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 04 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 04 Haziran 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. İsmail TORÖZ (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Olcay TUNAY (İTÜ)
Prof. Dr. Ferruh ERTÜRK (YTÜ)**

Haziran 2009

Çok değerli aileme,

ÖNSÖZ

Sayın hocam Prof. Dr. İsmail TORÖZ'e, eğitim süresi boyunca verdiği destek ve emekleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın her aşamasında verdiği desteklerden dolayı Prof.Dr. Kadir ALP'e, Araş. Gör. Selami Demir'e, abim Arş. Gör. İsmail BAŞARAN'a ve yetişmemde emeği geçen tüm hocalarıma,

Hiçbir zaman desteklerini, fedakârlıklarını, inançlarını ve sevgilerini eksik etmeyen çok sevgili ve değerli annem, babam ve eşim F.Betül BAŞARAN'a teşekkürlerimi kendime bir borç bilirim.

Haziran 2009

Yusuf BAŞARAN
(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR	ix
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Kapsam.....	2
2. HAVA KİRLİLİĞİ	3
2.1 Tanım	3
2.2 Yayınım Kaynakları	6
2.3 Kirletici Özellikleri, Kaynakları, İnsan Sağlığına Etkileri.....	8
2.3.1 Karbon monoksit.....	8
2.3.2 Hidrokarbonlar.....	10
2.3.3 Kurşun.....	11
2.3.4 Azot oksitler.....	12
2.3.4.1 Azot Oksitlerin Oluşum Mekanizmaları.....	14
2.3.5 Fotokimyasal oluşumlar ve ozon	15
2.3.6 Partiküler madde	22
2.3.7 Sülfür oksitler	23
2.3.8 Spesifik kirleticiler.....	24
2.4 Hava Kalitesi Yönetimi.....	25
2.4.1 Giriş	25
2.4.2 Trafik kaynaklı hava kirliliğini azaltmak için alınan önemler.....	28
2.4.3 Hava Kalitesi Yönetimi Çerçevesi.....	29
2.4.4 Hava kalitesi standartları.....	31
3. ÇALIŞMA BÖLGESİ.....	35
3.1 Dilovası	35
3.2 Dilovası Organize Sanayi Bölgesi (DOSB)	36
3.3 Dilovası Çanağı.....	38
3.4 Dilovası Bölgesi'nde ki NO _x Emisyon Değerleri.....	38
3.4.1 Emisyon ölçüm istasyonları.....	38
3.4.2 Dilovası bölgesinde bulunan kirletici kaynakları	40
3.4.2.1 Bölgede bulunan D-100 otoyolu ve E-80 otobanındaki trafikten kaynaklı hava kirliliği ve NO _x oluşumu.....	40
3.4.2.2 Endüstriyel tesisler	44
3.4.2.3 Konutlarda Isınmadan Kaynaklı NO _x Salınımları	53

3.5 Dilovası Çanağında Oluşan NO _x Emisyonları Genel Değerlendirilmesi	57
3.6 Dilovası'nda Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	58
4. HAVA KİRLİTİCİLERİ İÇİN DAĞILIM MODELLEMESİ.....	59
4.1 Emisyon Kaynağı	61
4.2 Alıcı Ortam.....	61
4.3 Meteoroloji	62
4.3.1 Atmosferik kararlılık.....	62
4.3.2 Rüzgâr hızı ve rüzgâr profili	65
4.3.3 Karışma Yüksekliği	67
4.3.3.1. Atmosferik sınır tabakası	67
4.3.3.2 Karışım Tabakası Yüksekliğinin Belirlenmesi	69
4.3.3.3 Karışım yüksekliğinin belirlenmesinde nümerik yaklaşımlar.....	70
4.3.3.4 Karışım yüksekliğinin belirlenmesinde ölçüm yöntemleri	71
4.3.3.5 Dispersiyon modellerinde karışım yüksekliğinin rolü	72
4.3.3.6 Türbülans alanının belirlenmesi	72
4.3.3.7 Yansıtıcı üst sınır koşulları ile konsantrasyon profilinin hesaplanması	73
4.4 Genel Gauss Dispersiyon Modeli.....	73
4.4.1 Hüzmenin Yerden Yansıması	76
4.4.2 Dispersiyon katsayılarının hesaplanması	79
4.4.3 Etkin baca yüksekliğinin hesaplanması	80
4.4.4 Yer seviyesi maksimum konsantrasyonu	84
5. ISCST3 ve ISCLT3 MODEL UYGULAMASI.....	90
5.1 Alıcı Ortam.....	90
5.2 Kirletici Kaynakları ve Emisyon Hızları.....	93
5.3 Meteoroloji	93
5.3.1 Karışma yükseklikleri	94
5.3.2 Rüzgar	97
5.4. Model Uygulama Dönemleri.....	98
5.5 Dilovası NO _x (NO ₂ +NO) Emisyonları Ve Ozon Ölçüm Değerleri Değerlendirilmesi	98
6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER.....	102
KAYNAKLAR.....	109
EKLER.....	113
EK A : Ölçüm ve model verileri karşılaştırılması.....	113
EK B : Model dağılımları.....	118
EK C : Sanayi ve emisyon envanteri.....	125
EK D : Devlet Karayolları Genel Müdürlüğü trafik hacim haritası	131
EK E : Aylara göre karışım yüksekliği grafikleri	132

KISALTMALAR

AST	: Atmosferik Sınır Tabaka
CST	: Konvektif Sınır Tabakası
DOSB	: Dilovası Organize Sanayi Bölgesi
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
ETKHKKY	: Endüstriyel Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
GDM	: Gauss Dpersiyon Metodu
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
HKKY	: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği
IKHKKY	: Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
EPA-ISCST3	: Industrial Source Complex Short Term V.3
EPA-ISCLT3	: Industrial Source Complex Long Term V.3
KİÇOM	: Kocaeli İl Çevre ve Orman Müdürlüğü
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değer
KY	: Karışım Yüksekliği
NOAA	: National Oceanic and Atmospheric Administration
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değer
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değer
WHO	: Dünya Sağlık Teşkilatı (World Health Organization)

SEMBOLLER

Ri : Richardson number

Γ : Adiyabatik laps hızı

θ : Potansiyel sıcaklık

σ_y : Yatay dispersiyon katsayısı

σ_z : Dikey dispersiyon katsayısı

h : Karışım yüksekliği

f : Coriolis katsayısı

p : Yüzey pürüzlülük katsayısı

u^* : Rüzgar hızı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	: Atmosferin doğal bileşimi.....	4
Çizelge 2.2	: Hava kirlenmesinin tarihçesi.....	5
Çizelge 2.3	: İkincil kirleticilerin oluşumu	7
Çizelge 2.4	: Troposferik CO ₂ kaynakları.....	9
Çizelge 2.5	: CO' nun İnsan Sağlığına Etkileri.....	10
Çizelge 2.6	: Azot oksit kaynakları.....	13
Çizelge 2.7	: Azot dioksit ve sağlık üzerindeki etkileri.....	14
Çizelge 2.8	: Partikül şeklindeki kirleticiler emisyonlar.....	22
Çizelge 2.9	: Çeşitli partiküler maddelerin meydana getirdiği hastalıklar.....	23
Çizelge 2.10	: Kükür dioksit insan sağlığına etkileri.....	24
Çizelge 2.11	: Olumsuz sağlık etkilerine sahip olan ve kanser riskini artıran başlıca hava kirleticileri.....	25
Çizelge 2.12	: Geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri.....	32
Çizelge 2.13	: Kirleticiler sınır değerlerin karşılaştırılması.....	34
Çizelge 3.1	: Ölçüm istasyonu parametreleri.....	39
Çizelge 3.2	: Farklı araç tipleri için emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri.....	42
Çizelge 3.3	: D-100 Karayolu için Dilovası bölgesi 4.7 km' lik yol ağı NO _x emisyon miktarı.....	43
Çizelge 3.4	: E-80 Karayolu için Dilovası bölgesi 4.7 km' lik yol ağı NO _x emisyon miktarı.....	43
Çizelge 3.5	: Diler Demir-Çelik Endüstrisi ve Çolakoğlu Metalurji A.Ş. baca gazı ölçüm sonuçları.....	44
Çizelge 3.6	: Yakma sistemleri özellikleri.....	47
Çizelge 3.7	: Ova A.Ş. 1 nolu atık ısı kazanı bacası ölçüm sonuçları.....	48
Çizelge 3.8	: Çolakoğlu Metalurji A.Ş. tesislerine ait emisyonlar.....	50
Çizelge 3.9	: Çolakoğlu Demir-Çelik Tesisi kapasitesi ve oluşan NO _x kütleli debisi.....	51
Çizelge 3.10	: Çolakoğlu Demir-Çelik Tesisi kapasitesi ve oluşan NO _x kütleli debisi.....	53
Çizelge 3.11	: Hava kalitesi sınır değerlerinin aşıldığı il ve ilçelerde kullanılacak yerli kömürlerin özellikleri.....	54
Çizelge 3.12	: Isınma amaçlı ithal taş ve linyit kömürü özellikleri ve sınırları.....	55
Çizelge 3.13	: Evsel yakıtlar için NO _x emisyon faktörleri	56
Çizelge 3.14	: Konutlardan kaynaklı NO _x emisyonları kütleli debileri.....	57
Çizelge 4.1	: Pasquill stabilite sınıfları.....	65
Çizelge 4.2	: Denklem 4.2'deki p değerleri.....	66
Çizelge 4.3	: Türbülans karakteri.....	71
Çizelge 4.4	: Çeşitli kararlılık sınıfları için σ_y ve σ_z değerleri.....	80
Çizelge 4.5	: σ_y ve σ_z için kullanılan Briggs denklemleri.....	80
Çizelge 4.6	: Briggs denklemleri parametreleri.....	84

Çizelge 4.7	: Briggs nihai hüzme yükselmesi hesabı.....	84
Çizelge 4.8	: Ranchoux (1976) denkleminin kararlılık sınıflarına göre katsayıları.....	85
Çizelge 5.1	: Kirletici özellikleri ve miktarları.....	93
Çizelge 5.2	: Ocak-Aralık ayları ortalama karışma yükseklikleri.....	96
Çizelge 5.3	: Dağılım dönemleri.....	98
Çizelge A.1	: Model hesaplamalarından elde edilen en yüksek konsantrasyonlara karşı bölgedeki ölçüm istasyonu verileri.....	114
Çizelge A.2	: Model istasyonları koordinatlarında oluşan model konsantrasyonları ve ölçüm istasyonları değerler.....	115
Çizelge A.3	: 2007 ve 2008 yılı aylık en yüksek 24 saatlik NO _x konsantrasyonları.....	117
Çizelge C.1	: Bölgenin sanayiden kaynaklanan emisyon envanteri.....	126
Çizelge C.2	: Dilovası Organize Sanayi Bölgesi firma listesi.....	128

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Kirletici Kaynaklarının doğaya salınımları ve oluşumları.....	5
Şekil 2.2	: Atmosfer de azotun fotolitik çevrimi.....	17
Şekil 2.3	: Güneybatı İsveç' de (Gothenburg' un 40 km güneydoğusu) günlük sıcaklık değişimi (a), ozon, NO ₂ ve NO değişimi (b).....	18
Şekil 2.4	: Kahire (Haram, Giza) 2004-2005 Kış-Sonbahar Ozon Konsantrasyonları gün içerisinde saatlik değişimi.....	19
Şekil 2.5	: Ozon ve rüzgar hızı değişimi (10 Ağustos 2001 Saraçhane, İstanbul).....	20
Şekil 3.1	: Dilovası haritası.....	35
Şekil 3.2	: DOSB plan etapları.....	37
Şekil 3.3	: Dilovası Çanağı uydu görüntüsü.....	38
Şekil 3.4	: Ölçüm İstasyonları.....	39
Şekil 3.5	: Ölçüm İstasyonu Noktaları.....	40
Şekil 3.6	: Kocaeli ilinde trafiğe kayıtlı araç sayısı yıllık değişimi.....	41
Şekil 3.7	: Dilovası bölgesi trafik ağı.....	41
Şekil 3.8	: 2007 yılı itibariyle Türkiye'de yakıt türlerine göre kullanılan araçların oranları.....	42
Şekil 3.9	: Dilovası Bölgesi'nde Sanayiden Kaynaklı NO _x kirletici miktarları(kg/saat)sınıflandırılması.....	45
Şekil 3.10	: Çolakoğlu ve Ova A.Ş. enerji üretim akım şeması.....	46
Şekil 3.11	: OVA A.Ş.' ye ait atık ısı kazan bacaları(Emisyon Kaynağı).....	47
Şekil 3.12	: Çolakoğlu OP2 Enerji Santrali.....	49
Şekil 3.13	: Çolakoğlu Metalurji A.Ş. Demir-Çelik Tesisi uydu görüntüsü.....	51
Şekil 3.14	: Diler Demir-Çelik Endüstrisi A.Ş. uydu ve gerçek görüntüsü.....	52
Şekil 3.15	: Dilovası bölgesi konut alanları.....	55
Şekil 3.16	: Dilovası geneli için emisyon yük dağılımı.....	57
Şekil 4.1	: Atmosferik (sürekli çizgi) ve adyabatik (kesikli çizgi) laps hızları ve atmosferik kararlılık.....	63
Şekil 4.2	: Potansiyel sıcaklığı tanımlayan adiyabatik proses.....	64
Şekil 4.3	: Potansiyel sıcaklığa bağlı atmosferik kararlılık.....	64
Şekil 4.4	: Farklı atmosferik kararlılık koşullarında hüzme şekilleri. a) Kıvrım b) Konik, c) Yelpaze, d) fFumigasyon, e)Yukarıda dağılma, f)Hapsolma(zarf).....	65
Şekil 4.5	: Farklı stabilite sınıflarında rüzgar hızı dikey profili (a) kırsal (b) kentsel.....	66
Şekil. 4.6	: CST Tipik yapısı.....	68
Şekil 4.7	: Bir nokta kaynak emisyonunun atmosferde taşınım hareketi.....	74
Şekil 4.8	: Bir dispersiyon modelinde hüzme yükselmesi ve sanal kaynak noktasının konumu.....	75
Şekil 4.9	: Hüzmenin yer yüzeyinden yansımalarının getirdiği etkinin hayali bir kaynak temsili.....	76

Şekil 4.10 : Hüzme yansımasının rüzgar yönünde dikey konsantrasyon profiline etkisi.....	77
Şekil 4.11 : Yansıma sonrası oluşan yer seviyesi konsantrasyon profili.....	78
Şekil 4.12 : Kentsel ve kırsal bölgeler için y yönünde dispersiyon katsayıları.....	82
Şekil 4.13 : Kentsel ve kırsal bölgeler için z yönünde dispersiyon katsayıları.....	82
Şekil 4.14 : Maksimum Cu/Q değerinin kararlılık sınıfı ve etkin baca yüksekliğine bağlı değişimi.....	87
Şekil 4.15 : Rüzgar yönünde, yer seviyesindeki konsantrasyon profili.....	88
Şekil 4.16 : $(y, z) = (0, 0)$ için Gauss Dispersiyon denkleminin türevi.....	89
Şekil 5.1 : Dilovası Bölgesi Topografik yapısı.....	91
Şekil 5.2 : Dilovası Bölgesi arazi kullanım yapısı.(Ö:1/25000).....	92
Şekil 5.3 : Gebze TÜBİTAK-MAM meteoroloji istasyonu lokasyonu.....	94
Şekil 5.4 : Yıllık ortalama Rüzgar gülü.....	97
Şekil 5.5 : Yıllık rüzgar hızları oranları.....	97
Şekil 5.6 : 2008 Nisan ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim grafiği.....	99
Şekil 5.7 : 2008 Haziran ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim grafiği.....	99
Şekil 5.8 : 2008 Temmuz ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim grafiği.....	100
Şekil 5.9 : 2008 Ağustos ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim grafiği.....	100
Şekil 5.10 : 2008 Eylül ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim	100
Şekil A.1 : Ölçüm ve Model Konsantrasyon verileri karşılaştırma grafikleri (a) DOSB Max. Kons. karşılaştırması, (b) Dilovası Max. Kons. karşılaştırılması, (c) DOSB Kons. Karşılaştırması, (d) Dilovası Kons.karşılaştırılması.....	116
Şekil B.1 : 24 Saatlik Yaz mevsimi (6 km x 4.5 km).....	119
Şekil B.2 : Kış mevsimi Yıllık Ortalama (Uzun Dönem) (6 km x 4.5 km).....	120
Şekil B.3 : Tüm aylar yıllık ortalama (Uzun Dönem) (6 km x 4.5 km).....	121
Şekil B.4 : Kış mevsimi 24 saatlik (6 km x 4.5 km).....	122
Şekil B.5 : Tüm aylar 24 Saatlik (6 km x 4.5 km).....	123
Şekil B.6 : Kış Dönemi 24 saatlik (32.5 km x 25 km).....	124
Şekil E.1 : Ocak, Mart, Haziran, Eylül ve Ekim aylarına ait karışım yüksekliği (m) - rüzgar hızı (m/sn) grafikler.....	133

DİLOVASI ÇANAĞI'NDA OZON PREKÜRSÖRÜ OLAN NO_x DAĞILIMLARININ İNCELENMESİ

ÖZET

Dilovası Çanağı'nda oluşan hava kirliliği insan sağlığını tehdit eden boyutlara ulaştığı yapılan çalışmalar neticesinde ortaya konmuştur. Bu çalışmada, ozon prekürsörü olan NO_x parametresi dağılımları EPA-ISCST3 ve ISCLT-3 model dağılım programları kullanılarak mevsimlik 24 saatlik ve yıllık dağılım konsantrasyonları incelenmiş ve bölge üzerindeki etkileri tartışılmıştır. Model çalışmasından çıkan dağılım konsantrasyonları ile KİÇOM'a ait ölçüm istasyonu ölçüm verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu duruma ek olarak NO ve NO₂ saatlik ölçüm verilerine karşı saatlik ozon konsantrasyonları değerlendirilmiştir.

Bölge genelindeki NO_x kaynakları konut, trafik ve sanayi adı altında değerlendirilmiş olup 6123 ton/yıl NO_x oluştuğu tahmini yapılmıştır. Sanayiden kaynaklı NO_x tahmininde bölge için yapılan envanter araştırması sonuçları ve emisyon faktörleri hesapları kullanılmıştır. Bölgede elektrik üretim tesislerinden 5489 ton/yıl, demir çelik üretiminden 433 ton/yıl ve diğer tesislerden 457 ton/yıl NO_x oluştuğu tahmini yapılmıştır. Corinair emisyon faktörü kullanarak trafikten 157.2 ton/yıl ve literatürdeki emisyon faktörleri kullanılarak konutlardan 44.15 ton/yıl NO_x oluştuğu tahmini yapılmıştır. Konutlardan, trafikten, elektrik ve demir çelik üretiminden kaynaklı NO_x emisyonları model dağılımına katılmış ancak diğer sanayi tesisleri hesaba katılmamıştır.

Meteoroloji, dağılım modelleri en önemli bileşenidir. Model çalışmasındaki meteorolojik veriler bölgeye en yakın TÜBİTAK-MAM'a ait istasyondan temin edilmiştir. Önemli bir meteorolojik parametre olan karışım yüksekliği ölçümü bu istasyonda yapılmamaktadır. Bölgeye en yakın DMİ Göztepe istasyonundan karışım yüksekliği ölçümleri yapılmamaktadır. Bu verileri elde edilmiş ancak, Dilovası bölgesini temsil etmediği düşünüldüğünden model girdisi olarak kullanılmamıştır. İnternet üzerinde NOAA'ya ait web sitesinden karışım yüksekliği tahminleri bütün dünyadaki her nokta için yapılmaktadır. Bu ölçüm verileri alınarak, bölgedeki rüzgâr hızı verileri ile karşılaştırılarak elde edilen grafiklerden karışım yüksekliği değerleri elde edilmiştir. Model dağılımı için bu meteorolojik parametreler kullanılmıştır.

Model dağılımları 6 x 4.5 km² ve 32.5 x 25 km² lik bir alanda gerçekleştirilmiştir. Model dağılımı uygulanırken tüm meteorolojik veriler için ortalama değer olan D stabilitesi kabulü yapılmıştır. Dağılım sonucu oluşan konsantrasyonlar, HKDYY EK-1 A ya göre geçiş dönemi 24 saatlik NO₂ cinsinden (KVS) 300 µg/m³ ve yıllık (UVS) 100 µg/m³ değerinin altında oluştuğu görülmüştür. Ancak HKDYY EK-1 deki hedef sınır değerler olan UVS 20 µg/m³ ve KVS 100 µg/m³ değerler için özellikle UVS'de konut bölgeleri üzerinde sınır değerlerin üzerinde oluştuğu gözlemlenmiştir. Bu durum yanma kaynaklı NO₂ emisyonları için geleceğe yönelik tedbir alınmasını gerektiren bir durum olduğunu göstermektedir.

Bölgedeki ölçüm istasyonları verileri ile model değerleri karşılaştırılması neticesinde, Dilovası ölçüm istasyonunda bulunan NO_x değerinin modelden elde edilen değerin 2.23 katı, DOSB ölçüm istasyonunda bulunan NO_x değerinin modelden elde edilen değerin 3.08 katı olduğu görülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre Dilovası istasyonunda oluşan NO_x değerleri DOSB istasyonunda oluşandan 1.45 kat büyüktür. Ancak bu oran tam tersi şekilde model sonuçlarına göre 0.48 olarak gerçekleşmiştir. Model dağılımı ile gerçek ölçümler arasında tutarsızlıklar oluşmuştur. Bu tutarsızlıklar envanter eksikliği, ortalama değerleri ifade D stabilitesinde yapılan çalışma, bölgede ara yollardaki ağır vasıta trafiğindeki yoğunluk ve ölçüm istasyonlarındaki ölçüm verilerinin güvenilebilirliği olarak açıklanabilir.

Bölgedeki ölçüm istasyonu verileri kullanılarak NO_x ile yer seviyesi ozon konsantrasyonları incelenmiştir. NO_x , ozon üretiminde tetikleyici bir kirlenici olmasına rağmen bölgede ozon konsantrasyonu düşük seviyelerde kaldığı görülmüştür.

EVALUATION OF OZONE PRECOURSORS NO_x EMISSIONS DISTRIBUTIONS IN DİLOVASI ÇANAĞI AMBIENT

SUMMARY

Some studies has exhibited that air pollution in Dilovası Çanağı has treated the human health. In this study, The effect on the region of Ozone precursor NO_x distributions as duirnal and annual for different seasons were examined and discussed by using EPA-ISCST3 and ISCLT3 models. Model distributions of concentration and concentration data of monitoring station belonging to KİÇOM were compared. In addition to that, observed hourly NO and NO₂ concentration data versus ozone data were examined as well.

NO_x emission sources over the region were summed as residantal areas, roads and industrial plants and predicted 6123 tons/y. emitted. The emission inventory search and emission factor calculation were used for the prediction of NO_x amount emitted by industries. In the region, NO_x emitted 5489 ton/y. by power generations plants, 433 tons/year by iron-stell production plants and 457 tons/y. by others plants were predicted. NO_x emitted 157.2 tons/y. by traffic using Corinair emission factors and 44.15 t/y by residential areas were predicted. Roads, residential areas, power generation and iron-steel production were entered to model programmes but other industrial plants were not entered.

The meteorology is the most important compenent for a ir pollution modelling. The meteorology data in the model study wew supplied from TUBİTAK-MAM observation station where the nearest to the region. The mixing height The One of the most important parameters for modelling is not mesured by this station. DMİ Göztepe observation station ,which is the nearest to the region, measure the mixing height paramter. The mixing height data were supplied from this station but the data was considered as not representative the Dilovası mixing heights. NOAA predicts the mixing height values all over the world. In this study, The mixing height values had extracted from NOAA national web site. This values were compared winds speed in the region. Mixing heights versus wind seed were graphed and read mixing height on graphes.

Model distrubtions had been stutied for 6 x 4.5 km² and 32.5 x 25 km² areas. D stability were assumed for modelling. The results of distrubtion concentration over region was under the limit value acoording to HKYDD (durnial limit value : 300 µg/m³ , annual limit value : 100 µg/m³). However according to HKYDD EK-1 annual limit target value is 20 µg/m³ and durnial limit target value is 100 µg/m³, in this sutiation over residential areas NO_x concentrartion is over the target limit value.

This means that for NO₂ emissions some precautions should be taken into the consideration for future.

At the result of comparison of the monitoring station in the Dilovası Çanağı data values and model distribution values Dilovası station NO_x data values and model NO_x values ratio is 2.23 and DOSD station NO_x values and model NO_x values ratio is 3.08. According to observed NO_x values, Dilovası values and DOSB values ratio is 1.45 but this ratio is contrast for model which is 0.48. There is inconsistency between model values and observed values. This situation can be explained as lack of inventory, average values D stability, the other byroad passing heavy duty truck and the trusty of observed values.

NO_x and surface ozone concentration were examined by using monitoring station (DOSB and Dilovası). It seemed that ozone concentration was low level although NO_x is a trigger for production of ozone.

1. GİRİŞ

Ülkemizde 20.yüzyıl ortalarında başlayan ve özellikle yüzyılın son çeyreğinde yaşanan hızlı sanayileşme, yoğun göç dalgası ve çarpık kentleşme sonucu başta büyükşehirler olmak üzere pek çok yerde çevre kirliliği büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevre kirliliği problemleri arasında hava kirliliği bir kez kaynaktan salındıktan sonra artık geri dönüşü olmaması, alıcı ortamdaki arınmasının mümkün olmaması ve kısa sürede geniş alanlara yayılarak büyük kitleleri etkilemesi gibi özelliklerinden ötürü özel bir öneme sahiptir. Ülkemizde özellikle kış aylarında evsel ısınma için kalitesiz yakıtların da kullanılması sonucu hava kirliliği daha yoğun olarak karşımıza çıkmakta, hatta zaman zaman tehlike sınırlarının aşıldığı da gözlenmektedir. Ayrıca Sanayi faaliyetlerinin düzensiz ve plansız büyümesi sonucunda yoğun sanayi faaliyet alanları oluşmuştur. Bu alanlarda kirletici emisyonla sebep olan faaliyetler neticesinde, kirletici yük ve konsantrasyon değerleri tehlikeli seviyelere ulaşmıştır. Günümüzde öncelikle insan sağlığını korumak ve gerektiğinde acil eylem planlarını ortaya koymak amacıyla öncelikle hava kirliliği açısından hassas olan bölgelerde hava kalitesi yönetimi çalışmaları zorunlu hale gelmiştir. Dilovası bölgesi sanayi üretimi ve imalatı açısından Türkiye'nin ve dünyanın önemli firmalarını bünyesinde bulundurmaktadır. Bu bölgenin topografik yapısı itibarıyla çanağı andıran bir yapıdadır. 2 tepe arasına kurulmuş olan sanayi tesisleri hava kirliliği açısından önem teşkil etmektedir. Sanayi tesisleri genellikle İş Yeri Açma ve Çalıştırma Yönetmeliği'ne göre 1. Sınıf Gayri Sıhhi Müesseseler olup ETKHKKY (Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği)'ye göre Liste-A da ki Kirletici Vasfı Yüksek Tesisler arasında yer almaktadır.

Bölge, çok sayıda sanayi tesisi bulunması sebebi ile yoğun göçe maruz kalmıştır. Yaklaşık 20 yıl öncesinde bu bölgede hiç konut bulunmazken zamanla sanayi faaliyetlerinin artması neticesinde yoğun konutlaşmanın olduğu bir bölge olmuştur. Bölge, konutlar ve sanayi ile iç içe girmiş vaziyette olup, sanayi faaliyetlerinin, insan sağlığına daha fazla etkide bulunduğu tahmin edilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı; Dilovası Çanağı'nda bulunan sanayi tesisleri ve konutlardaki yanma üniteleri ile bölgedeki yoğun taşıt trafiğinin eksoz emisyonlarından kaynaklanan ve ozon prekürsörleri olarak bilinen NO_x emisyonlarının, EPA-ISCST3 (Industrial Source Complex Short Term V.3) ve EPA-ISCLT3 (Industrial Source Complex Long Term V.3) modelleri kullanarak dağılımının incelenmesi, bölgede bulunan KİÇOM'a ait ölçüm istasyonlarından elde edilen değerler ile karşılaştırılması, NO_x konsantrasyonlarının bölge üzerinde etkilerinin tartışılması ve NO ve NO_2 konsantrasyonuna karşı ozon oluşumunun incelenmesidir.

1.2 Kapsam

Bu çalışma ;

- Bölgedeki konsantrasyon dağılımının belirlenmesinde gauss dağılım esası ile çalışan ISCLT3 ve ISCST3 modellerini kullanılmasını,
- Model dağılımları için gerekli olan bölgeye ait 2007 ve 2008 yılı meteorolojik parametrelerini (Karışma yüksekliği, sıcaklık, rüzgar hızı, rüzgar esme yönü, stabilite sınıfları)
- Bölgedeki trafik yoğunluğu, konut sayısı ve sanayi tesisleri sayısı ve emisyon değerlerini,
- NO_x kaynaklarının belirlenmesinde, envanter çalışması ve kullanılan emisyon faktörlerini
- DOSB ve Dilovası NO_x , NO ve O_3 parametrelerinin 2007 ve 2008 yılı saatlik ölçüm verilerini
- Dağılım konsantrasyonlarının HKDYY kapsamında değerlendirmesini

kapsamaktadır.

2. HAVA KİRLİLİĞİ

2.1 Tanım

Hava kirlenmesi, genel şekli ile insanların insanların çeşitli aktivitelerinden doğan ve sağlıklarının yanı sıra yararlı kaynakların da kirlenmesine sebebiyet veren kirleticilerin atmosfere karışmasıdır. Diğer bir ifadeyle hava kirlenmesi atmosferde canlıların sağlığına zarar verecek miktar ve sürede kirleticilerin birinin ya da daha fazlasının bir arada bulunması şeklinde tanımlanır.

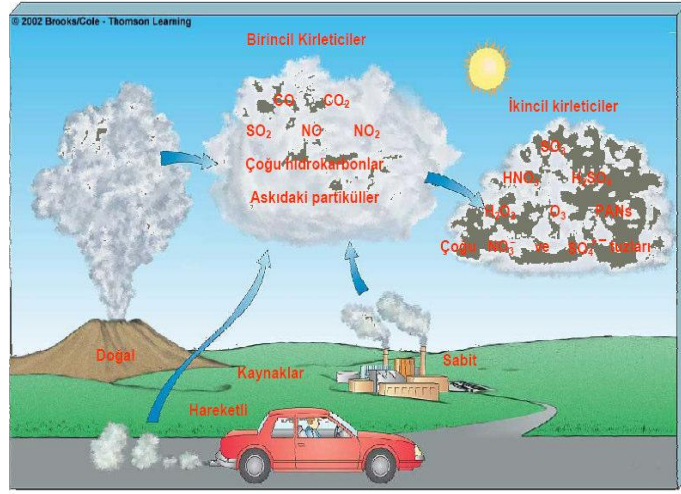
Atmosfer, gazların ve partiküllerin karışımından oluşur. Bir hava kirleticisi, genellikle, havanın içinde, insanlara, ekosistemlere (hayvan ve bitkiler) veya malzemelere (örneğin bina ve anıtlar) zarar verecek kadar yüksek konsantrasyonlarda bulunan ve görüş mesafesini düşüren herhangi bir madde olarak tanımlanır. Atmosferin bileşimi Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Hızlı kentleşme, motorlu araçların sayısındaki önemli artışlar ve ekonomik gelişme süreçleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki kentsel yerleşim alanlarındaki büyük bir hava kirliliği sorunu yaratmıştır. Bu konuda birçok kentte (örneğin Avrupa ve Kuzey Amerika kentleri ile Bangkok, Kahire, Meksiko, Santiago gibi gelişmekte olan kentler) hava kirliliği ile ilgili olarak kapsamlı ve karşılaştırmalı risk değerlendirme ve sağlık etkileri çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmalarda genel olarak insan sağlığına en büyük etkinin havada asılı halde bulunan çok küçük – aerodinamik çapı 10 mikron ve daha düşük, yani PM_{10} ve daha alt sınıflara ait-partiküllerden ve kurşundan kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Sağlık etkileri bakımından incelenmesi gereken diğer kirleticiler ise özellikle küçük partiküllerde birikimi, asit yağmurları ve uzun erimli çevresel hasarları bakımından kükürt dioksit (SO_2), uygunsuz topografik koşullara sahip koşullara sahip sıcak ve güneşli yerlerdeki karmaşık etkiler bakımından ozon (O_3), birçoğu kanserojen olarak tanımlanmış uçucu organik bileşikler (VOC), ozon oluşumuna katkıları bakımından azot oksitler (NO_x) karbon monoksit (CO) olarak sayılabilir.

Çizelge 2.1 : Atmosferin doğal bileşimi

Bileşen	Hacim	Konsantrasyon, (ppm)
Azot	78,084±0,004	780,900
Oksijen	20,940±0,004	209,400
Argon	0,934±0,001	9,300
Karbon dioksit	0,033±0,001	315
Neon		18
Helyum		5,2
Metan		1,5
Kripton		0,5
Hidrojen		0,5
Ksenon		0,08
Azot dioksit		0,02
Ozon		0,01-0,04

Bunların dışında havada %1-3 oranında su buharı ve çok az miktarda kükürt dioksit, formaldehit, iyot, sodyum klorür, amonyak, karbon monoksit, toz ve polenler bulunur. Çizelge 2.1’ de görüldüğü gibi örneğin metan hem bir kirletici, hem de havanın doğal bileşiminde yer almaktadır. Hava kirlenmesi kavramı içinde yer alan temel bileşenler başlıca “kirletici kaynak, atmosfer (alıcı ortam) ve etkilenenler” şeklinde sıralanabilir (Şekil 2.1). Bunların her biri hem karakterizasyon hem de kontrol bakımından son derece karmaşık ve çözümü güç olan sistemlerdir. Diğer taraftan hava kirlenmesinin şehirleşme nedeniyle bölgesel olarak boyutlarının artması yanında global ölçekte ozon tabakası gibi sorunların oluşması hava kirlenmesinin günümüzün öncelikli çevre sorunu haline getirmiştir. Hava kirlenmesinin yarattığı çok sayıda olay ve buna karşı çeşitli önlemler hava kirlenmesinin tarihçesinde önem taşır. Bunlardan başlıcaları Çizelge 2.2’de verilmiştir.



Şekil 2.1 : Kirlenici kaynaklarının doğaya salınımları ve oluşumları

Çizelge 2.2 : Hava Kirlenmesinin Tarihçesi

Olay	Yer	Yıl	Etki/Önem
•Kömür yakılması	•Londra	1272	Kral Edward kömür yakılmasını yasakladı
•Artma Kirlenme	•Londra	1661	John Evelyn ilk hava kirlenmesi ile ilgili kitabı yazdı
•Buharlı otomobil kirlenmesi	•A.B.D	1895	Otomobillerden görünür duman çıkması yasaklandı
•SO ₂ kirlenmesi	•Meuse vadisi Belçika	1930	63 den fazla ölüm ve solunum yolu ve göz tahrişi şikayetleri
•H ₂ S kirlenmesi	•Donara A.B.D.	1948	20 den fazla ölüm ve çok sayıda hasta
•SO ₂ ve PM kirlenmesi	•Poza Rice Meksika	1950	22 den fazla ölüm 320 hastane vakası
•SO ₂ ve PM kirlenmesi	•Londra	1952	4000 fazla ölüm
	•New York	1966	168 den fazla ölüm

2.1 Yayınım Kaynakları

Hava kirleticileri genel olarak kaynaklarına göre sınıflandırılırlar: atmosfere doğrudan salınan kirleticiler **birincil kirleticiler**; atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşanlar ise **ikincil kirleticiler** olarak adlandırılır.

İkincil kirleticilerin kontrolü, birincil kirleticilerin kontrolüne nazaran genellikle daha sordur, zira bu kirleticilerin atmosferdeki varlıklarının denetimi ve azaltılması, bu tür maddelerin oluşumuna yol öncül kimyasalların tanımlanması ve kaynaklarının belirlenmesi ile havadaki ikincil kirleticilerin oluşumuna yol açan spesifik reaksiyonların aydınlatılmasını gerektirir. Hatta bu çalışmalar, ikincil kirletici oluşumuna yol açan kimyasal reaksiyonlar, öncüller arasında kompleks etkileşimlerin bulunduğu durumlarda daha da karmaşık bir hal alır. Öyle ki, bazı koşullarda, öncül kirleticilerin yayınımlarının azaltılması ile ikincil kirleticinin havadaki konsantrasyonlarının düşürülmesi arasında doğrudan bir ilişki bulunmayabilir. Yer seviyesindeki ozon (O_3) örneğin, bu türden bir ikincil olarak, azot oksitler (NO_x) ile uçucu organiklerin (VOC'lar) güneş ışığı altındaki reaksiyonları sonucu oluşur. Bazı durumlarda O_3 konsantrasyonlarının azaltılması, hem NO_x hem de VOC yayınımlarının kontrolü ile mümkün olurken, bazı durumlarda ise NO_x ya da VOC'ların herhangi birinin kontrolü daha iyi sonuç verebilmektedir. Aynı durum havada asılı halde bulunan partikül maddeler (PM) içinde geçerlidir. Bunlar, 1)- çapları $0.1 \mu m$ ' den küçük ultra-ince partiküller, 2)- çapları 0.1 ila birkaç mikrometre arasında değişen ve genellikle sülfat, nitrat, organik ve metal bileşiklerinden oluşan ince partiküller ve 3)- çapları daha büyük ve çoğunlukla toz ve deniz tuzlarından oluşan daha kaba partiküllerin heterojen bir karışımından oluşmuş, katı veya sıvı formdaki partiküllerdir.

Partiküller (PM), birincil kirletici olarak, fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere atılırlar. Öte yandan, PM, ikincil kirletici olarak da, kükürt dioksitin (SO_2) atmosfere oksidasyona uğrayarak gaz halinden sülfat partikülü şekline dönüşmesi prosesi gibi çeşitli proseslerle de oluşabilmektedir. İkincil PM'in oluşmasına yol açan reaksiyonlar, sıklıkla havadaki mevcut birincil PM konsantrasyonuna ve bileşimine bağlı azaltılması, bu PM'in diğer bileşenlerinin konsantrasyonlarını etkilemeyecek, hatta bazı özel durumlarda, arttırabilecektir. Genel olarak, hava kirliliği ile ilgili yasa ve düzenlemelerde kirleticiler birbirlerinden bağımsız olarak ele alınırsa da, genel

olarak kirleticilerin birbirleriyle ilişki ve etkileşimleri söz konusudur. Örneğin, çoğu kirleticiler atmosfere benzer ya da aynı yayılım kaynaklarından atılırlar. Dahası, atmosferde, benzer öncüllere ve kimyasal reaksiyonlara sahiptir. örneğin reaksiyona girerek O_3 oluşturan VOC'lar ve HAP'lar ayrıca ikincil PM' in öncülleri ya da bileşenleri olabilirler. Benzer şekilde NO_x 'ler de atmosferde, kontrollerini zorlaştıran çok sayıda karmaşık reaksiyona girebilmektedirler. Aşağıdaki Çizelge 2.3'de gaz ve diğer yakıtların yanmasıyla oluşan azot oksitlerin ışıkla birleşmek suretiyle oluşturduğu ikincil kirleticiler görülmektedir.

Çizelge 2.3 : İkincil kirleticilerin oluşumu

Aşamalar	Reaksiyon	Oluşan Ürün
1	$NO_2 + \text{Işık}$	$NO + O$
2	$O + O_2$	O_3 (Ozon)
3	$O_3 + NO$	$NO_2 + O_2$
4	$O + HC$	HCO
5	$HCO + O_2$	HCO_3
6	$HCO_3 + HC$	Aldehitler, ketonlar vs.
7	$HCO_3 + NO$	$HCO_2 + NO_2$
8	$HCO_3 + O_2$	$O_3 + HCO_2$
9	$HCO_x + NO_2$	Peroksil nitratlar

İnsan etkinliklerinden kaynaklanan hava kirliliğinin kaynakları, genellikle iki tür olarak ele alınabilir: sabit ve hareketli kaynaklar. Sabit kaynaklar, kendi aralarında; 1)- tarımsal üretim, madencilik ve tas ocağı etkinlikleri gibi kırsal alan kaynakları, 2)- kimyasalların üretimi, metal sanayi, enerji üretimi, endüstriyel atık yakma vb. endüstriyel nokta ve alan kaynaklar ve 3)- ev ve binaların ısıtılması gibi toplumsal kaynaklar şeklinde üç ayrı grupta incelenebilir. Hareketli kaynaklar ise yanmalı motor içeren tüm araçları kapsamakta olup benzinli ve motorinli araçlar, motosikletler, uçaklar, deniz taşıtları ve demiryolu araçları gibi pek çok aracı tanımlar. Ek olarak, erozyona uğramış ya da topraklı alanlardan, volkanlardan çıkan toz ve gazlar, belirli bitkilerden havaya salınan polen, bakteri, spor ve virüsler vb. kirleticileri kapsayan doğal kirlilik kaynakları da sayılmalıdır. İnsan kaynaklı (antropojenik) hava kirliliği, genellikle büyüklü küçüklü sabit (endüstriler, güç santralleri, yakma tesisleri, evlerde ısınma amaçlı olarak kullanılan kazan ve sobalar

vb.) ve hareketli (motorlu araçlar, diğer ulaşım araçları vb.) yayının kaynakları nedeniyle oluşur.

Bu kaynakların çoğu, enerji üretimi ve tüketimi ile, özellikle de fosil yakıtlarla yakın iliksi içindedir. Güç santralleri ve endüstriyel tesislerin yanı sıra, başta ağır Fuel oil, biyokütle ve kömür olmak üzere, fosil yakıtların evsel amaçlı kullanımı da, önemli bir partikül madde ve SO₂ kaynağı olarak dikkate alınmalıdır. Aynı şekilde trafik de, özellikle trafiğin yoğun, motorlu araçların eski ve bakımsız, kullanılan yakıtın da düşük kalitede olduğu bölgelerde büyük bir partikül, VOC, NO_x ve CO kaynağıdır. Ek olarak, kurşunlu benzinlerin hala kullanıldığı yörelerde trafiğin, atmosferdeki kursun konsantrasyonlarının % 80-90'ının kaynağı olduğu da belirtilmelidir. Yer yüzeyindeki ozon oluşumunda ise, doğal ve antropojenik kaynakların rolleri eşit derecede önemlidir. Atmosferik VOC düzeyleri ile ilgili olarak ise, ağaç ve yapraklardan çıkan biyojenik yayınımlar ile trafik yayınımları en büyük kaynaklardır. Aynı şekilde, doğal, hareketli ve durağan yanma kaynakları da, havadaki azot oksit varlığının büyük bir kısmını oluştururlar. Motorlu araçlar, CO yayınımlarının da en önemli kaynağıdır.

1.1 Kirletici Özellikleri, Kaynakları, İnsan Sağlığına Etkileri

Bazı önemli hava kirleticilerinin özellikleri, kaynakları ve insan sağlığına etkileri aşağıda verilmiştir.

1.1.1 Karbon monoksit

Yerleşim bölgelerinde en çok rastlanan kirletici gazlardan birisi olan karbon monoksit kokusuz, renksiz ve zehirli bir gazdır. Oldukça stabil bir gaz olup, atmosferde kalma süresi 2-4 aydır. Bu gaz, içten yanmalı motorların egzoz gazları ile tam yanmayan yakıtlardan bol miktarlarda üretilmektedir. Normal egzoz gazında % 3-4 , iyi yakılmayan yakıt gazında % 7 düzeyinde bulunmaktadır. Başlıca troposferik CO kaynakları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Troposferik CO kaynakları

KAYNAKLAR	10 ⁶ ton/yıl
1) Doğal Kaynaklar	920
2) İnsan Faaliyetleri	
a) Fosil yakıtların kullanılması	500
b) Tarımsal faaliyetler	775
c) CH ₄ 'ın fotokimyasal oksidantı	75
d) Org. Bileşiklerin fotokimyasal oksidantı	50
e) Odun yakılması	90

Çizelgeden de görüldüğü gibi doğal kaynaklardan her yıl 920 milyon ton CO ve insan faaliyetleri sonucu 1490 milyon ton CO troposfere salınmaktadır. İnsanlar için sınır CO düzeyi 50 ppm olarak bildirilmiştir (Karagöz, 2003).

Etkileri:

750 ppm'lik CO konsantrasyonu ise kesin ölümlere yol açmaktadır. Karbon monoksit çevre havasında bitki ve diğer malzemeler üzerinde bariz bit etkiye yol açmayacak konsantrasyonlarda bulunur. Yüksek konsantrasyonlarda hemoglobine aşırı ilgisi nedeni ile insan sağlığı üzerinde tehlikeli sonuçlara sebep olabilir. Bilindiği gibi hemoglobin kanda bulunan ve oksijen transferi sağlayan bir bileşiktir. Karbon monoksit hemoglobin (Hb) ile karboksihemoglobin (COHb) verecek şekilde reaksiyona girer ve böylece kanın oksijen taşıma kabiliyeti azalır. Hemoglobinin karbon monoksite ilgisi, oksijene ilgisinden 200 kez daha büyüktür. Bu yüzden karbon monoksit, düşük konsantrasyonlarda bile oksijen taşımamını hızla azaltır. Karbon monoksite maruz kalmış insanlarda gözlenen sağlık etkileri Çizelge 2.5 'de verilmiştir. COHb seviyesindeki artış, etkinin daha da önem kazanmasına yol açar (Tunay,1996).

Çizelge 2.5 : CO' nun İnsan Sağlığına Etkileri

COHb Seviyesi, %	Görünen Etkileri
1.0 den az 1.0-2.0 2.0-5.0	Tesir yok Davranış bozuklukları Merkezi sinir sisteminin etkilenmesi; zaman kavramının bozulması, görüş niteliği ve parlaklığın azalması ve belirli diğer psikomotor fonksiyonların azalması
5.0 den büyük 10.0-80.0	Kalp ve akciğer fonksiyonlarının değişimi Başarı, yorgunluk, uyuşukluk, koma, solunum durması, ölüm

1.1.2 Hidrokarbonlar

Gaz halindeki hidrokarbonların doğrudan etkileri yerine atmosferdeki fotokimyasal reaksiyon ürünleri büyük önem taşır. Daha büyük moleküler halinde bulunan ve katran, zift gibi sıvı- katı fazlarda olan (yanmamış) hidrokarbonlar ise kanser yapıcı oldukları kuşkusuyla üzerinde çok sayıda araştırma yapılan kirleticilerdir. Petrol veya kömür kaynaklı kirleticiler olan polinükleer aromatik hidrokarbonlar ise, çok az miktarlarda havada bulunsalar bile şiddetli kanserojen olmaları sebebiyle önemli üzerinde durmak gerekir. Doğrudan etkisi bilinen tek organik gaz kirletici etilendir. Kirlenme nedeniyle görüş mesafesi azalması, bulanıklık, renkli gazlar ve ince aerosoller nedeniyle olmaktadır. Ayrıca ince aerosollerin çekirdek görevi üstlenmesiyle yoğunlaşan hava nemi de doğal olmayan sislerin oluşmasına neden olur. Kısaca bu iki etkinin birleşmesiyle oluşan smog kendisini oluşturan etkinin oksitleyici maddeler ile hidrokarbonlar arasında meydana gelen ve gün ışığı ile ilişkili fotokimyasal reaksiyonlar olması halinde fotokimyasal smog oluşur. Kent üzerinde sabah inversiyonunun etkisiyle yükselip seyrelme fırsatı bulamamış hidrokarbonlar, azot oksitler, metal tozları vb. hava kirleticiler bakımından zengin hava kütesinde, sabah erken saatlerinde başlayan kızıl- kahve renkli bir sis oluşur. Bu esnada sırasıyla şu reaksiyonlar görülür:

- Sabah trafiğinin vb. kaynaklardan giderek artan NO, NO₂ ve hidrokarbonların yayınlanması
- Güneş ışınlarının kirletici madde moleküllerince absorblanması
- NO' un tüketilerek oksitleyici maddelerin artması

- Hidrokarbonların oksitlenmesi

-Dağılma hidrokarbon yayınının en önemli kaynağı benzinli motorlardan olmaktadır. Yakılan benzinin içeriğinde üretildiği ham petrolün yapısına bağlı olmak üzere karbonlu doymuş hidrokarbonlar bulunur. Alifatik C₇H₁₆ (heptan)- C₁₂H₂₂ (dekan) arasındaki doymuş parafinik (düz zincirli) grupların yanı sıra, halkalı (aromatik) hidrokarbonlardan oluşan benzine ayrıca önleyici (anti-knock) olarak genellikle tetraetil kurşun gibi maddelerde eklenir. Böylece atmosferde oluşan fotokimyasal smog olaylarında son ürünlerin alkil mi, yoksa mı olacağını benzinin bileşimi belirler. Los Angeles tipi hava kirlenmesi olarak da tanınan fotokimyasal sisin en kuvvetli göstergesi ozon seviyesindeki artıştır (Karagöz 2003).

Etkileri:

İnsan sağlığı üzerine yüksek reaktifler nedeniyle zararlı etki yaparlar. Bu etki kendini göz yaşarması, solunum yolları mukozasının tahrişi ve sinir sisteminin etkilenmesiyle konsantrasyon bozukluğu şeklinde kendini gösterir.

1.1.2 Kurşun

Havadan gelen kurşunun başlıca kaynakları, motorlu taşıtlarda kullanılan kurşunlu benzin, katı atıkların yakılması ve batarya imalatları gibi üretim tesisleridir. Kurşunun büyük bir kısmı otomobil endüstrisinde kullanılır. Pil ve benzin katkısı olarak kullanılan tetraetil ve tetrametil önemli kurşun kaynaklarıdır. Daha az düzeylerde de, tarımsal alanda kullanılan pestisitler, kurşun üretimi ve işlemleri, matbaacılık, badana, boya, diğer bazı endüstriyel işlemler esnasında da kurşun açığa çıkmaktadır.

Etkileri:

Özellikle solunum yoluyla çok az miktarlarda dahi akciğerlere giren kurşunun kısa bir süre içerisinde zehir etkisi yarattığı bildirilmiştir. Nefes alma yolu solunum sistemine girdikten sonra bir kısmı doğrudan kana karışır, bir kısmı da akciğerlerdeki mekanizmaları vasıtasıyla mide-bağırsak sistemine girer. Beyin, böbrek gibi çeşitli organlarda birikerek sinir sistemi ve böbrek fonksiyonunu olumsuz etkiler ve hemoglobin sentezini etkiler. Bilhassa çocuklarda kurşuna karşı hassasiyet daha fazladır. Kurşunun yol açtığı olumsuz etkilerden önemli olanları, kurşun felci, duyu

organlarındaki sakatlıkları sindirim sistemi bozukluklarıdır. İnsanlarda aşırı kurşun birikimi gençlerde beyinsel bozukluklara ve aşırı hırçınlığa yol açmaktadır. Bitkilerdeki Pb miktarı ve bitkilerin Pb alımları insan sağlığı açısından doğrudan bir öneme sahiptir. Bazı bitki türleri için Pb toksisite düzeyi oldukça yüksektir. Bu tür bitkiler sağlıklı göründükleri ve zehirlenme belirtileri göstermedikleri için insan tüketiminde tehlikeler yaratabilir (Karagöz 2003).

1.1.3 Azot oksitler

Partiküller ve kükürt oksitler gibi azot oksitler yanma sonucunda meydana gelen en birincil kirleticilerdendir. Azot oksitler yanmanın tüm şekillerinde meydana gelmektedir. Azot oksitler altı farklı gazın bir karışımıdır ve topluca NO_x olarak bilinirler. Bunlar; azot monoksit (NO), azot dioksit (NO₂), nitrozoksit (N₂O), azot sasquioksit (N₂O₄), azot tetraoksit (N₂O₄), ve azot pentoksit (N₂O₅) dir. Hava kirliliğinde azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) büyük önem taşırlar ve sadece bu iki azot oksit türü atmosfere büyük miktarlarda verilir. Havadan daha ağır olan NO₂ suda hızla çözünür, nitrik asit oluşur.



Nitrik ve nitroz asit yağışlarla yeryüzüne düşer veya atmosferdeki amonyakla birleşerek amonyum nitrat oluştururlar (NH₄ NO₃). Bu durumda NO₂ bitkiler için gübre görevi görür. NO₂ aynı zamanda güneş ışıklarının ultraviyole bölümünün iyi bir absorplayıcısı olduğu ozon (O₃) gibi ikincil hava kirleticilerinin oluşumunda önemli rol oynar.

Azot monoksitler (NO) atmosfere NO₂ den çok daha büyük miktarlarda deşarj edilir. NO, yanma proseslerinde atmosferik N₂ ile O₂’nin reaksiyonundan meydana gelir.



NO relatif olarak inert bir gazdır ve orta derecede toksik etkiye sahiptir. NO ve CO’ e benzer şekilde kandaki hemoglobine birleşir ve kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltır.

Azot oksitler daha çok asit fabrikaları tarafından atmosfere salınmaktadır. Ayrıca patlayıcı madde üretimi, bazı boya çeşitlerinin imali ve diğer bazı kimya

sanayisinden de azot oksitler açığa çıkmaktadır. Söz konusu endüstri bölgelerindeki atmosferde görülen kahverengi bulutların NO₂'den ileri geldiği bildirilmektedir. Renksiz bir gaz olan NO, çok kolay bir şekilde oksitlenmek suretiyle NO₂' e dönüşebilir. NO₂; kırmızı kahve renkli, keskin ve nahoş kokulu, kuvvetli bir zehir etkisinde bir gazdır. Başlıca azot oksit kaynakları Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6 : Azot oksit kaynakları (Karagöz 2003)

Kaynaklar	10⁶ton/yıl
Doğal kaynaklar	19
İnsan faaliyetleri	
a) Fosil yakıtların kullanılması	
-Enerji kazancı	11
-Taşımacılık	9
b) Tarımsal faaliyetler	
-Biyokütlenin yanması	7
-Organik gübreler	2
-İnorganik gübreler	2

Tablodan görüldüğü gibi küresel kaynaklardan ileri gelen NO_x emisyonu 50 milyon ton olarak saptanmıştır. Bunun 19 milyon tonu doğal kaynaklardan, 31 milyonu ise insani faaliyetlerden ileri gelmektedir.

Etkileri:

Çevre havasında NO konsantrasyonu 1.22 mg/m³ (1 ppm) den düşüktür ve sağlık üzerinde tehlikeli bir etkiye yol açmazlar. NO hızla NO₂' e oksitlenir. NO₂ önemli biyolojik etkilere sahiptir.

NO₂ akciğer alveollerinde iritasyona yol açar. Solunum sisteminin kısa süreli NO₂' ye maruz kalması sonucunda oluşan etkiler Çizelge 2.7' de özetlenmiştir.

Çizelge 2.7 : Azot Dioksit ve Sağlık Üzerindeki Etkileri (Tunay, 1996)

Etkiler	NO ₂ Konsantrasyonu		
	mg/m ³	ppm	Etki için süre
Koku eşiği	0.23	0.12	Ani
Karanlığa adaptasyon için eşik	0.14	0.075	Bilinmiyor
Artan solunum yolu direnci	0.50	0.26	Bilinmiyor
	1.3-3.8	0.7-22.0	20 dak. (1)
	3.0-3.8	1.6-2.0	15 dak.
	2.8	1.5	45 dak. (2)
	3.8	2.0	45 dak. (3)
	5.6	3.0	45 dak (4)
	7.5-9.4	4.0-5.0	40 dak (5)
	9.4	5.0	15 dak.
Akciğer Difüzyon Kapasitesinde Azalma	11.3-75.2	6.0-40.0	5 dak.
	7.5-9.4	4.5-5	15 dak.

Kısa süreli hayvan testlerinde 6.6 mg/m³ (3.5. ppm)' e kadar 2 saat maruz kalma ile solunum sistemi mikroplarına karşı direnç azalmaktadır. Gönüllülerle yapılan deneylerde 9.4 mg/m³ (5 ppm) NO₂' ye 10 dakika maruz kalınması önemli ancak geçici olarak solunum yollarında hava hareketlerine karşı rezistansın yükselmesine yol açmaktadır. 47-141 mg/m³ (25-75 ppm) konsantrasyonlar tekrarlanabilen pnömoniye yol açabilirler. 285 mg/m³ (150 ppm) gibi bir NO₂ seviyesine maruz kalma ölüme neden olur.

2.3.4.1 Azot Oksitlerin Oluşum Mekanizmaları

Bilinen yakıtların yakılması esnasında azot oksitler (NO ve NO₂) iki şekilde oluşmaktadır. Biri yüksek sıcaklıkta yanma havası içindeki moleküler azotun oksidasyonu ile buna "Termal NO_x" oluşumu adı verilmektedir, diğeri de yakıt bünyesindeki azotlu bileşiklerin oksidasyonudur ve buna da "Yakıt NO_x' i" adı verilmektedir.

Termal NO_x oluşumundan aktivasyon enerjisi çok önemli bir etkiye sahip olduğundan bu tür NO_x oluşumun sıcaklığına çok bağımlıdır ve pik alev sıcaklıklarında gerçekleşmektedir. Yüksek sıcaklık ve yüksek O₂ konsantrasyonu NO oluşumunu teşvik etmektedir. NO_x kontrol teknolojisi bu iki değişkenden birini veya ikisini aynı anda kontrole yönelmektedir. Yakıt molekülündeki kimyasal olarak bağlı

azot bileşiklerinin oksidasyonu “yakıt NO_x ’i’ni oluşturmaktadır. Fosil yakıtlarda azotlu organiklerin oranı sıvı ve katı yakıtlarda %0.5-3.0 oranındaki doğal gazda ise ihmal edilebilir oranda bulunmaktadır. Azotlu organik bileşiklerin artması ile yakıt NO_x ’ i de artmaktadır. Ağır fuel oil ve kömürün yanması esasında oluşan NO_x ’ in %50-90’ ı yakıt NO_x ’ i orijinelidir. Bunu etkileyen en önemli husus yakıtta bağlı azotun oksijen kullanma kabiliyetidir. Zira atmosferik N_2 oldukça stabildir (bağ parçalanma enerjisi 225 kCal/mol arasındadır). Oysa yakıtta bağlı N için bu miktar 60 – 150 kCal/mol arasındadır. Bundan dolayı yakıtta bağlı N’ un aktivasyon enerjisi moleküler N_2 ’a göre oldukça düşüktür. Sonuçta bu tür azot hava oksijeni ile sıcaklığa bağlı olmaksızın hızla birleşebilmektedir.

Yakıt azotundan kaynaklanan NO_x oluşumu yakıt/hava oranından kuvvete etkilenmektedir. Zayıf ve stokiometrik şartlarda yüksek oranda NO_x oluşurken zengin alev şartlarında düşük oranda NO_x oluşmaktadır. Yakıt NO_x ’ inin oluşumu üzerinde hidrokarbon oksidasyonunun da etkisinin mevcudiyeti, kinetiği daha karmaşık bir yapıya kavuşturmaktadır.

Termal NO_x , O_2 , N_2 - N_2 karışımından yüksek sıcaklıklarda oluşmaktadır. 4500 °K’ın üstündeki sıcaklıklarda moleküler N_2 önemli ölçüde atomik N’ a parçalanmaktadır.

2.3.5 Fotokimyasal oluşumlar ve ozon

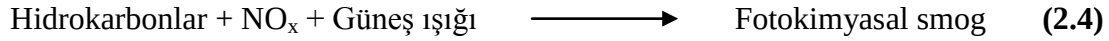
Atmosfer, yapısı itibariyle fotokimyasal bir olay için bir zemin oluşturabilmektedir. Bu suretle ortaya çıkan fotokimyasal bir olay iki temel koşula dayanır. Bunlar:

- Bir molekülün aktif hale gelebilmesi için ışığın absorblanması ve
- Bir fotonun absorblanması suretiyle de bir molekülün aktif hale gelmesidir.

Fotokimyasal oluşumların en önemli bir özelliği de fotokimyasal reaksiyonda değişime uğrayan madde miktarının daima absorblanan ışık miktarı ile orantılı olmasıdır. Bu durum aynı zamanda kimyasal reaksiyonun verimini de ilgilendirir. Böylece kimyasal reaksiyon ile birim zamanda meydana gelen molekül sayısı, birim zamanda absorblanan foton sayısına orantılı olacaktır. Yazın meydana gelen fotokimyasal smogun sebebi araç emisyonları ve etkin güneş radyasyonudur. Ancak bu durum kış mevsiminde kömür gibi kükürt içerikli yakıtların yanması sonrasında meydana gelen smog’dan oldukça farklıdır (Zanetti, 1990). Sık sık fotokimyasal smog ile karıştırılan smog ise duman ve sis’ in birleşiminden ortaya çıkan bir hava

kirliliği türüdür. Orijini itibariyle smogdan farklı olan fotokimyasal smog ise, etkin güneş enerjisi altında reaktif hidrokarbonların azot dioksit ile absorpsiyonu suretiyle meydana gelir. Hidrokarbonların genellikle motorlu araçların egzostlarından azot oksitlerle beraber çıkarmaları nedeniyle fotokimyasal smog yaz mevsiminin tipik bir kirlenme şekli olarak kabul edilmektedir. Fotokimyasal smog basit olarak aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir.

Buna göre;



Fotokimyasal reaksiyon zinciri incelendiğinde bu reaksiyonların en önemli yayının NO_x olduğu görülür. Böyle bir reaksiyon doğal olarak bir yanma olayı ile başlayacaktır. Yani diğer bir deyişle azot ve oksijen birleşerek NO'yu oluşturacaktır.



Bu eşitlik ile meydana gelen nitrik oksit de havanın oksijeni ile birleşerek NO_2 haline dönüşecektir.



Eğer bu ortamda yeterli şiddette güneş radyasyonu var ise bu durumda NO_2 fotolize olarak nitrik oksit ve serbest atomik oksijenin çıkmasına yol açacaktır.



Bu reaksiyonda $h\nu$ 0.38 μ ' den küçük bir fotonu temsil etmektedir. Bu serbest oksijen atomu mevcut oksijen molekülleri ile reaksiyona girerek keskin kokulu ve renksiz ozon gazının oluşumunu sağlar.



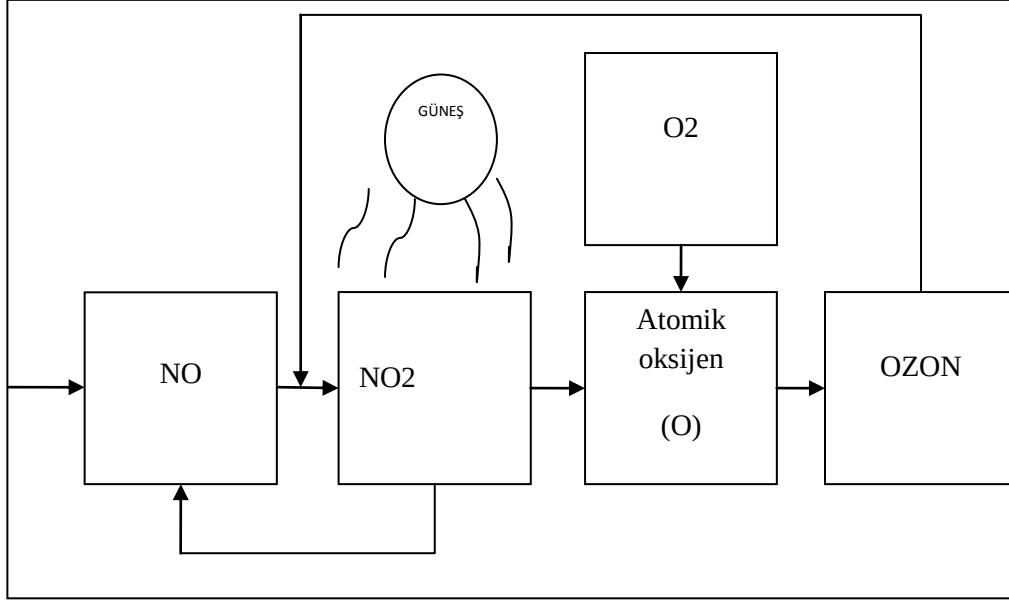
Burada M, reaksiyondan doğan enerjiyi absorblayacak bir molekülü göstermektedir. Açığa çıkan ozon daha sonra NO'yu aşağıdaki şekilde NO_2 haline dönüştürür.



Hidrokarbonların göz önüne almadan meydana gelen bu tür reaksiyonlar şekil olarak basit bir fotolitik çevrim ile Şekil 2.2' de gösterilmiştir.

Bu reaksiyonların çalışma şekline bakıldığında trafik kaynaklı NO' nun NO_2 haline geleceği ve bu esnada NO seviyelerinde azalma, NO_2 seviyelerinde artma olacağı

görülmektedir. Özellikle güneş radyasyonunun öğle saatleri civarında en yüksek şiddetine ulaşacağı göz önüne alınırsa bu saatlerde NO₂'nin fotolizi artacak ve böylece NO₂ seviyesi düşmeye başlarken O₃ yükselecektir.



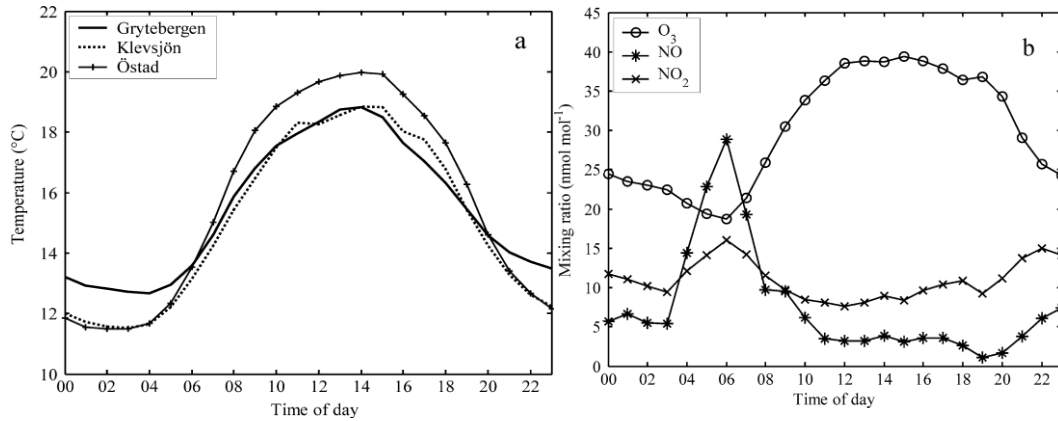
Şekil 2.2 : Atmosferde Azotun Fotolitik Çevrimi

Yukarıdaki çevrim içerisindeki hidrokarbonların dahil edildiğinde ise ozon seviyesindeki artışı açıklamak daha anlaşılır olacaktır. Başlıca olarak metan, etan ve propandan oluşan alkan serisi hidrokarbonlar içerisinde önemli bir yere sahiptir. Alkanlar genel şekli ile C_nH_{2n+2} olarak gösterilir. Alkandan bir hidrojen alınırsa C_nH_{2n+1} ile gösterilen meydana gelir. Basit olarak R. ile de gösterilen bu grup içerisinde en çok bilinenler olarak metil (CH₃) ile etil (C₂H₅) olarak gösterilebilir. Bir alkil ve hidrojen atomu ile birleşen karbonil aldehit şeklini almaktadır. Kısaca RCHO ile gösterilen aldehitlerin en basit de formaldehittir. (HCHO). Daha karmaşık bir aldehit de akrolein adıyla bilinir. Atmosferik organik kimyanın anlaşılmasında anahtar rolü oynayan bir madde ise OH radikalidir. Atmosferdeki konsantrasyonları çok düşük olduğu bilinen OH radikali son derece aktiftir. OH radikali özellikle NO₂'nin oksidasyonu ile nitrit asit haline dönüşmesi, CO'nun CO₂ haline dönüşmesi gibi reaksiyonlarda anahtar rol oynamaktadır. RH hidrokarbon olarak tanımlandığında,



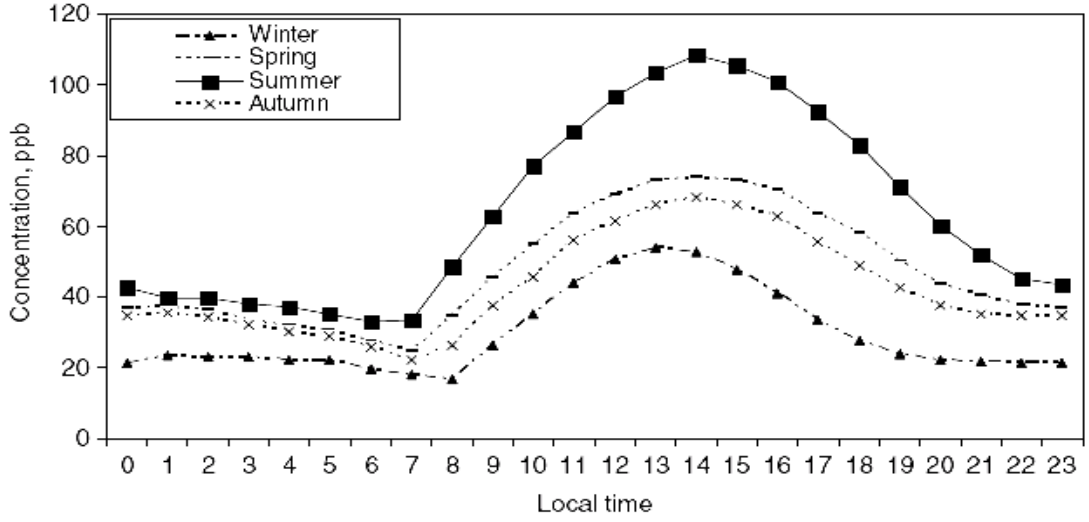
Elde edilir. Bu reaksiyonlar, hidrokarbonlar NO' nun NO₂' ye dönüşmesini ve böylece de O₃ oluşumuna yardımcı olmasını da açıklamaktadır. Sonuç olarak bir hidrokarbon molekül iki molekül NO' yu NO₂' ye dönüştürmektedir.

Böylece azot oksitlerle beraber bulunan hidrokarbonlar bir dizi reaksiyon ile NO' yu oksitleyerek NO₂ haline getirmekte; hidrokarbonları oksidasyona uğratmakta ve ozon formasyonuna da ulaşılmaktadır.



Şekil 2.3 : Güneybatı İsveç' de (Gothenburg' un 40 km güneydoğusu) günlük sıcaklık değişimi (a), ozon, NO₂ ve NO değişimi (b) (Sundberg vd, 2005)

İsveç'te 24 Haziran – 10 Eylül 2004 tarihleri arasında yapılan ölçümlerin ortalama değerlerinin görüldüğü Şekil 2.3'de, ozon prekürsörleri olan NO ve NO₂ nin gün içerisinde ozon oluşumuna sebebiyet vererek ozon konsantrasyonlarını arttırdığı anlaşılmaktadır. Bu olayın, gün içerisindeki sıcaklık değişiminden kaynaklandığı ve öğle vakitlerinde sıcaklığın en yüksek olduğu vakitlerde O₃ oluşumunun arttığı söylenebilir.



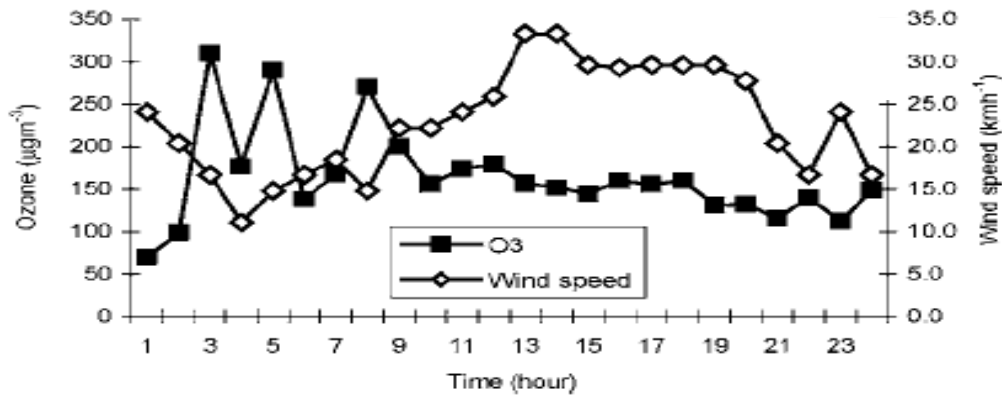
Şekil 2.4 : Kahire (Haram, Giza) 2004-2005 Kış-Sonbahar Ozon Konsantrasyonları gün içerisinde saatlik değişimi (M. I. Khoder,2008)

Şekil 2.4’den de görüleceği gibi yaz sezonunda ozon konsantrasyonları güneş radyasyonunun yüksek olduğu yaz sezonunda 100 ppm’ in üzerine çıkmakta olup kış sezonunda ise oldukça düşük seviyelerde olduğu gözlenmektedir. Bu durum mevsimsel sıcaklıkla gün içersinde öğlen vakitlerinde güneş radyasyonunun artarak ozon miktarında yükselmesini göstermektedir.

İstanbul, Saraçhane’de yapılan çalışmada rüzgar ve ozon değişimi incelenmiştir (Şekil 2.5). Yapılan incelemede rüzgar hızının ağustos ayı içersinde gün içersinde artışı beklenirken rüzgar hızının artması sebebiyle ozon konsantrasyonunun azaldığı görülmektedir.

Bölgenin topografik yapısının farklılık göstermesi ozon konsantrasyonlarının değişimine sebebiyet vermektedir. Hava sirkülasyonunun olmadığı topografik yapıya sahip yerlerde ve yapılan çalışmalarda genellikle düşük rüzgâr hızlarının olduğu zamanlarda ozon konsantrasyonlarında artışlar gözlenmiştir (İm Ulaş vd, 2006).

Ozon, atmosfer sütunu içersinde ise en yüksek değerde (%90), stratosfer içersinde 12 ile 45 km arasında bulunur. Troposferde bulunan ozon kötü huylu ozon olarak adlandırılırken, stroposferdeki ozon güneşten gelen ultraviyole ışınları adsorbladığından iyi huylu ozon olarak adlandırılır.



Şekil 2.5 : Ozon ve rüzgar hızı değişimi (10 Ağustos 2001 Saraçhane, İstanbul) (İm Ulaş, vd, 2006)

Ozon % 10 civarında da troposfer içerisinde yer alır. Bu özelliği nedeniyle de ozon tabakası olarak adlandırılan yüksek ozon yoğunluğu, güneşin mor ötesi ışınlarının (dalga boyu 240 nm’ den daha kısa) normal oksijen molekülünü (O_2) iki oksijen atomuna ayrıştırılması ve bu atomların da daha sonra ayrışmamış oksijen molekülleri ile birleşmesi sonucunda meydana gelir. Güneşten gelen mor ötesi ışınları ozon tarafından çok iyi absorblanması nedeniyle atmosferin alt katlarına ulaşamazlar. Güneş enerjisinin bu şekilde absorblanması, yerden yaklaşık 50 km yükseklikteki Stratosfer sınır bölgesindeki bir sıcaklık maksimumuna yol açar. Böylece ozon normal basınçta 0.3 cm kalınlığında ince bir tabaka şeklinde dünyayı sararak 290 nanometreden daha kısa dalga boylu güneş ışınlarının yer yüzeyine ulaşmasını engeller. Bu nedenle de arz yüzeyini biyolojik olarak zararlı UV radyasyonundan korur. Ozon, stratosferde yaklaşık 40 km civarında da en yüksek yoğunluğa sahip bulunur. Sonuç olarak ozonun bir bakıma dünya üzerindeki yaşamın temel koruyucusu görevi yapmaktadır.

Ozon gözlemlerine ilk kez 1926 yılı yazında kuzey kutup bölgesinde yapılan çalışmalarla başlanıldığı görülmüştür. Bu konudaki sistematik ölçümlerin başlangıç tarihi ise 1935 olduğu bilinmektedir. Antartika’ da ozon ölçümlerine 1961 yılında başlanılmıştır. 1970’ li yıllara gelinceye dek sadece klasik balon sondajları ile yapılan ozon gözlemlerinin uydu teknolojisinin eklenmesi suretiyle yüksek duyarlıklılı ve sürekli ölçümleri sağlanmıştır. Bu nedenle dünya üzerindeki ozon yoğunluğundaki değişimlerin görülmesi de mümkün hale gelmiştir. Stratosferik ozon azalması ilk kez 1974 yılları Eylül-Ekim aylarında Antartika’ da Halley Körfezi’ nde ($75^{\circ}G$, $27^{\circ}B$) %30-40 civarında bir azalma belirlenmiştir. Arjantin Adalarında ($65^{\circ}G$)

tespit edilen azalma ise %15 civarında olmuştur (İncecik, 1994). Antartik ozonda ilkbahar mevsiminde görülen bu ozon azalması daha sonraları ‘ozon deliği’ olarak nitelendirilmiştir. Bu azalmalar giderek dünyanın tropik bölgeler dışında bir çok yerinde ortaya çıkmaya başlamıştır. Strotosferik ozon azalmasının temel nedeninin kloroflorokarbonlar ve atmosferik klorinin yüksek seviyelere ulaşması neden gösterilmektedir. Son yıllarda bu tabakadaki tahribatın diğer bir ifadeyle ‘ozon deliği’ nin Antartika Güney Kutup bölgesi başta olmak üzere büyümesi bu tabakanın korunması amacıyla zararlı olarak nitelenen kloroflorokarbonlar ve halonların dünyadaki üretiminde ve kullanımında sınırlamalar getirmek için bir anlaşma yapılmıştır. Bu tarihi protokol Avrupa Topluluğu ülkeleri yanı sıra 24 ülke tarafından 1987 Eylül’ünde Kanada’nın Montreal şehrinde imzalanmıştır. Bu protokol sonrasında halojen bileşiklerinin kullanımına sınırlamalar getirilmiş ve azot oksit emisyonlarının indirilmesine yönelik önlemler alınmıştır. Buna karşın müzarekeler, uyarılar Montroel Protokolü’nden sonrada devam etmiş, bu yoğun çabaların sonucu olarak hedefler belirlenen tarihten beş yıl önce gerçekleşmiştir. Sonuçlar kesindir, 1995 yılı itibariyle küresel düzeyde ozon tabakasında incelmeye neden olan başlıca madde olan klorin taşıyan kloroflorokarbonların üretimi tepe noktası olan 1988’e göre % 76 azalmıştır. Ancak bu olumlu gelişme fazla uzun sürmemiş ve 2000 yılının sonu itibariyle ozon tabakasındaki incelme yeniden tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Karagöz, 2003). Türkiye ise bu anlaşmayı 1991 yılında imzalamıştır. Bu maddeler endüstride itici sprey gaz yanı sıra soğutma sistemlerinde, yangın söndürme cihazlarda, köpük malzeme yapımında ve elektronik endüstrisinde baskılı devre üretiminde solvent çözücü olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Dünyadaki kloroflorokarbon (CFC) konsantrasyonlarının yılda yaklaşık %6 oranında artık gösterdiği bulunmuştur. Kimyasal olarak son derece kararlı CFC ler atmosfere 100 yıldan fazla süre ile kalabilmektedir. CFC’lerin bu özelliği ozon üzerindeki potansiyel tehlikesinin büyüklüğünü göstermektedir. Bu gazlar stratosfere taşınarak ultraviyole ışınlarla parçalanarak kırılırlar ve aktif klorin bileşikleri olan Cl ve ClO’ ü oluştururlar. Bu klor bileşikleri de zayıf olan ozon bağıını bozarak ozonu ayrıştırır.

Etkileri:

Ozon, Peroksiasetilnitrat (PAN) , peroksibenzolnitrat (PBN) gibi fotokimyasal Oksidantlar fotokimyasal dumanın oluşumunu sağlarlar ve bunun sonucunda görüş mesafesi azalır, göz, burun ve boğazda tahriş meydana gelir. Göğüs daralmasına

sebeup olan ozon yüksek konsantrasyonlarda ($> 3900 \mu\text{g}/\text{m}^3$) Şiddetli ksrge neden olur.

2.3.6 Partiküler madde

Ortalama gaz molekül byklg $0.0002 \mu\text{m}$ çaptan iri olan ve havada bir süre askıda kalan katı veya sıvı her türlü madde, partikül sınıfına girmektedir. Partikül Şeklindeki kirletici emisyonlar iriliklerin, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına bağlı olarak aerosol, duman, is ve toz Şeklinde isimlendirilmektedir.

Çizelge 2.8 : Partikül Şeklindeki kirletici emisyonlar (Stern, 1977)

Partikül	zellikleri
Tanecik	Boyutlar $0.001-500 \mu\text{m}$ arasında katı veya sıvı kütleler
Aeresol	Gaz ortamında kolloidal büyüklükte dağılmış pozitif ve negatif yüklü veya yüksüz katı ya da sıvı tanecikler
Duman	Tam olmayan yanma sonucu oluşan boyutları $1 \mu\text{m}$ 'den küçük karbon ve yanabilen maddeler içeren parçacıklar
İs	Havada dağılan $0.5 \mu\text{m}$ 'den küçük ve karbonlu bileşiklerin tan yanmaması ile oluşan parçacıklar
Toz	Boyutları $1.10 \mu\text{m}$ arasında olan, gaz ortamında geçici olarak asılı bulunan parçacıklar
Uçucu kül	Boyutları $1-200 \mu\text{m}$ olan ve katı yakıtların yanması ile oluşan parçacıklar

Partiküler maddelerin kimyasal yapı ve özellikleri çok deęiőkendir. Bazı türlerin Çizelge 2.8' de tanımı yapılmıştır. Partiküler maddeler organik ve inorganik yapıda olabilir. Hava kirlenmesinde önem taşıyan inorganik bileşenler sülfat, nitrat, kurşun, demir, mangan, çinko ve vanadyum; organik bileşenlerin ise çeşitli hidrokarbonlar ile fenoller, organik asitler ve alkollerdir. Partikül maddelerin bir kısmı biyolojik partiküller olarak adlandırılan mikroorganizmalardır. Bunlara rnek olarak protozoa, bakteriler, virüsler, mantarlar, sporlar, alger ve polenler verilebilir. Biyolojik partiküllerden bazıları örneğin sporlar havada uzun süre hayatiyetlerini koruyabilir. Buna karşılık besin eksikliği ve ultraviyole iőınları nedeniyle önemli bir kısmı ölür ve bozunur.

Etkileri:

Partiküllerin solunum sistemi ve akciğerlerdeki hareketleri ve etkileri aerodinamik özelliklerine (ap, büyüklük, Şekil, yoğunluk vs.) bağlıdır. Çok ince partikllerinyanında oldukça büyük toz partikülleri de burun kısmından girmekte

daha sonra solunum sistemi ve akciğerlerde çeşitli mekanizmaların etkisiyle tutulmaktadır.

Kömür tozu ve kül partiküllerinin akciğerdeki birikimi ile ilgili yapılan araştırmalarda partiküllerin kimyasal yapısına bağlı olarak birikim sınırının değiştiği, buna karşılık birikimin maksimum olduğu aerodinamik çap aralığının yaklaşık 0.5-1 µm arasında olduğu gözlenmiştir.

Belirli koşullar altında partiküllerin solunum yolları ve akciğerlerde doğrudan olumsuz etkileri söz konusudur. Çizelge 2.9’da çeşitli partiküllerin meydana getirdiği hastalıklar verilmiştir.

Çizelge 2.9 : Çeşitli partiküler maddelerin meydana getirdiği hastalıklar

Toz çeşidi	Hastalık
Silika	Silikozis
Berilyum	Akut berilyosiz
Demiroksit	Siderosiz
Amonyum benzen	Astım
Küf	Çiftçi kanseri

Söz konusu tozların hastalık yapıcı etkileri ve bu etkilerin şiddeti ise;

- Kirletici kaynağı ve kirletici şiddeti
- Havadaki kirleticinin konsantrasyonu
- Havada ve akciğerde tutulan kirletici miktarı
- Kirleticinin şekli ve büyüklüğü
- Kirleticinin çözünürlüğü ve fizikokimyasal reaksiyon niteliğine bağlı olarak değişmektedir.

2.3.7 Sülfür oksitler

Kükürt oksitler 6 farklı farklı oksidinden oluşur ve SO_x olarak kollektif bir parametre ile ifade edilir. Bu oksitler SO (kükürt monoksit), SO₂ (kükürt dioksit), SO₃ (Kükürt trioksit), S₂O₃ (Kükürt seskioksit), S₂O₇ (Kükürt heptaoksit) ve SO₄ (Kükürt tetraoksit) tir. Bunlar arasında hemen hemen yalnızca SO₂ ve SO₃ önem taşır. Kükürt

dioksit (SO₂) ve kükürt trioksit (SO₃) atmosferde yaygın olarak bulunan kükürt oksit türleridir. Renksiz bir gaz olan SO₂, 0.3-1.0 ppm arasında keskin bir kokuya sahiptir. Atmosferde fotokimyasal veya katalitik reaksiyonlara uğrayan SO₂, kısmen kükürttrioksit veya sülfürik aside dönüşmektedir. SO₂'nin özellikle havadaki partiküller ve rutubet ile birlikte daha zarar verici etkileri bulunmaktadır (Haktanır, 1983). Kükürt dioksit; petrol ve kömür gibi fosil yakıtların ve kükürt filizlerinin yakılması, soda, sülfürik asit ve selüloz üretimi sırasında ortaya çıktığı gibi, petrol rafinerileri ile bakır, çinko, kurşun üretim işletmelerinden ve içten patlamalı motorların eksoz gazlarından da atmosfere karışmaktadır

Etkileri:

SO₂ ve H₂SO₄ ile SO₄ tuzları solunum sisteminin mukozasını tahriş ederek etkiler ve bronşit ve astım gibi kronik hastalıkların oluşumuna yol açar. SO₂ partiküler maddelerle birlikte olduğundan solunum sisteminde daha uzun süreler kaldığı için çok daha tehlikelidir. . 20 ppm'e kadar etkiler akuttur, 400-500 ppm kısa sürede öldürücü olabilir (Tunay, 1996). SO₂'nin etkileri Çizelge 2.10'da özetlenmiştir.

Çizelge 2.10 : Kükürt dioksitin insan sağlığına etkileri

Konsantrasyon ppm	Maruz Kalma Süresi	Etkiler
0-0.6	-	Belirgin değil
0.015	1-4 gün	Solunum sisteminde etkiler
1.0-0	3-10 dakika	Solunum sisteminde rahatsızlık
1.0-5.0	Ani	Göğüs sıkışması
10	1 saat	Göz yaşarması, burun kanaması
20		Göz tahrişi, mide bulantısı

2.3.8 Spesifik kirleticiler

Spesifik parametreler genelde tek bir madde veya bazı spesifik bir yapıya sahip madde grubu olarak ele alınır. Spesifik kirleticiler özellikle insan sağlığı açısından önem taşıyan ve etkilerini çok düşük konsantrasyonlarda gösteren kirleticilerdir. Katı, sıvı veya gaz halinde olabilirler. Kanserojen maddeler spesifik kirleticilerin

önemli bir grubunu oluşturur. Bazı spesifik kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etkileri Çizelge 2.11’de verilmiştir.

Çizelge 2.11 : Olumsuz sağlık etkilerine sahip olan ve kanser riskini artıran başlıca hava kirleticileri

KİRLETİCİ	DERECE	SAĞLIK ETKİLERİ
Benzene	9	Kanserojen
1,3-Butadiene	8	Kanserojen
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	8	Kanserojen, çevrede uzun süre kalıcı
Arsenik ve bileşikleri	8	Kanserojen, çevrede uzun süre kalıcı
Krom ve bileşikleri	8	Kanserojen, solunum sistemini etkiler, burun, boğaz, ciğerler ve mide ve bağırsağa zarar verebilir. Astım ve diğer alerjik durumlara yola açabilir, çevrede uzun süre kalıcı
Nikel ve bileşikleri	8	Kanserojen, solunum sistemini etkiler, çevrede uzun süre kalıcı
Kadmiyum ve bileşikleri	7	Kanserojen, insanlarda prostat ve böbrek kanseri hayvanlarda akciğer kanseriyle bağlantılı, kadmiyum ile ilgili, solunum sistemini etkiler, çevrede uzun süre kalıcı
Dioksinler ve furanlar	7	Kanserojen, deri hastalıkları, çevrede uzun süre kalıcı, bioakümüasyon
Civa	7	Üreme sisteminde zararlar, çevrede uzun süre kalıcı, bioakümüasyon
Dichloromethane	5	Olası kanserojen, Yüksek konsantrasyonda bilinç kaybı ve ölüme neden olur, maruz kaldığında ciğerleri rahatsız eder, düzensiz kalp atışına neden olur, uzun sürede karaciğer ve beyine zarar verebilir
Formaldehit	5	Kanserojen, deriyi tahriş eder, göz ve solunum sistemini etkiler,
Styrene	5	Olası kanserojen
1,4-Dichlorobenzene	3	Olası kanserojen,
Tetrachloroethylene	3	Kanserojen olabilir

2.4 Hava Kalitesi Yönetimi

2.4.1 Giriş

Hava kalitesi, yukarıda da özetlendiği üzere, pek çok teknik ve yönetsel uygulama ile finansal olanaklar arasında uygun olanlarının seçilip bütünlüklü bir plan dâhilinde uygulamaya konulması ile iyileştirilebilir. Bu işlemler genel olarak, sürekli-izleme, değerlendirme ve kirliliği azaltıcı projelerin yürürlüğe konulması aşamalarından oluşur ki, süreç çeşitli türlerdeki etkinliklerin yayılım envanterlerinin çıkarılması, yayılım yükü ve geleceğe ilksin projeksiyonların yapılması, kirlilik dağılımına ilişkin olarak atmosferik dağılım modellerinin kullanımı, zaman ve yere göre kirlilik indeksinin çıkarılması, yayınımların çevre ve sağlık üzerindeki doğrudan ve dolaylı

zararlarının irdelenmesi, yayının standartlarının mevcut durum bazında değerlendirilmesi ve gerekiyorsa revize edilmesi, konuyla ilişkili eylem planlarının hazırlanarak tartışılması ve uygun seçeneklerin benimsenmesi, alınacak önlemlerin sağlayacağı yararların tahmini, gerekiyorsa yeni hava kirliliği düzenlemelerinin konulması, ulaşım sektörünün kirliliği minimize edecek şekilde yeniden düzenlenmesi gibi pek çok işlemi kapsarlar (TÜBİTAK MAM, 2005).

Öte yandan çevresel sorunların doğrudan ya da dolaylı bir fayda-maliyet analizinin yapılması zor olup önceliklerin belirlenmesi ve karar verme aşamalarında dikkatli bir değerlendirmeyi gerekli kılar. Çevre sağlığı sorununun ekonomik paradigma içinde nasıl bir yere konulacağı henüz kesin olarak belirlenmiş değildir. Ancak, çevresel bozunma ve onun etkilerinin yol açtığı ekonomik kayıp hakkında net bir metodoloji geliştirilmemiş olsa da, gerek bu konuların gündemde oluşları ve aciliyetleri, gerekse ekonomik etkilerinin büyüklüğü, bu konudaki çalışmaların bir an önce yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu konudaki örnekler çevresel sorunların ekonomik boyutunu gözler önüne serecektir. Örneğin Pakistan’da, kentlerdeki hava kirliliğinin ekonomiye yılda yaklaşık 400 milyon USD’lik bir yük getirdiği tahmin edilmektedir, ki bu miktar, alınması gereken önlemlerin maliyeti yanında çok büyüktür. Bu tür çevresel sorunların ekonomi paradigma içine alınmaması, hem büyük bir gayri safi yurt içi hasıla kaybına, hem de pek çok çevre ve sağlık problemine yol açmaktadır.

Hava kalitesi yönetiminde önceliklerin doğru bir şekilde belirlenmesi, sürecin isleyişi açısından vazgeçilmezdir. Bir bölgede çok sayıda hava kirliliği kaynağı olduğundan dolayı, tek bir sektör üzerine yoğunlaşan bir kirlilik azaltma stratejisinin hava kirliliğinin iyileştirilmesi açısından etkisi sınırlı olacaktır. . Uygun bir hava kalitesi yönetimi, birçok elemandan oluşan bütünlüklü bir yaklaşımı kapsamak zorundadır. Bu elemanlar:

- (i) Kirleticilere ve yayının kaynaklarına ilişkin bir yayının envanteri oluşturmak için sürekli izleme (monitoring) ve modelleme yöntemleri
- (ii) Yayınların ortam havasında yol açacakları kirlilik düzeylerinin tahmini için hava dağılım modeli uygulamaları
- (iii) Kirleticilerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini tahmin etmek için doz-etki fonksiyonları ve değerlendirme teknikleri

(iv) Teknik olarak uygun kirlilik azaltma seçenekleri ve bunların maliyetlerinin hesaplanması

(v) Bu kirlilik kontrol seçeneklerinin hava kalitesi ve insan sağlığı üzerine etkilerinin tahmini

(vi) Yüksek fayda-maliyet oranına sahip öncelikli önlemlerin belirlenmesi

Bütünlüklü bir yaklaşımın, sektörler ve diğer yetkili kurumlar arasında öncelikler ve benimsenecek önlemler üzerinde tanımlanmış bir koordinasyon ve konsensüs, tekil sektörlerdeki çevresel önlem ve performansların kabul edilebilir bir düzeyde geliştirilmesi hakkında bir fikir birliği, bu gelişmeyi destekleyecek enstrüman ve politikaların kabulü ve isletilmesi, ve endüstriyel sektörler ve yetkili kuruluşlar arasında iletişim ve etkileşimi güçlendirecek ve geliştirecek bir sürekli izleme mekanizmasının kurulması gibi birbiriyle ilişkili birçok konuyu kapsamalıdır.

Hava kirlleticilerinin yol açtıkları sağlık riskleri konusunda bir çok ulusal ve uluslararası kurum tarafından sınır değerler belirlenmişse de, Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediği değerler genel olarak kabul görmektedir. WHO ortam havasında bulunan kirleticiler için, genellikle, oluşturduğu sağlık riski önemsiz derecede küçük olacak ortam havası konsantrasyon sınır değerlerini belirler. Bu türden, herhangi bir sağlık etkisinin gözlenmediği esik değere sahip olmayan belirli kirleticiler içinse doz-etki bilgileri verilerek kirleticinin değişik düzeylerde hangi sağlık etkilerine yol açacağı vurgulanır. Gelişmekte olan ülkelerdeki yoğun hava kirliliği bölgelerinde, bu sınır değerler uzun-vadeli amaçlar olarak benimsenebilir, ancak kısa-vadeli plan ve hedeflerde, kirlilik azaltıcı önlemlere ilişkin olarak ayrıntılı bir fayda-maliyet analizinin yapılması gereklidir. Bu işlem, pratik anlamda, gerçekleştirilebilir hava kalitesi hedefleri benimsenmesine öncülük eder. Kirlilik azaltılmasına yönelik olarak, gerek yönetsel ve teknolojik bakımdan, gerekse mevcut teknolojilerin ve bunların yayınımlar ve havadaki kirleticiler konsantrasyonları üzerindeki etkileri bakımından uygun pratiklerin analiz edilmesi, her bir sektör açısından kirlilik azaltımı performansına ilişkin minimum gerekliliklerin yerine getirilmesini de kolaylaştıracaktır.

Öte yandan, tekil kaynaklardaki kirlilikle ilgili çalışmalar, yerel koşullar bazında yürütülmeli ve mümkün olan en düşük maliyetli giderim seçenekleri üzerine odaklanmalıdır. Bir bölgede sektörler ve şirketler arası anlaşmalar, istenen yayılım

sınırlamalarını yerine getirmek bakımından esnek olmayan yaklaşımlara nazaran daha maliyet-etkin bir yol olabilir. Geçmiş yıllarda kirlilik yönetimi, çoğunlukla kirlilik giderim teknolojilerinin geliştirilmesi ve bunların tekil yayınımların ya da teknolojik standartların yerine getirilmesi amacıyla gaz arıtımı için bacalara monte edilmesine dayanıyordu. Bu yaklaşımın sınırlılıkları, politika yapıcıları, daha ziyade yönetimin iyileştirilmesi ve kirliliğin engellenmesi tekniklerine dayanan ve birçok kaynaktan çıkan çeşitli kirleticilerin neden olduğu kirliliğin hava kalitesi ve insan sağlığı üzerindeki karmaşık etkilerine odaklanan daha esnek önlemler üzerinde çalışmaya yönlendirerek bütüncül bir yaklaşım doğmuştur.

2.4.2 Trafik kaynaklı hava kirliliğini azaltmak için alınan önlemler

Birçok ülkede, temiz yakıt kullanımını özendirmek amacıyla yakıt vergileri uygulaması yürütülmektedir. Bunun en bilinen uygulamalarında birisi, benzin türlerinden, kursun içeriğine bağlı olarak farklı vergiler alınmasıdır. Bu önlem, Avrupa ülkeleri dahil pek çok ülkede, kurşunsuz benzinin pazar payının büyük oranda artmasında önemli bir etken olmuştur. Bu konuda başvuru olan diğer politika araçları ise daha az başarılı olmuştur (TUBİTAK MAM, 2005). Örneğin pek çok büyük şehirde, hareketli kaynaklardan çıkan hava kirliliğini azaltmak için trafik üzerine çeşitli sınırlamalar getirilmiştir (örneğin tek-çift plaka uygulaması). Ancak bu uygulamalar, hava kirliliğinin azaltılmasında politika yapıcıların beklediği oranda büyük başarı sağlamamıştır. Örneğin Mexico City’de, bu tür önlemler, sürücüleri ucuz, eski ve dolayısıyla daha çok kirlilik yaratıcı ek araçlar almaya teşvik etmiştir. Teşvik-edici politika araçları, kirliliğin bedelini artırırken daha temiz seçenekler için araştırmaları özendirir ve kirletici etkinliklere yönelik talebi etkiler. Yayınım vergileri gibi doğrudan-teşvik edici politika araçları, en çok büyük ölçekli sabit kaynaklara ve PM₁₀, SO₂ ve NO_x gibi giderim maliyetleri kirlilik kaynağına göre değişen ve sürekli izlenmesi uygun olan kirleticilere başarılı bir şekilde uygulanır. Bunun en iyi uygulamaları, ABD’de, büyük ölçekli sabit kaynaklardaki SO₂ yayınımlarını büyük oranda azaltan asit yağmuru programı ve İsveç’te, büyük yakma tesislerine konan NO_x yayınımlarına vergileridir.

Ürün vergileri, depozito sistemleri gibi dolaylı politika araçları ise, daha çok, kolaylıkla izlenemeyen, ürünlerin kullanımı ve bertarafının doğrudan kirletici etkileri

ile bağlantılı olduğu ve fiyatların üretici ve tüketici davranışlarını etkileyebildiği küçük ve dağınık yayılım kaynaklarına uygulanabilirler. Bunun örnekleri, yakıt vergileri ve piller için depozito sistemleridir.

Teşvik edici politika araçları, potansiyel olarak maliyetleri azaltıcı ve çevresel ihtiyaçlara esnek yanıtlar verici önlemlere yöneltse de, bu tür önlemlerin yönetsel maliyeti yüksek olabilir, ya da iyileştirmenin yapılabilirliği düşük olup yeni yasalar gerektirebilir. Yüksek derecede toksik maddelerin (örn. benzinde kursun) kullanımını ve çeşitli endüstriyel proseslerin (cıvalı pil, klor alkali üretimi vb.) yasaklanması bunun tipik örnekleridir.

2.4.3 Hava Kalitesi Yönetimi Çerçevesi

Hava kalitesi yönetimi, yetkili kurumların, hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması ve hava kalitesinin yükseltilmesi konusunda hedefler ve programlar ortaya koymasını sağlayan önemli bir araçtır (TÜBİTAK MAM, 2005). Bu kurumlar, sürecin diğer elemanları ile birlikte kalite yönetim sisteminin aşamalarını, aşağıdaki etkenler temelinde belirleyebilmektedirler:

- Hava kirliliğinin mevcut düzeyi ve teknolojik olanaklar ve yapılabilirlik
- Kültürel ve sosyal koşullar
- Finansal kaynaklar ve konu hakkında uzman personelin varlığı

Etkin bir hava kalitesi yönetimi stratejisi, yayılım envanteri, hava kalitesi sürekli izleme ağı, hava kalitesi tahmin modelleri, maruz kalma ve sağlık etkilerine ilksin değerlendirmeler, sağlık ve çevre standartları gibi çok sayıda faktöre bağlıdır. Bu faktörlere ek olarak, maliyet-etkin kontrol önlemleri ve yasaların sıkı bir şekilde uygulanması da süreç açısından belirleyicidir. Hava kalitesi yönetimi, yetkili ve ilgili kuruluşlara şu olanakları sağlar:

- Hava kalitesi üzerine uygun politikaların tanımlanması ve yasama geçirilmesi
- Uygun yasal gerekliliklerin tanımlanması ve geliştirilmesi
- İnsan etkinlikleri sonucu oluşan hava kirliliğinin başlıca kaynaklarının belirlenmesi
- İnsan ve çevre sağlığı için uygun amaç ve hedeflerin ortaya konması
- Bu amaç ve hedeflere ulaşmak için önceliklerin belirlenmesi
- İzlenecek politikalar için kurumsal yapı ve programların oluşturulması

- Hava kirliliği ile insan ve çevre sağığı üzerine etkilerinin sürekli izlenmesinin kolaylaştırılması
- Kentsel planlama konusunda yürütülecek çalışmaların hava kirliliğı çalışmaları ile uygun hale getirilmesi ve karar verme süreçlerinin koordinasyonu
- Yayınım ve hava kalitesi standartlarına uygunluğun garanti altına alınması,

Kirlilik konusunda genel koşulların iyileştirilmesi ve halkın ileriye dönük güveninin kazanılması. Teorik temelde tüm bu çalışmaların gerekliliğı açık bir şekilde görölse de, uygulama aşamasında bir çok güçlükke karşılaşılmaktadır. Bunlardan en önemlileri su şekilde sıralanabilir:

- Yetersiz alt yapı, eğitimli personel ve finansal kaynaklar
- Hava kalitesi verilerinin yeterli ve güvenilir olmaması
- Gerekli yayınım faktörleri ve envanterinin olmaması,
- Hava kirliliğinin sağık etkilerinin yeterli düzeyde sürekli izlenememesi.

Hava kalitesi yönetimi sisteminin elemanları, uzun ya da kısa vadeli olabilecekleri gibi hedefe göre de farklılaşabilirler, genel elemanlar çoğunlukla aynı kalmaktadırlar. Bunları özetlenirse:

a) Hava Kalitesi Yönetimi Sistemi

- Kirletici etkinliklerin envanterinin çıkarılması,
- Farklı kaynakların yayınım karakteristiklerinin belirlenmesi,
- Hava kirliliğı konsantrasyonlarının ve dağılımının sürekli izlenmesi,
- Hava dağılım modelleri yardımıyla hava kirleticilerinin konsantrasyonlarının belirlenmesi,
- Nüfus, demografi, malzemeler ve kentsel gelişim envanterinin çıkarılması,
- Kirliliğın giderimi ve kontrol önlemlerinin etkisinin belirlenmesi,
- (Hava kirliliğı ile ilgili düzenlemelerin belirlenmesi, geliştirilmesi ve iyileştirilmesi,

b) Yayınım Standartları,

c) Çevresel Zararların Değerlendirilmesi

d) Ekonomik Değerlendirme ve Fayda-Maliyet Analizi,

e) Alınacak Önlemlerin Seçimi (Eylem Planı),

- Yakıt kalitesinin geliştirilmesi, teknolojik iyileştirmeler (kaynakta kontrol, ürün değişimi, hammadde değişimi, ürünlerin korunması, ürün bileşiminde değişim, kullanılan malzemelerin değiştirilmesi, proses ve ekipman değişimi vb.).
- Yakıt değişimi,
- Trafik düzenleme,
- Ulaşım talep yönetimi,
- Sürekli izleme ve bilgi sistemleri veri tabanlarının, yayılım envanterleri, dağılım, seyrelme ve maruz kalma modelleri, zararın değerlendirilmesi, fayda-maliyet analizi ve kurumsal güçlendirme konusunda yapılması gereken iyileştirmeler,
- Duyarlık kampanyaları ve çevre eğitimi.

f) Optimum Kontrol Stratejileri

2.4.4 Hava kalitesi standartları

Hava kalitesi ile ilgili standartlar dünyada farkı kurumlar tarafından ele alınıp belli standartlar oluşturulmuştur. EPA, WHO ve Avrupa birliği standartları mevcuttur. Bu standartlar maruz kalma süresi ve gün aşım süresi olarak karakterize edilmiştir.

Türkiye’de 6 Haziran 2008 gününe kadar 1986 yılında yayımlanmış olan Hava kalitesi Korunması Yönetmeliği geçerli durumdaydı. Ancak yapılan düzenleme ile Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 6 Haziran 2008 günü Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY) adı altında yeni bir yönetmelik çıkararak, Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır. HKDYY, Avrupa Birliğinin 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı direktiflerine paralel hazırlanmıştır.

Bu yönetmelikte, sınır değerlerin aşıldığı durumlarda temiz hava planlarının oluşturulması gerektiğinden ve bu temiz hava planları uygulaması aşamasında yapılacaklar hakkında detaylı bilgi verilmektedir.

Yönetmelikte sonraki senelerde uyulması gerekli olan hedef sınır değerler ve uyarı eşikleri belirlenmiştir. Bu hedef sınır değerlere ulaşılması için geçiş değerleri belirtilmiştir. Bu geçiş değerleri Çizelge 2.12’de verilmiştir.

Çizelge 2.12 : Geçiş dönemi uzun vadeli ve kısa vadeli sınır değerleri ve uyarı eşikleri.

Kirletici	Ortalama süre	Sınır değer	Sınır değerın yıllık azalması	Uyarı eşiğı
SO ₂	saatlik	900 µg/m ³		İlk seviye: 500 µg/m ³
	-KVS- 24 saatlik % 95 /yıl -insan sağılığının korunması için-	400 µg/m ³	Sınır değeri, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 200 µg/m³ (sınır değeri %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azalır	İkinci seviye: 850 µg/m ³ Üçüncü seviye: 1.100 µg/m ³ Dördüncü seviye: 1.500 µg/m ³ (Verilen değeri 24 saatlik ortalamalardır.)
	Kış Sezonu Ortalaması (1 Ekim – 31 Mart) -insan sağılığının korunması için-	250 µg/m ³	Sınır değeri, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 125 µg/m³ (sınır değeri %50'si) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azalır	
	Hedef Sınır Değeri (Yıllık aritmetik ortalama)	60 µg/m ³		
	Hedef Sınır Değeri Kış Sezonu Ortalaması (1 Ekim – 31 Mart)	120 µg/m ³		
	-UVS- yıllık -insan sağılığının korunması için-	150 µg/m ³		
	-UVS- yıllık -hassas hayvanların, bitkilerin ve nesnelerin korunması için-	60 µg/m ³	Sınır değeri, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 20 µg/m³ (sınır değeri %33'ü) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azalır	
NO ₂	-KVS- 24 saatlik % 95 /yıl -insan sağılığının korunması için-	300 µg/m ³		
	-UVS- yıllık -insan sağılığının korunması için-	100 µg/m ³	Sınır değeri, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 60 µg/m³ (sınır değeri %60'ı) olana kadar her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azalır	

Kütleli	Ortalama süre	Sınır Değer	Sınır değerin yıllık azalması	Uyarı eşiği
PM10 ¹	-KVS- 24 saatlik % 95/Yıl -insan sağlığının korunması için-	300 µg/m ³		İlk seviye: 260 µg/m ³ İkinci seviye: 400 µg/m ³ Üçüncü seviye: 520 µg/m ³
	Kış Sezonu Ortalaması (1 Ekim – 31 Mart) -insan sağlığının korunması için-	200 µg/m ³	Sınır değer, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 90 µg/m ³ (sınır değerin %45'i) olana kadar her 12 ayda eşit bir miktarda yıllık olarak azalır	Dördüncü seviye: 650 µg/m ³
	-UVS- yıllık -insan sağlığının korunması için-	150 µg/m ³	Sınır değer, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 60 µg/m ³ (sınır değerin %40'ı) olana kadar her 12 ayda eşit bir miktarda yıllık olarak azalır	(Verilen değerler 24 saatlik ortalamalardır.)
Kurşun	-UVS- yıllık -insan sağlığının korunması için-	2 µg/m ³	Sınır değer, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 1 µg/m ³ (sınır değerin %50'si) olana kadar her 12 ayda eşit bir miktarda yıllık olarak azalır	
CO	24 saatlik % 95/Yıl -insan sağlığının korunması için-	30 mg/m ³	Sınır değer, 1.1.2008 tarihinde başlayarak 1.1.2014 tarihine kadar 10 mg/m ³ (sınır değerin %33'ü) olana kadar her 12 ayda eşit bir miktarda yıllık olarak azalır	
	yıllık -insan sağlığının korunması için-	10 mg/m ³		

Bu geçiş dönemi sınır değerleri 01.01.2014 tarihine kadar yürürlükte kalacaktır. Bu tarihten itibaren temiz hava planları uygulamasına dair olan maddeler yürürlüğe girecektir.

HKDYY' de NO₂ cinsinden limit değerler 24 saatlik 200 µg/m³ ve yıllık olarak 40 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Bu değerler 01.01.2014 tarihinden sonra uygulamaya konulacaktır. Geçiş dönemi sınır değerleri Çizelge 2.12'de verilmiştir. 01.01.2024 tarihine kadar her 12 aylık periyotlarda telorans payı sıfırlanacak şekilde azaltılıp KVS için 100 µg/m³, UVS için 20 µg/m³ olacaktır. Geçiş dönemi sınır değerleri NO₂ cinsinden KVS 300 µg/m³, UVS 100 µg/m³ olarak belirlenmiştir. Kırsal bölgelerde vejetasyonun korunması amacıyla NO_x değeri 30 µg/m³ olarak hedef sınır değer belirlenmiştir. Ozon için sınır değer kısa vadeli sınır değer olarak 8 saatlik maksimum ortalamalar olarak 120 µg/m³ olarak hedef değer olarak belirtilmiştir.

Kirletici sınır değerleri ABD, WHO ve Avrupa birliği değerleri ile izelge 2.13' de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 2.13 : Kirletici sınır değerlerin karşılaştırılması

Kirletici	Birim	Türkiye		ABD	WHO	Avrupa Birliği
		UVS	KVS			
PM 2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	*	*	15 ⁷ 35 ¹⁴	10 ¹⁷ 25 ¹⁴	25 ¹⁷
PM 10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	200 ¹⁶ 150 ¹⁷	300 ¹³	150 ²	20 ¹⁷ 50 ¹⁴	40 ⁷ 50 ¹²
NO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100 ¹⁷	300 ¹⁴	100 ¹⁷	40 ¹⁷ 200 ⁷	40 ¹⁷ 200 ⁸
Ozon	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	120	*	0.075 ppm ³ 0.12 ppm ³	100 ¹³	120 ¹³
CO	mg/m^3	10 ¹⁷	30 ¹⁴	10 ⁴ 40 ¹	*	10 ¹³
SO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ppm	250 ¹⁷	900 ⁷ 400 ¹⁴	0.03 ppm ¹⁷ 0.14 ppm ¹	20 ¹⁴ 500 ¹⁵	350 ¹⁰ 125 ⁹
Pb	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 ¹⁷	*	0.15 ⁵ 1.5 ⁶	*	0.5 ¹⁷

1: 24 Saatlik, yıllık bir defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

2: 24 Saatlik, 3 yıllık süre içersinde birden fazla sınır değeri aşılmaz.

3: 8 saatlik, 3 yıllık süre zarfında aynı bölge üzerinde bulunan istasyonlarında ölçülen en yüksek 4 ozon konsantrasyonu sınır değeri geçilmez.

4: 8 Saatlik, yıllık bir defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

5: 3 aylık ortalama geçilmez.

6: Yılın 4'te birlik kısmındaki ortalama geçilmez.

7: 1 saatlik, yılda 1 defadan fazla aşılmaz.

8: 1 Saatlik, yılda 18 defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

9: 1 saatlik, yılda 24 defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

10: 24 saatlik, yılda 3 defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

11: 8 saatlik, yılda 3 yıl içersinde 25 defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

12: 24 saatlik, yılda 35 defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

13: 8 saatlik, yıllık bir defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

14: 24 saatlik, yıllık bir defadan fazla sınır değeri aşılmaz.

15: 10 dakikalık

16: Kış sezonu ortalama

17: Yıllık

3. ÇALIŞMA BÖLGESİ

3.1 Dilovası

Kocaeli ilinin Gebze ilçesine bağlı Dilovası Beldesi, Kocaeli Yarımadasının güney kıyı şeridinde yaklaşık 2000 hektarlık bir alan üzerinde kurulmuştur. Batısında Gebze ilçesine bağlı Muallim Köyü, doğusunda Tavşancıl Beldesi, kuzeyinde Tavşanlı ve Çerkeşli köyleri, güneyinde ise İzmit Körfezi bulunur. Dilovası beldesi çevresinin genel karakteristiğine tam bir uyum göstermektedir. Kuzey-güney doğrultusunda uzanan vadi makroformlu yerleşmenin vadi tabanına oturan sanayi tesisleri İzmit, İstanbul hatta Türkiye'nin önemli tesislerindendir. Gebze'nin doğusunda bulunan Dilovası 1987 yılında Belde Belediyesi olmuştur. Dilovası'na bağlı 7 mahalle bulunmaktadır. Bunlar Cumhuriyet, Mimar Sinan, Orhangazi, Turgut Özal, Yeni Yıldız, Diliskelesi ve Fatih mahalleleridir



Şekil 3.1 : Dilovası haritası

Nüfusu 51.862 civarında olan Dilovası ilçesi ilin ve ülkemizin plansız sanayileşme ve buna paralel çarpık kentleşme konusuna tipik bir örnektir. Bölgenin çanak şeklindeki topoğrafik yapısı ve bölgede hakim olan meteorolojik koşullar hava kirletici bileşenlerin belde üzerinde yığılmasına yol açmaktadır. Bölgede artan sanayileşmenin beraberinde getirdiği çok yönlü çevre sorunlarını azami düzeyde disipline edebilmek için Dilovası Organize Sanayi Bölgesi (DOSB) kurulmuştur. Dilovası Belediyesine bağlı iki mahallenin DOSB'un sınırları içinde kalması diğer

önemli bir sorundur. Bölge üç tarafı tepelerle çevrili, diğer yanında ise deniz yer alan bir vadidir. Ancak, vadinin deniz çıkısındaki ağız kısmı da bir tepe ile kapanmış durumdadır. Dolayısıyla, vadinin dört tarafı yükseltilerle çevrili yapısı hava akımlarını önemli ölçüde etkilemekte ve bölgede yer alan irili ufaklı iki yüz civarındaki sanayi tesisinden yayımlanan hava kirleticilerin önemli bir bölümü hava akımları ile taşınmadan bölgede kalmaktadır. Ayrıca, ülkenin doğusu ile batısını birbirine bağlayan ve bu nedenle yoğun bir araç trafiğine sahip olan iki karayolu (TEM ve D-100) ile demiryolu da bölgeden geçmektedir. Bu da bölgeyi hava kirliliğine karşı hassas bir konuma getirmektedir. Sanayi ile konut alanlarının çarpık bir şekilde iç içe olması, TEM otoyolu ile D- 100 Karayolundaki yoğun trafik akısının ortama yaydığı egzoz emisyonlarının insan ve çevre sağlığı açısından olumsuz etkileri yadsınamaz bir gerçektir (TBMM Dilovası Araş. Kom., 2006).

3.2 Dilovası Organize Sanayi Bölgesi (DOSB)

DOSB; Bölge içerisindeki mevcut ve yeni kurulacak sanayi tesislerinin planlama dahilinde disipline edilmesi, gerekli altyapı hizmetleriyle donatılması, tek elden sevk ve idaresinin sağlanması ile sanayi kaynaklı kirliliğin ve çarpık yapılaşmanın önüne geçilmesi, çevre kalitesinin belli bir düzeyde tutulması ve yeni yatırımların yapılabileceği güvenli bir ortamın sağlanması amacıyla kurulmuştur.

DOSB Mart 2005 itibariyle üçte bir doluluk oranına ulaşmıştır. Gelecek on sene içinde doluluk oranının ikiye katlanması, 2035 senesinde ise tam doluluğa ulaşması beklenmektedir. DOSB genelinde 2007 yılı itibariyle DOSB Müdürlüğü'nden alınan bilgilere göre toplam 193 tesis bulunmakta olup (EK C), bu tesisler TUBİTAK MAM (2005)'a göre

- 34 adet tesisin kirletme potansiyelinin yüksek olduğu
- 113 adet tesisin ısınma kaynaklı yayılım hariç başka bir yayınımlarının olmadığı
- 18 adet tesisin ise faaliyetine devam etmediği

belirtilmektedir. DOSB yapısı itibariyle 5 farklı bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler;

I. Etap (Dilovası Kısmı – 278,80 ha)

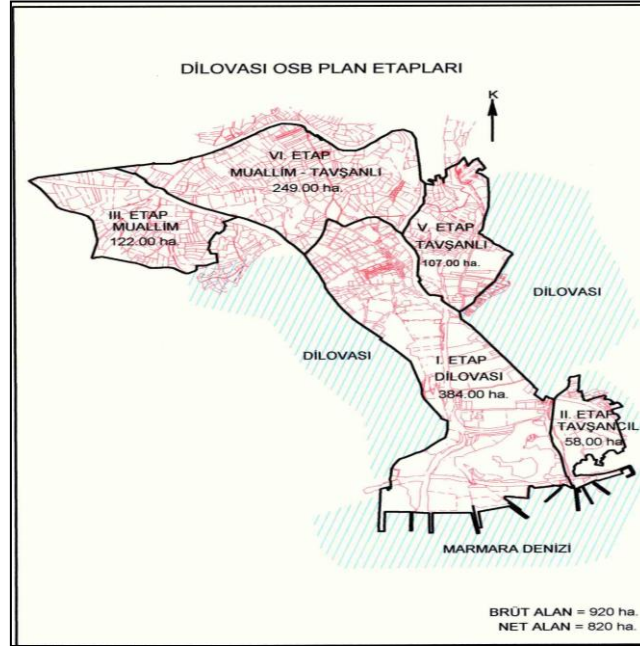
II.Etap (Tavşancıl Kısmı – 57,63 ha)

III. Etap (Muallim Kısmı – 128,71ha)

IV.IV. Etap (E5-TEM Arası- 249,00 ha)

V. V. Etap (Tavşanlı- 107,00 ha)

Olup Şeki 3.2 de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 : DOSB plan etapları

Çolakoğlu Enerji A.Ş.'ye ait enerji santralleri söz konusu raporda kirletici potansiyeli yüksek olan 34 tesisin içerisine dahil edilmiştir. Enerji santrallerinin dışında kalan kirletici potansiyeli yüksek tesisler;

- Boya ve tiner üretim tesisleri,
- Depolama tesisleri,
- Demir-çelik üretim tesisleri,
- Kömür tevzi ve dağıtım tesisleridir.

Bu tesislerden;

- Organik madde emisyonlarının herhangi bir arıtma olmadan atmosfere verildiği,
- Hurda metallerin ergitilmesi sırasında önemli miktarda gaz ve tozlar çatı ve duvarlarında bulunan boşluklardan kontrolsüz olarak atmosfere atıldığı,
- Kömürlerin genellikle açık alanda depolandığı ve özellikle doldurma-boşaltma sırasında önemli oranda tozu atmosfere vermektedir.

Bu çalışmada model uygulanacak bölgedeki tesisler, Dilovası 1.Etap'ta bulunmaktadır.

3.3 Dilovası Çanağı

Dilovası Çanağı; DOSB'un 'I. Etap (Dilovası Kısımı – 278,80 ha)' diye anılan bölgesinde yer almaktadır. I. Etap'ta bulunan kirletici kaynakları diğer bölgedekiler ile karşılaştırıldığında yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle demir-çelik tesisleri, kimyasal depolama alanları, boya ve vernik üreten tesisler ve enerji santrallerini bu bölgede bulunmaktadır. I. Etap'ın üç tarafı tepe ile çevrili olup bir tarafı ise Marmara Denizi'ne cephelidir. Bu topografik yapı tam bir çanağı andırdığından buraya 'Dilovası Çanağı' denilmiştir. Bölgeyi gösteren uydu resmi ve Şekil 3.3' de verilmiştir.



Şekil 3.3 : Dilovası Çanağı uydu görüntüsü

3.4. Dilovası Bölgesi'nde ki NO_x Emisyon Değerleri

3.4.1 Emisyon ölçüm istasyonları

Dilovası bölgesi kirletici miktarlarının belirlenmesi amacıyla bölgenin 2 farklı noktasına ölçüm istasyonu kurulmuştur. Şekil 3.4'te gösterilen ölçüm istasyonları Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından 1 tanesi Dilovası Çanak'ın doğu kısmında Dilovası Belediyesi'nin bulunduğu yere, diğer ise batı yakasında bulunan Polisan İlköğretim Okulu'nun yan tarafına konumlandırılmıştır.



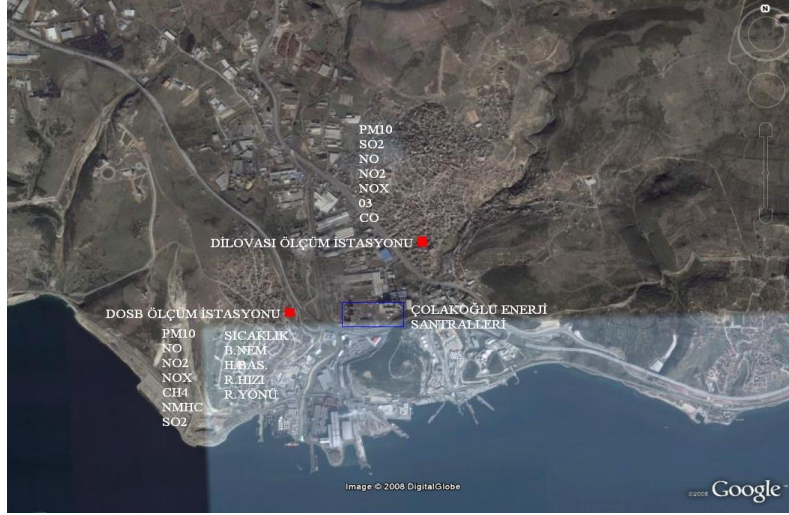
Şekil 3.4 : Ölçüm İstasyonları

Belediye binasının yanında bulunan ölçüm istasyonu (Dilovası Ölçüm İstasyonu) bölgeye 06.06.2006 tarihinde, İlköğretim okulu yanında olan istasyon (DOSB Ölçüm İstasyonu) ise 15.08.2007 tarihinde kurulmuştur. DOSB Ölçüm İstasyonu'nda parametre değeri artırılarak rüzgar hızı ve rüzgar yönünü ölçen sistemlerle donatılmıştır. Bu istasyonlarda ölçülen parametreler Çizelge 3.1' de verilmiştir

Çizelge 3.1 : Ölçüm istasyonu parametreleri

İstasyon İsmi	Kirletici Parametreleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Meteorolojik Parametreler
Dilovası Ölçüm İstasyonu	PM10, SO ₂ , NO, NO ₂ , CO, O ₃ , NO _x	-
DOSB Ölçüm İstasyonu	PM10, CH ₄ , NMHC, NO, NO ₂ , NO _x , SO ₂	SICAKLIK (⁰ C) B.NEM (%), H.Bas. (mb), Rüzgâr Hızı (m/s) Rüzgâr Yönü (Deg)

Ölçüm istasyonlarının bulunduğu noktalar uydu görüntüsü Şekil 3.5'de gösterilmiştir



Şekil 3.5 : Ölçüm istasyonu noktaları

Çolakoğlu enerji santralleri Şekil 3.5’de gösterilen istasyonların ortasında kalmaktadır. Yapılan model çalışmasında NO_x dağılım değerlerinin hesaplanmasında iyi birer gösterge olması açısından oldukça uygun yerlerdedir. Ölçüm istasyonlarının verileri Çevre ve Orman Bakanlığı’nın oluşturduğu ‘Hava Kalitesi Ölçüm Ağı’nda verilmiştir. Bu verilere www.havaizleme.gov.tr adresinden ulaşılabilir.

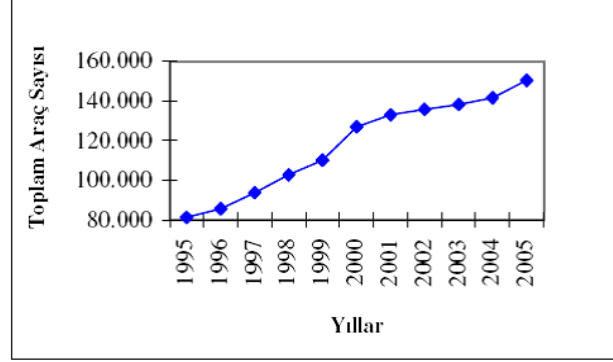
3.4.2 Dilovası bölgesinde bulunan kirletici kaynakları

Dilovası bölgesinde kirletici kaynakları evlerde ısınmadan kaynaklı olarak kullanılan yakıtlardan, bölgenin yoğun trafiğinden ve bölgedeki sanayi tesisi faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır.

3.4.2.1 Bölgede bulunan D-100 otoyolu ve E-80 otobanındaki trafikten kaynaklı hava kirliliği ve NO_x oluşumu

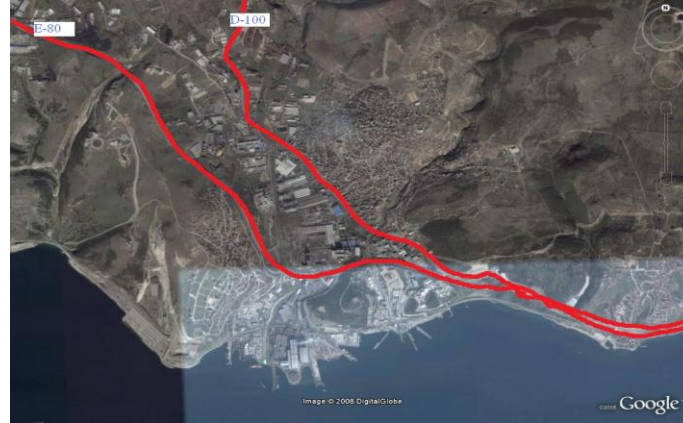
Dilovası çanağının olduğu bölgeden İstanbul’u Anadolu’ya bağlayan iki önemli yol olan E-80 otobanı ve D-100 karayolu geçmektedir. Bölgede yoğun sanayi faaliyeti olması araç yoğunluğu daha fazla artırmaktadır. Bölgeye ait yol ağları, Kocaeli ili geneli için 2003, 2004 ve 2005 yılları kirlilik yükleri değerlendirildiğinde trafikten kaynaklı olarak en yüksek verilere ulaşan yol ağlarından biridir. Bu veriler Gebze-Körfez D-100 karayolu hattı için 2005 senesi NO_x 701 ton/yıl, PM 33 ton/yıl, CO 562 ton/yıl ve VOC 136 ton/yıl olarak hesaplanmış olup, E-80 (TEM) otoyolu için PM 167 ton/yıl, NO_x 6127 ton/yıl, CO 4042 ton/yıl ve VOC 908 ton/yıl’ dır. Ancak

tüm Kocaeli E-80 yol ağı için 2004 yılı hesaplanması yapılmıştır. Şekil 2.14’ de görüleceği gibi 2003 senesinden 2005 senesine kadar %9’ luk bir artış gözlenmektedir. Bu durum, seneler arttıkça kirletici değerlerinin artacağını ifade etmektedir (Çetin vd, 2006).



Şekil 3.6 : Kocaeli ilinde trafiğe kayıtlı araç sayısı yıllık değişimi (Çetin vd., 2006)

Bu çalışmada trafikten kaynaklı kirleticilerin katkı değerleri hesaplaması yapılırken E-80 ve D-100 karayollarının Şekil 3.7’ de görüldüğü gibi 4.7 km lik kısımları model hesabına katılmıştır.



Şekil 3.7 : Dilovası bölgesi trafik ağı

Bölgeden geçen trafikten kaynaklı hava kirleticilerinin miktarını tahmin edebilmek için karayolları genel müdürlüğünün internet sitesinde bulunan 2007 yılı otoyollar ve devlet yolları trafik hacim haritasından yıllık ortalama günlük araç sayısı ve CORINAIR emisyon faktörleri kullanılmıştır. Devlet yolları trafik hacim haritası Ek-C de verilmiştir.

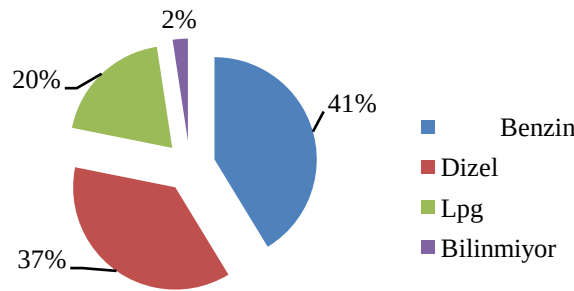
Çizelge 3.2 : Farklı araç tipleri için emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon aktörleri (CORINAIR)

Araç Tipi		Birim	PM	NO _x	CO	VOC
Benzinli Otomobil	(1)*	g/km	-	3.25	4.27	0.73
	(2)**	g/km	-	4.11	5.00	0.75
Dizel Otomobil	(1)*	g/km	0.20	1.02	0.51	0.09
	(2)**	g/km	0.38	1.58	0.76	0.10
Dizel Kamyon 7.5t<Ağırlık<16t	(1)*	g/km	0.44	4.13	1.95	0.96
	(2)**	g/km	0.34	4.37	1.52	0.71
Dizel Tır Ağırlık>32t	(1)*	g/km	0.57	12.41	1.95	0.96
	(2)**	g/km	0.45	10.17	1.52	0.71
Dizel Otobüs	(1)*	g/km	0.41	7.95	1.80	1.02
	(2)**	g/km	0.27	9.41	1.15	0.063

*Saatte 90 km hız için hesaplanan emisyon faktörleri

**Saatte 120 km hız için hesaplanan emisyon faktörleri

Çalışmada sadece motorlu kara taşıtları değerlendirilmeye alınmıştır. Değerlendirilmeye alınan kara taşıtları dizel veya benzinli olup olmadığını belirlemek için Şekil 3.8 kullanılmıştır.



Şekil 3.8 : 2007 yılı itibariyle Türkiye’de yakıt türlerine göre kullanılan araçların oranları (TÜİK-2008)

Karayolları genel müdürlüğünden E-80 (TEM) otoyolu ve D-100 karayollarından alınan araç karakterizasyonu farklılık göstermektedir. D-100 karayolu için; otomobil, orta yüklü ticari taşıt, otobüs, kamyon, kamyon+römork+çekici+yarı römork olarak karakterizasyon yapılmıştır. E-80 otoyolu için ise ; hafif taşıt ve ağır taşıt olarak iki farklı karakterizasyon yapılmıştır. Ticari araçların ve ağır taşıtların dizel kullanıldığı tahmini ile yakıt türüne göre bir karakterizasyon oluşturulmuş olup bölgede trafikten kaynaklı olarak oluşabilecek NO_x konsantrasyonları Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 de model verileri için kg/st cinsinden hesaplanmıştır. Bu hesaplama yapılırken;

$$E_i = \sum (Veh_j \times D_j) \times E_{i,j,km} \quad (4.1)$$

formülü kullanılmıştır. Burada ;

E_i : emisyon miktarı (i)

Veh_j : araç tipine bağlı araç sayısı (j)

D_j : aracın katettiği mesafe (j)

$E_{i,j,km}$: araç tipi (j) ve hıza (km) bağlı emisyon faktörü (i)

dür.

Çizelge 3.3 : D-100 Karayolu için Dilovası bölgesi 4.7 km' lik yol ağı NO_x emisyon miktarı

D-100 Karayolu Araç Sayıları (2007 yılı-Günlük)		Yakıt türü	E.Fak. (g/km)	NO _x Emisyon Miktarı (g/st) (E _i /24 saat)
42226 otomobil	34445	Benzinli	3.25	4664.42
	7781	Dizel	1.02	330.69
3475 Orta yüklü ticari taşıt		Dizel	1.02	147.68
1341 Otobüs		Dizel	7.95	444.206
6785 Kamyon			4.13	1167.58
1435 Kamyon+Römork +Çekici+Yarı römork			12.41	742.01
56262 Toplam		Toplam 7496.586 g/st		

*Saatte 90 km hız için hesaplanan emisyon faktörleri kullanılmıştır

Çizelge 3.4 : E-80 Karayolu için Dilovası bölgesi 4.7 km' lik yol ağı NO_x emisyon miktarı

E-80 Otoyolu Araç Sayıları (2007 yılı-Günlük)		Yakıt Türü	E.Fak. (g/km)	NO _x Emisyon Miktarı(g/st) (E _i /24 saat)
35747 hafif taşıt	4800	Dizel	1.02	204
	15400	Benzinli	3.25	2085.404
24002 ağır taşıt		Dizel	8.16	8168.68
Toplam	59749	Toplam		10458.08

*Saatte 90 km hız için hesaplanan emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Elde edilen veriler değerlendirildiğinde; bölgede yıllık olarak yaklaşık 157.2 ton/yıl NO_x oluşumu meydana geldiği kabul edilmiştir.

3.4.2.2 Endüstriyel tesisler

Dilovası bölgesi içerisinde bulunan bütün endüstriyel tesisler DOSB sınırlarına dahil edilmiştir. Bu çalışmada Dilovası Çanağı içerisinde bulunan tesisler önem arz etmektedir. Dilovası'nın Gebze'ye doğru uzanan sınırları mevcuttur. Çanak'tan Gebze'ye doğru uzaklaştıkça sanayi tesisleri D-100 karayolu güney tarafına doğru yayılım göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan endüstriyel tesislerin kirletici değerleri 2007 senesinde Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğünde 15 günlük emisyon raporları incelenmesi çalışması neticesinde ve TÜBİTAK-MAM'ın 2005 senesinde yaptığı araştırma sonuçlarına dayanmaktadır.

Bölgede bulunan 193 adet tesisten 33 tanesinin kirletici potansiyeli yüksek tesislerdir (TÜBİTAK-MAM, 2005). Kocaeli İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nde yapılan hava kirleticileri envanteri çalışması kapsamında ve TÜBİTAK-MAM raporundan 23 tane tesisin kirletici kütleli debi değerlerine ulaşılmıştır. Bu 23 tesis içersinden yaklaşık olarak 14 tanesi kirletici potansiyeli yüksek tesislerden içinde yer aldığı görülmüştür. Bu tesislerle ilgili emisyon envanteri EK 2.A' da sunulmuştur.

NO_x kirleticilerinin dağılım modellemesi yapılırken kütleli debilere ve tesisin baca özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Diler Demir-Çelik, Çolakoğlu Demir-Çelik tesisleri bölgede önemli sanayi kuruluşları olup, ancak model programında kullanılabilecek verilerine ulaşamamış, sadece tesislerle ilgili olarak kirletici konsantrasyonlarına ulaşılmıştır ve Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5 : Diler Demir-Çelik Endüstrisi ve Çolakoğlu Metalurji A.Ş. baca gazı ölçüm sonuçları (TÜBİTAK-MAM-2005)

Tesis Adı	Kirletici Değerleri (mg/Nm ³)			
	CO	NO _x	SO ₂	Toz
Diler Demir-Çelik Endüstrisi	1480	78	5	4.2
Çolakoğlu Metalurji A.Ş.	84	72	4	76

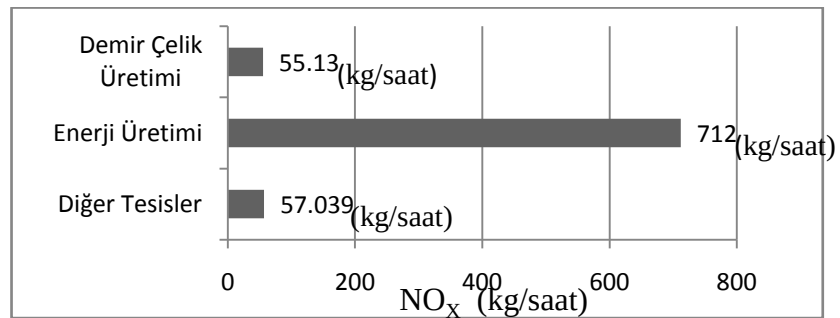
Çizelge 3.5 daki konsantrasyon değerleri ETKHKKY'e göre sınır değerlerin altında kalmaktadır. Ancak kütleli debi değerleri açısından herhangi bir bilgiye ulaşamadığından sınır değerin kütleli debi olarak aşılp aşılamadığı bilinmemektedir. Çizelge 3.5 deki konsantrasyon değerleri, Diler Demir-Çelik ve Çolakoğlu Metalurji gibi çevresel etkileri yüksek olduğu bilinen bu tesislerin hava

kalitesine katkısı hakkında yol gösterici olamamaktadır. Demir ve çelik üretimi yapan tesislerin modele dahil edilmesi hususunda kapasite değerleri ve literatürdeki verilerden faydalanılmıştır. Bu değerler ışığında Diler Demir-Çelik' ten 20.95 kg/saat NO_x , Çolakoğlu Demir-Çelik'ten ise 34.17 kg/saat NO_x salınımı yapıldığı tahmini yapılmıştır.

Çolakoğlu Çevrim Santrali ve OP2 Enerji Santralleri ile OVA Elektrik Üretim A.Ş. den oldukça yüksek miktarlarda NO_x emisyonu kaynaklanmaktadır. OVA Elektrik Üretim A.Ş. ve Çolakoğlu Çevrim Santrali için NO_x miktarı Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (ETKHKKY) Ek-3.d.3'e göre NO_x kütleli debileri 20 kg/saat'i aşamaz. Ancak her iki tesisten kaynaklı değer 311.35 kg/saat olup limit değerin oldukça üzerindedir. Diğer tesislerin kirlletici kütleli debi değerleri sınır değerlerin altında kalmaktadır.

Çolakoğlu OP2 Enerji Santralinden kaynaklı NO_x kütleli debileri ETKHKKY Madde 40 Tablo 40.1'e göre 40 kg/saat'i aşamaz, ancak görülmektedir ki NO_x kütleli debileri 89,3'e kadar yükselmiştir. Bu durum ile birlikte SO_2 kütleli debilerinde sınır değer olan 60 kg/saat aşp 71.2 kg/saat olarak ölçülmüştür.

Bölgede hakkında toplanan veriler ışığında görülmektedir ki; özellikle NO_x kirlletici değerlerinde enerji üretiminden kaynaklandığı görülmektedir. Enerji üreten santrallerden kaynaklı olarak oluşan NO_x , bölge genelinde sanayi kaynaklı oluşan NO_x 'lerin Şekil 3.9 de gösterildiği gibi %87'sini temsil etmektedir.



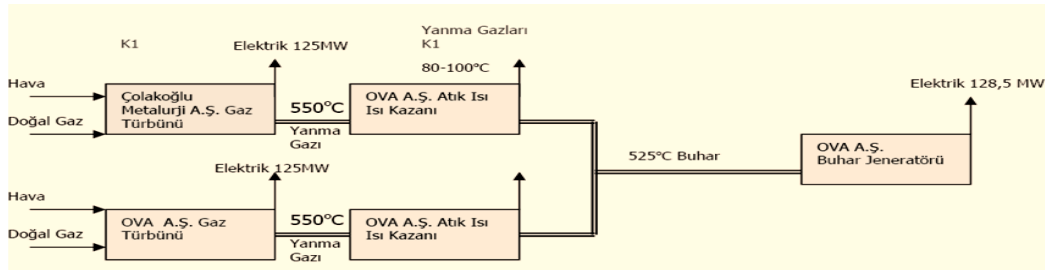
Şekil 3.9 : Dilovası Bölgesi'nde Sanayiden Kaynaklı NO_x kirlletici miktarları (kg/saat) sınıflandırılması

Enerji santrallerinden azotoksit oluşumları demir-çelik üreten ve diğer tesislerden kaynaklanan değerden oldukça fazladır. Ancak bu durum diğer kirlletici parametreleri olan CO , SO_2 , ve VOC için geçerli olmamaktadır.

Elde edilen veriler ışığında enerji santrallerinden kaynaklanan NO_x kirletici değerleri bölge genelinde oluşan NO_x değerlerini ifade etmektedir. Bu durum ozon oluşumlarına sebebiyet veren NO_x' lerin ağırlıklı olarak enerji üreten tesislerden kaynaklandığı söylenebilir.

Bu çalışmada NO_x değerleri olarak yüksek olan tesislerin dağılım modellemesi yapılmıştır. Tesislerle ilgili genel olarak özellikler ve kirletici miktarları ayrı ayrı incelenmiştir.

OVA Elektrik Üretim A.Ş ve Çolakoğlu Çevrim Santrali: Kocaeli ili Dilovası ilçesinde kurulan Çolakoğlu ve OVA A.Ş.'ye ait Çevrim Santrali elektrik üretimi yapmaktadır. Üretilen elektrik doğalgaz tüketimi ile sağlanmaktadır. Çolakoğlu ve OVA A.Ş.'ye bağlı gaz tribünlerine gelen doğalgaz değerlendirilerek buradan atık ısı, ısı kazanlarına gelerek buradan atık gaz verilmektedir.



Şekil 3.10 : Çolakoğlu ve Ova A.Ş. enerji üretim akım şeması

Tesiste toplam 378,5 MW elektriksel güce sahip gaz tribünü, atık sısı kazanı ve buhar jeneratörü bulunmaktadır. Tesiste ki gaz tribünleri atık ısı kazanı sistemleri Kombine kapalı çevrim olarak çalışmakta olup kombine çevrim verimleri % 50'dir. Tesiste bulunan 2 adet gaz türbünüde yakıt olarak doğalgaz kullanılmakta olup, tesisin yıllık (330 gün üzerinden) doğalgaz tüketim miktarı 1 adet gaz tribünü için 625.458.240 m³ tür (Çolakoğlu Emisyon Raporu, 2006).



Şekil 3.11 : OVA A.Ş.’ ye ait atık ısı kazan bacaları (Emisyon Kaynağı)

Şekil 3.11 de görülen bacaların özellikleri aynı olduğundan kirletici değerleri ve baca özellikleri eşit kabulü yapılmıştır. Tesislerden kaynaklanan kirletici miktarları Çizelge 3.7’ de verilmiştir

Çizelge 3.6 : Yakma sistemleri özellikleri

YAKMA SİSTEMİ ÖZELLİKLERİ	
Gaz Türbünü Elektriksel Güç	125 MW
Isıl Gücü (max.)	378,79 MW
Yakıt Türü	Doğalgaz
Yakıt Miktarı	39486 m ³ /saat
Gaz Türbünü Verimi	%33
Kombine Kapalı Çevrim Verimi (Çolakoğlu+Ova)	%50
Buhar Türbünü (Elektriksel Güç) (Ova)	128,5 MW
Toplam Kurulu Elektriksel Güç (Çolakoğlu+Ova)	253,4 MW

Çizelge 3.7 : Ova A.Ş. 1 nolu atık ısı kazanı bacası ölçüm sonuçları (Çolakoglu emisyon raporu-2006)

Parametreler		1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	Ortalama	ETKHKKY SINIR DEĞER
Gaz Sıcaklığı (°C)		85	87	85	86	-
%O ₂		14.64	14.51	14.49	14.55	-
Baca Gazı Hızı (m/sn)					10.1	4 (Ek-4.a.1)
Baca Gazı Debisi (m ³ /saat)					1.298.587	-
N.Ş. larda Baca Gazı Debisi (Nm ³ /saat)					1.064.538	-
Konsantrasyonlar (mg/Nm ³)						
İslilik	Ölçülen	2	2	2	2	3(Ek-5.A.8)
Toz	Ölçülen	1.8	4.6	3.1	3.2	-
CO	Ölçülen	3	3	3	3	-
	%15 O ₂	2	2	2	2	100(ek-5.A.8)
CO ₂	Ölçülen	0	0	0	0	-
	%15 O ₂	0	0	0	0	60 (Ek-5.A.8)
NO _x	Ölçülen	290	294	294	292	-
	%15 O ₂	273	272	271	272	300(Ek-5.a.8)
Kütlesel debi değerleri(kg/saat)						
Toz					3.3710	15(Ek-3.d.2)
CO					2.6630	50(Ek-3.d.3)
CO ₂					0.0000	60(Ek-3.d.3)
NO _x					311.3502	20(Ek-3.d.3)

Ölçüm değerleri ve emisyon faktörü kullanarak değerler karşılaştırılmıştır. Tesis için emisyon faktörü 4480 kg NO_x /10⁶ m³ doğalgaz (A sınıfı emisyon faktörü, > 100 MMBtu, Large Wall-Fired Boilers) kullanıldığında, 350.2 kg NO_x/saat emisyon olduğu görülmüştür. Ölçüm değeri olan 311.35 kg NO_x/saat değeri alınması, ölçüm işletme şartlarına göre yapıldığı ve emisyon faktörü kullanılarak hesaplanan değere yakın olduğundan dolayı gerçek ölçüm değeri dağılım modelinde kullanılmıştır.

Çolakoğlu OP2 Enerji Santrali

Birbirine paralel ve eşdeğer 2 adet dolaşimli akışkan yatak kazan ünitesi bulunmaktadır. Her bir ünite 75 MW elektrik enerjisi üretme gücünde olup, yakıt olarak atık ısı değeri 23.870 ile 27.115 kJ/kg arasında olan kömürleri yakmak üzere 1999 yılında işletmeye alınmıştır.



Şekil 3.12 : Çolakoğlu OP2 enerji santrali

Her üniteye ait kazanda 137.5 bar basınçta ve 540 °C sıcaklıkta 240 ton/h buhar üretilmektedir. Tesiste bir adet buhar türbini olup, 2x75 MW güç buhar türbini kombinasyonu ile 170 MW'e daha sonra yapılan modifikasyonlarla 190 MW'a çıkarılmıştır. Tesiste dolaşimli akışkan yatak üniteleri dışında bulunan ünitelerin şunlardır:

- Degazör – Türbin Binası
- Toz Arıtım Üniteleri(Elektrostatik Üniteler)
- Kömür Stok Binası ve Kömür Besleme Sistemi
- Kireç Taşı Besleme Ünitesi
- Kum Ünitesi
- Transformatörler
- Kompresör Binası
- Hamsu, Demineralizasyon, Yangın suyu ve Hava Tankları
- Fan ve Baca

Tesiste yılda 600.000 ton ithal Sibiry kömürü yakılması planlanmıştır. Bu kömürlerin ısı değeri 6400 kcal/kg olup kükürt içeriği % 0.3-0.4'dür (İTÜ, 2005). Kömürler akışkan yataklı yakma sisteminde kireç taşı ile birlikte yakılmaktadır. Çıkan sıcak yanma gazlarının ısısı kullanılarak elektrik üretimi amacı ile buhar elde

edilmektedir. Buhar üretimini takiben gazlar bir elektrofiltreden geçirilerek küller tutulmaktadır. Elektrostatik filtrelerde tutulan küller çimento hammaddesi olarak çimento tesislerine gönderilmektedir. Tesis birbiri ile aynı özelliklere sahip iki yakma sisteminden oluşmaktadır. Her yakma sisteminin 3.2 m çapında kendi ayrı bacası bulunmaktadır. Bu bacalar 22 m çapındaki beton bir baca içerisine yerleştirilmişlerdir.

Tesiste yakma sistemi olarak akışkan yatak teknolojisi kullanılmasına rağmen İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından yapılan “Dolanımlı Akışkan Yataklı Kömür Santrallerinde Petrokok İncelenmesi (Şubat 2005)” isimli projede yapılan ölçümlere göre SO₂, NO_x ve CO konsantrasyon bazında sınırları aşmadığı, ancak PM10 emisyonlarının 20 mg/Nm³ sınır değerinin üzerinde ve 50 mg/Nm³ mertebesinde olduğu görülmüştür. Diğer taraftan kütleli emisyonlar bakımından SO₂ ve NO_x parametrelerinin sınırları aştıkları, CO ve PM10’un ise aşmadığı görülmüş, SO₂ ve NO_x parametreleri açısından ise Hava Kirliliği Katkı Değerinin hesaplanmasının gerektiği belirtilmiştir. Tesise ait baca özellikler ve kirlenici değerleri Çizelge 3.8’ de verilmiştir

Çizelge 3.8 : Çolakoglu Metalurji A.Ş. tesislerine ait emisyonlar (İTÜ-2005)

Büyüklikler	SO₂	NO_x	CO	Toz
Yaş baca gazı kons. Ppm (%4 O ₂)	200	-	200	-
Kuru baca gazı kons., ppm (%4 O ₂)	213.7	-	213.7	-
Kuru baca gazı kons., (%6 O ₂)	99.7	-	99.7	50 mg/Nm ³
Kuru baca gazı kons., Nm ³ /saat (%6 O ₂)	285	400	124.7	50 mg/Nm ³
Aşılması gereken kons.	400	400	150	20
Kuru baca gazı debisi, Nm ³ /saat (%6 O ₂)	250.000	250.000	250.000	250.000
Aşılması gereken emisyonlar, kg/saat	60	40	500	15
Fiili Emisyonlar, kg/saat	71.2	89.3	31	12.5

Ölçüm değerleri ve emisyon faktörü kullanarak değerler karşılaştırılmıştır. Tesisi için emisyon faktörü 2.5 kg NO_x /ton kömür (D sınıfı emisyon faktörü, FBC- circulating bed) kullanıldığında 74.0025 kg NO_x/saat emisyon oluşacağı hesap edilmiştir. Ölçüm değeri olan 89.3 kg NO_x/saat değeri alınması, ölçüm işletme şartlarına göre yapıldığı

ve emisyon faktörü hesap değerine yakın olduğundan dolayı gerçek ölçüm değeri dağılım modeli kullanılmıştır.

Baca gazı sıcaklığı 172 °C, hızı 8.6 m/sn, kurulu tesisin baca yükseliği 160 m ve baca çapı 2x350 cm olup dağılım modelinde kullanılmıştır.

Çolakoğlu Metalurji A.Ş. Demir-Çelik Tesisi: Dilovası Beldesi'nin güney kısmında kalan, İzmit Körfezi'nin Dilovası'na sahil oluşturan bölümünün %50'sini kaplayan bu işletme Dilovası'na 1966 yılında kurulmuştur.



Şekil 3.13 : Çolakoğlu Metalurji A.Ş. Demir-Çelik Tesisi uydu görüntüsü

Demir çelik tesisinde hurda demir ergitilerek çeşitli ebatlarda çelik üretimi gerçekleştirilmektedir. Tesis Dilovası çanağı içerisinde kalmaktadır. Tesiste 300 ton sıvı kapasiteli 250 MW gücünde 1 adet EAO, 2 adet 48 MW 300 ton kapasiteli pota ocağı, 300 ton kapasiteli ikiz tanklı vakum giderici sistem bulunmaktadır. Tesiste slit teknolojisi ve yatay dikey çevirmesiz sürekli haddeleme yapılmaktadır (www.dcu.org.tr). Tesiste hurda demir ergitme ve haddeleme işlemi için kullanılan doğalgazdan kaynaklı olarak NO_x oluşmaktadır. Tesise ait mevcut ölçüm değerleri Çizelge 3.9 da verilmiştir.

Çizelge 3.9 : Çolakoğlu Demir-Çelik Tesisi kapasitesi ve oluşan NO_x kütleli debisi

Yıllık Faaliyet	Miktar (ton/yıl)	Doğalgaz Tüketimi (m ³ /yıl) (47 m ³ / ton haddeleme için)	Hurda Demirden Demir-Çelik eldesi için Emisyon Faktörü(EPA AP 42)	Oluşan NO _x (kg/saat)
Demir-Çelik Üretimi	2.000.000	***	0.1 kg/ton	25.25
Haddeleme	1.000.000	47.000.000	0.0015 kg/m ³ doğalgaz	8.7
Toplam (kg/saat)	*	*	*	33.95

Demir-elik üretimi ve haddeleme işleminden kaynaklı oluşan NO_x miktarları literatürde mevcut değildir. Bundan dolayı bazı kabuller yapılarak izelge 3.9’da ki kütlesel debi değerleri hesap edilmiştir. Bu hesap kapsamında; EPA AP 42 hurda demirden demir-elik üretimi ve doğalgaz yanması sonucu oluşan NO_x emisyon faktörü kullanılmıştır. Tesiste haddeleme işleminde 40 kg fuel oil / ton hadde kabulü yapılmıştır (Envest, 2005). Fuel oil tkretiminden elde edilecek kalori değerini, doğalgaz elde edilebilecek şekilde dönüştürüldüğünde; 1 kg fuel oil yakıldığında 10.000 kcal ve 1 m³ doğalgaz yakıldığında ise 8500 kcal elde edilmektedir (Prober, 1972). Bu durumda; yapılan hesaplama neticesinde 47 m³/ton haddeleme miktarı elde edilmiştir.

Tesise ait ölçümler neticesinde baca gazından çıkan NO_x konsantrasyonu 71 g/Nm³ baca gazı sıcaklığı 104  C baca gazı hızı 11 m/sn olarak ölçülmüştür (TBTAK-MAM, 2005). Baca gazı çapı ile ilgili olarak herhangi bir bilgi verilmediğinden, bu veriler ışığında baca çapı 3 m olarak hesaplanmıştır. Emisyon çıkışının olduğu baca gazı uzunluğu 45 m kabul edilmiştir.

Diler Demir elik Endüstri Ticaret A.ř.: 1978 yılından itibaren faaliyetlerini Dilovası’nda sürdürmeye başlamıştır. Tesiste hurda demir kullanılarak kütük demir ve nervurlu yuvarlak betonarme elik çubuk üretimi yapılmaktadır. Tesisi temel olarak; 100 MW’lık trafo gücüne sahip elektrik ark ocağı, 20 MW’lık trafo gücüne sahip pota ocağı, sürekli döküm nitesi, haddehane, tav fırın, hadde tezgahları ve makaslar, soğutma platformu ve paketleme ünitelerinden oluşur.



şekil 3.14 : Diler Demir-elik Endüstri A.ř. uydu ve gerçek görüntüsü

Tesiste hurda demir ergitme ve haddeleme işlemi için kullanılan doğalgazdan kaynaklı olarak NO_x oluşmaktadır. Tesise ait mevcut ölçüm değerleri izelge 4.10 da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Çolakoğlu Demir-Çelik Tesisi kapasitesi ve oluşan NO_x kütledebisi

Yıllık Faaliyet	Miktar (ton/yıl)	Doğalgaz Tüketimi (m ³ /yıl) (47 m ³ / ton haddeleme için)	Hurda Demirden Demir-Çelik eldesi için Emisyon Faktörü (EPA AP 42)	Oluşan NO _x (kg/saat)
Demir-Çelik Üretimi	1.200.000	***	0.1 kg/ton	15.15
Haddeleme	650.000	30.550.000	0.0015 kg/m ³ doğalgaz	5.7
Toplam (kg/st)	*	*	*	20.85

Diler Demir-Çelik'e için yapılmış olan NO_x kirletici dağılımı hesabı, Çolakoğlu Demir-Çelik için yapılmış hesaplarda kullanılan aynı kabuller yapılarak oluşturulmuştur.

Tesise ait ölçümler neticesinde baca gazından çıkan NO_x konsantrasyonu 78 µg/Nm³ baca gazı sıcaklığı 102 °C baca gazı hızı 12 m/sn olarak ölçülmüştür (TÜBİTAK-MAM, 2005). Baca gazı çapı ile ilgili olarak herhangi bir bilgi verilmediğinden, bu veriler ışığında baca çapı 2.7 m olarak hesaplanmıştır. Baca gazı uzunluğu 40 m kabulü yapılmıştır.

3.4.2.3 Konutlarda Isınmadan Kaynaklı NO_x Salınımları

Modellemesi yapılan bölgede yaşayan nüfus 2007 nüfus sayımına göre çanak çevresinde 35836 olarak belirlenmiştir (www.dilovasi.bel.tr). Dilovası bölgesinde 7855 adet konut bulunmaktadır (Dilovası Belediyesi Görüşme, 11.11.2008) Bölgede ki konutlarda ısınma amaçlı olarak kömür kullanılmaktadır. Bölgede doğalgaz kullanımı 2008 yılı aralık ayı başında başlanılmış olup abone sayısı çok düşük seviyelerdedir (PALGAZ Görüşme, 12.11.2008). Bu çalışma da gerçek durumun tespiti açısından ısınma amaçlı olarak kömür ve odun kullanıldığı varsayımı yapılmıştır.

Bölgenin sosyo-ekonomik durumu göz önünde bulundurulduğunda, fiyat bakımından pahalı olan ithal kömürlerin kullanılması bölge için yüksek seviyelerde olmamaktadır. Gelir seviyesi oldukça düşük olan bu bölgede, yerli kömür kullanımı yapılacağı tahmini yapılmıştır. Ayrıca devlet tarafından bölgeye, ekonomik durumu kötü olan vatandaşlara kömür yardımı yapılmakta olup bu kömürün yerli linyit

kömür olduğu bilinmektedir. Bölge genelinde ısınma amaçlı olarak odun da kullanılmaktadır (Çetin, vd, 2004).

Bölgede yıllık kömür kullanımı hakkında bilgiye ulaşılammıştır. Yıllık tüketim miktarı için varsayımda bulunulmuştur. Tüketilen kömürün ithal ve yerli kömür olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada bir konutta yıllık olarak 2 ton/konut yerli kömür, 1 ton/konut ithal kömür veya 3 ton/konut odun yakılması varsayımı yapılmıştır. Kömürlerin özellikleri belirlenmesinde IKHKY (Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği) ve Kocaeli MÇK (Mahalli Çevre Kurulu) kararları çerçevesinde belirlenmiştir. Kocaeli il ve ilçeleri MÇK kararlarında 1. dereceden hava kalitesi açısından kirlenmiş bölge olarak açıklanmaktadır. Bu durum HKKY (Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği)'nde bulunan sınır değerlerin aşıldığı anlamına gelmektedir. IKHKY'de sınır değerlerin aşıldığı durum için farklı yerli kömür kalitesi değerleri belirtilmiştir, ancak ithal kömür için kalite değerleri sabit tutulmuştur. Bu değerler Çizelge 3.11 ve Çizelge 3.12'de verilmiştir.

Çizelge 3.11 : Hava kalitesi sınır değerlerinin aşıldığı il ve ilçelerde kullanılacak yerli kömürlerin özellikleri

Yerli Kömürlerin Özellikleri	Sınırlar	Kullanılacağı İller
Toplam Kükürt (kuru bazda)	% 2 (max.)	Bu Yönetmeliğin 28 inci maddesine göre Sınır Değerlerinin Aşıldığı İl ve İlçeler
Alt Isıl Değer (orijinalde)	4000 (-200) Kcal/kg (min.)	
Toplam Nem (orijinalde)	%20 (max.)	
Kül (kuru bazda)	%18 (max.)	
Şişme İndeksi	1 (max.)	
Boyut*	18-150 mm (18 mm altı max. %10 tolerans)	

Çizelge 3.12 : Isınma amaçlı ithal taş ve linyit kömürü özellikleri ve sınırları

Özellikler	Sınırlar
Toplam Kükürt (kuru bazda)	% 0,9 (max.)
Alt Isıl Değer (orijinalde)	6200 kcal/kg (min.)
Uçucu Madde (kuru bazda)	% 12-28 (+1 tolerans)
Toplam Nem (orijinalde)	% 10 (max.)
Kül (kuru bazda)	%14 (max.) (+1 tolerans)
Şişme İndeksi	: 1 (max.)
Boyut*	18-150 mm (18 mm altı ve 150 mm üstü için max. %10 tolerans)

Model verileri için konutlardan kaynaklı dağılımın incelenmesinde alansal kaynak yaklaşımı uygulandığından, konut alanlarının hesaplanması gerekmektedir.



Şekil 3.15 : Dilovası bölgesi konut alanları

Şekil 3.15’de gösterildiği gibi bölge iki farklı yerleşim yerine sahiptir. Bölgenin güneyinde yaklaşık 30 konutluk bir bölge bulunmaktadır. Ancak bu bölge çalışma kapsamında diğer konutların içerisinde değerlendirilmiştir. 1. Konut alanı içerisindeki kalan bölgedeki konut sayısı 1855 iken, 2. Konut alanı içerisinde kalan bölgede 4000 adet konut olduğu varsayımı yapılmıştır. Şekil 3.14’ de bakıldığında, 1. Konut alanı içerisinde bulunan konutların birbirleri arasında bulunan mesafenin, 1. Konut alanı içerisindeki konutlar arası mesafeden yüksek olduğu görülmektedir. 2.Konut bölgesinde yüksek katlı binalar 1.Konut alanındakilerden daha yüksektir. Bu durum ısınmadan kaynaklı oluşabilecek yayınımların 2. Konut alanı çevresinde birim alanda oluşan kirleticilerin daha yüksek konsantrasyonlarda oluşacağını ifade

etmektedir. Bölgenin sosyo-ekonomik yapısından kaynaklı olarak yerli kömür tüketimi fazla olacağı tahmin edilmiştir. Bölgede kullanılan ısınma amaçlı olarak kömürün %65'i yerli linyit kömürü ve %25'i ise ithal linyit kömürü ve %10'u odun kullanımı kabulü yapılmıştır. Kömür, odun için Çizelge 3.13' de bulunan emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Çizelge 3.13 : Evsel yakıtlar için NO_x emisyon faktörleri

Yakıt tipi	Birim	Yakıcı tipi	NO_x	Kaynak
Yerli Linyit Kömürü	kg/ton	Evsel	2.631	Çetin, vd., 2004
İthal Taş Kömürü	kg/ton	El ile beslemeli	9.1 (E*)	US EPA, 1998
Odun	kg/ton	Evsel	1.27 (C*)	US EPA, 2003

*Emisyon faktör sınıfı

Taş kömürü karakterizasyonu Amerikan standart kömür sınıflamasına göre bitümlü kömür sınıfına dahil edilmektedir (DPT, 1996). Bundan dolayı US EPA emisyon faktörü hesaplanmasında bitümlü kömüre ait emisyon faktörü kullanılmıştır. Ancak evlerde kullanılan sobalara ait emisyon faktörü bulunmadığından, el ile beslemeli yakıcı konfigürasyonu emisyon faktörü alınmıştır. Ülkemizde ithal kömür (Sibirya kömürü) ile ilgili yapılan emisyon faktörü çalışmasında 9,7 (kg NO_x)/(ton kömür) olarak bulunmuştur (Alp, 2008). Yapılan bu çalışma bir kalorifer kazanında yapıldığı varsayıldığında alınan 9,1 (kg NO_x)/(ton kömür) emisyon faktörü, bölgedeki kovalı üstten beslemeli, ızgaralı turbo döküm sobalar ve kalorifer kazanlarından kaynaklanan ortalama NO_x için temsil edici bir değerdir. Yerli linyit kömürünün kalori değeri daha düşük olduğundan oluşan NO_x miktarı düşük olur. Bundan dolayı yerli kömürün emisyon faktörü literatürde alınan değer olan 2.631 (kg NO_x)/(ton kömür) alınması doğru bir yaklaşım olacaktır. Konut alanlarından kaynaklanan alansal kaynak model dağılımında kullanılacak veriler Çizelge 3.14'de verilmiştir.

Çizelge.3.14 'den de görüldüğü gibi 1. Konut alanında emisyon oluşumu daha fazla oluşmaktadır. Konutlardan oluşan NO_x emisyon değeri, bölgedeki diğer NO_x kaynaklarının %1 lik değerini oluşturmaktadır.

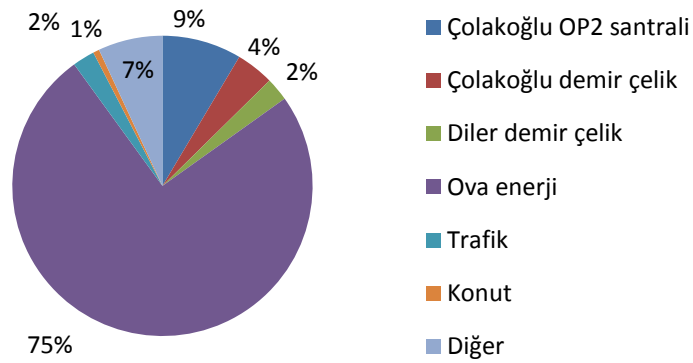
Çizelge 3.14 : Konutlardan kaynaklı NO_x emisyonları kütleli debileri

Konut Alanı		1.Konut Alanı	2.Konut Alanı
Alan genişliği (m ²)		480000	1260000
Konut sayısı		1855	6000
NO _x Emisyon miktarı (ton/yıl*)	Yerli kömür : (E.F(kg/ton)x Kömür Miktarı (ton/yıl*.Konut) x Konut sayısıx0.65)	6.34	20.52
	İthal Kömür: (E.F kg/ton) x Kömür Miktarı (ton/yıl*.Konut)x Konut sayısıx0.25)	4.8	13.65
	Odun: (E.F x Odun Miktarı(ton/yıl.Konut)x Konut sayısıx0.10)	1.76	5.715
	Doğalgaz: (E.F x Doğalgaz Miktarı (m ³ /yıl* Konut)xKonut sayısı	2.78	9.02
Emisyon miktarı (Kömür ve odun), (ton/yıl*.m ²)	Emisyon miktarı (ton/yıl* x konut alanı)	2.687x10 ⁻⁵	3.15x10 ⁻⁵
Emisyon miktarı (Doğalgaz) ton/yıl*.m ²)	Emisyon miktarı (ton/yıl*)/konut alanı	5.79x10 ⁻⁶	7.15x10 ⁻⁶
Toplam kütleli emisyon değeri (kömür ve odun) (ton/yıl*)		10.42	33.72
		44.15	

*Yıl : Kış sezonu (1 Ekim- 31 Mart) için 180 gün olarak alınmıştır.

3.5 Dilovası Çanağında Oluşan NO_x Emisyonları Genel Değerlendirilmesi

Bölge genelindeki trafik, konut, enerji, demir çelik ve diğer tesislerden kaynaklı emisyon yükleri Şekil 3.16 da verilmiştir.



Şekil 3.16 : Dilovası geneli için emisyon yük dağılımı

Konutlardan kaynaklanan emisyon yükü %1 seviyelerinde olup en düşük emisyon yüküne sahip bileşendir. Genelde bölgedeki en yüksek emisyon yüküne enerji santralleri sahiptir. Demir çelik tesisleri, enerji tesislerinde sonraki en yüksek NO_x yük değerine sahiptir. ‘Diğer’ isimli bileşen, bölge geneli için envanter çalışması neticesinde elde edilmiş veriler olup genel envanteri temsil etmemektedir.

3.6 Dilovası’nda Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Dilovası çanağında kirleticiler dağılımı gerçekleşemediğinden, kirleticiler çanağın içerisinde kalmaktadır. Bölgenin sanayi yoğunluğu da göz önünde bulundurulduğunda, insan sağlığı üzerine ciddi bir etki söz konusudur. Bu bölgede kirleticilerin insan sağlığı üzerine yaptıkları etki yapılan bilimsel araştırmalar neticesinde ülke genelindeki kanser vakalarının ortalama değerlerinin üstünde çıkmıştır.

Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı ABD tarafından Dilovası Beldesi’ndeki 2004 yılı ölümlerinin nedenlerinin saptanması amacı ile gerçekleştirilen çalışma sonucunda, Dilovası beldesinde toplam ölümler içinde kanser nedeni ölümlerin oranının, ülkemiz ve dünyadaki benzer verilerle kıyaslandığında sırasıyla 2,6 ve 2,7 kat olduğu; Dilovası’ndaki kansere bağlı ölümler içindeki akciğer ve mide kanseri ölüm oranlarının dünya verilerine göre 2,6 kat, prostat kanseri ölüm oranının da 3,2 kat olduğu ve Dilovası beldesinde 10 yıl ve daha uzun süre yasayanlarda kanser nedeniyle ölme riskinin, 10 yıldan az yasayanlara göre 4,4 kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Çalışmada elde edilen verilere göre en fazla görülen kanser türü akciğer kanseridir. Bu çalışmada epidemiyolojik bir araştırma yapılmadığından çalışmanın sadece bir gözlem olarak değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir. Bu çalışma bir gözlem olarak değerlendirilse bile Dilovası’nda öncelikli müdahale edilmesi gereken bir halk sağlığı sorunu olabileceği yadsınamaz bir gerçektir (Tuncer, M., 2006).

4. HAVA KİRLETİCİLERİ İÇİN DAĞILIM MODELLEMESİ

Dağılım modelleri bir kaynaktan atmosfere verilen kirleticilerin atmosferik koşullara ve verecekleri reaksiyonlara bağlı olarak nasıl dağıldığını belirlemeyi amaçlayan matematik modellerdir. Modelleme doğal koşulların laboratuarda benzetilmesi temeline dayanılarak hazırlanan fiziksel modeller ve teorik hesaplamalara dayanan matematiksel modeller olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Ancak, uygulama kolaylığı nedeniyle yaygın olarak matematiksel modelleme tekniği kullanılmaktadır. Matematiksel modeller arasında doğrudan ölçüm yoluyla bulunan değerler ile uyumlu sonuç vermesi açısından en çok kullanılan Gauss Modelidir. Atmosferik şartların karmaşık yapısından dolayı model uygulamalarında sadece bir yaklaşım söz konusudur. Bu yaklaşım; model uygulaması yapılan bölgedeki kirletici dağılımlarının incelenmesinde sadece bir öngörü oluşturur, ancak hava kalitesi hakkında kesin bilgi vermez.

Endüstriyel ve trafik kaynaklı oluşan kirleticilerin dağılımlarının incelenmesinde birden fazla model uygulaması üretilmiştir. Bu model uygulamalarında evrensel bir model elde edilmesi mümkün olmamaktadır. Buna karşın temel model yaklaşımlarının uygulama yapılacak kaynak ve bölgenin özelliklerine bağlı olarak çeşitli kabul ve sadeleştirmelerle ele alınması daha yaygındır (Değerli vd, 2002).

Bu çalışmada Dilovası Çanağı içerisinde bulunan enerji santrallerinden E-80 ve D-100 karayollarından ve konutlardan kaynaklanan NO_x 'lerin dağılımı için EPA tarafından yayınlanmış ISC (Industrial Source Complex) modelleri kullanılmıştır. ISC (Industrial Source Complex) modelleri Türkiye'de kabul görmüş çok sık kullanılan bir modeldir. Bu modelde kısa vadeli modelleme (ISCST3) ve uzun vadeli modelleme (ISCLT3) olarak ikiye ayrılırlar. ISC modellerinde rüzgar yönü, rüzgar hızı, sıcaklık, atmosferik karışma yüksekliği, atmosferik stabilite, topoğrafik yapı, yüksek binaların dağılım üzerindeki etkileri (building wakes), bölgenin hali hazır durumu (kırsal ve kentsel), yüzey pürüzlülüğü ve kirleticilerin reaksiyona uğraması sonucu geçirdikleri bozunmalarını hesaba katabilmektedir. Ancak topoğrafik veriler yalnızca toz çökme modellenmesi esnasında programa dahil edilebilmektedir.

Diğer kirletici grupları için düz ova yaklaşımı kullanılır. Bu modeller noktasal kaynak, hacimsel kaynak, alansal kaynak ve derin (pit) kaynaklardan çıkan kirleticilerin dağılımlarını incelemektedir. Ayrıca trafikten oluşan çizgisel kaynaklı dağılımlarının incelenmesinde alansal kaynak yaklaşımı kullanılabilmektedir (U.S EPA, 1995). Bu çalışmada enerji santrallerinden kaynaklanan kirletici dağılımı için noktasal kaynak, trafikten ve konutlardaki ısınmadan kaynaklanan dağılım için ise alansal kaynak yaklaşımı kullanılmıştır.

ISC model yaklaşımlarından uzun vade (ISCLT3) ve kısa vade (ISCLT3) de oluşan kirletici dağılımları farklılık göstermektedir. Kısa vade de kullanılan meteorolojik veriler saatlik olarak değerlendirmeye alınmaktadır. Meteorolojik veriler kirletici dağılımlarının gözlenebilmesi için çok önemlidir. Model yaklaşımlarında genel olarak 10 yıllık veri kullanılması sağlıklı bir model yaklaşımı elde edilmesini sağlamaktadır. ISCST3 model programında girdileri yapılan meteorolojik veriler saatlik olarak incelenen bölgedeki konsantrasyon dağılımları yapılır. Saatlik olarak hesaplanan konsantrasyonlar gridlere ayrılmış bölgedeki her noktada hesaplanarak elde edilen en yüksek veri o noktanın dağılım konsantrasyonu olarak kabul edilir. Bu durum ISCST3 modelinin bölgedeki konsantrasyon dağılımlarının en kötü şartları göstermesi olarak tanımlanabilir. Ancak uzun vade (ISCLT3) de durum daha farklıdır. ISCLT3 model programında hesaplanan dağılımlar aylık, mevsimsel ve yıllık olarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar yapılırken meteorolojik şartların ortalama değerleri kullanılmaktadır. Modelde, her yönde esen rüzgar hızları ve frekansları kullanılarak, her yöndeki alıcı noktalarda ortalama ve maksimum konsantrasyonlar hesaplanır. Hesaplanan ortalama konsantrasyonlar, esen rüzgarların frekansları ile çarpılarak, belirlenen zaman periyodundaki ortalama konsantrasyon hesaplanır.

Türkiye'deki meteorolojik ölçüm verileri ISC modellerinde kullanılacak veriler yönünden eksik kalmaktadır. Dağılım modelleri kullanılırken bölgesel şartlar göz önünde bulundurulmaktadır. Türkiye'de atmosferik karışma yüksekliği ölçümleri sadece DİM Genel Müdürlüğü'ne ait Adana, Ankara, Diyarbakır, Erzurum, Isparta, İstanbul, İzmir ve Samsun istasyonlarında radiosonde ölçüm yapmak suretiyle enverziyon yüksekliği ölçüm ve tahminleri yapılmaktadır (Dündar vd. 2008). Bu durum, Türkiye'nin geneli düşünüldüğünde, programın kullanılması için atmosferik

karışma yüksekliğinin kabullerle yapılmasına sebebiyet vermektedir (Değerli vd, 2002).

Model programı, 100x100 lük bir grid alanı içerisinde maksimum seviyede çalışabilmektedir. Modelde alansal kaynak yaklaşımı kullanılırken, alan genişliği/alan uzunluğu (W/L) oranı 1/9 dan büyük olmak zorundadır. ISCST3 modeli saatlik, günlük, aylık, yıllık, mevsimsel ve dönemsel olarak ayrı ayrı hesabını yapabilmektedir. Modelde istenilen spesifik bir noktanın grid noktaları haricinde de hesabını yapabilmektedir.

ISCST3 ve ISCLT3 programlarının çalıştırılması sonucunda elde edilen sonuçlar Surfer 8.0™ veya Surfer 7.0™ ile kirlilik haritalarının oluşturulması yapılabilmektedir. Bu çalışmada Surfer 7.0™ kullanılmıştır.

4.1 Emisyon Kaynağı

Nokta kaynaklardan atmosfere atılan kirleticilerin atmosferde üç boyuttaki dispersiyonunu ve istenilen herhangi bir noktadaki konsantrasyonunu hesaplamak Gauss Dispersiyon Modeli (GDM) kullanılarak mümkündür. Fakat bu model matematiksel bir model olup, sadece nokta kaynaklı emisyonların dispersiyon modellemesinde kullanılabilen, alan ve hat kaynaklı emisyonların modellemesinde kullanılması hatalı sonuçlara yol açmaktadır (Demir, 2007). Bir nokta kaynaktan atmosfere atılan bir hava kirleticisinin alıcı ortamdaki atmosferik dispersiyonunun, Gauss Dispersiyon Modeli ile modellenmesi için bazı kaynak verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu verilerin en önemli olanı kirleticinin M/T boyutundaki kütleli emisyon hızıdır. Buna ek olarak, kirleticinin birlikte atmosfere atıldığı atık gazın sıcaklığı (K), gazın bacadan çıkış hızı (L/T), bacanın fiziki yüksekliği (L) ve bazı durumlar için bacanın çıkış noktasındaki iç çapı (L) da bilinmelidir.

4.2 Alıcı Ortam

Gauss Dispersiyon denkleminin çıkarımında yapılan bazı varsayımlar nedeniyle, genel GDM, sadece düz alanlarda gerçekleşen atmosferik dispersiyonu modelleyebilmektedir (Demir, 2007). Ancak gerçek şartlar ele alındığında atmosferik dağılımın gerçekleştiği alan düz olmayabilir. Model alanı, eğimli bir arazi, bir orman,

bir sanayi tesisi ya da yüksek binaların bulunduğu bir yerleşim merkezi olabilir. Bu durumda genel GDM, gerçek değerlerden uzaklaşmakta olup, yine de gerçeğe yakın sonuçlar elde etmek amacıyla genel GDM'ne bazı modifikasyonlar yapmak gerekmektedir. Bu modifikasyonları da içeren birçok bilgisayar programı da hali hazırda mevcuttur.

Alıcı ortamdaki dağılım alanı içerisindeki yüksek binalar atmosferik dispersiyonu etkileyen en önemli etkidir. Rüzgar istikametinde ilerisinde bulunan binanın arkasında küçük bir yerel alçak basınç alanı oluşturur. Bu alçak basınç konsantrasyonda artışa sebebiyet verir.

4.3 Meteoroloji

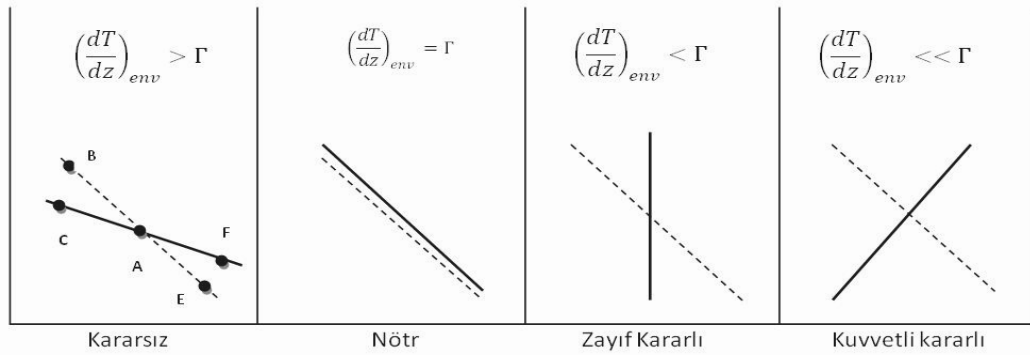
Bir kirleticinin atmosferdeki dispersiyonunu etkileyen rüzgâr hızı ve profili ile atmosferik stabilite (kararlılık) önemli iki meteorolojik etkidir. Rüzgâr hızı, kirleticinin ve birlikte bulunduğu atık gazın (hüzme) kaynaktan salındıktan sonra atmosferdeki hareket hızını, dağılımını ve yükselmesini etkilemektedir. Kararlılık sınıfı ise hüzmenin atmosfere salındıktan sonra, özellikle dikey hareketlerini etkilemektedir. Bu iki önemli parametre ilerleyen bölümlerde ayrıntılarıyla anlatılmaktadır. Bunlardan başka, atmosferik sıcaklık da hüzmenin yükselmesini etkileyerek dispersiyonda etkili bir faktör olarak kendini göstermektedir.

4.3.1 Atmosferik kararlılık

Kirleticilerin atmosferdeki dağılımları havanın düşey karışımına bağlıdır. Stabil bir atmosferde düşey karışımın olmadığı hava tabakalarının düşey doğrultuda hareket edemediği dolayısıyla kirleticilerin yüzeye yakın kısmında biriktiği dağılamadığı koşulları temsil eder. Stabilite belli bir yerde yersel koşullar nedeniyle havanın yüksekliğe göre sıcaklık dağılımının adyabatik sıcaklık düşüm hızından farklılaşması sonucu ortaya çıkar. Buna göre çeşitli stabilite durumları Şekil 4.1' de verilmiştir.

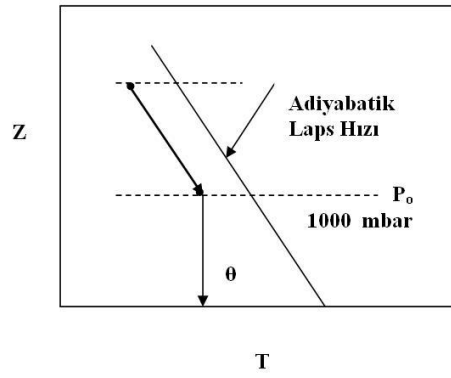
İlk şekilde A noktasındaki hava kütlesi herhangi bir nedenle örneğin türbülans etkisiyle yukarı doğru hareket ettiğinde sıcaklık değişimi adyabatik sıcaklık düşüm hızına uyacak ve B noktasına geldiğinde (sıcaklık çevre havasına göre daha az yoğunluğa sahip olacağından) yükselmeye devam eder. A da ki hava yine etki ile E noktasına geldiğinde bu defa sıcaklığı daha düşük olduğundan alçalmaya devam eder.

Bu durum stabil olmayan ve düşey karışımın desteklendiği koşulları temsil eder. Bu durum çevresel sıcaklık düşüm hızı adyabatik sıcaklık düşüm hızından büyüktür. Bu koşullar adyabatik üstü (süper adyabatik düşüm hızı) olarak adlandırılır. İkinci halde çevre havası ve adyabatik sıcaklık hızı eşittir. Ve havanın düşey harekete ne olumlu ne de olumsuz etkisi olmaz. Eğer çevresel sıcaklık düşüm hızı adyabatik sıcaklık düşüm hızından küçükse, düşey hareket engellenir. Subadyabatik adı verilen bu durumda atmosfer stabildir. Atmosferin stabilitesi potansiyel sıcaklık kullanılarak da belirlenebilir. (c) ye göre dT/dZ çevresel sıcaklık hızını temsil eder ve eğer Γ ye göre küçükse $d\theta/dz$ negatif değer alır. Bu süperadyabatik duruma karşılık gelir (Tunay, 1996).



Şekil 4.1 : Atmosferik (sürekli çizgi) ve adyabatik (kesikli çizgi) laps hızları ve atmosferik kararlılık

Atmosferik kararlılık, laps hızından başka, ayrıca potansiyel sıcaklık gradyanı ile de karakterize edilebilmektedir. Bir hava parselinin, bulunduğu P basınç seviyesinden adyabatik olarak 1000 mbar'lık standart basınç seviyesine getirildiğinde sahip olacağı sıcaklık potansiyel sıcaklık, θ , olarak tanımlanır. Bu proses, Şekil 4.2'de gösterilmektedir. Şekilde, P basınç seviyesinde bulunan T sıcaklığındaki bir hava parseli adyabatik olarak $P_0 = 1000$ mbar basınç seviyesine getirildiğinde, sıcaklığı artarak θ olmaktadır. Bu sıcaklık artışından sonra, hava parselinin son durumdaki sıcaklığı olan θ , potansiyel sıcaklık olarak tanımlanır.



Şekil 4.2 : Potansiyel sıcaklığı tanımlayan adiyabatik proses

Kuru atmosferik havada, potansiyel sıcaklık, şu denklemle hesaplanabilmektedir:

$$\theta = T \left(\frac{1000}{P} \right)^{0,288} \quad (4.1)$$

Burada, θ , potansiyel sıcaklık ($^{\circ}\text{R}$ ya da $^{\circ}\text{K}$); T , gerçek sıcaklık ($^{\circ}\text{R}$ ya da $^{\circ}\text{K}$); P , hava parselinin bulunduğu atmosferik basınç seviyesidir (mbar). İstenilen atmosferik şartlarda, dikey sıcaklık profili bilindiğinde, potansiyel sıcaklık profili de Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanabilir. Potansiyel sıcaklık profilinde, kararlılığı belirlemek için Şekil 4.3’de gösterilen yol takip edilmelidir.

Atmosferik stabilite sınıfının belirlenmesinde, Pasquill (1961) tarafından ortaya atılan metot, çok az bir değişiklikle kabul görmüş ve bugün de kullanılmaktadır. Aynı metot, daha sonra Turner (1994) tarafından da yayınlanmış olup, Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

$$\text{Atmosfer} \left\{ \begin{array}{l} \frac{d\theta}{dz} > 0 \Rightarrow \text{kararlıdır} \\ \frac{d\theta}{dz} = 0 \Rightarrow \text{nötraldir} \\ \frac{d\theta}{dz} < 0 \Rightarrow \text{kararsızdır} \end{array} \right.$$

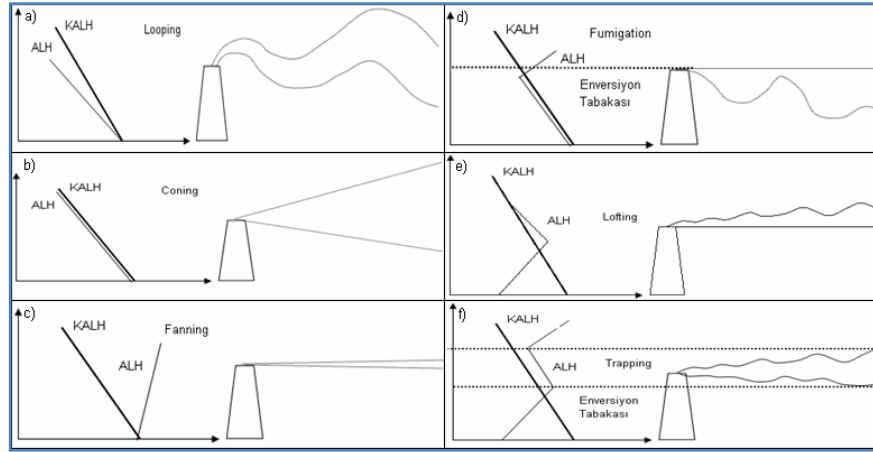
Şekil 4.3 : Potansiyel sıcaklığa bağlı atmosferik kararlılık

Atmosferik kararlılık, genellikle altı veya yedi stabilite sınıfına ayrılır (A’dan F’ye veya G’ye kadar). A sınıfı en kararsız koşulları gösterirken F ve G sınıfları en kararlı durumu ifade eder. Bu stabilite sınıfları şu şekilde de ifade edilebilmektedir: (A) çok kararsız, (B) orta kararsız, (C) zayıf kararsız, (D) nötr, (E) zayıf kararlı ve (F) orta kararlı (G) güçlü kararlı. Çizelge 4.1’de gece boyunca düşük rüzgâr hızları için verilen alanlarda kesin bir stabilite sınıfı belirtilmemiştir.

Çizelge 4.1: Pasquill stabilite sınıfları (Pasquill, 1961)

10 m'deki rüzgâr hızı, m/sn	Gündüz			Gece	
	Solar radyasyon			Bulutluluk	
	Güçlü	Orta	Zayıf	Yarı açık, >%50 kapalı	Açık, <3/8 kapalı
<2	A	A-B	B	—	—
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	D	D	D	D	D

Stabilite sınıflarının değişimi atmosfere atılan hüzmenin dağılımını ve şeklini belirleyen önemli bir faktördür. Farklı atmosferik koşullarda, atmosfere atılan hüzmenin şekli Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4 : Farklı atmosferik kararlılık koşullarında hüzme şekilleri. a) Kıvrımlı
b) Konik, c) Yelpeze, d) Fumigasyon, e)Yukarıda dağılma,
f) Hapsolma(zarf)

4.3.2 Rüzgâr hızı ve rüzgâr profili

Bir kirleticinin kaynaktan çıktıktan sonra taşınımı rüzgar hızına ve onun şiddetine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Rüzgarların kirletici dağılımına etkisi çok fazladır. Rüzgârlar dispersiyonu olumlu yönde etkilemektedir. Rüzgâr ile birlikte taşınan kirleticiler geniş bir alana yayılarak daha büyük bir hacimde seyreilmekte olup bir bölgede hava kalitesine olan olumsuz etkileri en aza indirmektedir. Rüzgâr hızı azaldıkça rüzgâr yönündeki taşınım azalmakta ve bu yöndeki dağılım ihmal edilebilir seviyelerde kalmamaktadır (Demir, 2007).

Yer yüzeyine yakın hava hareketleri yüzeyin pürüzlülüğüne bağlı olarak, hareketi kısıtlayıcı bir sürtünme kuvvetine maruz kalır. Yüzeyin topoğrafik yapısı, ağaç sıklığı, binaların varlığı, denizler, nehirler de değişik dikey yönde rüzgâr profilleri oluşmasına sebep olmaktadır. Yüzey sürtünmesinden kaynaklı olarak hava tabakasında dikey yönde artışlar meydana gelerek atmosferik stabiliteye bağlı olarak yer seviyesi konsantrasyonlarında farklılıklar meydana gelmektedir. Bu değişimlerin sebebi mekanik turbülans etkisi olarak tanımlanır.

Rüzgâr hızı ile yükseklik arasında sayısal ilişki için en sık kullanılan yaklaşım Sutton (1953) tarafından geliştirilen denklemdir. Bu denklem:

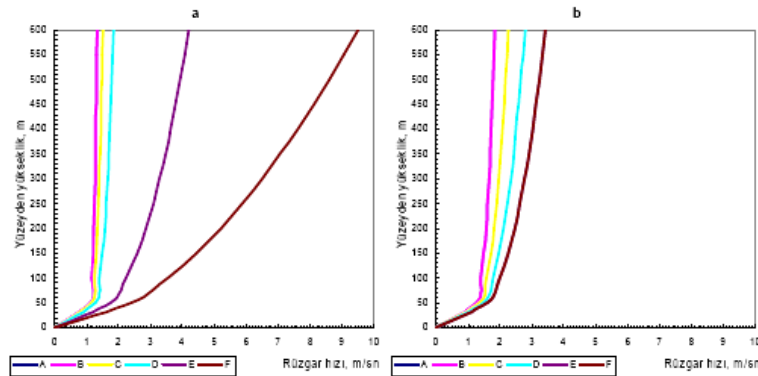
$$u_{z_2} = u_{z_1} \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^p \quad (4.2)$$

Burada, u_{z_2} , z_2 yüksekliğindeki rüzgâr hızı (L/T); yüksekliğindeki rüzgâr hızı (L/T); p ise kararlılık sınıfına bağlı sabittir. Çizelge 4.2’ de, US EPA tarafından 1995 yılında oluşturulan kentsel ve kırsal alanlar için farklı p değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.2 : Denklem 4.2’deki p değerleri

Kararlılık Sınıfı	Kırsal	Kentsel
A	0,07	0,15
B	0,07	0,15
C	0,10	0,20
D	0,15	0,25
E	0,35	0,30
F	0,55	0,30

Çizelge 4.2’ de ki p değerleri alınarak anemometre seviyesinde kırsal ve kentsel bölgelerdeki rüzgâr hızı dikey profilleri hesaplanmış ve Şekil 4.5’ te verilmiştir.



Şekil 4.5 : Farklı stabilite sınıflarında rüzgâr hızı dikey profili (a) kırsal (b) kentsel

4.3.3 Karışma Yüksekliği

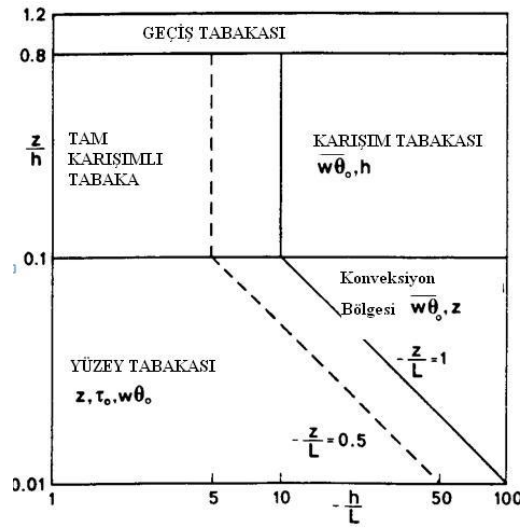
4.3.3.1 Atmosferik sınır tabakası

Atmosferik sınır tabakası (AST) yer yüzeyi ile (yer yüzeyi gelen güneş enerjisinin büyük bir kısmını absorbe eder ve farkı formlarda yeniden yayınlar) büyük ölçekli atmosferik akımlar (yerin yeniden yayınladığı enerjinin neden olduğu) arasındaki tabakadır (Seibert, 1997). Bu transfer edilen enerji kısmen türbülans girdapları tarafından gerçekleştirilir. AST yalnızca hissedilebilir ve gizli ısıyı değil aynı zamanda yüzey ve daha yüksek atmosferik tabakalar arasında momentum ve atmosferik bileşenlerin taşınımını da sağlar. AST içindeki özelliklerin taşınması AST içine verilen kirleticilerin dispersiyonu üzerinde de baştan itibaren etkili olur. Bundan başka birçok kirletici için biyokimyasal genel çevrimlerde sulu ekosistemler ve karalar arasında bu kirleticilerin salınımını ya da birikimini ortaya koymakta AST belirleyicidir. Bu nedenle AST'nin davranışı ve yapısının tahmin edilmesi birincil öncelikli konudur. Atmosferik türbülans iki farklı mekanizma yardımıyla oluşturulur. Bunlar rüzgar sürtünmesi ve yoğunluk farkları etkisidir. AST içerisinde rüzgar sürtünmesinin en önemli kaynağı yüzey pürüzlülüğüdür, ancak bazen basınç farkları veya düşük seviyeli jetler gibi mezo skalalı belirli olaylarda zaman zaman etkili olabilirler. Yukarı doğru yönelmiş yoğunluk farkları genellikle yer yüzeyinin ısıtıcı etkisinden kaynaklanır. Bazen de yukarı seviyelerdeki tabakaların (bulutlar) radyatif soğuması veya gravite dalgalarının çökmesi ile gerçekleşir. Alçalma yönündeki yoğunluk farkları yani kararlı atmosferik koşullar altındaki çalkantılar atmosferdeki türbülans kinetik enerjisinin yutulmasında en önemli faktörlerden birisidir. Atmosferdeki türbülansın gerçek seviyesi sürtünme ve/veya yoğunluk farklarının üretimi, yatay hava hareketleri (adveksiyon), yoğunluk farklarının azalması ve moleküler enerji yutulmasıdır.

AST yüksekliği h ile gösterilir ve h , AST'nin yapısını karakterize eden temel göstergedir. AST h değerinin ölçülmesi ve tahmin edilmesi birçok teorik ve pratik uygulamalar için önemlidir. Bunlar kirleticilerin konsantrasyonlarının, yer sıcaklıklarının tahmini, sayısal hava tahminleri ve iklim modelleri olarak verilebilir.

Türbülans mekanizmalarının etkinlikleri ile bağlantılı olarak iki temel atmosferik sınır tabaka tanımlanabilir. Bunlar konvektif ve kararlı sınır tabakalar. Yer yüzeyinde

kuvvetli güneş ışınlarının etkisi ile oluşan termal ısınma pozitif yoğunluk farklarını oluşturur ve bu olay konvektif sınır tabaka içerisindeki (CST) türbülansın ana nedenidir. Bu tabaka içinde organize konvektif yapılar (termal hüzmeler) gözlemlenebilir. Bunlar enerji ve maddenin yoğun bir şekilde dikey değişimini sağlar ve konvektif sınır tabakanın büyük bir kısmında özelliklerin homojen dağılımda etkili olur. Bu karışım çoğunlukla stabil bir tabakaya kadar (bir enversiyon tabakasına kadar) uzanır ve yüksekliği yere ve mevsime bağlı olarak değişir. Avrupa üzerinde konvektif sınır tabakasının yükseklik tipik değerleri yer yüzeyinden birkaç yüz metre ile 2-3 km yukarıya kadar değişir. CST tipik yapıları Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil. 4.6 : CST Tipik yapısı

Üç farklı alt tabaka ayırt edilebilir.

1- Yüzey tabakası: Tam konvektif sınır tabakasının %5 ila %10' una karşılık gelir. Yüzey tabakası süperadiyabatik laps hızı, yükseklikle spesifik nemim azalması ve önemli dikey rüzgar sürtünmeleri tarafından karakterize edilir. Yüzey tabakası üzerindeki bu meteorolojik parametrelerin etkisi çoğunlukla monin-obukov benzeşim teorisi yardımıyla belirlenir. Türbülans ısı akısı nem ve momentum akıları kabaca yüzey tabakası yüksekliği boyunca sabit kabul edilir.

2- Tam karışımli tabaka: Konvektif sınır tabakasının %50 ila %80 gibi en önemli parçasını oluşturur. Karışım tabakası içinde bir çok meteorolojik değişkenlerin dikey profilleri yoğun dikey karışım dolayısıyla kabaca sabittir. Bu potansiyel sıcaklıklar

için tamamen ancak spesifik nem, kirlenici gaz ve tozların konsantrasyonları, rüzgar hızı ve rüzgar yönleri için küçük sınırlamalarla geçerlidir.

3-Geçiş tabakası: Bu tabaka karışım tabakası ile stabil olarak kademelendirilmiş serbest atmosfer arasındaki geçiş bölgesidir. Geçiş tabakası birbirine ters iki proses tarafından belirlenir. Yukarıdaki stabil tabaka içerisine yüksek enerjili termallerin dalması ve karışım tabakasına yukarıdan kuru ve sıcak havanın sızması ile. Geçiş tabakası konvektif sınır tabakasının %10 ila %30 luk kısmını oluşturur. Ancak özellikle sabah saatlerinde karışım tabakasından daha büyük bir değere ulaşabilir. Geçiş tabakasının tipik özellikleri şiddetli pozitif sıcaklık lapa hızı spesifik nemin keskin bir şekilde düşmesi ve bazen önemli dikey rüzgar sürtünmeleridir. Geçiş tabakası boyunca aerosol ve gaz formundaki hava kirlenici konsantrasyonlarında önemli farklılıklar oluşur.

Kararlı sınır tabakası içinde türbülans oluşumu ile engellenmesi arasında bir denge mevcuttur. Dolayısıyla türbülans bu tabaka içerisinde sürekli olmayan ancak zaman zaman ortaya çıkan bir karakterdir.

4.3.3.2 Karışım Tabakası Yüksekliğinin Belirlenmesi

Atmosferik sınır tabakasına içerisine verilen maddeler türbülans hareketleri vasıtasıyla yatay ve dikey yönde dereceli olarak dağılırlar ve yeteri kadar süre olduğunda bu tabaka içerisinde tamamen karışırlar. Bu nedenle bu tabakaya hava kirliliği meteorolojisinde karışmış tabaka veya karışım tabakası isimleri verilir. Diğer taraftan kararlı koşullar altında tam karışım çoğunlukla gerçekleşmediğinden ‘Karışım Tabakası’ ifadesi tercihen kullanılmaktadır. Bu durumda karışmış tabaka sadece yeterli konvektif şartların oluşmasına bağlı olarak tam karışımly sınır tabakayı ifade etmek üzere özel olarak kullanılabilir. Açıkçası karışım tabakası yere bitişik atmosferin türbülans bölgesi olarak tanımlanması halinde AST ile aynı anlamda kullanılır.

Bununla beraber AST’nin farklı tanımları da kullanılmaktadır. Örnek olarak gece saatlerinde radyatif değişim proseslerinin etkili olduğu yükseltilerde bu tür farklı kullanımlar ortaya çıkmaktadır. Karışım yüksekliği (KY) tabakasının yüksekliği dispersiyon modellerinde önemli bir parametredir. Bundan sonra karışım tabakası kısaca KY olarak h sembolü ile ifade edilecektir.

Hava kirliliği modellemelerinde genel olarak karışım yüksekliği ifadesi şu şekilde tanımlanmaktadır. “KY, kirleticilerin içine verildiği veya konvektif ve mekanik türbülans yardımıyla ortalama bir saatlik süre içerisinde dikey olarak dağılımın gerçekleştiği yere bitişik atmosfer tabakasının yüksekliğidir.”

4.3.3.3 Karışım yüksekliğinin belirlenmesinde nümerik yaklaşımlar

Atmosferik stabilite koşullarına bağlı olarak düz araziler için karışım yüksekliğinin hesabında aşağıda verilen formülasyonlar kullanılır.

1- Nötr atmosferik stabilite halinde

Karışım tabakası içinde dünyanın kendi eksen etrafında dönmesi dikey rüzgar sürtünmelerini etkiler ve bunun sonucu olarak türbülans yoğunluğu da etkilenir (Schnelle vd., 1999). Dolayısıyla nötral koşullar altında karışım tabakasının yüksekliği sürtünme hızı (u_*) ve Coriolis parametresi f ile orantılıdır.

$$U_* = \sqrt{\frac{\tau_o}{\rho}} \quad (4.3)$$

$$f = 2\Omega \sin\theta \quad (4.4)$$

Burada ; τ_o yüzey gerilimi, ρ hava yoğunluğu, θ enlem açısı ve $\Omega = 7.29 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ dünyanın kendi eksenindeki dönme hızı'dır. Bu durumda, karışım yüksekliği, h ,

$$h \cong \propto \frac{U_*}{f} \quad (4.5)$$

$\propto$, 0.15 ile 0.25 arasında değişmektedir. u_* rüzgar hızı yüzey pürüzlülüğü ile arttığı için h da artar.

2- Kararsız atmosferik koşullar halinde

Gündüz karışım tabakasının yüksekliği yer yüzeyi ısı akısı (H)nın fonksiyonu olarak büyür. Sabahın ilk saatlerinde yüzey sıcaklığı T_o ve herhangi bir andaki sıcaklık T olarak gösterilirse ısı enerjisinin korunumundan ;

$$\int_0^t H dt = \frac{c_p \rho h (T - T_o)}{2} \quad (4.6)$$

Burada, C_p havanın molar ısı katsayısıdır. Karışım tabakası yüksekliği olan h aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$h = \frac{2 \int_0^t H dt}{c_p \rho \left(DALR - \frac{dT}{dz} \right)} \quad (4.7)$$

$$DALR = \frac{0.995 C^0}{100 \text{ m}}$$

Burada, $(T-T_0)h$ kuru adiyabatik laps hızı ifadesi olan $-dt/dz$ ye eşittir.

3- Kararlı Atmosferik şartlar durumunda

En düşük sürekli karışım tabakasının yüksekliği

$$h \cong 0.4 \sqrt{\left(\frac{u_*}{f} L \right)} \quad (4.8)$$

ifadesi ile hesaplanır. Burada L monin-obikov uzunluğu olup;

$$L = - \frac{\rho c_p T u^3}{kgH} \quad (4.9)$$

ifadesi ile hesaplanır.

HIRLAM'a göre karışım yüksekliğinin belirlenmesinde Bulk-Richardson sayısından elde edilen aşağıdaki ifade kullanılır (Seibert, 1997) ve türbülans karakterine göre Ri sayısı değişimi Çizelge 4.3'de verilmiştir.

$$Ri_b(h) = \frac{gh}{\theta_{vl}} \frac{\theta_v(h) - \theta_{vl}}{U(h)^2 + V(h)^2} \quad (4.10)$$

Çizelge 4.3 : Türbülans karakteri (Schnelle vd., 1999)

$0.25 < Ri$	Düşey karışım yok
$0 < Ri < 0.25$	Mekanik türbülans tabakalaşma ile zayıflatılmış
$Ri=0$	Sadece mekanik türbülans var
$-0.003 < Ri < 0$	Her iki tür türbülans da var ancak mekanik türbülans hakim
$Ri < -0.04$	Konvektif türbülans hakim

4.3.3.4 Karışım yüksekliğinin belirlenmesinde ölçüm yöntemleri

Direkt ölçüm teknikleri, genellikle radyo dalgaları kullanılarak üst atmosferde çeşitli meteorolojik parametrelerin (sıcaklık, basınç, nem, rüzgar vb.) ölçümüne

dayanmaktadır. Bu teknikte çoğunlukla radiosonde cihazı kullanılmakta ve bu cihaz bir balon vasıtası ile atmosfere serbest bırakılmaktadır. İnsana bağımlı olarak yaygın kullanılan bu tekniğin yüksek rüzgar hızlarında kullanımı mümkün olamamakta ve genellikle sınırlı bir yükseklik için ölçümlere müsaade edebilmektedir (<500m) (Bayraktar, 2007).

Uzaktan algılama tekniklerinde genellikle, yer seviyesinde veya uçaklara monte edilerek ölçüm yapabilen Lidar ve Sodar denen cihazlar kullanılmaktadır. Bu cihazlar ses dalgaları vasıtası ile atmosferin çeşitli özelliklerinin (sıcaklık, basınç, nem, vb.) belirlenmesinde kullanılmaktadır. Direkt ölçüm tekniklerine göre daha ucuz olan bu yöntemin, uzun süreli insana bağımlı olmadan çalıştırılması mümkün olabilmektedir. Radiosonde, sodar, ve lidar karışım yüksekliği tespitinde güvenilir sonuçlar veren ölçüm sistemleridir (Pringer, vd., 1998).

4.3.3.5 Dispersiyon modellerinde karışım yüksekliğinin rolü

KY atmosfere verilen kirleticilerin taşınması ve türbülans difüzyonunun anlaşılması için kullanılan modellerde önemli bir parametredir. Karışım yüksekliğinin bu anlamda üç temel kullanımından bahsedilebilir. Bunlar: türbülans dispersiyonun etkin olduğu alanın belirlenmesi, türbülans karakteristiklerinin dikey profilinin formüle edilmesi (türbülans rüzgar bileşenlerinin standart sapmaları) ve yansıtıcı üst sınır koşulları ile konsantrasyon profilinin hesaplanması.

4.3.3.6 Türbülans alanının belirlenmesi

Analitik dispersiyon modelleri (gaussian modeller) yere yakın ve içinde dispersiyonun gerçekleştiği bir atmosferik tabakanın mevcudiyetini kabul eder. Bu tabakanın yüksekliği genellikle 'karışım yüksekliği' olarak adlandırılır. Bu tabakanın içerisine verilen kirleticiler kısa sürede tam karışım halinde dağılırlar. Karışım tabaksı içerisindeki alıcılar için karışım yüksekliğinin altında kalan etkin baca yüksekliğine sahip kirleticiler dikkate alınır.

Gelişmiş dispersiyon modellerinin tipik bir özelliği atmosferik sınır tabakasının içindeki türbülans karakteristiklerinin dikey düzensizliklerini dikkate almasıdır. Bazı

modeller yüzey tabakası ve atmosferik sınır tabakasının dış kısmı için farklı formüller uygularlar ki sınır tabak yüksekliği için 0.1 h değeri kabul edilir.

Türbülans hızı sapmalarının standart sapma miktarı analitik profiller de sıkça kullanılır. Konvektif sınır tabakası (CST) için anahtar ölçek parametresi olan konvektif hız (w^*) $h^{1/3}$ ile orantılıdır. Böylece konvektif sınır tabakası içinde sadece profil değil, türbülans yoğunluğu da karışım yüksekliğine etkilemektedir.

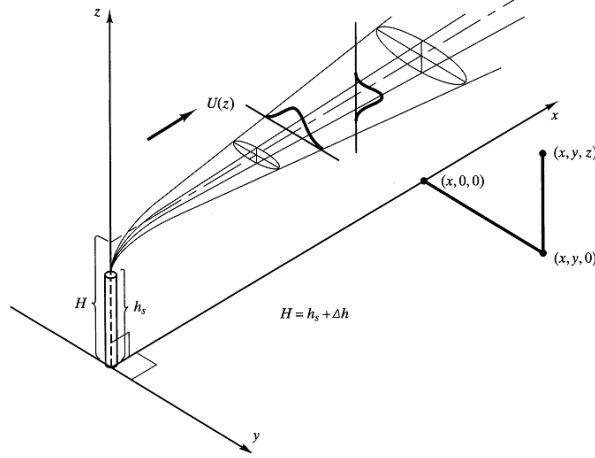
4.3.3.7 Yansıtıcı üst sınır koşulları ile konsantrasyon profilinin hesaplanması

Çoğu modelde alışıldığı gibi konsantrasyon profilinin hesabında kirletici hüzmelerinin yer tarafından tamamen yansıtıldığı kabul edilir. Bu kısa mesafeli dispersiyon modelleri için söz konusu mesafe içerisinde kirleticinin birikiminin ihmal edildiği anlamına gelir. Aksi takdirde uygun bir düzeltme yapılmalıdır. Eğer bir kirletici hüzmeleri türbülans alanının üst sınırlarına erişirse burada da yansıtma genellikle kabul edilir. Klasik gaussian modellerde bu durum karışım yüksekliğinin üzerinde ve yer seviyesinin altında hayali kaynaklar eklenerek aşılar. Diğer model tipleri bu sınır koşullarını uygun sayısal teknikler yardımıyla gerçekleştirebilir. Bazı basit modeller yansıtmalı sınır koşullarını hüzmelerin dikey standart sapması (σ_z)'nin 0.8 h değerinin kullanılması ile aşılar. Bütün durumlarda karışım yüksekliğinin bilinmesi gerekir.

4.4 Genel Gauss Dispersiyon Modeli

Dağılım modelleri bir kaynaktan atmosfere verilen kirleticilerin atmosferik koşullara ve verecekleri reaksiyona bağlı olarak nasıl davrandığını amaçlayan matematik modellerdir. Nokta kaynaktan salınan kirletici hüzmelerinin, rüzgârın ve genel dispersiyon mekanizmasının etkisiyle dağılımı Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Kirletici hüzmeleri baca yüksekliği olan h seviyesinden atmosfere bırakılmasına rağmen, atık gazların sıcaklığından kaynaklanan termal kaldırma kuvveti ve bacadan çıkış hızından (V_g) kaynaklanan momentum kuvvetiyle Δh kadar daha yükselir. Sonuç olarak, kirletici hüzmeleri etkin baca yüksekliği ($H=h+\Delta h$) olan bir yükseklikten atmosfere bırakılıyor gibi gerçekleşmektedir. Hüzmelerin rüzgâr yönündeki dağılım eksenini takip edildiğinde, hüzmelerin sanal başlangıç noktası konumlandırılabilir. Şekil 4.7'de görüldüğü gibi bu sanal kaynak noktası rüzgâr esme yönü düşünüldüğünde

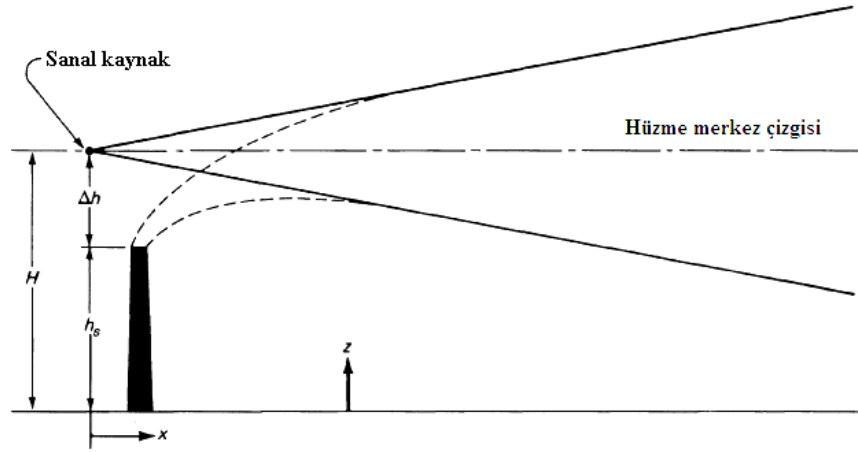
hüzme ekseninde ve bacanın biraz arkasında bir yerde oluşmakla beraber çoğu durumlarda tam bacanın üzerinde kabul edilebilmektedir (Demir, 2007).



Şekil 4.7 : Bir nokta kaynak emisyonunun atmosferde taşınım hareketi

Bir nokta kaynaktan çıkan kirletici gaz hüzmesi Şekil 4.7’de görüldüğü gibi bir dağılım ile genişleyecektir. Anlaşılacağı gibi, herhangi bir bölgedeki kirletici konsantrasyonu örneklem zamanıyla farklılaşma gösterip, anlık hüzme dar bir alanda yüksek seviyelerde konsantrasyonlara sahip olabilmektedir (Kalafatoğlu vd., 1993). Buna karşılık, 10 dakikalık ortalama bir süre zarfında, hüzme daha geniş bir alana yayılmakta, bundan dolayı konsantrasyonu azalmaktadır. Bu duruma paralel olarak, 2 saatlik zaman diliminde hüzme rüzgar yönüne daha fazla yayılıp maksimum konsantrasyon seviyesinde düşme görülmektedir. A, yeterli bir süre alındığında, rüzgar yönüne dik ekseninde konsantrasyon ‘Normal’ veya ‘Gauss’ tipi dağılımı göstermektedir.

Hüzmenin zamana göre dağılımına benzer bir şekilde, kaynaktan olan mesafeye bağlı olarak da (rüzgâr yönü boyunca) bir yayılma söz konusudur. Hüzme genişledikçe, daha büyük ‘eddy’ler kirleticilerin dispersiyonunda etkilidir. Kaynağa yakın mesafelerde etkili olan türbülans hareketleri ile uzak mesafelerdeki türbülans hareketlerinin boyutları farklıdır. Dolayısıyla, hüzmenin yayılma hızı sadece türbülans hareketlerinin şiddetine ve dağılımına değil aynı zamanda hüzmenin boyutuna, buna bağlı olarak da kaynaktan itibaren hareket süresine bağlıdır



Şekil 4.8 : Bir dispersiyon modelinde hüzme yükselmesi ve sanal kaynak noktasının konumu (Wark vd., 1995)

Gauss dağılımının meydana geldiği y ve z eksenlerindeki kirletici dağılımı, σ_y ve σ_z olarak ifade edilen dağılım katsayıları ile temsil edilmektedir. Bu katsayılarının sayısal büyüklükleri kaynaktan uzaklığa (x mesafesi) ve atmosferin kararlılığına bağlı olarak değişmektedir. Alıcı ortam konsantrasyon değeri üzerinde Dispersiyon katsayılarının iki durumda etkisi vardır. Alıcı noktanın hüzme merkez çizgisinden farklı bir konumda olması durumunda hüzmenin Gauss tipi bir dağılım gösterdiği kabulüyle Gauss fonksiyonunun doğası gereği üssel bir ifade ile de dağılım oluşmaktadır. Diğer durumda, alıcı nokta hüzme merkez çizgisi üzerinde ise dispersiyon katsayıları bu noktadaki konsantrasyona basit bir ters orantı ile etki etmektedir. Denklem 4.11 y yönündeki Gauss dağılımını temsil eden üssel ifadedir (Ertürk vd., 2005).

$$C \propto A \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \quad (4.11)$$

Yukarıdaki fonksiyonda A parametresi orantıyı eşitliğe dönüştürecek bir sabittir. Aynı tipte üssel dağılım fonksiyonu σ_z dispersiyon katsayısı ile z yönü için de yazılabilir. Yukarıda ifade edilen dispersiyon özelliklerinin toplandığı Gauss dağılımı Denklem 4.12 gibi olacaktır.

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp \left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) \exp \left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right) \quad (4.12)$$

Denklemdaki terimler:

$C(x,y,z,H)$: Koordinatları verilen alıcı noktadaki kirletici

konsantrasyonudur. H terimi etkin baca yüksekliğini ifade etmektedir.

$$\frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z}$$

: Hüzmenin, merkez çizgi üzerinde x mesafesine bağlı değişimini ifade etmektedir. Görüldüğü gibi C değeri Q ile doğru orantılı; u , σ_y ve σ_z ile ters orantılıdır. Sabit terimler denklemin geliştirilmesinden gelmektedir.

$$\exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)$$

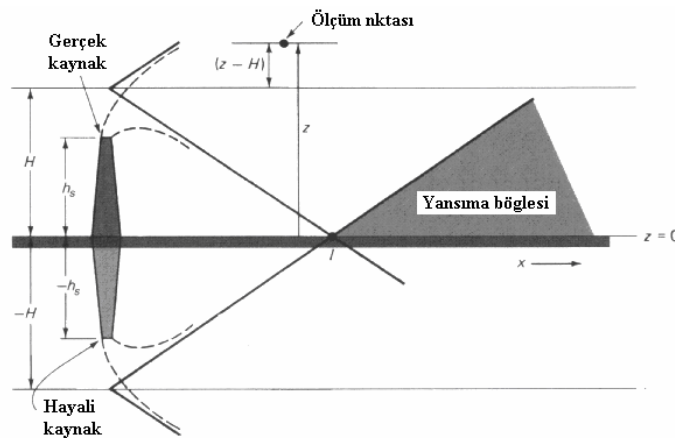
: Hüzmenin, merkez çizgisinden y yönü mesafelerdeki dispersiyonunu ifade etmektedir.

$$\exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right)$$

: Hüzmenin merkez çizgisinden z yönü mesafelerdeki dispersiyonunu ifade etmektedir. Dikey eksenle alıcı nokta yüksekliği ile kaynak noktası yüksekliği arasında $(z-H)$ kadar bir mesafe bulunmaktadır.

4.4.1 Hüzmenin Yerden Yansıması

Bir yükseklikten bırakılan bir hüzme rüzgar hızının etkisiyle x eksenini boyunca hareket eder ve yer yüzeyine doğru bir dağılım gösterir. Yer yüzeyine ulaşan hüzme bölgenin yüzey özellikleri etkisinde tam bir yansıma yapıldığı kabulü yapılır. Bu yansıma durumunda kirletici konsantrasyonunda herhangi bir değişiklik olmadığı varsayılır. Bu yansıma durumunda, yansıma olan bölgede konsantrasyon artışı gözlenir. Bu durumun matematiksel olarak ifade edildiğinde Şekil 4.9'de görüldüğü gibi yer seviyesi altında gerçek kaynağın aynı özelliklerinde hayali bir kaynak olduğu kabul edilir. Dispersiyon denkleminde z yönündeki dispersiyon sabitine yansımayı temsil eden üssel bir parametre daha dahil edilir.

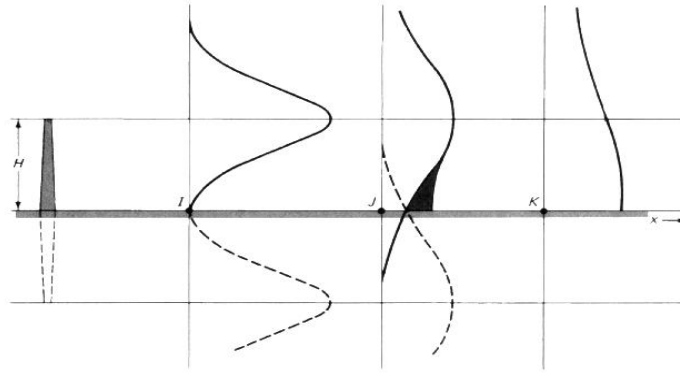


Şekil 4.9 : Hüzmenin yer yüzeyinden yansımasının getirdiği etkinin hayali bir kaynakla temsili (Wark vd., 1995)

Yansıma terimini de içeren en geniş haliyle Gauss dispersiyon modeli Denklem 4.13 te gösterilmektedir:

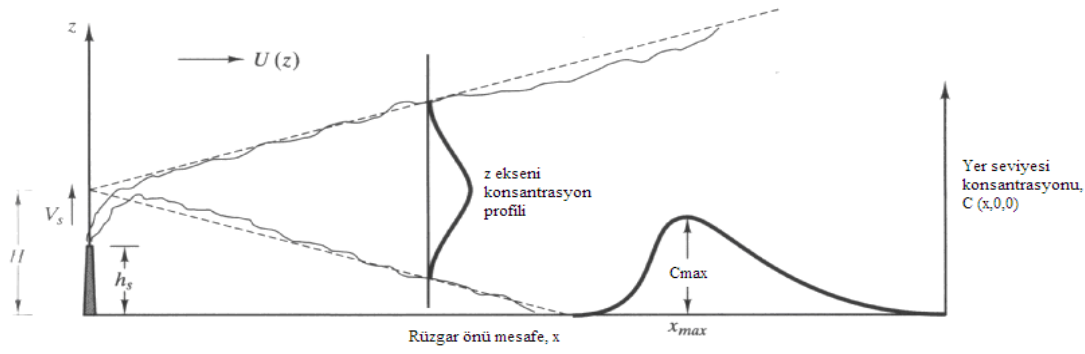
$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\} \quad (4.13)$$

Denklemdaki son üssel terim yansımanın getirdiği katkısı ifade etmektedir. Hüzmenin yerden yansımasının çeşitli x mesafelerinde dikey konsantrasyon profillerindeki etkisi Şekil 4.9’da görülmektedir. Şekil 4.10’da, I konumundaki iki konsantrasyon profili (gerçek ve sanal kaynakların dikey konsantrasyon profilleri) henüz örtüşmeye başlamıştır. I noktasından ilerlemeye devam edildikçe her iki konsantrasyon profillerinin örtüşmeleri daha da bariz olarak etkisini ortaya koyacaktır. Temsili bir J noktasında bu örtüşme, dikey konsantrasyon profilinde ve dolayısıyla yer seviyesi konsantrasyonunda etkisini göstermektedir. J noktasında sanal kaynağın konsantrasyon profilinin etkisi taralı alan ile gösterilmiş olup yer seviyesi ($z=0$) konsantrasyon noktasını taralı alan kadar arttırmıştır. Daha ileri bir K noktasında ise dikey konsantrasyon profili görüldüğü gibi belirli bir azami yer seviyesi konsantrasyon değerini oluşturmaktadır.



Şekil 4.10 : Hüzme yansımasının rüzgar yönünde dikey konsantrasyon profiline etkisi (Wark vd., 1995)

Şekil 4.9’a bağlı olarak anlatılan yansıma etkisinin rüzgar yönü boyunca oluşturduğu yer seviyesi konsantrasyon profili ile azami konsantrasyon (C_{max}) noktasının oluşumu ve izafî konumu Şekil 4.11’da görülmektedir.



Şekil 4.11: Yansıma sonrası oluşan yer seviyesi konsantrasyon profili

Gauss dispersiyon modelinin kaynak ve alıcı nokta özelliklerine bağlı olarak uygulamada alacağı formlar aşağıdaki gibi olacaktır.

Yerden H Yüksekliğinde Kaynak, Yansımali Topografya ve Rüzgâr Yönünde Herhangi bir Yerdeki Konsantrasyon $C(x,y,z,H)$:

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left\{ \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right\} \quad (4.14)$$

Yerden H Yüksekliğinde Kaynak, Yansımali Topografya ve Rüzgâr Yönünde Yer Seviyesi Konsantrasyonu $C(x,y,0,H)$:

$$C(x, y, 0, H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (4.15)$$

Yerden H Yüksekliğinde Kaynak, Yansımali Topografya ve Rüzgâr Yönünde Yer Seviyesinde Hüzme Merkez Çizgisi Üzerindeki Konsantrasyon $C(x,0,0,H)$:

$$C(x, y, 0, H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (4.16)$$

Yer Seviyesinde Kaynak, Yansımali Topografya ve Rüzgâr Yönünde Yer Seviyesinde Hüzme Merkez Çizgisi Üzerindeki Konsantrasyon $C(x,0,0,0)$:

$$C(x, y, 0, H) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \quad (4.17)$$

Yukarıda sıralanan bütün formüller Gauss dispersiyon formülünün en geniş şeklinin, bahsedilen kaynak ve alıcı nokta konumu dikkate alınarak sadeleştirilmiş şekilleridir.

4.4.2 Dispersiyon katsayılarının hesaplanması

Yatay ve dikey dispersiyon katsayılarının (σ_y ve σ_z) atmosferin kararlılığına ve rüzgâr yönü x mesafesine bağlı olarak kentsel ve kırsal alanlar için denklemleri geliştirilmiştir.

Turner (1994) tarafından oluşturulmuş karalılık sınıflarına bağlı hazırlanan dispersiyon katsayıları Çizelge 4.4 de verilmiştir.

Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de bu katsayıların x mesafesine bağlı değişimleri görülmektedir. Şekillerde gösterilen bağıntılar hazırlanırken aşağıdaki varsayımlar ve kısıtlar öngörülmüştür:

1. Bu grafiklerin kullanılmasıyla yapılan konsantrasyon tahminleri 10 dakikalık örnekleme sürelerine tekabül etmektedir.
2. Şekillerdeki Pasquill-Gifford eğrileri olarak bilinen sürekli çizgiler açık alanda kırsal bölgeler için, McElroy-Pooler eğrileri olarak bilinen kesikli çizgiler ise kentsel bölgeler için kullanılmaktadır.
3. Tahmin edilen konsantrasyonlar atmosferin birkaç yüz metrelik alt katmanını temsil etmektedir.

Çizelge 4.4 : Çeşitli kararlılık sınıfları için σ_y ve σ_z değerleri

x (km)	σ_y (m)						σ_z (m)					
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0.1	27	19	13	8	6	4	14	11	7	5	4	2
0.2	50	36	23	15	11	8	29	20	14	8	6	4
0.4	94	67	44	29	21	14	72	40	26	15	11	7
0.7	155	112	74	48	36	24	215	73	43	24	17	11
1.0	215	155	105	68	51	34	455	110	61	32	21	14
2.0	390	295	200	130	96	64	1950	230	115	50	34	22
4.0		550	370	245	180	120		500	220	77	49	31
7.0		880	610	400	300	200		780	360	109	66	39
10.0		1190	840	550	420	275		1350	510	135	79	46
20.0		2150	1540	1000	760	500		2900	950	205	110	60

Grafikler kullanılarak dispersiyon katsayıları için sayısal değer elde etmek çoğu zaman hassas olmayan sonuçlar ortaya koymakta ve özellikle bilgisayar programıyla yapılan modelleme çalışmalarında grafik kullanımı ise mümkün olmamaktadır. Grafikteki eğriler uygun matematik ifadelerle kolay kullanılabilir ve hassas sonuçlar veren denklemler haline dönüştürülmüştür. Bazı araştırmacıların dispersiyon katsayılarının tahmini için geliştirdikleri denklemler ve katsayılar ilerleyen paragraflarda gösterilmektedir (Demir, 2007).

Çizelge 4.5 : σ_y ve σ_z için kullanılan Briggs denklemleri (McElroy-Pooler, 1968a, 1968b)

Pasquill Kararlılık Sınıfı	σ_y (metre) *	σ_z (metre) *
A	$0.32 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$	$0.24 x (1.0 + 0.001 x)^{-1/2}$
B	$0.32 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$	$0.32 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$
C	$0.22 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$	0.20 x
D	$0.16 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$	$0.14 x (1.0 + 0.003 x)^{-1/2}$
E	$0.11 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$	$0.08 x (1.0 + 0.015 x)^{-1/2}$
F	$0.11 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$	$0.32 x (1.0 + 0.0004 x)^{-1/2}$
*denklemlerde x'in birimi metre'dir		

4.4.3 Etkin baca yüksekliğinin hesaplanması

Bacadan salınan kirleticilerin alıcı ortamda oluşturdukları kirletici konsantrasyonlarının hesaplanmasında çoğu analitik yöntem baca çıkışının üzerinde, Şekil 4.8'de görüldüğü gibi sanal bir kaynak noktasının varlığını kabul etmektedir. Sanal kaynağın yüksekliği (H), gerçek baca yüksekliğine (h) Δh hüzme yükselmesi teriminin eklenmesiyle bulunur. Hüzme yüksekliğinin hesabı için birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Bacadan atılan kirletici gaz hüzmesinin yükselmesini genel olarak;

baca özellikleri, meteorolojik etkiler ve atık gazların fiziksel ve kimyasal özellikleri olarak üç grup parametre kontrol etmektedir. Birçok araştırmacı bu etkenlerin hüzme yükselmesine etkilerini araştırmış, ama hiçbirisi bütün etkenleri ihtiva edecek kapsamda bir analitik yöntem geliştirememiştir (Demir, 2007).

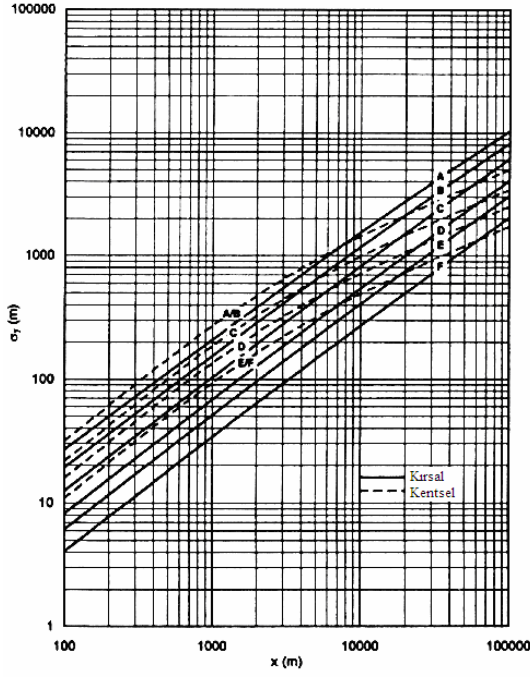
Ancak hüzme yükselmesinin tahmininden önce yapılması gereken, bacadan çıkan atık gaz hüzmesinin gerçekte yükselmeye başlayacağının veya baca dibine doğru alçalabileceğinin belirlenmesi olacaktır. Atık gazın bacadan çıkış hızı baca çıkış seviyesindeki rüzgar hızının 1.5 katından büyükse hüzme alçalması ihmal edilebilir. Aksi durumda, fiziksel baca yüksekliği, h_s , yerine azaltılmış baca yüksekliği, h'_s , terimi kullanılmalıdır.

$$h'_s = h_s + 2d \left(\frac{V_s}{u_s} - 1.5 \right) \quad (4.18)$$

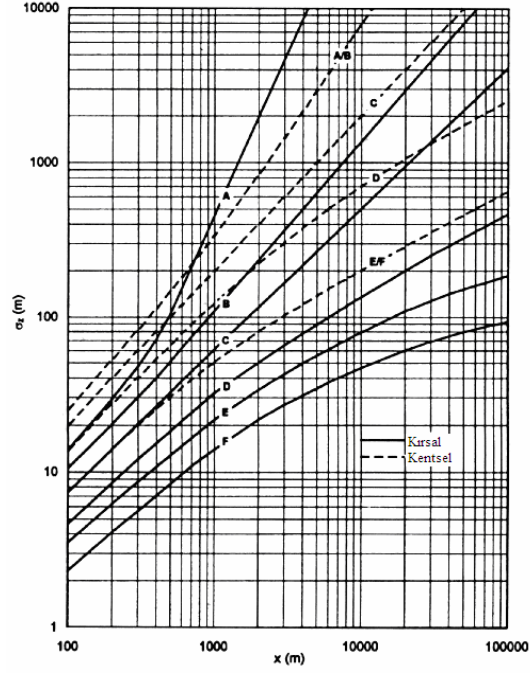
Burada; h bacanın fiziki yüksekliği (m), V_s atık gazın bacadan çıkış hızı (m/s), u_s ise baca çıkış seviyesindeki rüzgâr hızıdır (m/s). Bu durumda azaltılmış baca yüksekliği gerçek baca yüksekliğinden küçük olacaktır. Bu şekilde hesaplanan azaltılmış baca yüksekliği, h' , daha sonra efektif baca yüksekliği (H) hesabında h yerine kullanılacaktır, Yani efektif baca yüksekliği; azaltılmış baca yüksekliği ile hüzme yüksekliğinin toplamı olacaktır;

$$H = h' + \Delta h \quad (4.19)$$

Şimdiye kadar geliştirilen hüzme yüksekliği denklemlerinin çoğunda momentum ve kaldırma (bouyant) kuvvetleri terimleri bulunmaktadır. Momentum terimi baca gazlarının bacadan çıkarken sahip olduğu çıkış hızı, V_s , sebebiyle oluşan dikey momentumu ifade etmektedir. Kaldırma kuvveti ise baca gazı sıcaklığı, T_s , ile atmosfer sıcaklığı, T_a , arasındaki farklılıktan kaynaklanan termal kaldırma kuvvetini ifade etmektedir.



Şekil 4.12 : Kentsel ve kırsal bölgeler için y yönünde dispersiyon katsayıları



Şekil 4.13 : Kentsel ve kırsal bölgeler için z yönünde dispersiyon katsayıları

Carson ve Moses (1969) yapmış oldukları çalışmalarda 711 adet hüzmeye yükselmesi gözlemlerinden elde ettikleri veriler yardımıyla oluşturdukları hüzmeye yüksekliği denklemi aşağıdaki gibidir. Denklem 4.20 atmosferin kararlılığı ile ilgili bir parametre içermemektedir.

$$\Delta h = -0.029 \frac{V_s d_s}{u_s} + 2.62 \frac{(Q_h)^{1/2}}{u_s} \quad (4.20)$$

Burada: Δh hüzmeye yüksekliği (m), V_s baca gazı çıkış hızı (m/san), d_s baca çıkış içi çapı (m), u_s baca çıkış seviyesindeki rüzgar hızı (m/san), ve Q_h ısı emisyon hızıdır (kJ/sn). Isı emisyon hızı aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$Q_h = \dot{m} c_p (T_s - T_a) \quad (4.21)$$

Burada $\dot{m}$ baca gazı kütleli akış hızı (kg/san), c_p baca gazının sabit basınçta özgül ısısı, T_s baca gazı sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$), T_a atmosfer sıcaklığı, M_w baca gazının molekül ağırlığıdır.

Thomas vd. (1970), yapmış oldukları gözlemlerde elektrik santrallerinin yüksek bacalarındaki hüzme yükselmesi verilerini karşılaştırarak 10 farklı denklem oluşturmuşlardır. Bu çıkarımlarda Holland'ın geliştirdiği formül, hüzme yüksekliği

tahmininde, hafif bir düşük değer tahmini ile beraber, gözlemlerle kıyaslandığında nispeten iyi sonuçlar vermektedir. Holland denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\Delta h = \frac{V_s d_s}{u_s} \left(1.5 + 2.68 \times 10^{-3} P d_s \frac{(T_s - T_s')}{T_s} \right) \quad (4.22)$$

Holland formülündeki terimler Carson-Moses denklemindekilerle aynıdır. Farklı olarak, P baca gazı basıncını (mbar) ifade etmektedir. Bu denklem uzun bacalar için daha hassas sonuçlar vermektedir. Holland denklemindeki son terim istenirse $0.0096 Q_h / V_s d_s$ ile değiştirilebilir.

Buraya kadar ifade edilen denklemler, hüzmenin baca tepesinin üzerinde rüzgâr yönünde belirli bir mesafe alıp ulaşabileceği azami yüksekliğe ulaştıktan sonraki hüzme yüksekliği tahminlerine örneklerdir. Şekil 4.8'de gösterilen dikey mesafe, Δh , hüzme alçalması olmaması durumundaki hüzme yüksekliğini ifade etmektedir. Eğer şartlar oluştuğunda baca dibine doğru hüzme alçalması oluşursa, Δh hüzme yükselmesi h mesafesinden değil h' mesafesinden itibaren oluşacaktır. Ayrıca, azami hüzme yüksekliğinin oluştuğu x yönündeki mesafe, bacadan kayda değer uzaklıkta oluşmaktadır. Sonuç olarak, etkin baca yüksekliği (H) tarafından tahmin edilen hüzme dağılımı bacaya yakın mesafelerde olması gerekenden daha yüksek konsantrasyon değerleri vermektedir. Rüzgâr yönünde belirli bir mesafede, etkin hüzme yüksekliğinin tahmininde geçmiş yöntemler kayda değer belirsizlikler içermektedir. Sonuç olarak, çoğu modeller toplam etkin yükseklik üzerine kurulmuştur. Daha yeni bir yaklaşım olarak, ISC3 modellerinde de kullanılan Briggs denklemleri hem atmosferin kararlılığını, hem de hüzmenin rüzgâr yönünde ulaşabileceği azami yüksekliği dikkate almaktadır. Briggs denklemleri kullanım yöntemlerine göre Çizelge 4.7'da düzenlenmiştir. Briggs denklemleri atmosferin kararlılığını genel olarak kararsız-nötr ve kararlı olarak iki grupta incelemektedir. Her iki durumda da hüzme yükselmesinde momentum veya kaldırma kuvvetlerinin hangisinin baskın olduğunun bilinmesi gerekmektedir. Bunun için ilk olarak iki tür sıcaklık farkı terimi hesaplanır. (ΔT) normal sıcaklık farkı ve $(\Delta T)_c$ geçiş (crossover)

sıcaklık farkı terimleri hangi kuvvetin baskın olduğu belirlemektedir. Çizelge 4.6’da da ifade edilmektedir.

Çizelge 4.6: Brigss denklemleri parametreleri

F_b	: termal kaldırma kuvveti parametresi
F_m	: momentum kuvveti parametresi
g	: yerçekimi ivmesi, 9.81 m/s^2
V_s	: baca gazı çıkış hızı, m/s
d_s	: baca çıkışı iç çapı, m
T_s	: baca gazı çıkış sıcaklığı, $^{\circ}\text{K}$
T_a	: atmosfer sıcaklığı, $^{\circ}\text{K}$
ΔT	: normal sıcaklık farkı, $^{\circ}\text{K}$
$(\Delta T)_c$	: geçiş sıcaklık farkı, $^{\circ}\text{K}$
s	: karalılık parametresi
$\partial\theta/\partial z$	: potansiyel sıcaklık gradyanı, $^{\circ}\text{K/m}$
u	: baca çıkış seviyesindeki rüzgâr hızı, m/s
x_f	: azami hüzme yükselmesi mesafesi, m

Çizelge 4.7 : Briggs nihai hüzme yükselmesi hesabı

Kararsız (A, B, C) veya Nötr (D) Atmosfer				Kararlı (E, F) Atmosfer	
$F_b = g V_s d_s^2 \left(\frac{T_s - T_a}{4 T_s} \right), F_m = V_s^2 d_s^2 \frac{T_a}{4 T_s}, \Delta T = T_s - T_a$					
$F_b < 55 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$ için $(\Delta T)_c = 0.0297 T_s \frac{V_s^{1/3}}{d_s^{2/3}}$		$F_b \geq 55 \text{ m}^2 \text{s}^{-2}$ için $(\Delta T)_c = 0.00575 T_s \frac{V_s^{2/3}}{d_s^{1/3}}$		$(\Delta T)_c = 0.019582 T_s V_s \sqrt{s}$ $s = g \frac{\partial \theta / \partial z}{T_a}$ E sınıfı için $\partial \theta / \partial z = 0.020 \text{ K/m}$ F sınıfı için $\partial \theta / \partial z = 0.035 \text{ K/m}$	
$\Delta T < (\Delta T)_c$ Momentum kuvveti baskın	$\Delta T \geq (\Delta T)_c$ Kaldırma kuvveti baskın	$\Delta T < (\Delta T)_c$ Momentum kuvveti baskın	$\Delta T \geq (\Delta T)_c$ Kaldırma kuvveti baskın	$\Delta T < (\Delta T)_c$ Momentum kuvveti baskın	$\Delta T \geq (\Delta T)_c$ Kaldırma kuvveti baskın
$\Delta h = 3 d_s \frac{V_s}{u}$	$\Delta h = 21.425 \frac{F_b^{3/4}}{u}$ $x_f = 49 F_b^{5/8}$	$\Delta h = 3 d_s \frac{V_s}{u}$	$\Delta h = 38.71 \frac{F_b^{3/5}}{u}$ $x_f = 119 F_b^{2/5}$	$\Delta h = 1.5 \left(\frac{F_m}{u \sqrt{s}} \right)^{1/3}$ veya $\Delta h = 3 d_s \frac{V_s}{u}$ küçük olan seçilir	$\Delta h = 2.6 \left(\frac{F_b}{u s} \right)^{1/3}$ $x_f = 2.0715 \frac{u}{\sqrt{s}}$

4.4.4 Yer seviyesi maksimum konsantrasyonu

Daha önce açıklandığı gibi, hüzmenin yerden yansıması, hüzme merkez çizgisi üzerinde x mesafesi boyunca gaz kirleticinin yer seviyesi konsantrasyonunda artışa sebep olmaktadır. Bu artış hüzme yansıması olmaksızın gerçekleşen artıştan oldukça yüksektir. Ancak bu artış x mesafesi boyunca sürekli olmayıp bir noktadan sonra azalmaya başlayacaktır. Bunun sebebi ise y ve z eksenleri boyunca süregelen dispersiyon mekanizmasının x yönünde belirli bir mesafeden sonra baskın hale gelip

merkez çizgi ($y=0$) üzerinde yer seviyesi ($z=0$) konsantrasyonunu azaltmaya başlayacaktır. Şekil 4.13’da etkisi gösterilen dispersiyon mekanizmasının Şekil 4.10’da yer seviyesi konsantrasyonunu nasıl değiştirdiği görülmektedir.

Azami konsantrasyon değeri ve oluştuğu x mesafesinin belirlenmesi için geliştirilen yöntemlerden biri de Turner (1994)’in grafiksel çözümüdür. Şekil 4.16 bu çözümü ifade etmektedir. Şekil 4.14’deki çözüm, Şekil 4.13 ve Şekil 4.16’deki kentsel şartlar için oluşturulmuştur. Şekil 4.14’de, Cu/Q ifadesinin azami değerinin, azami konsantrasyonun oluştuğu x_{max} mesafesine bağlı ve atmosferin kararlılığı ile beraber etkin baca yüksekliği değişkenleriyle değişimini ifade etmektedir. Diğer bir ifadeyle, yer seviyesi maksimum konsantrasyonunun oluştuğu mesafe etkin baca yüksekliği ve atmosferin kararlılığının fonksiyonudur. Bu bilgiler Şekil 4.15 üzerinde belirli bir nokta oluşturmakta ve bu noktadan y eksenine ulaşıldığında maksimum konsantrasyon (C_{max}) değerini ve x eksenine ulaşıldığında da bu konsantrasyonun oluştuğu x mesafesini (x_{max}) vermektedir.

Fakat grafikten hassas bir şekilde sayısal değer okumanın zorluğu düşünüldüğünde, Şekil 4.14’deki grafiksel bilginin matematiksel bir denklem ile ifade edilmesi daha kullanışlı olacaktır. Şekil 4.14 kullanılarak Ranchoux (1976) tarafından geliştirilen genel bir denklem Şekil 4.14’den daha hassas bilgi edinmeyi sağlamaktadır:

$$\left(\frac{Cu}{Q}\right)_{max} = \exp[a + b(\ln H) + c(\ln H)^2 + d(\ln H)^3] \quad (4.23)$$

Denklemde, H , etkin baca yüksekliği (m); C , hesaplanacak azami konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); u , rüzgar hızı (m/sn); Q , kirletici kütleli emisyon hızı ($\mu\text{g}/\text{sn}$); a , b , c , ve d ise birimsiz regresyon katsayılarıdır.

Çizelge 4.8 : Ranchoux (1976) denkleminin kararlılık sınıflarına göre katsayıları

Kararlılık Sınıfı	Katsayılar			
	a	b	c	d
A	-1,0563	-2,7153	0,1261	0
B	-1,8060	-2,1912	0,0389	0
C	-1,9748	-1,9980	0	0
D	-2,5302	-1,5610	-0,0934	0
E	-1,4496	-2,5910	0,2181	-0,0343
F	-1,0488	-3,2252	0,4977	-0,0765

Ranchoux (1976) denkleminin verdiği değerlerle Şekil 4.13'den elde edilen değerler arasındaki fark hatası A, B, C sınıfları için %2'den az; D, E, F sınıfları içinse %4.5'ten azdır. Maksimum konsantrasyonun yeri ve büyüklüğünün belirlenmesi için farklı bir yol da ve grafiklerinin eğriselliği dikkate alınarak geliştirilebilir. Şekil 4.12

ve Şekil 4.13 birlikte incelendiğinde, hafif kararsız veya nötre yakın atmosfer şartlarında (C eğrileri etrafında) σ_y/σ_z değeri hemen hemen x mesafesinden bağımsızdır. Yani $\sigma_y/\sigma_z=k$ alınıp Gauss denkleminde y ve z değerleri sıfıra eşitlenmelidir. $\sigma_y/\sigma_z = k \Rightarrow \sigma_y = k \sigma_z$, $y=0$ ve $z=0$ varsayımları ile genel Gauss denklemi şu şekilde yazılabilir:

$$C(x, y, 0, H) = \frac{Q}{\pi k u \sigma_z^2} \exp\left(-\frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad (4.24)$$

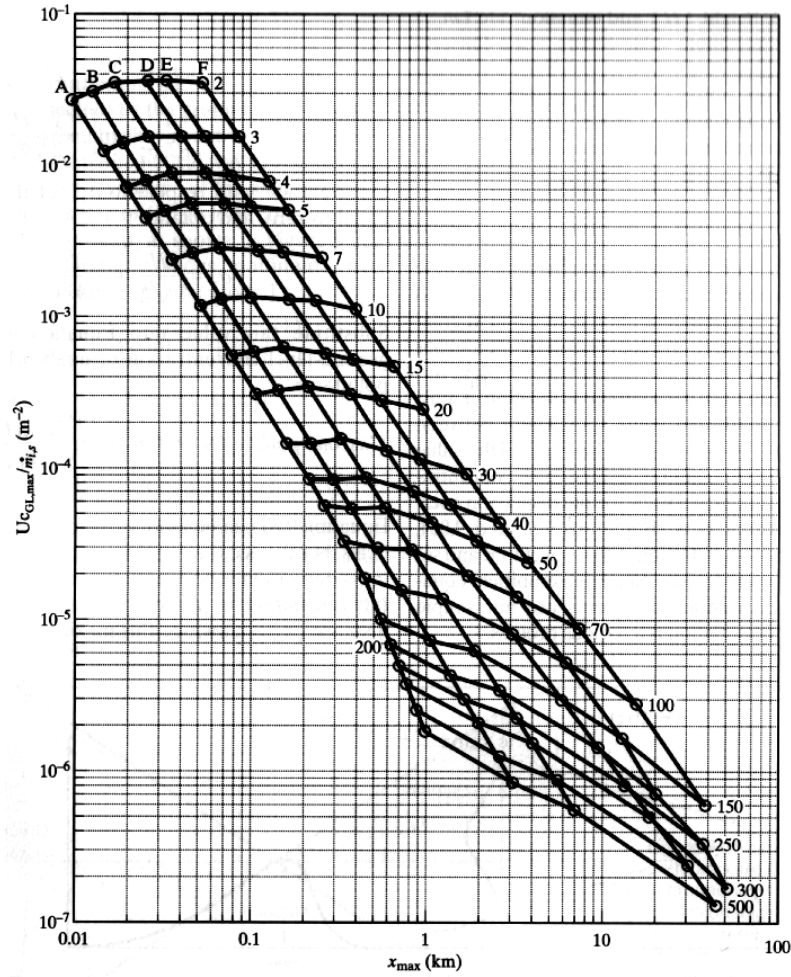
Bu fonksiyonun ekstrem noktası olan maksimumu bulmak için C 'nin σ_z 'ye göre türevi alınıp sıfıra (0) eşitlenmesi gerekir. Bu şekilde, türevin tanımı gereği C değerinin en büyük olduğu durum bulunmuş olur. Denklem 4.24'nın σ_z 'ye göre türevi alınıp sıfıra eşitlendiğinde Denklem 4.25 elde edilir:

$$1 + \left(\frac{-H^2}{2}\right) \sigma_z^{-2} = 0 \Rightarrow \sigma_z = \frac{H}{\sqrt{2}} = 0.707H \quad (4.25)$$

Evvela etkin baca yüksekliği (H) hesaplanır daha sonra σ_z değeri yukarıda elde edilen eşitlikte bulunur. Bulunan σ_z değeri Şekil 4.14'deki $\sigma_z - x$ grafiğinden uygun kararlılık sınıfı için kullanılarak azami konsantrasyonun olduğu x mesafesi bulunur. Ancak bu şekilde bulunan x mesafesi grafiğin doğası gereği yaklaşık değer olacaktır. Grafiksel okuma hatalarını daha da azaltacak bir yöntem şöyle olabilir:

Yukarıda elde edilen $-H$ bağıntısından eşitliği Gauss denkleminde yerine konarak yine yer seviyesi ($z=0$) ve hüzme merkez çizgisi üzeri ($y=0$) düzeltmeleri yapılır ve denklem çözülürse:

$$C_{max, yans} = \frac{0.1171Q}{u \sigma_y \sigma_z} \quad (4.26)$$

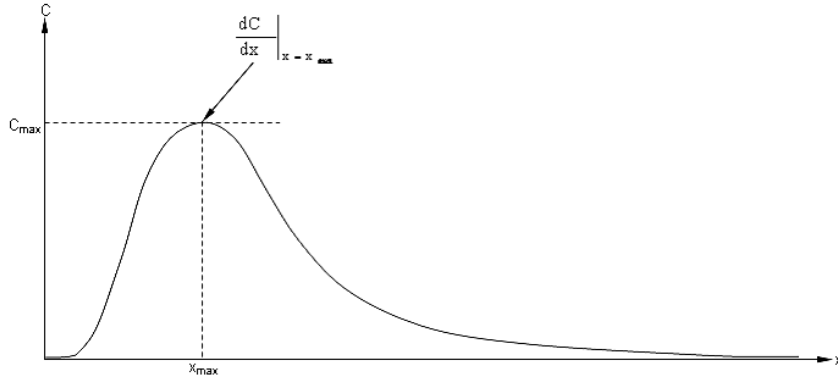


Şekil 4.14 : Maksimum Cu/Q değerinin kararlılık sınıfı ve etkin baca yüksekliğine bağlı değişimi (Turner, 1994)

Yansımali topografya için azami konsantrasyon değerini veren denklem elde edilir. Tabi ki bu denklem elde edilirken kullanılan şartlar dikkate alındığında hafif kararsız veya nötr şartlar için geçerli olduğunu unutmamak gerekir. Ancak daha önce Şekil 4.14'e bağlı olarak açıklanan Turner (1994)'ın grafiksel yöntemi ise bu şekilde kısıtlı değildir. Zira yöntem doğrudan Gauss dispersiyon denkleminde dayanmakta ve Şekil 4.14'den de görüldüğü gibi tüm kararlılık sınıflarını ihtiva etmektedir.

Maksimum yer seviyesi konsantrasyonunu hesaplamak için, bütün stabilite sınıflarına uygulanabilecek bir başka yöntem ise nümerik olarak Gauss Dispersiyon denklemini çözmektir. Denklem 4.14'te verilen genel Gauss Dispersiyon denklemini kullanarak, spesifik bir (Q, u, H) veri seti için, rüzgar yönünde, yer seviyesindeki $(y, z) = (0, 0)$ konsantrasyonlar bir grafik kağıdında noktalandığında Şekil 4.11'te temsili olarak gösterilen dağılım ortaya çıkar.

Şekil 4.11’te dağılımda, en yüksek konsantrasyonun gözlemlendiği $x_{\max}$ noktasını bulmak için bir dizi nümerik prosedürü uygulamak gerekir. Bilindiği gibi bir fonksiyonun eğimi, o fonksiyonun verilen noktadaki türevine eşit olup, bu türevin sıfıra eşit olduğu noktada, verilen fonksiyonun ekstrem durumu ortaya çıkar. Genel Gauss denkleminde tek ekstrem durum, rüzgar yönünde, yer seviyesindeki konsantrasyonun en yüksek olduğu durumdur. Şekil 4.11’te verilen temsili grafiğin eğimi yine temsili olarak Şekil 4.15’te gösterilmektedir. Bu grafik üzerinde de açıkça görülebileceği gibi, maksimum yer seviyesi konsantrasyonunun gerçekleştiği noktada Şekil 4.15’te verilen grafiğin eğimi (türevi) sıfır olmaktadır. Bu noktayı belirlemek için Kiriş (Newton-Raphson) ya da Aralığı İkiye Bölme (Bisection) metotları gibi bazı nümerik metotlar kullanılabilir. Bu yöntemin, ikinci metotla yapılan çözümü şu şekilde olmaktadır (Demir, 2007).

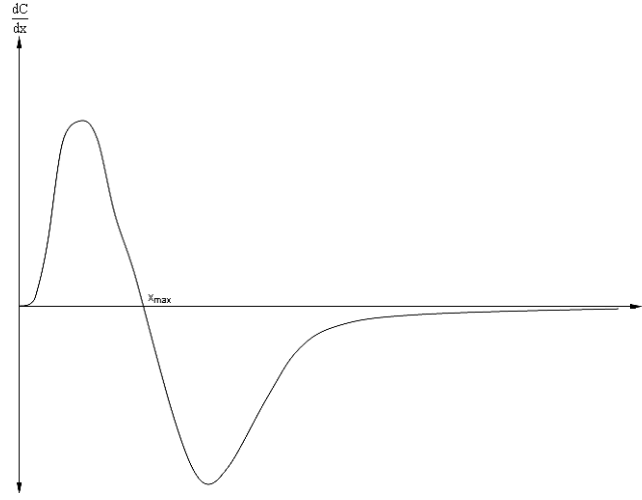


Şekil 4.15 : Rüzgar yönünde, yer seviyesindeki konsantrasyon profili

1. Aralığı İkiye Bölme metodunda kullanılmak üzere, maksimum konsantrasyonun gerçekleştiği x uzaklığını (x_0) aralarına alan iki x mesafesi (x_1 ve x_2) seçilir. Ancak bu noktalar, Şekil 4.15’te görüldüğü gibi, türevin, pratikte sıfıra eşit olacağı kadar uç noktalarda olmamalıdır.
2. Seçilen x_1 ve x_2 noktalarında, Denklem 4.17’in nümerik olarak türevi alınır. Nümerik türev alırken Δx ’i uygun bir aralıkta seçmek gerekir. Bu durum için $\Delta x = 0.0001$ ile $\Delta x = 0.01$ m arasında değişebilir.
3. x_1 ve x_2 noktaların aritmetik ortalaması olarak x_0 mesafesi bulunur. Bu mesafede de Denklem 4.17’nin türevi nümerik olarak bulunur.

4. Eğer $x_0 > x_{max}$ ise denklemin türevi negatif olacağından $x_2 = x_0$ ataması yapılarak; eğer $x_0 < x_{max}$ ise denklemin türevi pozitif olacağından $x_1 = x_0$ ataması yapılarak 2. basamağa dönülür ve bütün işlemler tekrarlanır.

5. İterasyonun herhangi bir aşamasında $x_2 - x_1$ farkı belirli bir limit değerden küçükse iterasyon terk edilir. Bu noktadaki x_0 değeri, maksimum konsantrasyon mesafesi olarak atanır. Bu noktadaki yer seviyesi konsantrasyonu ise maksimum konsantrasyon olur.



Şekil 4.16 : $(y, z) = (0, 0)$ için Gauss Dispersiyon denkleminin türevi

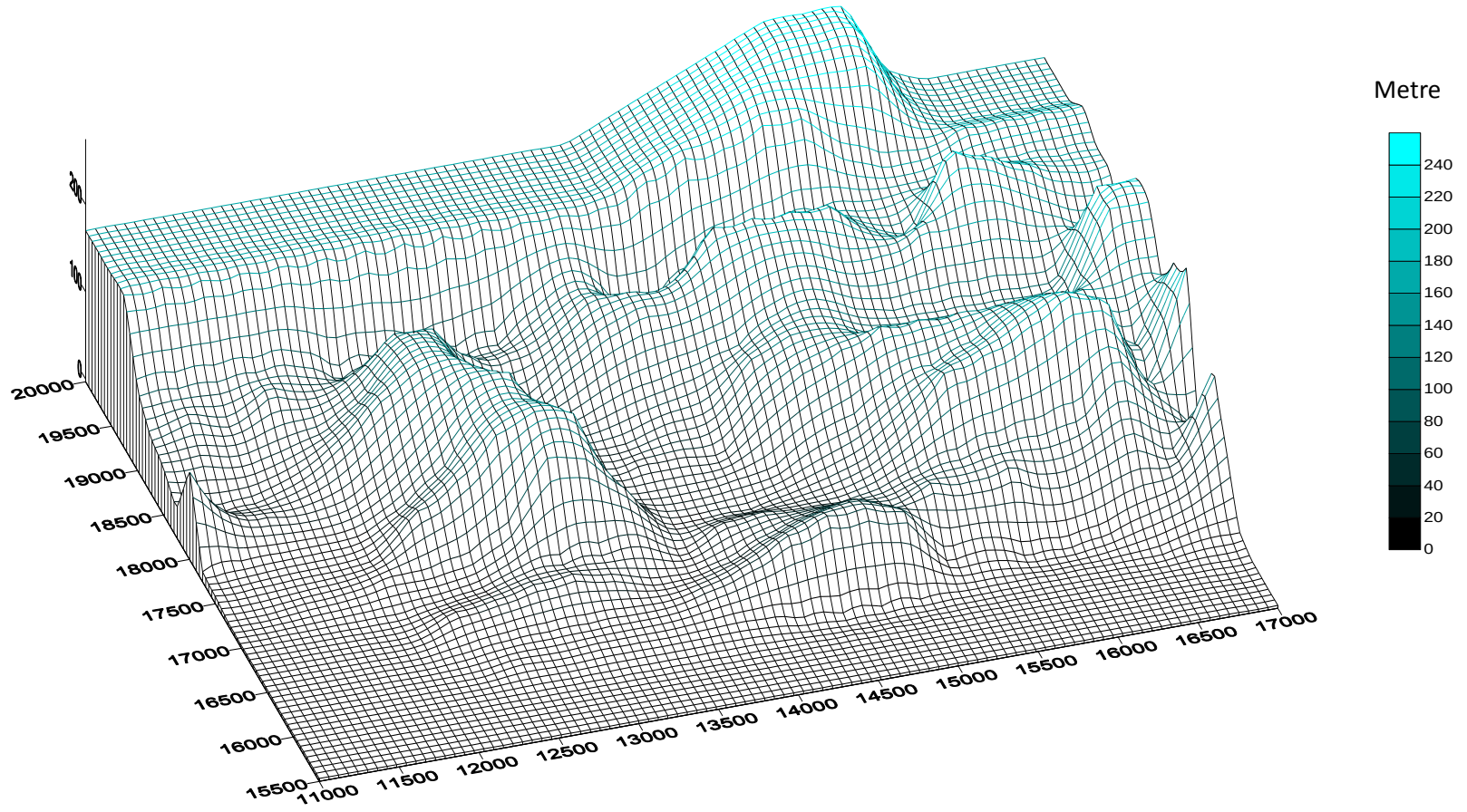
5. ISCST3 ve ISCLT3 MODEL UYGULAMASI

Herhangi bir kirletici kaynaktan atmosfere salınan kirleticilerin atmosfer ortamındaki davranışları ve kaynaktan belirli bir mesafe uzaklıktaki bir alıcı noktada oluşturacakları konsantrasyon değerleri birtakım şartlara bağlı olarak değişebilmektedir. Bu şartlar, ana başlıklarla; kaynağın ve kirleticilerin özellikleri, atmosfer koşulları ve alıcı noktanın kaynağa uzaklığı şeklinde ifade edilebilir. Bu çalışmada, ozon prekürsörleri olan azot oksitlerin atmosfere salındıktan sonra Dilovası Çanağı'ndaki yerleşim alanlarında atmosferik değerlerini saptamaktır. Modelleme çalışmalarında aşağıdaki kabuller yapılmıştır:

1. Bölgedeki enerji santralleri, demir çelik tesisleri baca gazı emisyon değerleri sabit ve sürekli aynı değerdedir,
2. Atmosfere salınan NO_x atmosfer ortamında bir reaksiyona girmediği kabul edilmiştir. Yani bacalardan salınan kirleticiler alıcı noktaya ulaşınca kadar oldukları gibi kalmakta, herhangi bir etkiyle başka kimyasal bileşenlere dönüşmemektedir.
3. Atmosfere salınan azotoksitlerin alıcı ortamda oluşturacakları kirlilik seviyesi modellenirken, NO_2/NO_x oranı 0.75 olarak kabul edilmiştir.
4. Gauss dağılım modeli için düz ova yaklaşımı kabul edilmiş olup bölgenin topografik yapısı göz önüne alınmamıştır.
5. ISCST3 ve ISCLT3 modeli için bölgede oluşabilecek building wake ve downwash etkileri hesaba katılmamıştır.

5.1 Alıcı Ortam

Bu çalışmada Dilovası çanağı üzerinde enerji santralleri kaynaklı azotoksitlerin bölge hava kalitesi üzerindeki etkileri ve ozon oluşumuna katkıları araştırılmıştır. İncelenen bölgenin topografik yapısı Şekil 5.1'de, arazi kullanımı Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1 : Dilovası Bölgesi Topografik yapısı

Şekil 5.2 ‘den de görüleceği gibi bölgenin doğa ve batısında bulunan tepeler üzerine yerleşim alanları mevcuttur. Model dağılım verileri bu bölgeler üzerinde incelenecektir.

5.2 Kirletici Kaynakları ve Emisyon Hızları

Bölge genelinde oluşan kirletici kaynakların emisyon hızları ve model için gerekli olan veri girdileri Çizelge 5.1 de verilmiştir.

Çizelge 5.1 Kirletici özellikleri ve miktarları

Özellikleri	Emisyon kaynağı							
	Enerji üretimi			Trafik		Demir Çelik		Konut
	Noktasal Kaynak			Alansal Kaynak		Noktasal kaynak		Alansal Kaynak
	OVA 1	OVA 2	Çolak	D-100 Otoyolu	E-80 Otobanı	Diler	Çolak	
X, m	13600	13600	14000	*	*	13400	13100	*
Y, m	17250	17150	17250	*	*	16500	18250	*
Gaz sıcaklığı °C	86	86	152	-	-	165	160	-
Baca gazı hızı (m/sn)	10.1	10.1	8.2	-	-	12	10	-
Baca çapı (m)	7	7	7	-	-	2.7	3	-
Baca boyu	49,26	49,26	160	-	-	45	47	-
Alan genişliği (m ²)	-		-	141.000	141.000	-	-	1740000
Kütlesel debi (g/sn)	84,4	86,4	24,8	-	-	5.82	9.12	-
Kütlesel Debi (g/(sn.m ²))	-	-	-	6,97x10 ⁻⁶	9,7x10 ⁻⁶	-	-	2.02x10 ⁻⁶ 1.72x10 ⁻⁶

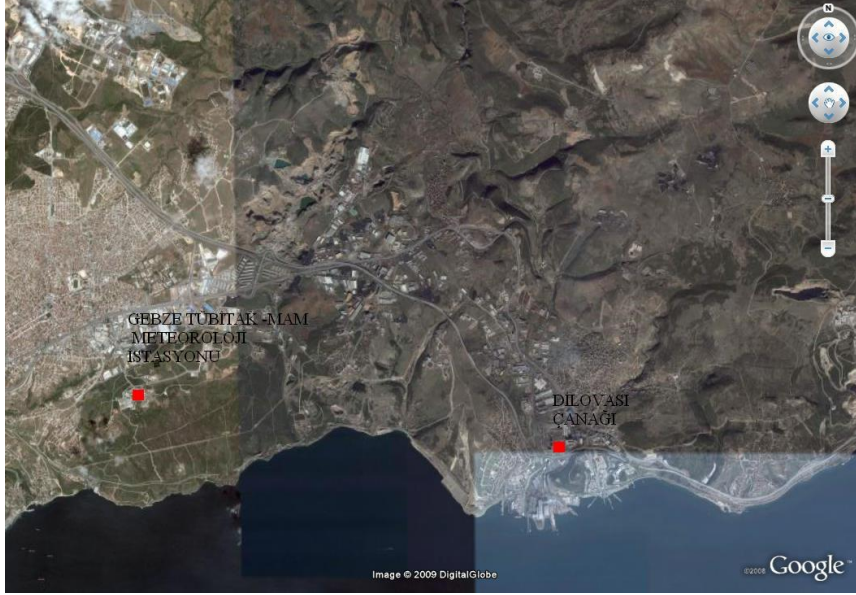
*Yol ağları bölgenin farklı yerlerinden ve farklı X ve Y koordinatlarından geçmekte

**Topografik yükseltilerde değişmektedir.

5.3 Meteoroloji

Dispersiyon modellemesinde atmosferik parametreler önemli rol oynamaktadır. Özellikle rüzgar hızı kirletici gaz hüzmesinin kaynaktan çıktıktan sonra alıcı ortama doğru hareketini ve atmosferin kararlılığı (bu parametre karışma yüksekliği ile bağıntılıdır) da kirletici huzmenin taşınırken rüzgara dik yönlerde yayılımını etkileyen iki önemli parametredir. Kullanılan modeller için gerekli olan bu iki meteorolojik parametre çalışma bölgesine en yakın meteoroloji istasyonundan

(Gebze-TÜBİTAK-MAM meteoroloji istasyonu, Şekil 5.3) 2007 ve 2008 yılı için temin edilmiş ve aylara göre model için gerekli şekillerde düzenlenmiştir (Weather Web Sitesi, 2008).



Şekil 5.3 : Gebze TÜBİTAK-MAM meteoroloji istasyonu lokasyonu

5.3.1 Karışma yükseklikleri

Bölgeye ait karışım yüksekliği tahmini için USA - NOAA (The National Oceanic and Atmospheric Administration)' ya ait ARL (Air Resource Laboratory) tarafından dünyadaki her bölge için yapılan resmi hava tahmin arşivi internet sitesinden alınan verileri kullanılmıştır. Model verilerinin yerine gerçek veriler kullanılması, dağılım modeli uygulamalarında daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Ancak DMI'ye ait bölgeye en yakın ölçüm istasyonu Dilovası'na 80 km uzaklıktaki Göztepe'de bulunmaktadır. Karışım yüksekliği ölçümleri radiosonde ölçüm metodu kullanılarak 00:00 ve 12:00 gün içi zamanlarında gerçekleştirilmektedir. Göztepe istasyonundan 2007 ve 2008 yıllarına ait veriler temin edilmiştir. Bu verilerde yapılan inceleme neticesinde Göztepe istasyonundaki rüzgâr hızı ile karışım yüksekliği arasında anlamlı bir ilişki görülememiştir. Karışım yüksekliği yüzey rüzgar hızı ile yüzey pürüzlülüğü arttıkça artmaktadır. Oluşabilecek türbülanslardan ötürü değişkenlik göstermektedir. Bu itibarla model verileri bu çalışma için kullanılmamıştır.

NOAA - ARL tarafından servis edilen veriler, GDAS (Global Data Assimilation System) aracılığı ile MRF (the spectral medium range forecast model) ve EDAS (Eta Data Assimilation System) tahmin modelleri kullanılarak elde edilmektedir. Çalışmada MRF modelinden alınan değerler kullanılmıştır. Bu model Bulk Richardson numarası yaklaşımı kullanarak atmosferik sınır tabaka tahmini yapmaktadır (<http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/mrf.html>). Tahminler 3'er saatlik zaman dilimlerinde yapılmaktadır.

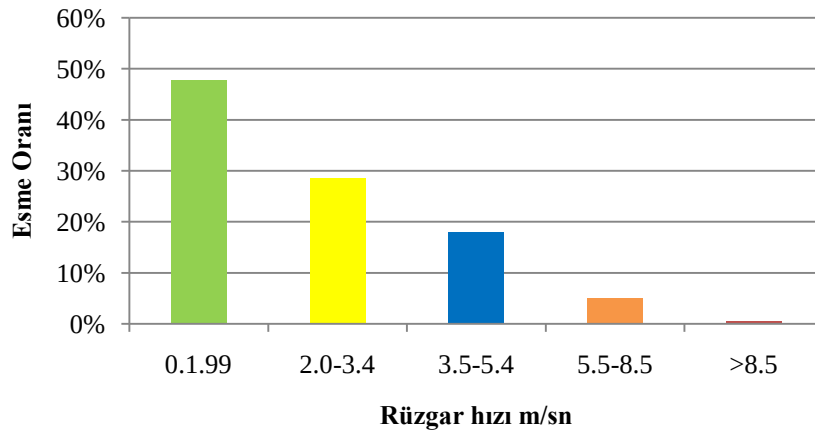
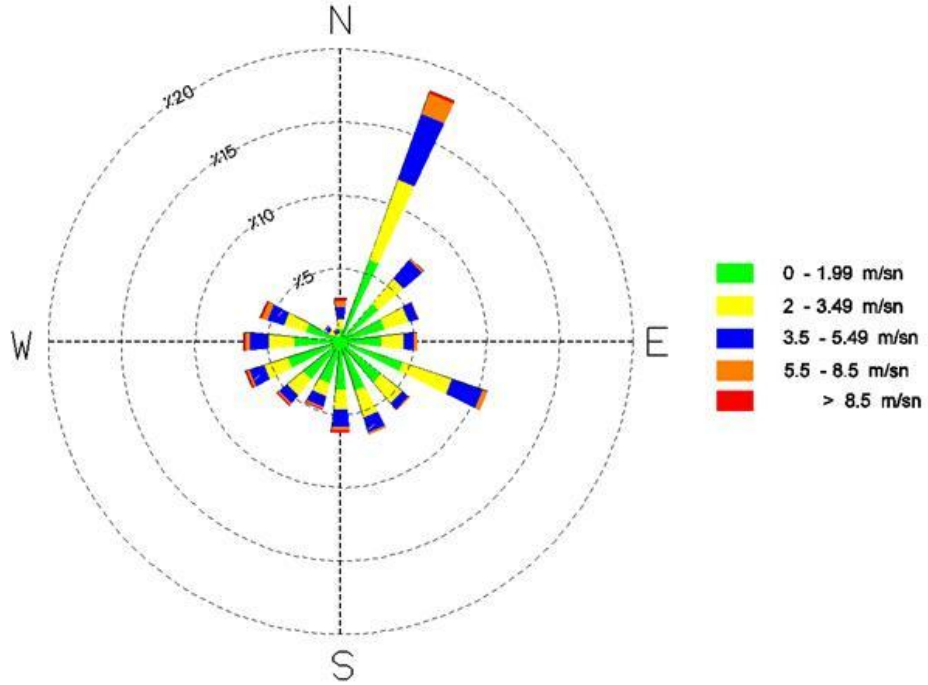
Model verileri günlük olarak enverziyonun en düşük olduğu 00:00 karışım yüksekliğinin en yüksek olacağı varsayılan 12:00 saatlerindeki stabilite sınıfları ve karışım yükseklikleri tahmin verileri alınmıştır. Genel olarak karışım yüksekliği en kötü şartlar altında 0~300 m ve iyi şartlar olarak >1000 olarak tanımlanabilir (Williams, 1991). Bölge için karışma yüksekliği ve stabilite tahminleri ile bölgede ölçülen rüzgar hızlarına karşı elde edilen grafikler elde edilmiş ve EK-E' de verilmiştir. Bu grafiklerden yapılan okumalar ile rüzgar hızı sınıfına karşılık gelen karışım yükseklikleri bulunmuştur. Çizelge 5.2 de karışım yüksekliklerine ait değerler verilmiştir. Karışım yüksekliği tablosu incelendiğinde, rüzgar arttıkça karışım yüksekliğinin arttığı görülmektedir. Bu artış bölgenin yüzey özelliklerinden kaynaklı olarak türbülansın gerçekleştiği söylenebilir.

Çizelge 5.2 : Ocak-Aralık ayları ortalama karışma yükseklikleri

Aylar	Stabilite	Rüzgar hızı sınıfı (m/sn)					
		0-1,9	2-3,4	3,5-5,4	5,5-8,1	8,2-11,1	>11,1
OCAK	A	640	760	850	960	1090	1150
	B	540	550	640	750	880	950
	C	590	600	620	640	670	680
	D	550	570	600	630	660	680
	E	170	200	240	260	280	300
	F	35	70	110	160	210	240
ŞUBAT	A	850	890	950	1050	1150	1250
	B	800	830	890	940	1020	1080
	C	750	760	780	820	890	990
	D	600	620	640	660	680	700
	E	210	230	250	270	290	310
	F	80	110	150	195	235	245
MART	A	1120	1180	1230	1300	1380	1430
	B	1050	1130	1150	1170	1190	1200
	C	1000	870	940	1050	1150	1230
	D	630	670	710	760	810	850
	E	310	330	350	390	420	450
	F	130	150	170	200	230	250
NİSAN	A	1500	1550	1600	1650	1700	1750
	B	1350	1400	1450	1500	1550	1600
	C	1120	1140	1160	1190	1300	1400
	D	800	840	880	920	960	1000
	E	410	440	470	500	530	560
	F	165	190	220	240	260	300
MAYIS	A	1830	1890	1940	2000	2050	2110
	B	1500	1560	1620	1660	1770	1880
	C	1300	1340	1380	1420	1490	1520
	D	1000	1050	1100	1150	1100	1150
	E	470	510	550	590	630	670
	F	200	230	260	270	340	390
HAZİRAN	A	1960	2000	2040	2080	2130	2170
	B	1630	1720	1790	1910	2020	2100
	C	1440	1480	1520	1570	1620	1660
	D	1220	1270	1320	1380	1450	1500
	E	510	570	600	650	660	690
	F	220	260	290	340	380	420
TEMMUZ	A	2100	2150	2230	2280	2340	2380
	B	1750	1800	1850	1990	2100	2220
	C	1650	1700	1750	1800	1850	1900
	D	1450	1550	1650	1700	1750	1800
	E	550	600	630	670	670	700
	F	230	260	290	340	380	430
AĞUSTOS	A	2150	2200	2300	2400	2500	2580
	B	1850	1900	1950	2100	2130	2260
	C	1790	1840	1900	1950	2000	2050
	D	1600	1700	1800	1850	1900	1950
	E	570	620	640	680	690	720
	F	240	320	360	400	420	460
EYLÜL	A	1600	1650	1710	1780	1850	1910
	B	1430	1450	1475	1500	1530	1550
	C	1100	1170	1220	1290	1370	1420
	D	860	950	1040	1160	1270	1370
	E	490	500	510	520	530	540
	F	100	130	160	200	230	260
EKİM	A	1270	1210	1250	1300	1350	1390
	B	1100	1120	1150	1180	1210	1240
	C	940	970	1000	1040	1070	1100
	D	630	670	700	750	790	830
	E	230	260	280	320	360	400
	F	60	100	140	190	230	260
KASIM	A	920	970	1050	1100	1150	1210
	B	800	900	930	960	1010	1060
	C	700	760	820	850	900	930
	D	580	620	660	700	740	780
	E	210	230	250	270	290	310
	F	50	90	130	180	220	250
ARALIK	A	700	740	860	900	1040	1120
	B	550	650	680	720	750	780
	C	510	540	570	600	630	660
	D	440	520	560	600	640	680
	E	180	190	200	210	220	230
	F	40	50	115	170	225	245

5.3.2 Rüzgar

Bölgeye ait rüzgar gülü Şekil 5.4 ve yıllık rüzgar hızları sınıflaması grafiği Şekil 5.5. de verilmiştir.



Şekil 5.5: Yıllık rüzgar hızları oranlar

5.4 Model Uygulama Dönemleri

Model uygulamalarında farklı dönemler oluşturulmuştur. Bu dönemler kullanılarak uzun dönem ve kısa dönemlik dağılımlar oluşturulmuştur. Bu dağılımlar incelenirken bütün zamanlar için ortalama değer olarak D stabilitesi, kabul edilmiştir. Kış dönemi için IKHKKY’de belirtilen Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık ve yaz ayları için Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos Eylül kabul edilmiştir. Senaryolar Çizelge 5.3’ de verilmiştir.

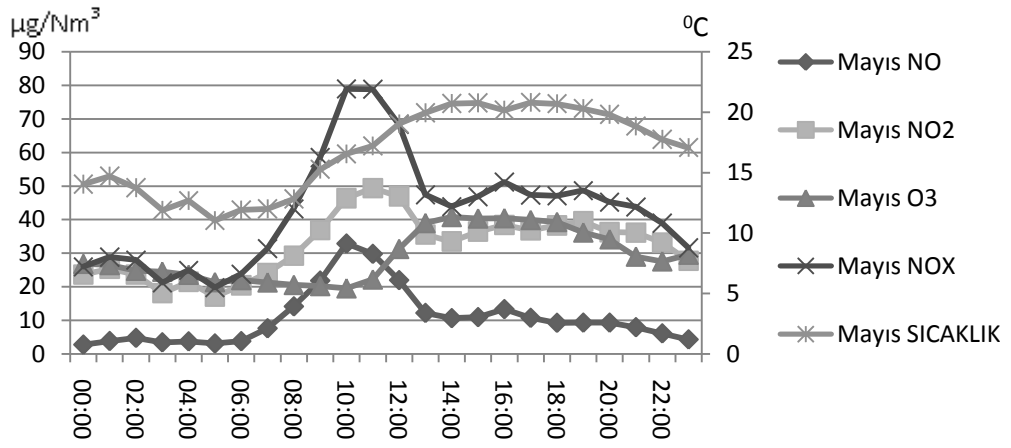
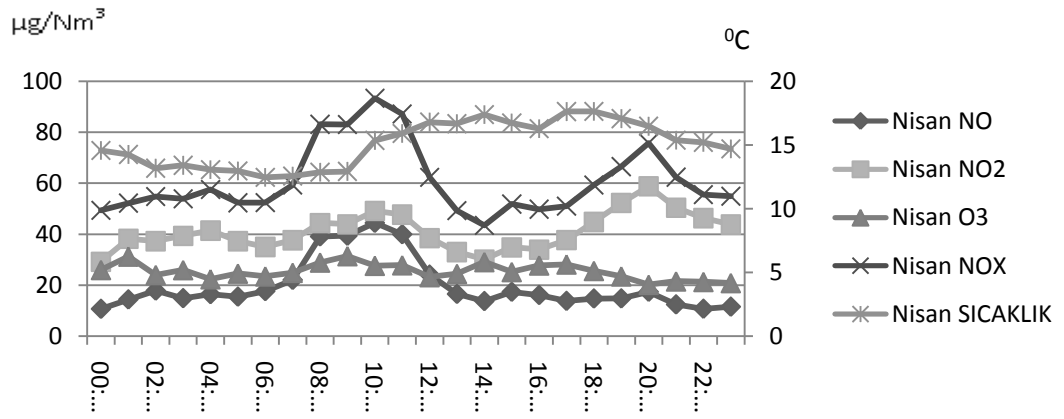
Çizelge 5.3 : Dağılım dönemleri

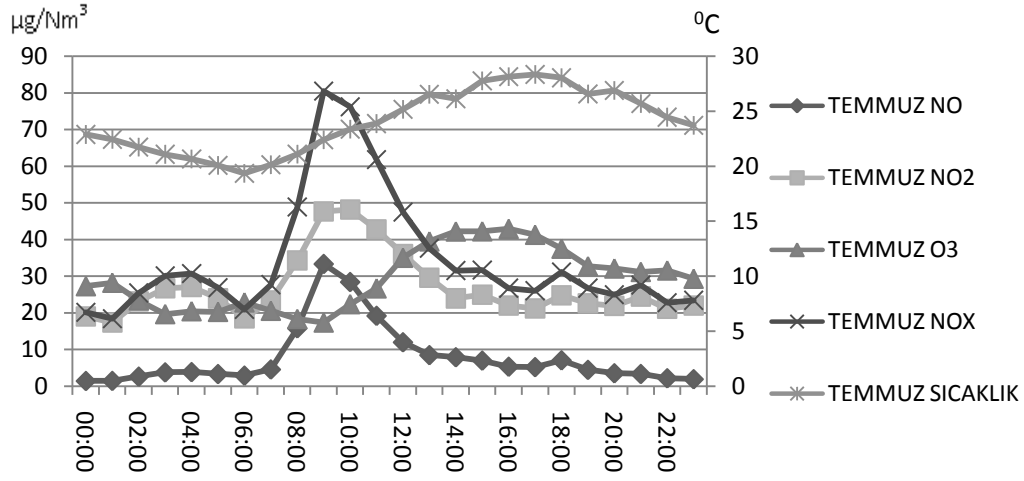
Dağılım Dönemleri	Stabilite Sınıfı	Çalışma Alanı
24 saatlik Kış dönemi ortalamaları	D	6 x 4.5 km ²
24 saatlik Yaz dönemi ortalamaları	D	6 x 4.5 km ²
24 saatlik Tüm aylar ortalamalar	D	6 x 4.5 km ²
Kış ayları ortalama (UVS)	D	6 x 4.5 km ² 32.5 x 25 km ²
Tüm aylar ortalama (UVS)	D	6 x 4.5 km ²

Model çıktıları EK A.’da verilmiştir.

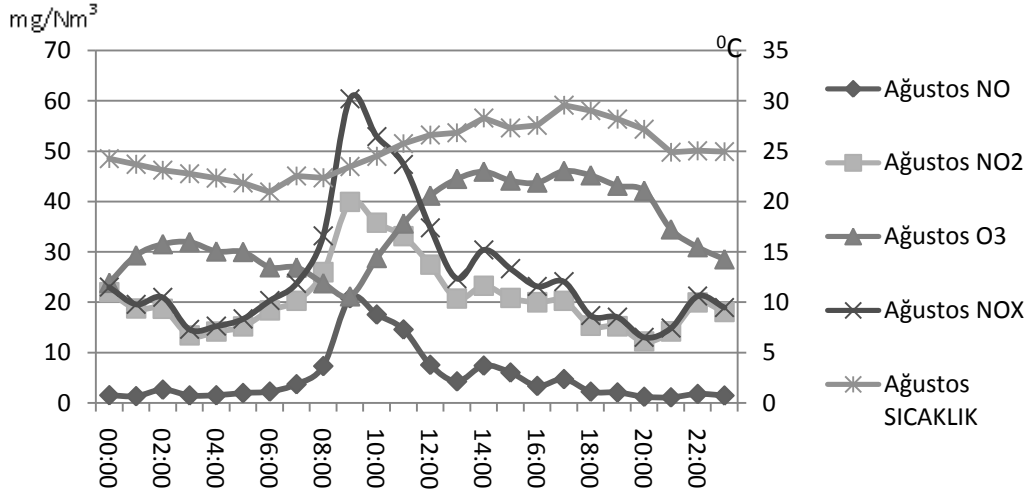
5.5 Dilovası NO_x (NO₂+NO) Emisyonları Ve Ozon Ölçüm Değerleri Değerlendirilmesi

Bu çalışmada NO_x dağılımı modeli uygulandıktan sonra, bölgedeki ölçüm istasyonu verilerine dayanarak ozon oluşumuna katkı değeri hesaplanmaya çalışılacağından, ozon ve azotoksit ölçümleri incelenmesi yapılmıştır. Bu değerlendirmede ozon, azotoksit ve VOC korelasyonları incelenip, ozon oluşumunun yoğun olduğu aylardaki gün içerisindeki saatlik grafikler oluşturulmuştur. Bu inceleme 2008 yılı nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları için saatlik ortalamalar esas alınarak yapılmıştır (Şekil 5.6-10).

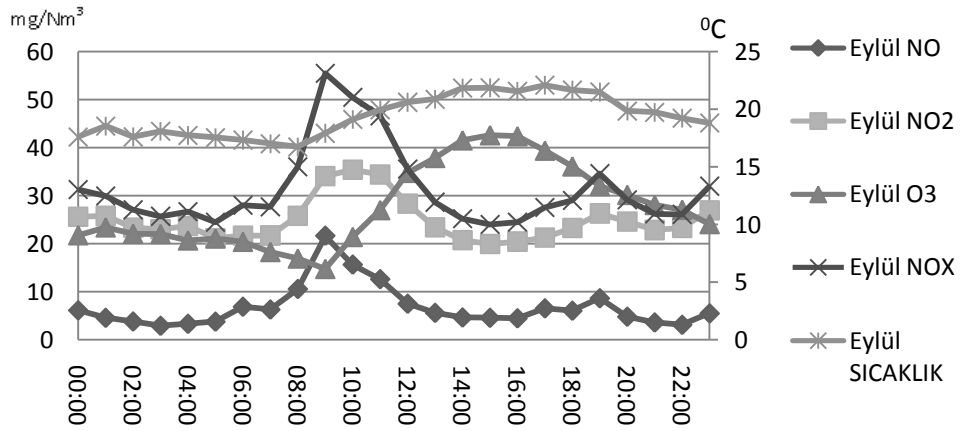




Şekil 5.8 : 2008 Temmuz ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim grafiği



Şekil 5.9 : 2008 Ağustos ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim grafiği



Şekil 5.10 : 2008 Eylül ayı ozon, sıcaklık ve azot oksit değişim grafiği

Grafiklerin incelenmesi neticesinde görülmektedir ki ozon değışimi ağustos ayı itibariyle en yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu değerler ozon sınır değerlerinin oldukça altında kalmaktadır. Literatüre bakıldığında ozon konsantrasyonlarının yaz mevsimi öğle saatlerinde $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ten yüksek değerlerde olduğu görülecektir. Ancak bölgedeki ölçüm istasyonlarında yüksek ozon konsantrasyonlarına rastlanmamıştır.

Şekillerden görüleceğı gibi sıcaklık arttıkça ozon oluşumu da beraberinde artmaktadır. Sıcaklıkla ozon oluşumunun artması literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında benzer değışimler olduğu gözlenmektedir.

6. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE ÖNERİLER

Dilovası bölgesi sanayi olarak oldukça gelişmiş ancak düzensiz bir sanayi yapılaşmasına sahip bir bölgedir. Özellikle çanak tabir edilen bölge, kirletici vasfı yüksek tesislerin oldukça yoğun bulunduğu bir bölgedir. Önceden de bahsedildiği gibi bu yoğunluk insan sağlığı üzerinde ciddi olumsuzluklara sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada KİÇOM'dan elde edilen emisyon envanteri ve bazı proje raporları çerçevesinde NO_x dağılımları incelenmiştir. KİÇOM'da yapılan çalışma sürecinde tüm arşiv verileri incelenerek bölge için tüm tesislere ait kayıtlara ulaşılamamıştır. Ulaşılabilen kayıtlar EK.C'de verilmiştir. Bu durum hava kalitesi yönetimi açısından önemli bir bileşen olan emisyon envanterinin eksikliğini ortaya koymaktadır.

Hava kirliliği dağılım modellerinde meteorolojik parametreler, en önemli girdileri oluşturmaktadır. Kirletici dağılım konsantrasyonları üzerinde karışım yüksekliği etkili bir meteorolojik parametredir. Model, dağılım hesaplamalarını yaparken karışım yüksekliği tabakasını, dağılımın dikey yöndeki sınır koşulları olarak tanımlar. Karışım yüksekliği ölçüm verileri için DMİ Göztepe İstasyonu verileri elde edilmiş ve değerlendirilmiştir. Ancak, Dilovası bölgesi rüzgar hızı ile ölçüm istasyonuna ait veriler karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir ilişki görülmemiştir. Nitekim söz konusu istasyon şehir içinde kaldığından oluşacak mekanik türbülanslardan etkilenecek ve yalnızca o bölge için geçerli karışım yüksekliği verilerini ifade edecektir. Bu çalışmada karışım yüksekliği değerleri, NOAA tarafından servis edilen karışım yüksekliği verileri dikkate alınarak belirlenmiştir. NOAA'dan alınan stabilite sınıfa karşılık gelen karışım yükseklikleri ile bölgede oluşan rüzgar hızlarının karşılaştırılması ile grafikler oluşturulmuş (EK E), grafiklerden, rüzgar hızı arttıkça karışım yüksekliğinin arttığı görülmüştür.

Diğer bir meteorolojik faktör olan stabilite koşulları, model dağılımında önemli etkiye sahip bir parametredir. ISCST3 ve ISCLT3 dağılım modelleri EPA tarafından U.S.A için tasarlanmış modellerdir. U.S.A'de meteorolojik verilerin veri

sayfaları bu dağılım programlarına uygun formatlarda olup, saatlik stabilite koşulu ve yıllık rüzgar frekanslarına göre stabilite koşulları hali hazırda bulunmaktadır. Ancak ülkemizdeki meteorolojik veriler bu program formatında üretilmediğinden, yıllık ve saatlik bazdaki stabilite koşullarının belirlenmesinde yaklaşımlar uygulanmak zorundadır. Bundan dolayı bu çalışma için, ortalama değeri ifade eden D stabilitesi bütün koşullar için kabul edilmiş ve bu stabilite sınıfı üzerinden model çalıştırılmıştır. Bu tarz bir yaklaşımın, oluşabilecek spesifik hava koşullarının gözardı edilmiş olmasına yol açacağı, modelin işletilebilmesinin bir gereği olarak kabul edilmelidir.

Bölge geneli için trafikten 157.2 ton/yıl, konutlardan 44.15 ton/yıl, enerji üretiminden 5489 ton/yıl ve demir çelik üretiminden ise 433 ton/yıl NO_x kaynaklanmaktadır. Sanayi tesislerinden kaynaklanan NO_x emisyonlarının dağılımları ISCST3 ve ISCLT3 modelleri kullanılarak yapılmıştır. Model çalışmaları neticesinde, HKDYY EK-1 A ya göre geçiş dönemi 24 saatlik NO_2 cinsinden (KVS) $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve yıllık (UVS) $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin altında olduğu görülmüştür.

Bölge için dağılım modellerinin 24 saatlik ve yıllık değerlendirmeleri ayrı ayrı yapıldığında;

- ✓ Kış dönemi 24 saatlik ortalama dağılım NO_2 cinsinden en yüksek konsantrasyonlar $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (X:14000 ve Y: 17000 koordinatlarında) ve $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (X: 13000 ve Y:14500 koordinatlarında) olmak üzere Marmara Denizi üzerinde gerçekleşmiştir.
- ✓ Yaz ayları dönemi 24 saatlik ortalama değerler açısından maksimum NO_2 konsantrasyonunun $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinde olmak üzere X: 14000 ve Y: 17000 koordinatlarında olduğu görülmüştür.
- ✓ Yıllık kış sezonu ortalama değerler bazında NO_2 konsantrasyonunun $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinde olmak üzere X:14000 Y:17000 koordinatlarında olduğu görülmüştür.
- ✓ Kış dönemi 24 saatlik ortalama dağılım, 32.5 km x 25 km lik alan içinde değerlendirildiğinde en yüksek konsantrasyonun NO_2 cinsinden $99 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinde olmak üzere Marmara Denizi üzerinde olduğu görülmüştür.

Konutlardan kaynaklanan NO_x emisyonlarının, model çalışması sonucu elde edilen konsantrasyon değerleri içindeki payı açısından değerlendirildiğinde, bu kaynağın, en yüksek NO_x konsantrasyonları içindeki payının yaklaşık %18 olduğu anlaşılmıştır. Model çalışmaları neticesinde elde edilen NO_x konsantrasyonlarında en belirleyici emisyon kaynaklarının enerji üretimi ve demir çelik tesisleri olduğu görülmüştür. Yine model çalışmaları neticesinde, bölgedeki kirletici taşınımının ağırlıklı olarak GGB (Güney Güney Batı) yönünde gerçekleştiği belirlenmiştir.

HKDYY EK-1 “B) limit Değerler, Değerlendirme Ve Uyarı Eşikleri” başlıklı tabloda, NO₂ parametresi için 1 Ocak 2024 yılı için hedef limit değer, yıllık bazda 20 µg/m³, 24 saatlik bazda ise hedef değer 100 µg/m³ olarak verilmiştir. Bu model çalışması sonucu elde edilen yıllık kış mevsimi NO₂ değerleri karşılaştırıldığında, özellikle konutların bulunduğu atmosferde, HKDYY yıllık hedef sınır değerlerin üzerinde değerler olduğu görülmektedir. 24 saatlik veriler üzerinden değerlendirildiğinde ise 96 µg/m³ (< 100 µg/m³) ile hedef sınır değerinin altında kaldığı anlaşılmaktadır. Ancak, 1.1.2014 tarihi için verilmiş tolerans payı (100 µg/m³) değeri ile bölgedeki model hesabına katılamayan diğer sanayi kuruluşlarının NO_x emisyon yükleri de dikkate alındığında, NO₂ emisyon değerlerinin yakın gelecekte bölge havasında limit değerlerin üzerinde olacağı anlaşılmaktadır. Bu da, yanma kaynaklı NO₂ emisyonları için geleceğe yönelik tedbir alınmasını gerektiren bir durum olduğunu göstermektedir.

Model çalışmasından elde edilen verilerin güvenilebilirliği, bölgede resmi kurumlar tarafından işletilen ölçüm istasyonlarından elde edilen karşılaştırılması ile gösterilebileceği düşüncesinden hareketle, bölgedeki ölçüm istasyonları verileri ile modelden elde edilen dağılım konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma;

- ✓ Bölgede en yüksek NO₂ konsantrasyonunun olduğu tarihteki değere karşılık, o tarihteki ölçüm istasyonu verileri (Çizelge A.1)
- ✓ Model dağılımında ölçüm istasyonlarında bulunan değerlerin tarihine karşılık, o tarihte ölçüm istasyonlarında ölçülen değerler ile karşılaştırılması (Çizelge A.2)

şeklinde yapılmıştır. Modelin en yüksek konsantrasyonlarda bulduğu değerler ile ölçüm istasyonlarında ölçülen değerler arasında farklılıklar görülmüştür. Ölçüm istasyonlarında bulunan değerlerin, modelin en yüksek konsantrasyonu hesapladığı tarihteki değerlerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Belirli bir tarih için modelden elde edilen NO_x değeri ile, ölçüm istasyonunda ölçülen değerler karşılaştırıldığında Dilovası ölçüm istasyonunda bulunan NO_x değerinin modelden elde edilen değer 2.23 katı, DOSB ölçüm istasyonunda bulunan NO_x değerinin modelden elde edilen değer 3.08 katı olduğu görülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre Dilovası istasyonunda oluşan NO_x değerleri DOSB istasyonunda oluşandan 1.45 kat büyüktür. Ancak bu oran tam tersi şekilde model sonuçlarına göre 0.48 olarak gerçekleşmiştir.

Ölçüm sonuçlarındaki bu tutarsızlık şu şekilde açıklanabilir;

- ✓ Model yalnızca D stabilitesinde çalıştırıldığından, spesifik hava koşullarını hesaba katmamıştır. Bu durum yüksek konsantrasyon oluşabileceği durumların göz ardı edilmesine sebep olmakta ve 24 saatlik ve yıllık ortalama konsantrasyon değerlerini düşürmektedir.
- ✓ Bölge için, güvenilir seviyede emisyon envanteri bulunmadığından, demir çelik ve enerji üreten tesislerin haricinde, model programına başka bir tesise ait veri girilememiştir. Oysa Dilovası Çanağı'nda kirletici vasfı yüksek tesislerin bulunduğu bilinmektedir. Yapılan emisyon envanteri çalışması neticesinde enerji ve demir çelik üretimi yapan tesisler hariç diğer tesislerden 457 ton/yıl NO_x oluşmakta olup bu değer tüm NO_x değerlerinin %7 sini temsil etmektedir. Bu sadece 19 tesise ait verilerdir. Oysaki Dilovası ve çanağı çevresinde 193 adet tesis bulunmaktadır.
- ✓ Bölgede, sadece E-80 ve D-100 karayollarından kaynaklanan trafik emisyonu bulunmamaktadır. Özellikle çanak bölgesinde, liman ve diğer sevkیاتlar ile depolama gerçekleştiğinden dolayı çok sayıda ağır vasıta bölge içersinde hareket halindedir. Bu durum NO_x kaynaklarını arttırabilecek bir durum olarak gösterilebilir.
- ✓ Ölçüm istasyonlarında elde edilen verilerin güvenilirliği, istasyon yerlerinin uygunluğu, vb. gibi hususlar da ayrı bir tartışma konusudur. Ayrıca, Dilovası

- ✓ ölçüm istasyonunda bazı aylarda NO_x ölçümlerinin yapılamamış olması da, verilerin karşılaştırılmasında eksiklik oluşturmuştur (Çizelge A.3).

Bölgedeki ölçüm istasyonu verileri kullanılarak NO_x ile yer seviyesi ozon konsantrasyonları incelenmiştir. Bu incelemede NO_x ile ozon parametrelerinin korelasyonu 2008 yılı için 0,2132 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi ilişki zayıftır. NO_x, ozon üretiminde tetikleyici bir kirletici olmasına rağmen bölgede ozon konsantrasyonu düşük seviyelerde kalmaktadır. Ölçüm sistemi hataları göz ardı edildiğinde NO_x'in ozon tahribinde önemli payının varlığı ileri sürülebilir. Ölçüm istasyonlarından elde edilen 2007 ve 2008 yılı verilerin değerlendirilmesi neticesinde DOSB ve Dilovası istasyonlarında, sınır değerin 3 defa aşıldığı, bunun da kış aylarında olduğu görülmüştür. Ölçüm verilerinden, bölge genelinde kirlenmenin, DOSB ölçüm istasyonu tarafında en yüksek değerlere ulaştığı söylenebilir.

Bu çalışma, ortalama şartlar göz önünde bulundurularak yapıldığından, bölge üzerindeki en kötü şartlar incelenmemiştir. Elde edilen veriler, sadece kirletici madde birikiminin nerelerde ve hangi ortalama değerlerde olabileceği hakkında bilgi vermektedir. Ancak, elde edilen değerlerin günümüz şartlarında hedef sınır değerler bakımından bir sorun oluşturmuyor gibi görünse de, yakın bir gelecekte, yeni sınır değerler açısından değerlendirildiğinde, hava kalitesi bakımından istenmeyen bir durum ile karşılaşılacağı anlaşılmaktadır. Bu nedenle, karar verici merciler tarafından, bölge için yeni yatırımların değerlendirilmesinde, hedef sınır değerlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu çalışma, bir bölge için bütüncül bir emisyon dağılımının incelenmesini içermektedir. Mevcut mevzuat gereği, emisyonla sebebiyet veren sanayi tesisleri için ÇED ve işletme aşamalarında modelleme çalışmaları yapılmaktadır. Ancak bu çalışmalar yalnızca tek bir tesise ait emisyon değerleri göz önüne alınarak gerçekleştirilmektedir. Bütüncül bir hava kalitesi yönetimi, bütün kaynakların düşünülerek yapılmış bir model çalışmasından elde edilecek veriler ile sağlanabilecektir.

Doğru model yaklaşımlarının oluşturulması açısından, sağlıklı ve güvenilir hava kalitesi ve meteorolojik verilerin elde olması önemlidir. Ülkemiz şartlarında, modelleme çalışmaları için özellikle sanayi bölgelerinin yoğun olduğu bölgelerde, modellerin istediği nitelikteki veriler sağlanamamakta, bu nedenle, modellerin de

çoğu zaman sağlıklı ve güvenilir netice vermeleri mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, kirliliğin yoğun olacağı tahmin edilen bölgelerde, yeterli sayıda ölçüm istasyonlarının kurulması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- ALP, K.**, 2008. Yerli Kömürlerin Isınma amaçlı yakılmasına İlişkin Emisyon Faktörleri, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, 30-31 Mayıs 2008, Konya
- Artut, S, Uzunkaya, D., Kayalı, F.**, 2006. Kocaeli Durum Raporu, Kocaeli Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kocaeli
- Avrupa Birliği web sitesi**, <http://ec.europa.eu/environement/air/quality/standarhtml>, Ziyaret tarihi: 02.03.2009.
- Baklanov, A.**, 2001. The mixing height in urban areas - a review, European cooperation in the field of scientific and technical research, Meteorology, Mixing height and inversions in urban areas, Proceedings of the workshop 3 - 4 October 2001, Toulouse, France.
- Bayraktar, H.**, 2007. İklim Değişikliği Tahminlerinde Emisyon Envanteri Hesaplamalarına Yeni Bir Yaklaşım, Erzurum.
- Carson, J. E., Moses, H.**, (1969), "Validity of Several Plume Rise Formulas", J. of Air Pollut. Assn., v 19, n 11, pp. 862 – 866.
- Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., Ayberk, S.**, 2005. Kocaeli İl'nde Trafik Kaynaklı Hava Kirlenmelerinin Emisyon Envanteri, Kocaeli Özelinde Büyükşehirlerin Kentsel Yapılaşma Ve Ulaşım Sorunları Sempozyumu, 2006, İzmit.
- Çetin, Ş., Ayberk, S., Karademir A.**, 2004. Kocaeli İlinde Konutlardan Kaynaklanan NO_x emisyon envanteri., DEU Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt:6 Sayı:3 sh.113-123 Ekim 2004.
- Çevre ve Orman Bakanlığı**, 2004. Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
- Çevre ve Orman Bakanlığı**, 2008. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
- Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme Ağı**, 2008. <http://www.havaizle.gov.tr>.
- CITEPA**, 2004. "Corinair Inventory-Default Emission Factors Handbook",CECDGX1, Paris.
- De Nevers, N.**, 2000. Air Pollution Control Engineering, 2nd ed., McGraw-Hill Inc., USA.
- Değerli, E., Bahtiyar, Ü.**, 2002. Açık Ocaklarda Toz Modellemesinin Bir Bilgisayar Yazılımı ile Modellenmesi, *Madencilik, Cilt 41, Sayı 3, Sayfa 3-17*, Ankara

- Demir, S.,** 2007. Katı Atık Düzenli Depo Sahalarından Kaynaklanan VOC Emisyonlarının Modellenmesi, YTU, *Yüksek Lisans Tezi*
- Dilovası Belediyesi Kişisel Görüşme,** 11.11.2008.
- DOSB (Dilovası Organize Sanayi Bölgesi) Müdürlüğü,** 2007. Sanayi bölgesi tesisi listesi.
- Dündar, C., Öz, N.,** 2008. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Kentsel Hava Kirliliği İçin Enverziyon Tahmini 2007-2008 Kış Dönemi Değerlendirilmesi.
- DPT Müsteşarlığı,** 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri Alt Komisyonu, Kömür Çalışma Grubu Raporu, Syf 13, Yayın No:DPT : 2440 – Öik: 496.
- Envest Planners,** September 2005. Thecnical Assistance for Enviromental for Enviromental Heavy-Cost Investmnet Planning, Turkey, Karabük Air Quality Management Project.
- Ertürk, F., Tayanç, M., Saral, A., Demir, S.,** 2005, “Nokta Kaynak Emisyonlarının Hesaplanması ve Atmosferik Dağılımlarının Bilgisayar Programıyla Modellenmesi”, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Personeli Eğitim Semineri, 11–15 Tem. 2005, Ankara.
- Haktanir, K.** 1983. Çevre Kirliliği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayinlari.
- Hanna, S. R., Briggs, G. A., Hosker R. P.,** 1982. Handbook on Atmospheric Diffusion, US Department of Energy, USA.
- Hatzianastassiou, N., Katsoulis B.D., Antakis B.,** 2006. Extreme Nitrogen Oxide and Ozone Concentrations in Athens Atmosphere in Relation to Meteorological Conditions, Springer Science + Business Media B.V.
- İncecik, S.,** 1994, Hava Kirliliği, İTÜ, Gümüşsuyu Matbaası.
- İTÜ,** 2005. Dolanımlı Akışkan Yataklı Kömür Santrallerinde Petrokok Kullanılması İncelenmesi Raporu.
- Kalafatoğlu, E., Okutan, H., Tırıs, M.,** 2005. Hava Kirliliği Kaynakları ve Kontrolü, TUBİTAK-MAM Kimya Mühendisliği Araştırma Bölümü.
- Karagöz, M.,** 2003. Kocaeli Durum Raporu, Kocaeli Valiliği, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kocaeli
- Karayolları web sitesi,** Otoyollar ve Devlet yolları Trafik Hacim Haritası <http://www.karayollari.gov.tr>.Ziyaret tarihi : 20.11.2008
- Tuncer, M., Özen E.,** 2006, Kocaeli Dilovası Bölgesi Ön raporu, Türkiye’de Kanser Kontrolü, T.C. Sağlık Bakanlığı Kanserle Savaş Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2007,Bakanlık yayın numarası :707.
- McElroy, J.L., Pooler, F.,** 1968. The St. Louis Dispersion Study—Analysis, vol. II. National Air Pollution Control Administration, Pub. No. AP-53, US DHEW, Arlington.

- McElroy, J. L., Pooler, F.,** 1968. The St. Louis Dispersion Study—Instrumentation, Procedures, and Data Tabulations, vol. I. National Air Pollution Control Administration, Pub. No. APTD-68-12.
- PALGAZ Kişisel Görüşme,**12.11.2008.
- Pasquill, F.,** 1961. “The Estimation of the Dispersion of Windborne Material”, Meteor. Mag., 90, pp. 33 – 49.
- Prober R.,** 1972. Handbook of Enviromental Control, Volume I Air pollution, CRC PRESS,
- Pringer, M., Baumann K. And Langer, M.,** 1998. ‘Summertime mixing heights at Vienna, Austria, estimated from vertical soundings and by a numerical model’, Boundary- Layer Meteorol., 89, pp.25-45.
- Ranchoux, R. J. P.,** (1976). "Determination of Maximum Ground Level Concentration," J. Air Poll. Control Assoc., 26(11):1088, 1089. 27
1984. "Receptor Model Technical Series, Vol. V," EPA-450/4-84-020.
- Sağlık Bakanlığı Kanserle Savaş Dairesi Başkanlığı,** 2007. Türkiye de Kanser Kontrolü, Kocaeli, Dilovası Ön Raporu.
- Schnelle Karl B., Dey Partha R.,** 1999. Atmospheric dispersion modeling compliance guide, McGraw-Hill Professional.
- Seibert P., Beyrich F., Gryning S.E., Joffre S., Rasmussen A., Tercier P.,** 1997. Mixing Height Determination for Dispersion Modelling, COST Action 710, Preprocessing of Meteorological Data for Dispersion Modelling, Modelling, Report of Work group 2.
- Stern, A.C.,** 1977. Air pollution, The Effects of Air Pollution, Mc Graw Hill Co. USA
- The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)-USA** resmi internet sitesi, <http://www.ready.noaa.gov/ready/amet.html>, ve <http://www.emc.ncep.noaa.gov/gmb/mrf.html>. Ziyaret tarihi: 10.04.2009.
- Thomas, F. W., Carpenter, S. B., Colbaugh, W. C.,** 1970. “Plume Rise Estimates for Electric Generating Stations”, J. of Air Pollut. Asssn., v 20, n 3, p 170 – 177.
- Topçu, S., Anteplipğlu, Ü., İncecik, S.,** 2003. Surface Ozone Concentrations and Its Relation to Wind Field In Istanbul, *Water, Air, and Soil Pollution: Focus* 3: 53–64,.
- TBMM,** 2006. TBMM Dilovası Araştırma Komisyonu Raporu, 22. Dönem, 4. Yasama yılı, Ankara.
- Tunay, O., Alp, K.,** 1996. Hava Kirlenmesi Kontrolü Kitabı, İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 1996-36.
- TUBİTAK-MAM,** 2005. Dilovası Organize Sanayi Bölgesi Hava Kirliliğinin Araştırılması ve Hava Kirleticili Kaynaklarının Belirlenmesi 1.Ara Rapor, Proje Kodu: 504G217.

- Turner, D. B.,** (1994). Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, 2nd ed., CRC Press, Inc., Florida, USA.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) web sitesi,** <http://www.TÜİK.gov.tr>, Ziyaret Tarihi: 10.11.2008
- US EPA,** 1998. AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources Chapter 1.4, 1998
- US EPA,** 1995. "User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, Volume 2: Description of Model Algorithms", Office of AQPSE, Monitoring, and Analysis Division. http://www.epa.gov/scram001/dispersion_alt.htm
- US EPA,** 2008. AP 42, Fifth Edition, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Volume I: Stationary Point and Area Sources, Chapter 12.5.1, 2008,
- Weather Web Sitesi,** Gebze için 2005 yılına ait meteorolojik veriler, www.weatherunderground.com Ziyaret tarihi: 12.11.2008.
- WHO,** 2005. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update.
- Williams, M.L.,** 1991. Atmospheric Dispersal of Pollutants and the Modelling of Air Pollution, NATO - ASI Meeting on Industrial Air Pollutions Assessment and Control, 29 April- 12 May, Didim(Akbük) - Aydın, Turkey

EKLER

EK A : Ölçüm ve model verileri karşılaştırılması

Çizelge A.1 : Model hesaplamalarından elde edilen en yüksek konsantrasyonlara karşı bölgedeki ölçüm istasyonu verileri

Periyot Zamanı		Max. Konsantrasyonlar µg/m ³	Dilovası Ölçüm İstasyonu µg/m ³ ***	DOSB Ölçüm İstasyonu µg/m ³ ****	Tarih	Konum(X,Y)**
KISA DÖNEM	24 saatlik Kaç (Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık)	108	166	146	07.01.2008	14000.00, 17000.00
		105	226	201	16.01.2008	14000.00, 17000.00
		105	226	201	16.01.2008	14000.00, 17000.00
		100	121	227	12.03.2008	14000.00, 17000.00
		98	72	228	17.10.2008	14000.00, 17000.00
		94	138	308	27.02.2008	14000.00, 17000.00
		89	60	81	16.10.2008	14000.00, 17000.00
		88	156	216	12.01.2008	14000.00, 17000.00
		87	59	209	10.03.2008	14000.00, 17000.00
		86	339	200	02.12.2007	14000.00, 17000.00
	24 saatlik Yüz (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül)	98	129	130	20.05.2008	14000.00, 17000.00
		98	72	106	12.06.2008	14000.00, 17000.00
		90	44	132	20.04.2008	14000.00, 17000.00
		88	6	31	26.08.2008	13000.00, 16000.00
		87	76	195	02.05.2008	14000.00, 17000.00
		87	66	125	05.04.2008	14000.00, 17000.00
		86	11	63	25.04.2008	13000.00, 16000.00
		84	9	47	30.07.2008	13000.00, 16000.00
		83	48	137	24.05.2008	14000.00, 17000.00
		83	11	63	25.04.2008	13000.00, 15500.00
	Yumurtlar 24 saatlik	108	Ölçüm yok	Ölçüm yok	10.10.2007	13000.00, 16000.00
		105	166	146	07.01.2008	14000.00, 17000.00
		105	226	201	16.01.2008	14000.00, 17000.00
		104	Ölçüm yok	Ölçüm yok	24.10.2008	14000.00, 17000.00
		99	121	227	12.03.2008	14000.00, 17000.00
		99	129	130	20.05.2008	14000.00, 17000.00
		98	72	130	12.06.2008	14000.00, 17000.00
		98	72	228	17.10.2008	14000.00, 17000.00
		97	331	230	14.01.2008	14000.00, 17000.00
		95	23	225	23.12.2007	14000.00, 17000.00
		94	58	31	30.10.2008	14000.00, 17000.00
		94	27	308	27.02.2008	14000.00, 17000.00
		56	-	-	-	14000.00, 17000.00
		55	-	-	-	14000.00, 17000.00
UZUN DÖNEM	Kaç (Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık)	54	-	-	-	14000.00, 17000.00
		52	-	-	-	14000.00, 17000.00
		49	-	-	-	14000.00, 17000.00
		47	-	-	-	14000.00, 17000.00
		46	-	-	-	14000.00, 17000.00
		41	-	-	-	14000.00, 17000.00
		36	-	-	-	13000.00, 17500.00
		36	-	-	-	13000.00, 17500.00
		62	-	-	-	14000.00, 17000.00
	Yıllık	56	-	-	-	14000.00, 17000.00
		56	-	-	-	14000.00, 17000.00
		53	-	-	-	14000.00, 17000.00
		53	-	-	-	14000.00, 17000.00
		52	-	-	-	14000.00, 17000.00
		51	-	-	-	14000.00, 17000.00
		49	-	-	-	14000.00, 17000.00
		48	-	-	-	14000.00, 17000.00
		47	-	-	-	14000.00, 17000.00

* Uzun vadeli verilerde, model tarih vermemektedir.

**Model çalışmasında Max. Konsantrasyonların olduğu koordinatlar.

***Dilovası ölçüm istasyonu koordinatları : X:15000, Y:17900

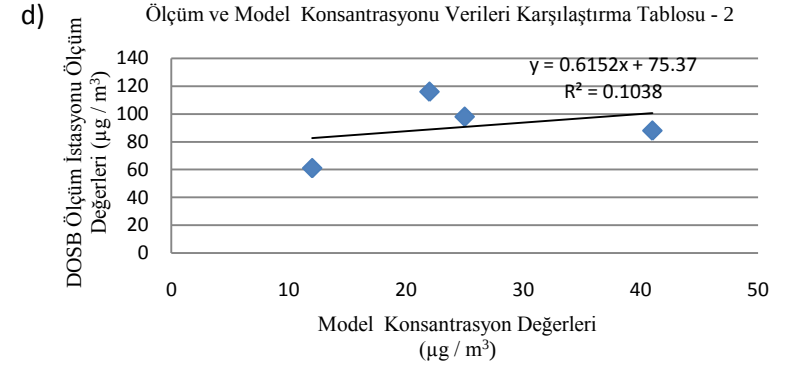
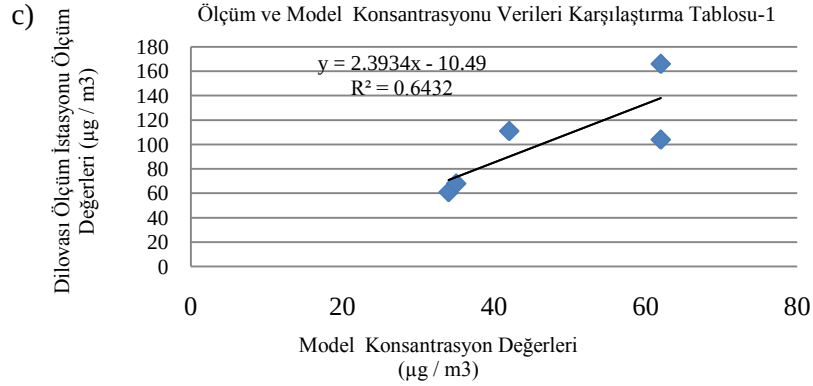
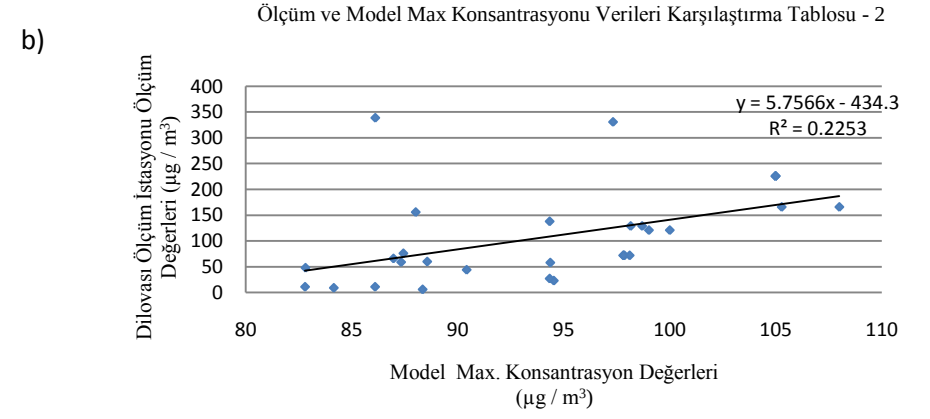
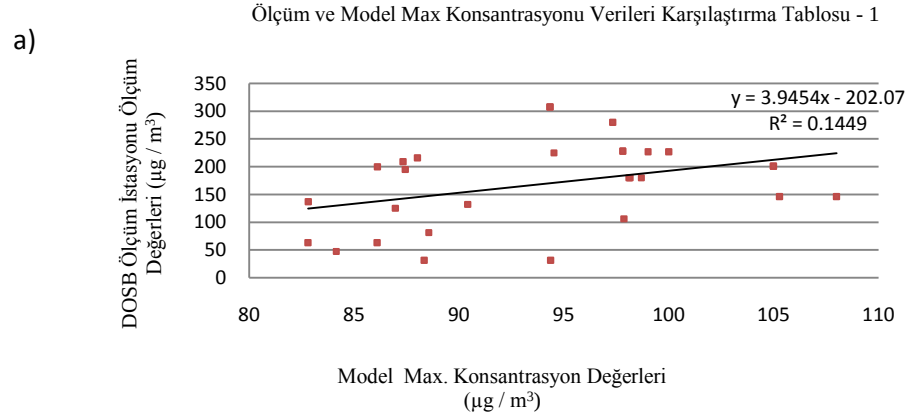
****DOSB ölçüm istasyonu koordinatları . X:13230, Y:17235

Çizelge A.2 : Model istasyonları koordinatlarında oluşan model konsantrasyonları ve ölçüm istasyonları değerler

Periyot Zamanı	Dilovan Ölçüm İst.			D05B Ölçüm İst.		
	Tarih	Model Kons. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ölçülen Kons. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Tarih	Model Kons. $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ölçülen Kons. $\mu\text{g}/\text{m}^3$
24 saatlık Kış (Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık)	02.03.2007	62	104	11.01.2007	41	**
24 saatlık Yaz (Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül)	19.04.2008	42	111	20.05.2008	12	61
Tüm aylar (Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim, Kasım, Aralık) 24 saatlık	07.01.2008	62	166	11.01.2007	41	88
Kış (Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım, Aralık)	*	34	61	*	22	116
Yıllık	*	35	68	*	25	98

* Kış sezonu için ve tüm senenin ortalama verileri alındığından dolayı ölçüm istasyonu için tarih koyulmamıştır.

**Ölçüm yok



Şekil A.1 : Ölçüm ve Model Konsantrasyon verileri karşılaştırma grafikleri (a) DOSB Max. Kons. karşılaştırması, (b) Dilovası Max. Kons. karşılaştırılması, (c) DOSB Kons. Karşılaştırması, (d) Dilovası Kons. Karşılaştırılması

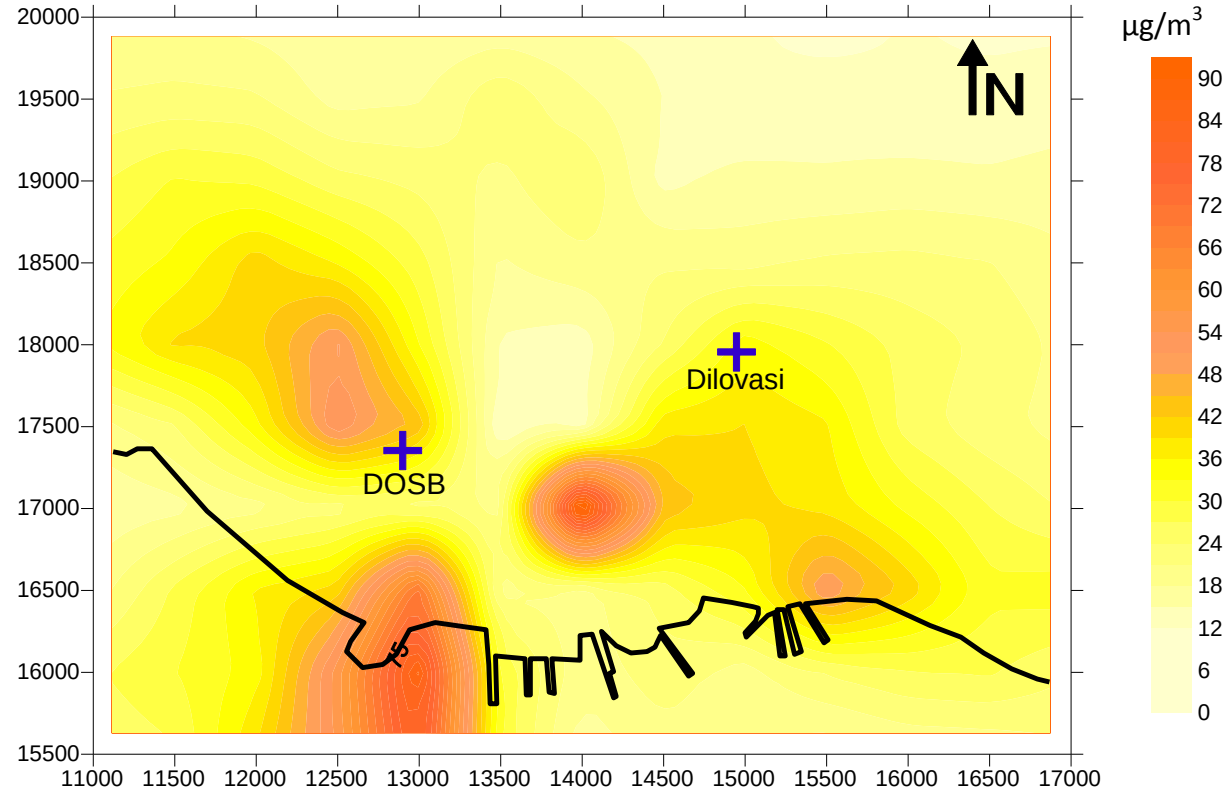
Çizelge A.3 : 2007 ve 2008 yılı aylık en yüksek 24 saatlik NO_x konsantrasyonları

Ay/yıl	DOSB ÖLÇÜM İSTASYONU				DİLOVASI ÖLÇÜM İSTASYONU			
	2007		2008		2007		2008	
	Kons*, µg/m ³	Tarih (gün)	Kons*, µg/m ³	Tarih	Kons*, µg/m ³	Tarih (gün)	Kons*, µg/m ³	Tarih
OCAK	**	-	341	18	Ölçüm yok	-	331	14
ŞUBAT	**	-	345	21	145	21	243	05
MART	**	-	278	01	164	04	186	23
NİSAN	**	-	253	09	Ölçüm yok	-	114	22
MAYIS	**	-	199	01	Ölçüm yok		129	20
HAZİRAN	**	-	141	13	Ölçüm yok		100	05
TEMMUZ	**	-	115	18	Ölçüm yok		66	05
AĞUSTOS	128	22	141	18	Ölçüm yok		68	06
EYLÜL	170	12	148	13	07	197	97	13
EKİM	212	19	228	17	Ölçüm yok		72	17
KASIM	127	19	188	02	17	91	109	02
ARALIK	232	03	339	02	08	88	Ölçüm yok	-

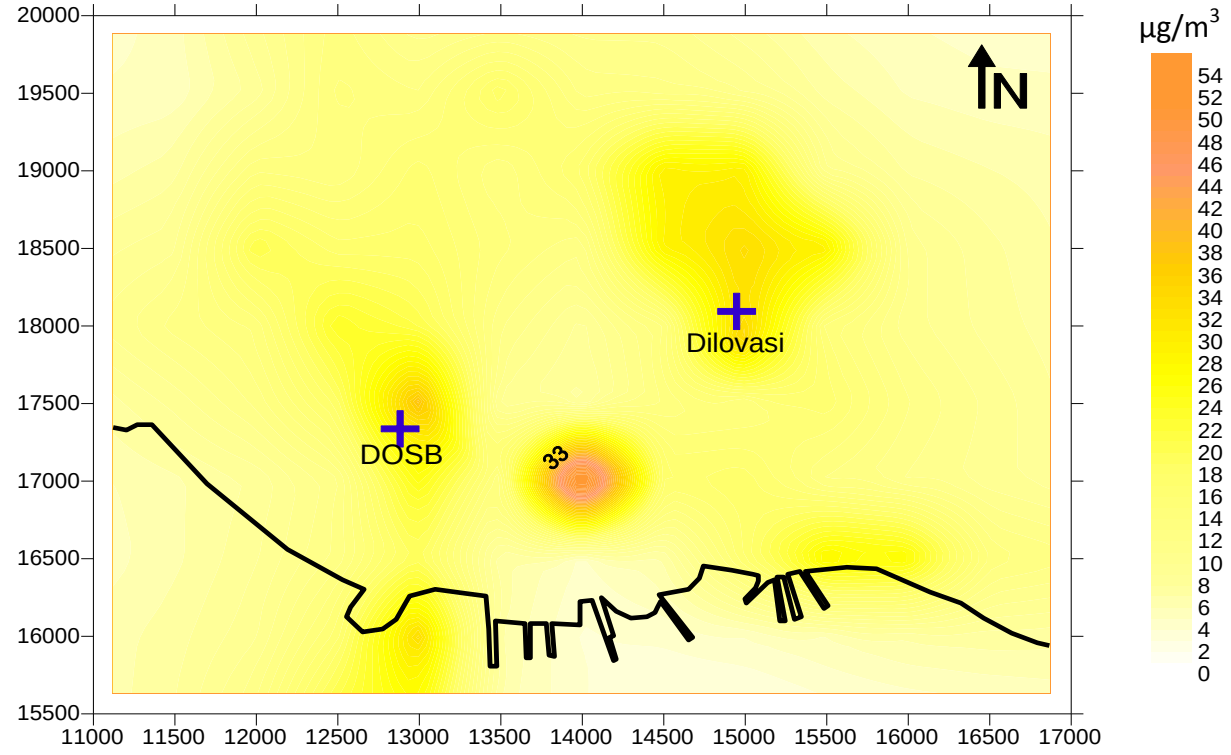
*Bulunduğu ay içerisindeki yüksek değer(24 saatlik ortalamalar)

**İstasyon faaliyete geçmedi.

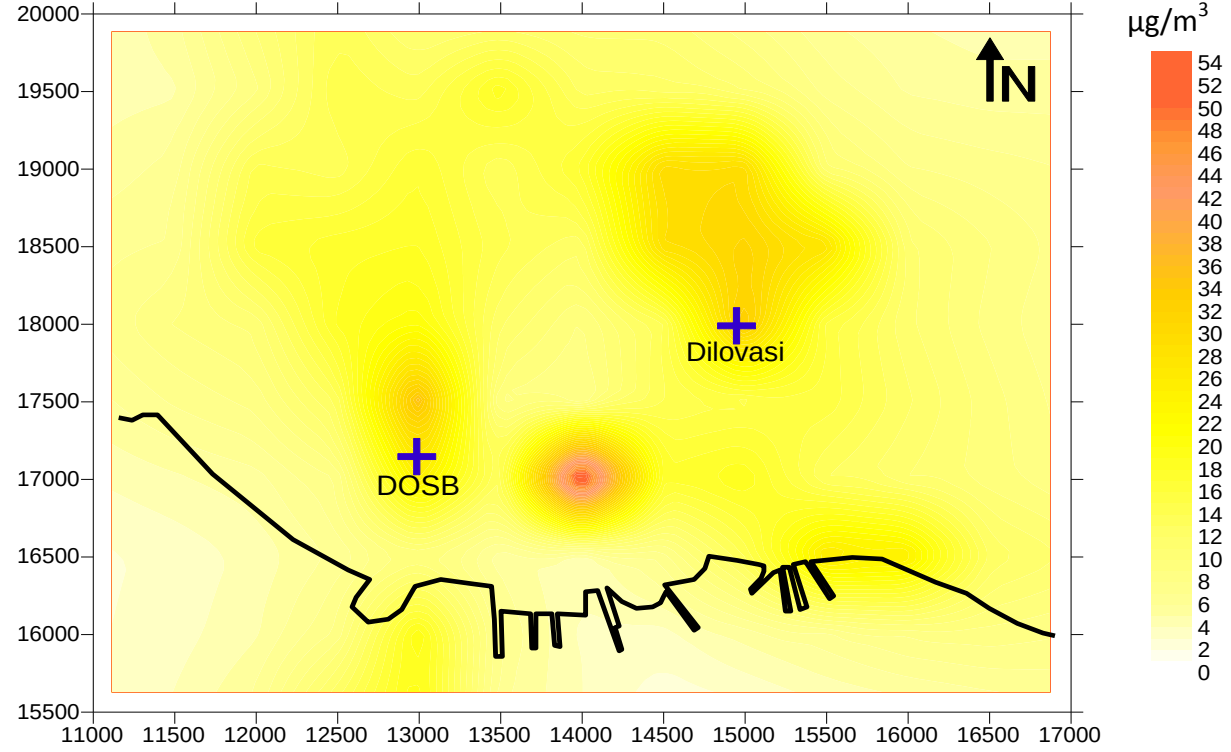
EK B : Model dağılımları



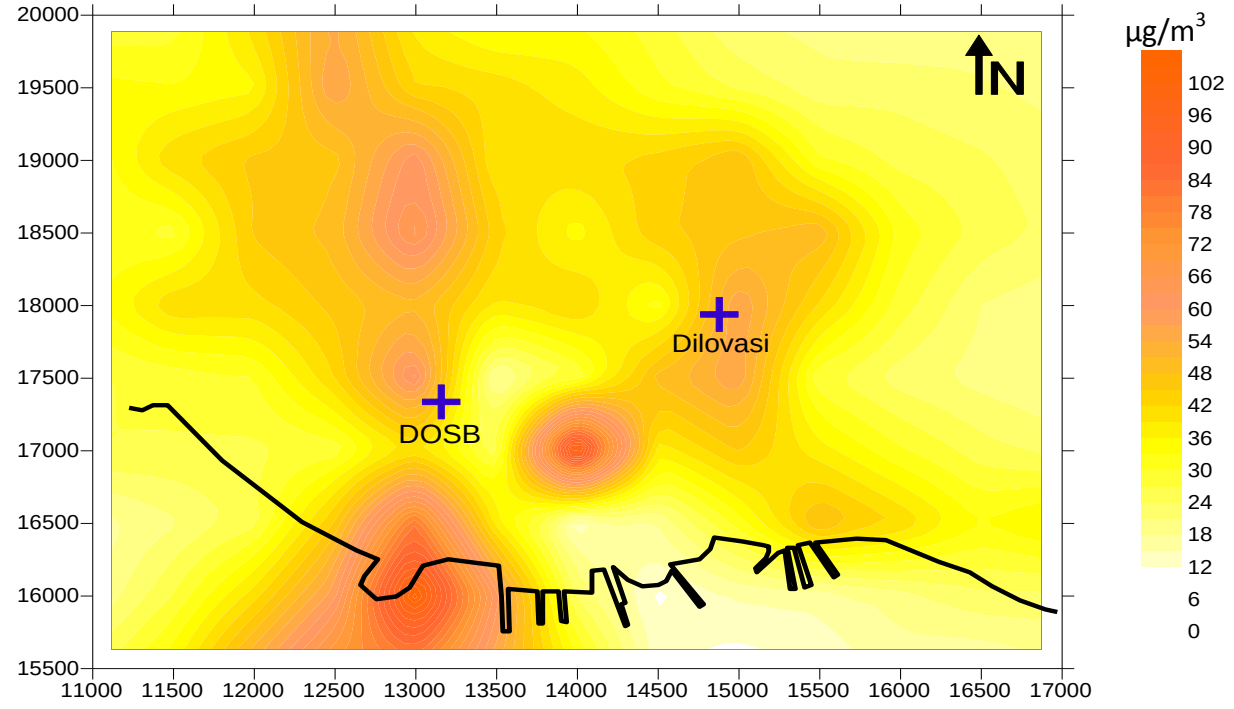
Şekil B.1 : 24 Saatlik Yaz mevsimi (6 km x 4.5 km)



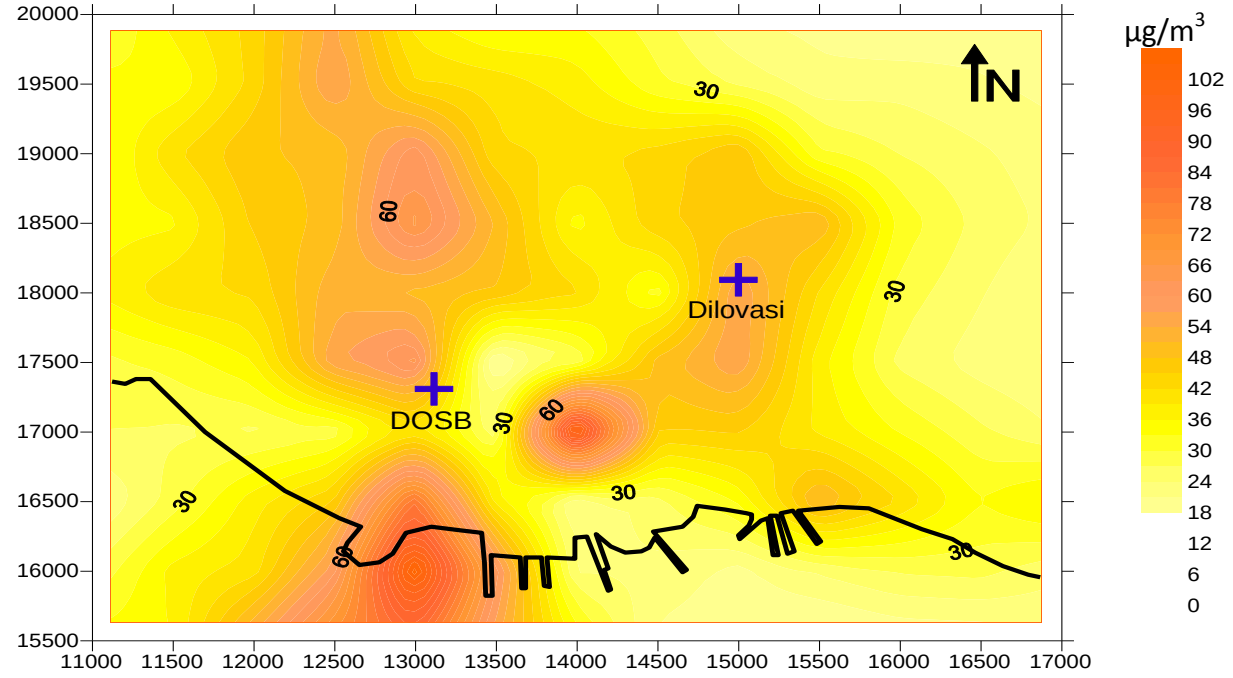
Şekil B.2 : Kış mevsimi Yıllık Ortalama (Uzun Dönem) (6 km x 4.5 km)



Şekil B.3 : Tüm aylar yıllık ortalama (Uzun Dönem) (6 km x 4.5 km)

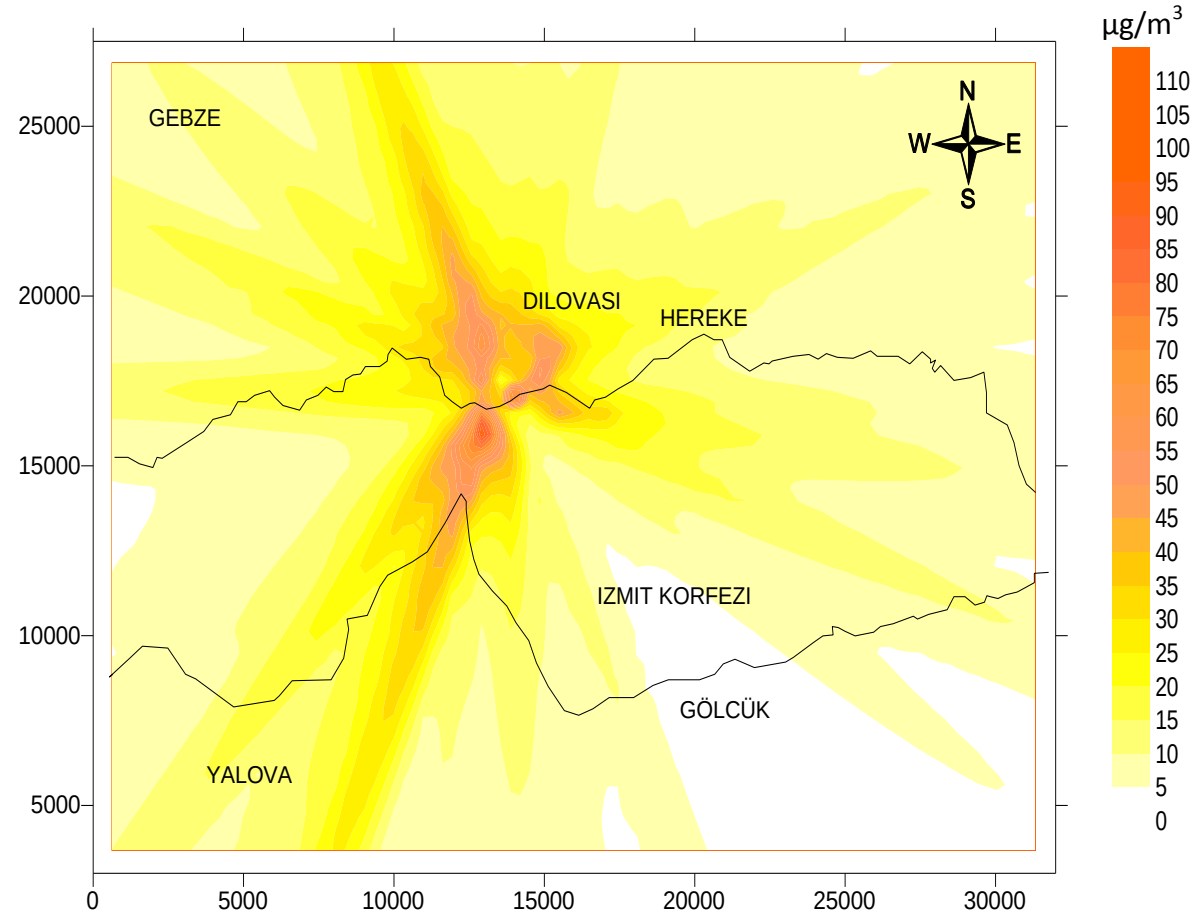


Şekil B.4 : Kış mevsimi 24 saatlik (6 km x 4.5 km)



+ Olcum Istasyonlari

Şekil B.5 : Tüm aylar 24 Saatlik (6 km x 4.5 km)



Şekil B.6 : Kış Dönemi 24 saatlik (32.5 km x 25 km)

EK C : Sanayi ve emisyon envanteri

Çizelge C.1 : Bölgenin sanayiden kaynaklanan emisyon envanteri

No	Tesis Adı	Yıl	Faaliyet Alanı	Yakıt Türü	Yakıt Miktarı	Toplam Isıl Güç (MW)	Kirlenici Değerleri (kg/st)				
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
1	ASSAN DEMİR VE SAC SAN. A.Ş.	2006	Alüminyum Levha , Profil, ve Folyo	DOĞALGAZ LPG MOTORİN FUEL OIL	DOĞALGAZ 80000 m3/ay LPG 30000 kg/ay MOTORİN 275000 lt/ay FUEL OIL 400000 kg/ay	20	9.65	6.93	43.06	2.56	2.79
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
2	BASF TÜRK KİMYA SANAYİ VE TİCARET LTD. ŞTİ.	2006	Akrilik asit/maleik anhidrit kopolimeri, polimer dispersiyonları,	MOTORİN DOĞALGAZ	*	9.33	0.1025	1.533	0	0.035	2.2046
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
3	MARSHALL BOYA VE VERNİK SANAYİ VE TİCARET AŞ	2005	Boya ve Vernik Üretimi	KALORİFER YAKITI MAZOT	KALORİFER YAKITI: 650 TN/YIL MAZOT: 140 TON/YIL	-	0.33	0.706	-	0.506	1.398
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
4	DEMİRSAN HADDECİLİK SANAYİ VE TİCARET AŞ	2007	Demir Çekme Haddeciliği	DOĞALGAZ	11434254 m3/yıl	24.9	1.82	11.17	0.41	0.226	-
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
5	ÇOLAKOĞLU METALURJİ AŞ ÇEVİRİM SANTRALİ	2007	Elektrik Üretimi	DOĞALGAZ	625458240 m3/yıl	375	3.371	311.35	0	2.663	3.371
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
6	DOĞUŞ ALÜMİNYUM SANAYİ VE TİCARET AŞ	2006	Alüminyum Profil	LPG	912.22 kg/saat	11.495	0.6	0.776	0.04	0.0459	0.002
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
7	YENİ MADENİ YAĞLAR VE KİMYEVİ ÜRÜNLER İTH. İHR. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	2006	Madeni Yağlar Ve Kimyevi Ürünler	4 NOLU FUEL OIL	6,25 kg/saat	0.7	0.14	1.31	4.86	-	-
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
8	ALEMDAR DİL İSKELESİ LİMAN İŞLETMESİ A.Ş.	2004	Depolama Yükleme Boşaltma	FUEL OIL	189 kg/saat	1.46	0.25	2.899	23.8	-	-
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
9	DYO BOYA FABRİKALARI SAN. VE TİC A.Ş.	2005	Dyo boya fabrikaları san. Ve tic a.ş.	6 NOLU FUEL OIL	---	3.3	0.2	8.27	12.8	0.144	9.84
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
10	ECOMELT ALÜMİNYUM GERİ KAZANIM ÜRETİM VE PAZARLAMA	2003	Alüminyum Üretim	LPG	160 KG/TON(ÜRÜN BAŞINA) (50000 TON/YIL ürün)	31	19.24	10.5	3.749	0.64	-
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
11	ELİT KİMYA SANAYİ VE TİCARET LTD ŞTİ	2005	Tanker İç-Dış Yıkama Ve Bakım	FUEL OIL #4	***	*	0.94	***	44.6	1.97	
							CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC

12	İZOCAM SANAYİ VE TİCARET AŞ	2007	Yalıtım Malzemeleri Üretimi	DOĞALGAZ	***	15	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							4.657	4.345		6.955	12.82
13	KARTAL TENEKE KUTU A.Ş.	2006	TENEKE KUTU İMLATI	***	***	***	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							***	***	***	***	9.27
14	KUTSAN TENEKE AMBALAJ SANAYİVE TİCARET LTD ŞTİ	2004	TENEKE ÜZERİNE METAL OFSET BASKI	***	***	***	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							***	***	***	0.0183	0.013
15	SOLVENTAŞ (İLAVE 7 ADET DEPOLAMA TANKI)	2006	KİMYASAL DEPOLAMA	FUEL OIL MOTORİN	FUEL OIL: 593250 kg/yıl MOTORİN: 67290 kg/yıl	***	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							0.1276	0	23.2	0.0418	6.594
16	TOTAL OİL TÜRKİYE A.Ş. GEBZE TERMİNALI	2006	DOLUM TESİSİ	MOTORİN	72 kg/saat	***	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							0.207	1.0366	2.36	0.0306	4.108
17	BORAL ALÜMİNYUM SANAYİ VE TİCARET AŞ	2005	ALÜİNYUM PROFİL	***	***	***	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							0.2337	1.3938	0.48	0.1381	0.316
18	DESKİM DESTİLAYSON KİMYA SANAYİ VE TİCARET AŞ	2006	VAZELİN WHITE OIL EMPRENYE YAĞI KABLO JELİ POLİETİLEN WAX PARAFİN HOT MELT	FUEL OIL (%1 KÜKÜRTLÜ)	***	2.1	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							0.2194	1.1566	3.81	0.123	0.36
19	EZİCİ YAĞ SANAYİ BİODİZEL VE ENERJİ ÜRETİMİ PAZARLAMA AŞ	2005	YAĞ DEPOLAMA VE BİTODİZEL ÜRETİMİ	FUEL OIL (%1 KÜKRTLÜ)	300 KG/SAAT	3.25	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							***	2.24	7.2	0.8	***
20	JOKEY PLASTİK İSTANBUL SANAYİ VE TİCARET AŞ	2006	PLASTİK AMBALAJ MALZEMESİ	LPG	***	0.404	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							0.0124	0.6109	0.01	0.0594	0.014
21	KLORA GRES VE YAĞ SANAYİ AŞ	2002	MADENİ YAĞ GRES ANTİFRİZ	FUEL OIL #4	150000 LT/YIL	1.855	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							0.386	2.157	10.6	-	-
22	ÇOLAKOĞLU METALURJİ OP 2 ENERJİ SANTRALİ	2005	ELEKTİRİK ÜRETİMİ	KÖMÜR	29.9 t/saat	190	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							31	89.3	71.2	12.5	--
23	OVA ELEKTİRİK ÜRETİM A.Ş.	2007	ELEKTRİK ÜRETİMİ	DOĞALGAZ	625458240 m3/yıl	375	CO	NO _x	SO ₂	TOZ	VOC
							3.371	311.35	0	2.663	3.371
TOPLAM EMİSYON YÜKÜ (kg/saat)							76.85	769.0339	209.119	32.12	56.47

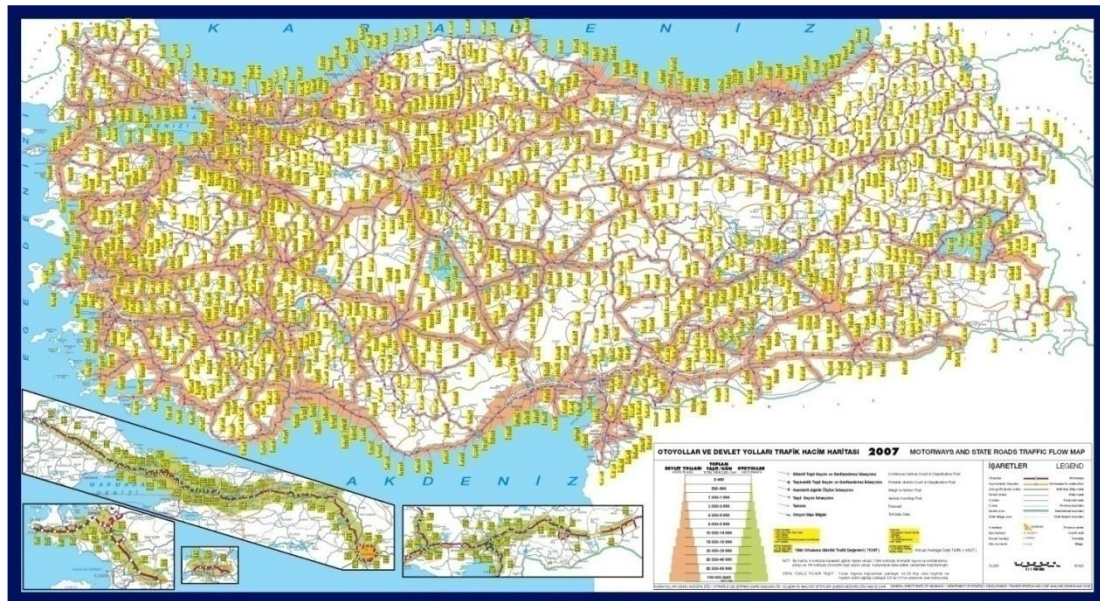
Çizelge C.2 : Dilovası Organize Sanayi Bölgesi firma listesi

NO	TESİSİN ADI	FAALİYET KONUSU
1	2D YAPI İNŞ. TAAH. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	ALÜMİNYUM DİREK İMALATI
2	A.S.D. MADENCİLİK PET. ÜRN. SAN. VE TİC. A.Ş.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
3	ABBAS İSAPUR DEPO	ÇUVAL ÜRETİMİ
4	ADASEL ENDÜSTRİ MALZ. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	DEPOLAMA
5	AEC KİMYA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	HAVUZ KİMYASALLARI ÜRETİMİ
6	AHISKALI DIŞ TİC. VE İNŞ. LTD. ŞTİ.	KERESTE DEPOSU
7	AKPOLMER AKRİLİK LEVHA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	METAL
8	AKPOR YALITIM MALZEMELERİ ÜRETİM PAZARLAMA LTD. ŞTİ.	YALITIM MALZEMESİ ÜRETİMİ
9	ALIŞAN DENHARTOGH KİMYASAL TEMİZLEME SAN. VE TİC. A.Ş.	TANKER YIKAMA TESİSİ
10	ALIŞAN ULUSLARARASI TAŞIMACILIK VE TİC. A.Ş.	DEPO - NAKLIYE
11	ALP SAC DEMİR TEKSTİL GIDA ELEKTRONİK NAKLIYE SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	SAC DEPOSU
12	ALTEK ALÜMİNYUM PİRİNÇ SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	ALÜMİNYUM PROFİLİ PRESLE BASMA
13	ALTINTEL MELAMİN A.Ş.	PETROKİMYASAL MADDE DEPOLAMA
14	ALUSET METAL SAN. VE TİC. A.Ş.	KÜVET - DUŞ TEKNESİ VB.
15	ARMAPLAST POLYESTER SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	CAM TAKVIYELİ POLYESTERÜRÜNLERİ İMALATI
16	ARSAN YENİ ÇİZGİ BANYO VE YAPI GEREÇLERİ OTOMOTİV SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	BANYO DOLABI İMALATI
17	ASA PROSES ÇEVRE TEKNOLOJİLERİ İNŞ. MAKİNA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	HAVUZ KİMYASALLARI
18	ASKARBON MAD. İNŞ. NAK. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
19	ASSAN ALÜMİNYUM SAN. TİC. A.Ş.	ALÜMİNYUM LEVHA TESİSİ
20	ASTİM ENDÜSTRİ TESİSLERİ İMAL. MONT. TAAH. A.Ş.	METAL
21	ATABAY İLAÇ FAB. A.Ş.	PARACETAMOL
22	ATABAY KİM. SAN. VE TİC. A.Ş.	PARACETAMOL
23	ATABAY TARIM VE VETERİNER İLAÇ SAN. TİC. A.Ş.	TARIM VE VETERİNER İLAÇLARI
24	ATABAY KİM. MAK. SAN. A.Ş.	KİMYA
25	ATILIM MAKİNA A.Ş.	REAKTÖR - KAZAN - MİKSER
26	ATLAS BOYA VE VERNİK FABRİKALARISAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	İNŞAAT VE SANAYİ BOYALARI ÜRETİM
27	AYDIN PETROL (Hüseyin AYDIN)	AKARYAKIT İSTASYONU
28	AYPET AYHANLAR PETROL ÜRÜNLERİ MADENCİLİK SAN. VE TİC. A.Ş.	KÖMÜR ELEME VE PAKETLEME - ASFALT ÜRETİMİ
29	AYPET AYHANLAR PETROL ÜRÜNLERİ MADENCİLİK SAN. VE TİC. A.Ş. (BİODİZEL)	BİODİZEL ÜRETİMİ
30	AYTAŞLAR İTH. İHR. LTD. ŞTİ.	KERESTE DEPOSU
31	BASF TÜRK KİMYA SAN.VE TİC. LTD. ŞTİ.	KİMYASAL MADDE
32	BAYKUR GIDA SAN.VE TİC. A.Ş.	DEPO
33	BEKAP METAL İNŞ. VE SAN. TİC. A.Ş.	ELEKTRO GALVANİZ SAÇ VE ÇELİK SERVİSİ
34	BEZA DEMİR ÇELİK SAN. VE TİC. A.Ş.	SAC DEPOSU
35	BMS İNŞAAT VE MAKİNA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	İNŞAAT
36	BORAL ALÜMİNYUM SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	ALÜMİNYUM
37	BORAL BORU PROFİL SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	BORU PROFİL - GALVANİZ BORU PROFİL
38	BOYATAŞ BOYA DAĞITIM VE SAN. A.Ş.	BOYA VE VERNİK ÜRETİMİ
39	CAVO METRO TEL SAN. PAZ. LTD. ŞTİ.	OTOMATİK KUMANDA
41	CEYNAK - CEYHAN NAKLIYAT PET. TUR. İNŞ. TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.	DEPOLAMA
42	ÇİHAN MADEN VE METAL ÜRÜNLERİ SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	METAL
43	ÇALIŞAL ÇELİK KONS. LTD. ŞTİ.	ÇELİK KONSTRİKSİYON
44	ÇAVUŞOĞLU MAKİNE VE OTOMOTİV YAN. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	MOTORSİKLET YEDEK PARÇA ÜRETİMİ
45	ÇAYIROVA BORU A.Ş.	DEPOLAMA
46	ÇELEBİ KİMYA İÇ VE DIŞ TİC. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	BİODİZEL ÜRETİMİ
47	ÇELİKAYLAR ÜRT. PAZ. VE NAKL. LTD. ŞTİ.	DEPOLAMA
48	ÇİMTA ÇELİK KONSTRÜKSİYON İMALAT MONTAJ İNŞ. PAZ. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	ÇELİK KONSTRİKSİYON
49	ÇOBAN TUR NAKLIYAT TURİZM TİC. VE LTD. ŞTİ.	ANTREPO
50	ÇOLAKOĞLU METALURJİ A.Ş.	HADDELEME
51	ÇOLAKOĞLU METALURJİ A.Ş. (OVA ELEKTRİK)	ENERJİ SANTRALİ
52	ÇORUHLAR METAL MAM. LTD. ŞTİ.	METAL
53	DEBANT PLASTİK SAN. A.Ş.	POLİPROPİLEN ÜRETİMİ
54	DELTA PLASTİK END. A.Ş.	PLASTİK ÜRETİMİ
55	DEMİRSAN HADDECİLİK SAN. VE TİC. A.Ş.	HADDELEME
56	DEMTAŞ MAKİNA METAL SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	DÖKÜM
57	DESKİM DESTİLASYON KİMYA SAN. VE TİC. A.Ş.	PARAFİNLE DOLGU YAĞI ÜRETİMİ
58	DİLER DEMİR ÇELİK END. VE TİC. A.Ş.	HADDELEME
59	DILKON DİLOVASI KONTEYNER TAŞ. İNŞ. İTH. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	NAKLIYE
60	DİNÇ KİMYA SANAYİ VE GERİ DÖNÜŞÜMZEKERİYA KAYAR VE ORTAĞI	KİMYA (KULLANILMIŞ AMBALAJLARIN YIKANMASI)
61	DIVERSEY KİMYA SAN. VE TİC. A.Ş.	KİMYA
62	DOĞAN İNŞAAT VE PETROL SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	AKARYAKIT İSTASYONU
63	DOĞAN METAL MAK. TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.	SAÇ KESME - ŞEKİLLENDİRME
64	DOĞUŞ ALÜMİNYUM SAN. VE TİC. A.Ş.	ALÜMİNYUM PROFİL
65	DOĞUŞ HOLDİNG A.Ş.	TIR SATIŞI VE SERVİS HİZMETLERİ
66	DOSTEL ALÜMİNYUM SÜLFAT SAN. A.Ş.	ALÜMİNYUM SÜLFAT
67	DOW TÜRKİYE KİM. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	YALITIM MALZEMESİ
68	DUPONT TÜRKİYE KİMYASAL ÜRÜNLER SAN. VE TİC. A.Ş.	OTOMOTİV VE ENDÜSTRİYEL BOYA ÜRETİM TESİSİ
69	DYO KİMYA SAN. VE TİC. A.Ş.	BOYA ÜRETİMİ
70	ECOMELT ALÜMİNYUM GERİ KAZ. ÜRT. VE PAZ. A.Ş.	ALÜMİNYUM GERİ KAZANIM
71	EDA METAL İÇ VE DIŞ TİC. PAZ. LTD. ŞTİ.	DEPOLAMA - SAÇ
72	EKOBİODİSEL SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	BİODİZEL ÜRETİMİ
73	DILMAK TANKER VE SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	TANKER İÇİ YIKAMA
74	EMİNİŞ AMBALAJ SAN. VE TİC. A.Ş.	AMBALAJ KUTU VE PLASTİK ÜRETİMİ
75	ENELSAN ELEKTRONİK SAN. A.Ş.	OTOMASYON
76	ER MADENCİLİK NAKLIYAT VE TİC. A.Ş.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
77	ERTUĞ REKLAM SAN. VE TİC. A.Ş.	REKLAM TABELASI - ÇELİK KONSTRİKSİYON - KABİNLER - KAPLAMA - ÇELİK DİREK
78	ESA KİMYA METAL SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	KOMPOZİT MALZEME ÜRETİMİ
79	ESAŞ AKARYAKIT DAĞ. GİD. İNŞ. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	AKARYAKIT

80	EZİCİ YAĞ SANAYİ TİC. A.Ş.	BİODİZEL ÜRETİMİ
81	FORSAN MAKİNE SERVİS VE TİC. A.Ş.	İNŞAAT HALİNDE
82	GALMAK ALÜMİNYUM SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	ALÜMİNYUM
83	GENSA ALÜMİNYUM SAN. İNŞ. VE TİC. LTD. ŞTİ.	ALÜMİNYUM
84	GEREDELİ DİŞ TİC. TURZ. PAZ. A.Ş.	KERESTE DEPOSU
85	GÖKBİL NAKLİYAT DEPOLAMA SAN. VE DİŞ TİC. A.Ş.	NAKLİYE - DEPOLAMA
86	GÖKTAŞ YASSI HADDE MAMÜLLERİ SAN. TİC. A.Ş.	METAL
87	GÖRHAN İNŞ.VE MALZ. SAN. TİC. A.Ş.	MOBİLYA
88	GÖZE TARIM ÜRÜNLERİ VE PAZ. SAN. TİC. A.Ş.	GIDA ÜRETİMİ
89	GRUP METAL SAC SAN.VE DİŞ TİC. A.Ş.	METAL DEPOLAMA
90	GRUP ORM. ÜRN. İTH. İHR. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	KERESTE DEPOSU
91	GÜLSAN İNŞ. SAN. TURİZM NAKLİYAT VE TİC. A.Ş.	HAZIR BETON ÜRETİM TESİSİ
92	GÜNERİ MAKİNA SAN. TİC. LTD.ŞTİ.	KANAL TEMİZLEME MAKİNASI İMALATI
93	GÜNEYDOĞU A.Ş.	SAC DEPOSU
94	GÜNEY ÇELİK HASIR VE DEMİR MAMÜLLERİ SAN. TİC. A.Ş.	ÇELİK HASIR DEPOSU
95	GÜNSAN ÇELİK MAMÜLLERİ PAZ. VE TİC. A.Ş.	HELEZON YAY VE VİRAJ ÇUBUĞU
96	GURDESAN GEMİ MAK. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	GEMİ GÜVERTE EKİPMANLARI
97	GÜVENÇ NAKLİYAT SU SAT. PAZ. LTD. ŞTİ.	NAKLİYE
98	HEPŞEN KİMYA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	ÇİNKO ÜRETİMİ
99	HİLAL PETROL VE YALÇINKAYA NAKLİYAT PAZ. TİC. LTD. ŞTİ.	AKARYAKIT İSTASYONU VE SOSYAL TESİSLERİ
100	İMT İSİL İŞLEM METALURJİ VE TEL ÇEKME SAN. A.Ş.	METAL
101	İPEKÇİ KİMYA SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	KİMYA
102	İSTANBUL DEMİR ÇELİK FAB. A.Ş.	DEMİR ÇELİK
103	İZOCAM TİC. VE SAN. A.Ş.	TAŞ YÜNÜ, POLİ-STREN
104	JOKEY PLASTİK İST. SAN. TİC. A.Ş.	PLASTİK AMBALAJ MALZEMELERİ ÜRETİMİ
105	KABACA PETROL ÜRÜNLERİ GIDA İNŞAAT	AKARYAKIT İSTASYONU
106	KARSAN KARDENİZ KİMYA VE GİD. SAN. TİC. LTD.ŞTİ.	KİMYA
107	KARTAL BOMBE ÜNİTELERİ SAN. LTD. ŞTİ.	BOMBE VE BÜKÜM METAL
108	KARTAL TENEKE KUTU SAN. A.Ş.	TENEKE KUTU
109	KAPSAN METAL KAPLAMA - METAL KAPLAMA KİMYASALLARI	METAL KAPLAMA
110	KASK İNŞ. MAK. TİC. SAN. LTD. ŞTİ.	ÇELİK KONSTRİKSİYON
111	KAV MADENCİLİK İÇ VE DİŞ TİC. LTD. ŞTİ.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
112	KLORA GRES VE YAĞ SANAYİ A.Ş.	GRES VE MADENİ YAĞ SANAYİ
113	KONNAK NAKLİYAT SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	NAKLİYE
114	KORA BANT SANAYİ VE TİCARET A.Ş.	HER TÜRLÜ YAPIŞKAN (TIBBİ-ENDÜSTRİYEL) BANT ÜRETİMİ
115	KORAŞ MAK. MALZ. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	MAKİNA
116	KÖRFEZ DÖKÜM SAN. VE TİC. A.Ş.	ÇELİK DÖKÜM İMALATI
117	KÖŞKERLER ÇELİK HALAT	ÇELİK HALAT
118	KTM KİMYEVİ MAD. İTH. İHR. SAN. TİC. A.Ş.	DEPO
119	KUROĞLU İNŞ. ORM. ÜRÜNLERİ TİC. VE SAN. A.Ş.	MDF İMALATI
120	KUTSAN TENEKE AMBALAJ SAN. LTD. ŞTİ.	TENEKE ÜZERİNE OFSET BASKI
121	LOHR İSTANBUL TAŞIT ARAÇLARI SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	TIR DÖRSESİ ÜRETİMİ
122	M.P.S. METAL PLS. SAN.ÇEMBER ve PAK. SİS. İML. VE TİC. A.Ş.	METAL
123	MARDAV YALITIM VE İNŞ. MAL. SAN. TİC. A.Ş.	İSL. SES. SU YALITIM ÜRÜNLERİ
124	MARMARA METALURJİ DÖKÜM VE MAK. SAN. A.Ş.	DÖKÜM
125	MARSHALL BOYA VE VERNİK SAN. A.Ş.	BOYA ÜRETİMİ
126	MAT MADENCİLİK İNŞAAT TEKSTİL VE TURİZM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
127	MEDEKS LOJİSTİK TAŞ. VE TİC. A.Ş.	NAKLİYE
128	MES MAK. ELEKTRİK KİMYA SAN. A.Ş.	ALÜMİNYUM ŞEKLİLENDİRME
129	MESTAŞ METAL MAM. VE MAK. SAN. TİC. A.Ş.	DEPOLAMA
130	MEŞA ORMAN ÜRN.GİD. İNŞ. MLZ. NAKL. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	KERESTE DEPOSU
131	METROPOL YAPI MALZ. PAZ. İNŞ. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	BOYA VE VERNİK ÜRETİMİ
132	MOBEL KİMYA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	SANAYİ TİPİ BOYA İMALATI
133	MTC METAL DİŞ TİC. LTD. ŞTİ.	METAL
134	NALBANTOĞLU İŞ MAKİNALARI NAKİLYAT OTO ALIM	İŞ MAKİNASI
135	NAMER MADENCİLİK AMB.SAN. VE NAKL.TİC.LTD.ŞTİ.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
136	NB ÇELİK GEMİ İNŞ. SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	GEMİ GÜVERTE EKİPMANLARI
137	NİZAM METAL SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	SAC KESİMİ VE DEPOLAMA
138	OKAN CAM SAN. VE TİC. A.Ş.	CAM DEPOSU
139	OLMUĞSA INTERNATIONAL PAPER SABANCI AMBALAJ SAN. VE TİC. A.Ş.	OLUKLU MUKAVVA
140	OMSAN ASANSÖR SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	METAL ASANSÖR İMALATI
141	ÖZ AYDINTAŞ VİNC SAN.	VİNC
142	ÖZBAŞKENT ORMAN ÜRÜNLERİ SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	KERESTE
143	ÖZEL TEKSTİL	ÇUVAL ÜRETİMİ
144	ÖZMETAL DEMİRÇELİK SAN. VE TİC. A.Ş.	DEPO
145	ÖZVAR METALURJİ SAN. A.Ş.	OTOMOTİV YAN SANAYİ - DÖKÜMCÜLÜK
146	PAK TAVUK GIDA SAN. TİC. A.Ş.	TAVUK ÇİFTLİĞİ - KESİMİ
147	PALKESAN AHŞAP İNŞ. VE İNŞ. MALZ. LTD. ŞTİ.	AHŞAP AMBALAJ
148	PARK PANEL İTH. İHR. İNŞ. TAAH. TİC. A.Ş.	GALVANİZ VE ALÜMİNYUM RULO BOYAMA
149	PLASKAP AMB. SAN. TİC. A.Ş.	AMBALAJ KUTU VE PLASTİK
150	PRIMER DİŞ TİC. VE MAKİNA A.Ş.	MAKİNA İMALATI
151	POLER POLYESTER SAN. LTD. ŞTİ.	POLYESTER ÜRÜNLERİ
152	POLİKROM YAPI MALZ. BOYA İNŞ. SAN. VE TİC. A.Ş.	YAPI KİMYASALLARI
153	POLİPORT KİMYA SANAYİ TİC. A.Ş.	DEPO - NAKLİYE
154	POLİSAN KİMYA SAN. A.Ş.	BOYA ÜRETİMİ
155	POLİTEKS AMBALAJ VE İNŞ. SAN. TİC. A.Ş.	ÇUVAL VE PANEL İMALATI
156	PORLAND PORSELEN TİC. A.Ş.	PORSELEN ÜRETİMİ VE SATIŞI
157	ROZAK DEMİR PROFİL TİC. VE SAN. A.Ş.	SAC DEPOSU
158	SAF DOLUM SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	FASON DOLUM
159	SAFMAK -SAF MAK.SAN. VE TİC. A.Ş.	MAKİNA İMALATI - OTOMASYON
160	SAFRAN BOYA VE KİM. SAN. A.Ş.	KİMYA
161	SANİCÖR YAPI GEREÇLERİ ÜRETİM VE PAZ. A.Ş.	KÜVET - DUŞ TEKNESİ VB.
162	SENTAPOL SENTETİK VE TABİİ POLİMER SAN. VE TİC. A.Ş.	BOYA, ALKİD REÇİNE
163	SERDAR AMBALAJ NAKLİYE SAN. TİC. LTD. ŞTİ.	AMBALAJ KUTU VE PLASTİK
164	SOLVENTAŞ TEKNİK DEPOLAMA A.Ş.	KİMYASAL DEPOLAMA
165	TANRIVERDİ ORMAN ÜRÜNLERİ	KERESTE DEPOSU

166	TANTAOĞLU ULUSLARARASI TAŞ. İNŞ. PET. ÜRN. PAZ. SAN. VE LTD. ŞTİ.	NAKLİYE - AKARYAKIT
167	TAR-KAR MADENCİLİK SAN. TIC. LTD. ŞTİ.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
168	TAYGA ORM. ÜRN. SAN. VE TIC. LTD. ŞTİ.	KERESTE DEPOSU
169	TEKNORM PREFABRİK YAPI İNŞ. SAN. TIC. LTD. ŞTİ.	PREFABRIKE YAPI ELEMANLARI
170	TELİNOKS METAL SAN. VE TIC. A.Ş.	METAL
171	TEL METAL SOĞUK HADDECİLİK SAN. TIC. LTD. ŞTİ.	ALAŞIMLI ALAŞIMSIZ ÇELİK TEL
172	TEPE GIDA AMBALAJ VE ENERJİ SAN. TIC. LTD. ŞTİ.	LASTİK KAPLAMA
173	TİMKA SAN. VE MÜH. HİZ. LTD. ŞTİ.	MAKİNA İMALATI
174	TOROUSS İNŞAAT VE TIC. A.Ş.	YALITIM MALZEMELERİ ÜRETİMİ
175	TOSÇELİK PROFİL VE SAC ENDÜSTRİSİ A.Ş.	METAL
176	TOTAL OİL TÜRKİYE A.Ş.	AKARYAKIT DEPOLAMA VE TANKER DEPOLAMA TESİSİ
177	TÜGMAD TÜRKKAN GID. MAD. SAN. VE TIC. A.Ş.	BİTKİSEL HAM YAĞ ÜRETİMİ
178	TÜM METAL TURİZM VE YATÇILIK A.Ş.	ALÜMİNYUM ÜRETİMİ
179	UĞUR HİDROLİK MAK. SAN. TIC. A.Ş.	ELEKTRİKLİ MUTFAK EŞYALARI
180	UĞUR TENKE AMBALAJ VE PLASTİK SAN. A.Ş.	PLASTİK VE TENKE AMBALAJ
181	UNİLEVER SANAYİ VE TİCARET TÜRK. A.Ş. (MUALLİM KÖY MEVKİİ)	TEMİZLİK ÜRÜNLERİ DEPOLAMA
182	UNİLEVER SANAYİ VE TİCARET TÜRK. A.Ş. (DİLİSKELESİ MEVKİİ)	DETERJAN ÜRETİMİ
183	ÜÇÖRMAN İÇ VE DIŞ TIC. LTD. ŞTİ.	KERESTE DEPOLAMA VE SATIŞ
184	ÜNLÜER MAKİNA SAN.	DEPO
185	VİTSAN GÖZETİM MÜMESSİLLİK VE TIC. A.Ş.	GÖZETİM VE LABORATUVAR
186	YAPI MERKEZİ PREFABRİKASYON A.Ş.	AĞIR BETON DENGİ AĞIRLIĞI
187	YASSI METAL DIŞ TIC. SAN. LTD. ŞTİ.	METAL
188	YENİ AKIN NAK. MET. VE OTOM. SAN. TIC. LTD. ŞTİ.	DEMİR - ÇELİK DEPOSU
189	YENİ MADENİ YAĞ. VE KİM. ÜRN. İTH.	MADENİ YAĞ ÜRETİMİ
190	YETKİN PALA ORMAN ÜRÜNLERİ	KERESTE DEPOSU
191	YILDIRIM METAL SAN. VE TIC. LTD. ŞTİ.	METAL - ÇİNKO OKSİT
192	YILKARBON YAKIT PAZARLAMA SAN. TIC. LTD. ŞTİ.	KÖMÜR ELEME - PAKETLEME
193	YILPORT KONTEYNER TERMİNALİ VE LİMAN İŞL. A.Ş.	LİMAN İŞLETMECİLİĞİ

EK D : Devlet Karayolları Genel Müdürlüğü trafik hacim haritası



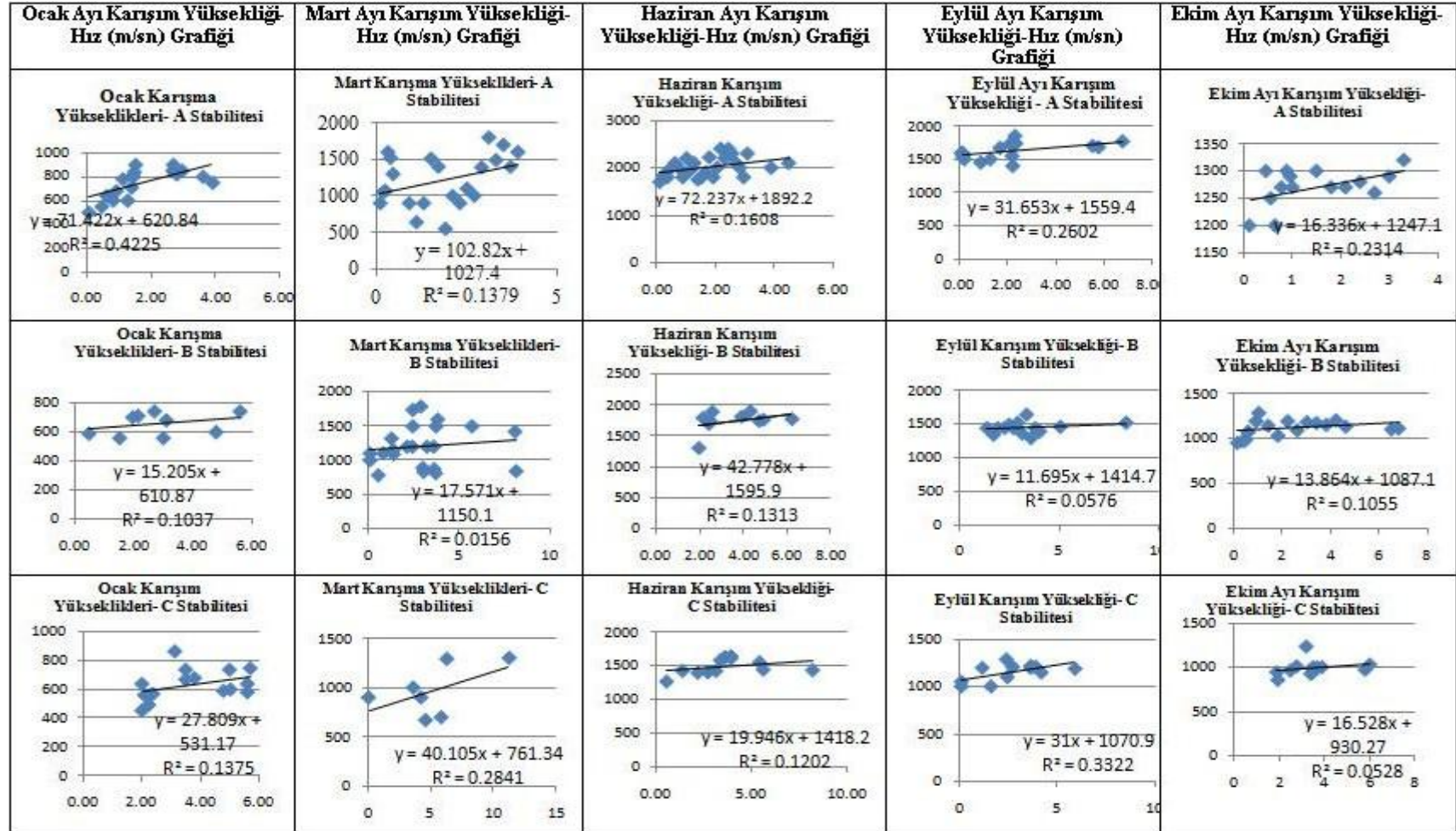
D-100 Karayolu trafik yoğunluğu



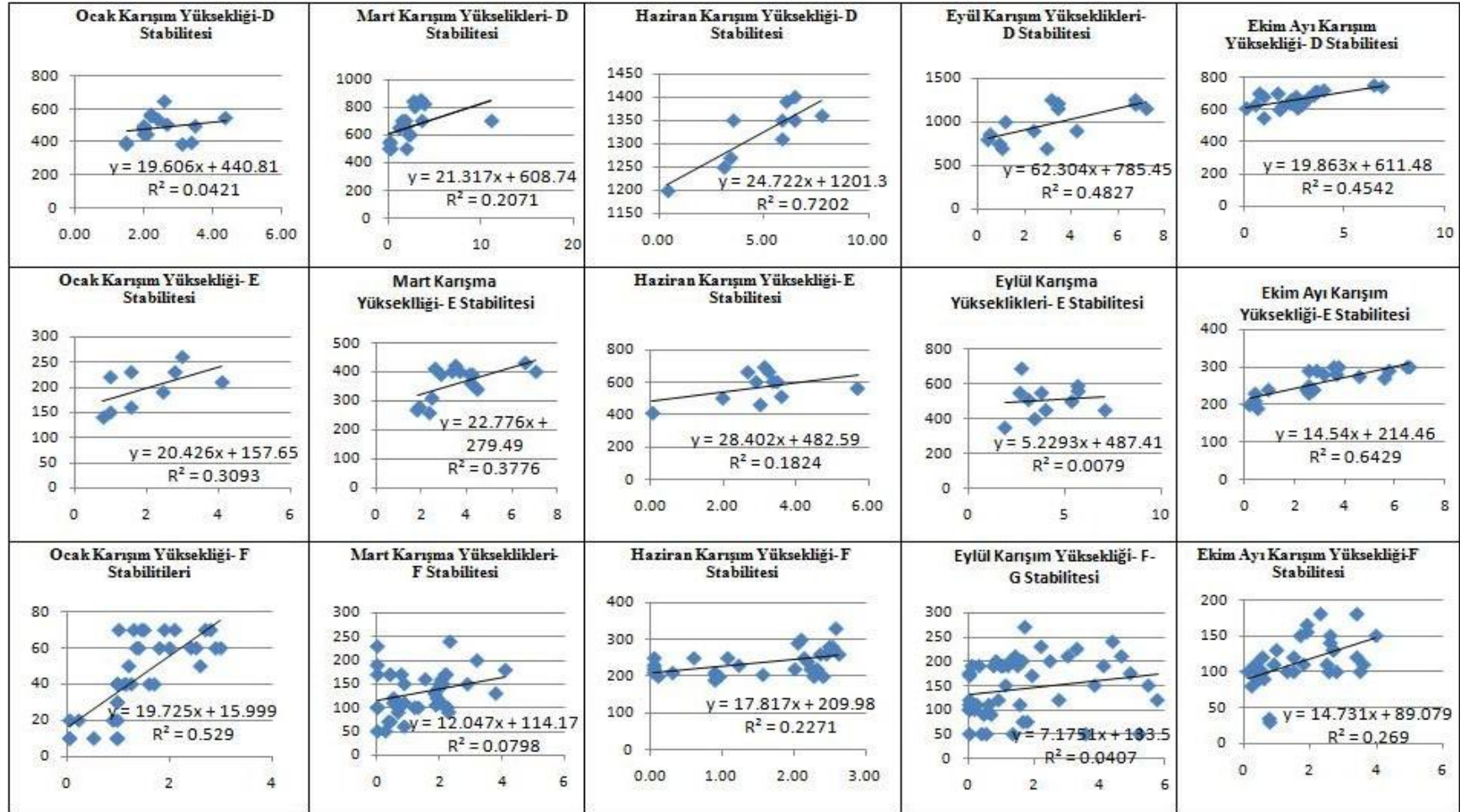
E-80 Otoyolu trafik yoğunluğu



EK E : Aylara göre karışım yüksekliği grafikleri



Şekil E.1 :Ocak, Mart, Haziran, Eylül ve Ekim aylarına ait karışım yüksekliği (m) - rüzgar hızı (m/sn) grafikleri



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Yusuf BAŞARAN

Doğum Yeri ve Tarihi: Gemlik, 1982

Adres: Akse Mah. 1.Etap Çağdaşkent Sit. D Blok D:23 Çayırova/Kocaeli

Lisans Üniversitesi: Atatürk Üniversitesi