

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNDE MODELLERİN
KULLANIMININ KARAR VERME SÜRECİNDEKİ ROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ezgi ERDOĞAN

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı**

KASIM 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNDE MODELLERİN
KULLANIMININ KARAR VERME SÜRECİNDEKİ ROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ezgi ERDOĞAN
(501091743)**

**Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kadir ALP

KASIM 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091743 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Ezgi ERDOĞAN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNDE MODELLERİN KULLANIMININ KARAR VERME SÜRECİNDEKİ ROLÜ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Kadir ALP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. İsmail TORÖZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Selahattin İNCECİK
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **13 Temmuz 2012**

Savunma Tarihi : **16 Kasım 2012**

*Minnettarlık duygusunun, beyninizin Evren'in yaratıcı enerjisiyle uyum sağladığı
düşüncesi sizin için yeniyse, onu iyi kavrayın; doğru olduğunu göreceksiniz
(Wallace Wattles, 1860-1911)*

Sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tez çalışmamın başlangıcından sonuçlanmasına kadar her safhada yardımlarını, ilgisini ve hoşgörüsünü esirgemeyen, babacan yaklaşımıyla bana sonsuz anlayış gösteren, bilgilerini ve tecrübelerini sunan değerli hocam ve danışmanım Prof. Dr. Kadir ALP'e sonsuz şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, tüm bu süreçte yapıcı tutumuyla motivasyonumu yüksek düzeyde tutmamı sağlayan, çalışmalarım boyunca bana eşlik eden, mühendislik ve akademisyenlik tecrübelerinden faydalandığım saygıdeğer hocam Arş. Gör. Edip AVŞAR'a, Model çalışmalarım boyunca karşılaştığım sorunlara hiç kuşkusuz verdiği saniyelik cevaplarla mutluluğumu kat ve kat arttıran saygıdeğer hocam Yard. Doç. Dr. Ali ERTÜRK'e,

Değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Selahattin İNCECİK'e ,

Beni bugünlere getiren, hayatımın tüm aşamalarında desteklerini hissettiren aileme, acısıyla tatlısıyla her duyguyu paylaştığım arkadaşlarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Ve son olarak,

Güne olan inancımı, aşkı ve doyasıya yaşadığım insan sevgisini, hiç isyan etmeden direncimi kaybetmeden yaşama sıkıca tutunmam için, yüreğime binbir çiçeklerin tohumunu serpen yaradanıma şükürler olsun.

KASIM 2012

Ezgi ERDOĞAN

Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
2. HAVA KİRLİLİĞİ	3
2.1 Hava Kirliliği Kaynakları	4
2.1.1 Doğal hava kirliliği kaynakları	4
2.1.1.1 Volkanlar	4
2.1.1.2 Orman yangınları.....	5
2.1.1.3 Okyanus spreyleri.....	5
2.1.1.4 Buharlaşma ve biyogenik faaliyetler.....	5
2.1.1.5 Tozlar	5
2.1.2 Antropojenik (yapay) kaynaklar	5
2.1.2.1 Sabit kaynaklar	5
2.1.2.2 Hareketli kaynaklar	6
2.1.2.3 Diğer kaynaklar	6
2.2 Hava Kirleticileri.....	6
2.2.1 Kirleticilerin atmosferde yer alış durumları.....	6
2.2.2 Kirleticilerin atmosferde fiziksel durumları.....	7
2.3 Meteorolojik Koşullar ve Hava Kirlenmesinde Meteorolojinin Etkisi	8
2.3.1 Atmosferik kararlılık.....	9
2.3.2 Türbülans	11
2.3.3 İnversiyon	11
2.3.3.1 Radyasyon inversiyonu	11
2.3.3.2 Çökme inversiyonu	12
2.3.3.3 Cephe inversiyonu.....	12
2.3.3.4 Yersel inversiyonlar	12
2.3.4 Maksimum karışma derinliği	12
2.3.5 Atmosferin kararlılığına bağlı baca dumanlarının dağılımı.....	13
2.3.6 Rüzgar hızı profili	15
2.4 Hava Kalite İndeksi	17
2.5 Hava Kalitesi Yönetimi	20
2.6 Ülkemizde Hava Kalitesiyle İlgili Düzenlemeler	25
3. HAVA KALİTESİ DAĞILIM MODELLERİ VE MODEL SEÇİMİ	27
3.1 Model Uygulamalarının Gelişimi ve Önemi	27
3.2 Modellerin Kullanım Alanları	28

3.3 Çeşitli Hava Kalitesi Dağılım Modelleri	29
3.3.1 CALPUFF dağılım modeli	29
3.3.2 AERMOD modeli	30
3.3.3 ISC3 dağılım modeli	31
3.4 ISC3 ve AERMOD modellerinin genel özellikleri ve karşılaştırılması	32
4. ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ	39
4.1 Hatay-Erzin Bölgesi ile İlgili Genel Bilgiler	39
4.1.1 Bölgenin coğrafi özellikleri	39
4.1.2 Bölgenin meteorolojik ve iklimsel özellikleri	40
4.1.3 Bölgenin nüfus özellikleri	40
4.1.4 Bölgenin topografik durumu	41
4.2 Bölgede Kurulması Planlanan Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali	41
5. İLK KADEME HESAPLAMA	47
5.1 Gauss Dispersiyon Modeli	47
5.2 Etkin Baca Yüksekliğinin Hesaplanması	53
5.3 Yer Seviyesindeki Maksimum Konsantrasyon ve Oluştugu X_{max} Mesafesinin Belirlenmesi	61
5.4 Baca Yüksekliğinin Belirlenmesi	64
6. MODELİN UYGULANMASI	71
6.1 Hava Kalitesi Modelleme Çalışması	71
6.2 Model Girdileri	71
6.2.1 Meteorolojik veriler ve bu verilerin modele uygun düzenlenmesi	71
6.2.2 Topografya bilgileri	81
6.2.3 Kaynak bilgileri	82
6.3 DGKÇ Santralının Hava Kalitesine Etkisinin ISC3 Modeli ile Belirlenmesi ..	83
6.3.1 SO ₂ emisyonlarının dağılımının incelenmesi	87
6.3.2 PM ₁₀ emisyonlarının dağılımının incelenmesi	93
6.3.3 NO ₂ emisyonlarının dağılımının incelenmesi	98
6.4 Çalışma Alanının Boyutu, Grid Sayısı ve Baca Yüksekliği Değerleri Değişiminin Kirletici Konsantrasyonu Dağılımına Etkisi	103
6.4.1 ISC model programı ile modelleme	104
6.4.2 AERMOD model programı ile modelleme	114
6.4.3 ISC ve AERMOD model sonuçlarının SKHKKY'ne göre değerlendirilmesi	125
6.4.4 ISC ve AERMOD model sonuçlarının birbirleriyle mukayesesi	128
6.4.5 Kuru çökeltme	132
6.5 Modelleme Çalışmalarına Topografyanın Etkisi	134
6.5.1 Senaryo 1	136
6.5.2 Senaryo 2	137
6.5.3 Senaryo 3	139
6.5.4 Senaryo 4	141
6.5.5 Senaryo 5	143
6.5.6 Senaryo 6	145
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	149
KAYNAKLAR	153
EKLER	157
ÖZGEÇMİŞ	173

KISALTMALAR

CO	: Karbon monoksit
CO₂	: Karbondioksit
CH₄	: Metan
O₃	: Ozon
Cl	: Klor
NO₂	: Azot dioksit
PM₁₀	: 10 µm'den Küçük Partiküler Maddeler
UV	: Ultraviyole Işın
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler
Hb	: Hemoglobin
COHb	: Karboksi Hemoglobin
H₂S	: Hidrojen Sülfür
HC	: Hidro Karbon
AERMOD	: American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model
AERMET	: Meteorolojik Model (Ön İşlemci)
PCRAMMET	: Meteorolojik Model (Ön İşlemci)
CALPUFF	: CaliforniaPuff Model
CALMET	: Meteorolojik Model
CALPOST	: CALPUFF Modelinde Kullanılan Postprosesor
CGIAR-CSI	: Consortium for Spatial Information
DGKÇ	: Doğalgaz Kombine Çevrim
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
EU	: Avrupa Birliği
US	: Amerikan Birleşik Devletleri
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
HKKD	: Hava Kirlenmesine Katkı Değeri
ISCST3	: Industrial Source Complex Short Term
KVD	: Kısa Vadeli Değer
KVS	: Kısa Vadeli Sınır Değer
UVD	: Uzun Vadeli Değer
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değer
SRTM	: Shuttle Radar Topographic Mission
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HKİ	: Hava Kalite İndeksi
SKHKKY	: Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TKD	: Toplam Kirlenme Değeri
ÇED	: Çevre Etki Değerlendirme

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Hava kalitesi dağılım modellerinin uygulanması.	28
Çizelge 3.2 : ISC3 ve AERMOD programlarının karşılaştırılması.	35
Çizelge 3.3 : ISC3 için gerekli yer seviyesi verileri ve yüksek atmosfer verileri.	35
Çizelge 3.4 : AERMOD için gerekli yer seviyesi verileri ve yüksek atmosfer verileri.	35
Çizelge 3.5 : AERMOD için kararlılık sınıfı belirlenmesi.	36
Çizelge 4.1 : Hatay iline ait merkez ilçe ve köy nüfusları.	41
Çizelge 4.2 : DGKÇ santrali projesi teknik özellikler.	46
Çizelge 5.1 : Kararlılık sınıflarına ve x mesafelerine göre a,b katsayıları.	52
Çizelge 5.2 : Kararlılık sınıflarına göre c, d katsayıları.	53
Çizelge 5.3 : Briggs denklemlerine göre dispersiyon katsayıları hesabı.	53
Çizelge 5.4 : Kullanılan parametreler ve açıklamaları.	56
Çizelge 5.5 : Briggs nihai hüzme yüksekliği hesabı.	57
Çizelge 5.6 : Stabilité sınıfları ve sıcaklık tabakalaşmaları.	57
Çizelge 5.7 : Etkin baca yüksekliği hesabında kullanılan bilgiler.	58
Çizelge 5.8 : 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için farklı kararlılık sınıflarında baca çıkışı rüzgar hızı değerleri.	59
Çizelge 5.9 : Kırsal ve kentsel alanlarda kararsız ve nötr atmosferik şartlarda 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği hesabı sonuçları.	60
Çizelge 5.10 : Kırsal ve kentsel alanlarda kararlı atmosferik şartlarda 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği hesap sonuçları.	60
Çizelge 5.11 : 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için B ve F kararlılık sınıflarında baca çıkışı rüzgar hızı değerleri.	60
Çizelge 5.12 : B kararlılık sınıfı, 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği değerleri.	60
Çizelge 5.13 : F kararlılık sınıfı, 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği değerleri.	61
Çizelge 5.14 : 60 metre ve 120 metre baca yüksekliklerinde baca çıkışı rüzgar hızları.	61
Çizelge 5.15 : Dönüşüm katsayıları.	63
Çizelge 5.16 : $h = 60$ metre baca yüksekliği için C_{max} , 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık konsantrasyon değerleri ve olduğu X mesafeleri.	64
Çizelge 5.17 : $h = 120$ metre baca yüksekliği için C_{max} , 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık konsantrasyon değerleri ve olduğu X mesafeleri.	64
Çizelge 5.18 : DGKÇ Santrali baca gazı emisyonları için hesaplanan Q/S değerleri.	65
Çizelge 5.19 : Bacanın fiziksel yapısı ve baca gazı bilgileri.	65
Çizelge 5.20 : Abak yardımıyla belirlenen H' değerleri.	67
Çizelge 5.21 : $6\text{km} \times 6\text{km}$ çalışma alanı için hesaplanan J'/H' değerleri.	68
Çizelge 5.22 : $12\text{km} \times 12\text{km}$ çalışma alanı için hesaplanan J'/H' değerleri.	69

Çizelge 5.23 : Hesaplanan düzeltilmiş baca yüksekliği değerleri.	69
Çizelge 6.1 : Minimum monin-obukhov uzunluğu.	72
Çizelge 6.2 : Yüzey pürüzlülük uzunluğu, metre.	73
Çizelge 6.3 : Albedo değerleri.	73
Çizelge 6.4 : Bowen oranı değerleri.	74
Çizelge 6.5 : Kırsal alan ve kentsel alan için AERMET’te kullanılan katsayılar.....	74
Çizelge 6.6 : Rüzgar yönü sembollerinin derece cinsinden dönüşümü.	77
Çizelge 6.7 : Bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali emisyonları.	83
Çizelge 6.8 : Bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali özellikleri.	83
Çizelge 6.9 : Çalışmada kullanılan gözlem istasyonları coğrafi koordinat verileri.....	85
Çizelge 6.10 : DGKÇ Santrali konumu, santrale ait baca ve konsantrasyon bilgileri.	86
Çizelge 6.11 : SO ₂ için aylık UVD ve KVD değerleri (µg/m ³).	93
Çizelge 6.12 : PM ₁₀ için aylık UVD ve KVD değerleri (µg/m ³).	98
Çizelge 6.13 : NO ₂ için aylık UVD ve KVD değerleri (µg/m ³).	103
Çizelge 6.14 : Reseptör sayıları.	104
Çizelge 6.15 : ISC modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	113
Çizelge 6.16 : ISC Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	114
Çizelge 6.17 : AERMOD modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	124
Çizelge 6.18 : AERMOD modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonu dağılımı.	125
Çizelge 6.19 : ISC modellemesi ile elde edilen sonuçlar.	126
Çizelge 6.20 : AERMOD modellemesi ile elde edilen sonuçlar.	127
Çizelge 6.21 : UVD ve KVD değerleri için ISC/AERMOD oranlarının değişimi.	127
Çizelge 6.22 : 60m ve 120m baca yükseklikleri için 100m grid açıklığına ait ISC/AERMOD değerlerinin değişimi.	128
Çizelge 6.23 : 60m ve 120m baca yükseklikleri için 300m grid açıklığına ait ISC/AERMOD değerlerinin değişimi.	131
Çizelge 6.24 : 60m ve 120m baca yükseklikleri için 500m grid açıklığına ait ISC/AERMOD değerlerinin değişimi.	132
Çizelge 6.25 : AERMOD modeli ile kuru çökeltme hesabı.....	133
Çizelge 6.26 : ISC modeli ile kuru çökeltme hesabı.....	134
Çizelge 6.27 : 6 senaryoya ait genel özellikler.	135
Çizelge B.1 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	161
Çizelge B.2 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	161

Çizelge B.3 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	161
Çizelge B.4 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	162
Çizelge B.5 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	162
Çizelge B.6 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	162
Çizelge B.7 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	163
Çizelge B.8 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	163
Çizelge B.9 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	163
Çizelge B.10 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	164
Çizelge B.11 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	164
Çizelge B.12 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	164
Çizelge B.13 : ISC Modeli ile Kırsal ve Kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.....	165
Çizelge B.14 : ISC Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.....	166
Çizelge C.1 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	167
Çizelge C.2 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	167
Çizelge C.3 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	167
Çizelge C.4 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.	168

Çizelge C.5 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	168
Çizelge C.6 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	168
Çizelge C.7 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	169
Çizelge C.8 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	169
Çizelge C.9 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	169
Çizelge C.10 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	170
Çizelge C.11 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	170
Çizelge C.12 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.....	170
Çizelge C.13 : AERMOD Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.....	171
Çizelge C.14 : AERMOD Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO ₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.....	172

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Kirleticilerin doğal kaynaklarda temizlenmesi.....	8
Şekil 2.2 : Kararlılık durumları.....	10
Şekil 2.3 : Maksimum karışma derinliği.	13
Şekil 2.4 : Havanın kararlılığına göre baca dumanlarının dağılımı.	14
Şekil 2.5 : Rüzgar hızının yüzeyden itibaren değişimi (rüzgar hızı profili).	16
Şekil 3.1 : Breeze AERMOD-ISC model programının genel görünüşü.....	34
Şekil 4.1 : Çalışma alanının bulunduğu Erzincan ilçesinin haritada gösterimi.....	40
Şekil 4.2 : Bir doğalgaz kombine çevrim santrali ve çevresi.	42
Şekil 5.1 : Bir nokta kaynak emisyonunun atmosferde taşınım hareketi.	48
Şekil 5.2 : Kentsel ve kırsal bölgeler için y yönündeki dispersiyon katsayıları.	50
Şekil 5.3 : Kentsel ve kırsal bölgeler için z yönündeki dispersiyon katsayıları.	51
Şekil 5.4 : Maksimum Cu/Q değerinin kararlılık sınıfı ve etkin baca yüksekliğine bağlı değişimi.	62
Şekil 5.5 : Baca yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılan abak.	66
Şekil 5.6 : J değerinin belirlenmesi için kullanılan diyagram.	67
Şekil 6.1 : Rüzgar yönlerini gösteren rüzgar gülü.	77
Şekil 6.2 : Rüzgar hızı frekans dağılımı grafiği.....	78
Şekil 6.3 : Dörtöl-Hatay İline ait İlkbahar mevsimi için rüzgar gülü.....	78
Şekil 6.4 : Dörtöl-Hatay İline ait Yaz mevsimi için rüzgar gülü.....	79
Şekil 6.5 : Dörtöl-Hatay İline ait Sonbahar mevsimi için rüzgar gülü.....	79
Şekil 6.6 : Dörtöl-Hatay İline ait Kış mevsimi için rüzgar gülü.....	80
Şekil 6.7 : Dörtöl-Hatay İline ait yıllık rüzgar gülü.	80
Şekil 6.8 : Kararlılık sınıfı frekans dağılımı grafiği.	81
Şekil 6.9 : Topografik datanın temini için UTM Zone seçimi.	82
Şekil 6.10 : 6km x 6km proje alanı uydu görüntüsü.....	84
Şekil 6.11 : DGKÇS ve Adana, Dörtöl istasyonlarının uydu görüntüsü.	85
Şekil 6.12 : Bölgenin topografyası.	86
Şekil 6.13 : 2004 yılına ait SO ₂ konsantrasyonu (µg/m ³) dağılımının gösterimi.	88
Şekil 6.14 : SO ₂ için maksimum 1 saatlik en yüksek konsantrasyon (µg/m ³) dağılımı.....	89
Şekil 6.15 : Yıllık ortalama SO ₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği.....	90
Şekil 6.16 : SO ₂ kirleticisine ait Ocak-Haziran ayları arası aylık dağılım grafikleri.	91
Şekil 6.17 : SO ₂ kirleticisine ait Temmuz-Aralık ayları arası aylık dağılım grafikleri.	92
Şekil 6.18 : 2004 yılına ait PM ₁₀ konsantrasyonu (µg/m ³) dağılımının gösterimi.	94
Şekil 6.19 : PM ₁₀ için maksimum 1 saatlik en yüksek konsantrasyon (µg/m ³).....	94
Şekil 6.20 : Yıllık ortalama PM ₁₀ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği.....	95

Şekil 6.21 : PM ₁₀ kirleticisine ait Ocak-Haziran ayları arası aylık dağılım grafikleri.	96
Şekil 6.22 : PM ₁₀ kirleticisine ait Temmuz-Aralık ayları arası aylık dağılım grafikleri	97
Şekil 6.23 : 2004 yılına ait NO ₂ konsantrasyonu (µg/m ³) dağılımının gösterimi.....	99
Şekil 6.24 : NO ₂ için maksimum 1 saatlik en yüksek konsantrasyon (µg/m ³).	99
Şekil 6.25 : Yıllık ortalama NO ₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği.	100
Şekil 6.26 : NO ₂ kirleticisine ait Ocak-Haziran ayları arası aylık dağılım grafikleri.	101
Şekil 6.27 : NO ₂ kirleticisine ait Temmuz-Aralık ayları arası aylık dağılım grafikleri.	102
Şekil 6.28 : Kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında hesaplanan maksimum NO ₂ konsantrasyonlarının ISC ve AERMOD modellerine göre karşılaştırılması.....	129
Şekil 6.29 : Kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında hesaplanan maksimum NO ₂ konsantrasyonlarının ISC ve AERMOD modellerine göre karşılaştırılması.....	130
Şekil 6.30 : Dört yol - Hatay iline ait yıllık rüzgar verileri için rüzgar gülü.	135
Şekil 6.31 : 6 bölgenin haritadaki görüntüsü.	136
Şekil 6.32 : DGKÇ1 bölgesinin topografyası.	136
Şekil 6.33 : DGKÇ1 kaynaklı SO ₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.	137
Şekil 6.34 : DGKÇ2'nin haritadaki görüntüsü.	138
Şekil 6.35 : DGKÇ2 bölgesinin topografyası.	138
Şekil 6.36 : DGKÇ2 kaynaklı SO ₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.	139
Şekil 6.37 : DGKÇ3'ün haritadaki görüntüsü.	140
Şekil 6.38 : DGKÇ3 bölgesinin topografyası.	140
Şekil 6.39 : DGKÇ3 kaynaklı SO ₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.	141
Şekil 6.40 : DGKÇ4'ün haritadaki görüntüsü.	142
Şekil 6.41 : DGKÇ4 bölgesinin topografyası.	142
Şekil 6.42 : DGKÇ4 kaynaklı SO ₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.	143
Şekil 6.43 : DGKÇ5'in haritadaki görüntüsü.	144
Şekil 6.44 : DGKÇ5 bölgesinin topografyası.	144
Şekil 6.45 : DGKÇ5 kaynaklı SO ₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.	145
Şekil 6.46 : DGKÇ6'nın haritadaki görüntüsü.	146
Şekil 6.47 : DGKÇ6 bölgesinin topografyası.	146
Şekil 6.48 : DGKÇ6 kaynaklı SO ₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.	147

SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLİLİĞİNDE MODELLERİN KULLANIMININ KARAR VERME SÜRECİNDEKİ ROLÜ

ÖZET

Ülke kalkınması, bölgesel potansiyellerin ortaya konulup en iyi şekilde değerlendirilip, bölgelerde mevcut kaynakların verimli olarak kullanılması ve bölgelerin geleceğe yönelik yatırım ve stratejilerinin oluşturulması ile sağlanır. Ülkemizde ise son yıllarda enerji ihtiyacının hızla artmakta olması sebebiyle yatırımlar, kömür ve/veya doğalgaz ile çalışan santrallere yapılmaya başlanmıştır. Enerji santrallerinin kurulumu üzerine yapılan yatırımların yoğunlaştığı bölgelerin başında ise Hatay ili gelmektedir. Bu gibi yoğun sanayileşmiş bölgelerde yeni kurulacak tesislerle mevcut tesislerin kümülatif etkilerinin ortaya konması önem kazanmakta ve bu amaçla uygun modellerin kullanımı gerekmektedir.

Hava kirliliği dağılımının belirlenmesinde kullanılan matematik modeller; herhangi bir bölgede mevcut ve oluşacak olan hava kirliliğinin yönetiminde vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Bu modeller vasıtası ile alıcı ortam hava kalitesini iyileştirmek, yasal hava kalitesi standartlarını sağlamak ve devam ettirmek için kirleticilerle emisyonlarını kontrole yönelik kontrol teknolojileri alternatiflerinin senaryolar üzerinden geliştirilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada ülkemizde endüstriyel tesislerin, yer aldıkları bölgelerdeki hava kalitesi üzerindeki etkileri ile ilgili karar verme konumundaki mercilerin sıklıkla kullandığı bir model olan ISCT3 ve bunun daha gelişmiş bir versiyonu olan AERMOD modeli birlikte kullanılarak sonuçlarının temsil edicilik ve doğruluğu karşılaştırılmıştır.

Hava kirliliği modelleme programları ile henüz faaliyete başlamamış olan Hatay Erzin Aşağı Burnaz mevkiinde kurulması planlanan 900 MWe / 882MWe kurulu güce sahip bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali kaynaklı SO₂, NO₂ ve PM₁₀ gazları için öncelikle Sanayi Kaynaklı Hava Kirlenmesinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY)'nde öngörülen kriterlere göre belirlenen 6km x 6km'lik bir alan için çalıştırılmıştır. Bölgenin kaynak bilgileri, topografik özellikleri ve o bölgeyi en iyi temsil eden yıllık meteorolojik verileri içeren meteorolojik veri dosyası model programına eklenerek alıcı ortam noktalarındaki kirleticilerin 1 saatlik, 24 saatlik, aylık ve yıllık konsantrasyonları belirlenmiş, hava kalitesi katkı değerleri hesaplanmış, modellerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonra model çıktı dosyaları analiz edilerek hava kirliliği probleminin en yoğun olabileceği noktalar ve kirliliğin olduğu bölgelerde problemin hangi faktörlerden etkilendiği belirlenmiştir.

SKHKKY'ne göre belirlenen çalışma alanının büyütülmesinin bölgedeki hava kirliliğinin dağılımı üzerindeki etkisinin incelenmesi yasal düzenlemelerin etkinliğinin anlaşılması bakımından yararlı olacaktır. Bu amaçla kaynak merkezi aynı kalmak koşulu ile yasal durumu gösteren 6km x 6km yerine, 12km x 12km ve 24km x 24km olmak üzere iki farklı çalışma alanı için modeller çalıştırılmıştır. Bu senaryolarda mevcut baca yükseklikleri yerine farklı baca yükseklikleri ve çalışma

alanlarında kullanılan grid edatlarının değiştirilmesinin kirleticinin yer seviyesi dağılımı üzerinde neden oldukları etkileri AERMOD ve ISCST3 modelleri kullanımı ile incelenmiştir.

Modellerin bölge topoğrafyasının kırsal ve şehir olarak tanımlanmasına göre yer seviyesi kirletici konsantrasyonları üzerindeki tahminlerinin değişimi de iki model için ayrı ayrı incelenmiş ve farklılıkların sebebi irdelenmiştir.

THE ROLE OF MODELS IN TERMS OF DECISION MAKING IN INDUSTRY BASED AIR POLLUTION

SUMMARY

Development of the countries are provided with evaluated of regional potentials in the best way and efficient use of available resources in areas, the creation of strategies for the future investment. In recent years, demand for energy is increasing rapidly in our country and coal and / or natural gas-fired power plants began to be invested. Among the regions where investments are concentrated on the installation of power plants comes from the province of Hatay.

The mathematical models in the dispersion of air pollution can be used to reduce any desired level of air pollution in a region and to control air pollution with the different alternatives to keep under the limit of standards, to develop scenarios and recommendations in air quality management studies.

Air quality management model had been evaluated according to source receptor interaction in Hatay-Erzin zone, Natural Gas Combined Cycle Power Plant (NGCCPP). In the plant natural gas will be used.

In the modeling study, PCRAMMET and AERMET, which is internationally approved and ISCST3 and AERMOD dispersion models were used. Monthly and yearly concentrations were calculated for SO₂, NO₂ and PM₁₀ in the 6km x 6km, 12km x 12km and 24km x 24km areas by ISCST3 and AERMOD models.

To evaluate the effect of air pollution on the distribution of growth is the work area in the region will be useful for understanding the effectiveness of the legal regulations. Models based on regional topography has been identified as ground-level pollutant concentrations in rural and urban change on the estimates because of differences in the two models are examined and evaluated separately for each. For this purpose, instead of 6km x 6km, 12km x 12km and 24km x 24km to be operated in two different models for the study area.

“Google Earth” program is used to find the exact coordinates for investigation area. After getting coordinates for investigation area, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) map selected and added to the ISCST3 and AERMOD models. In this manner AERMAP can read all of the elevations for each receptor and it shows us exact terrain profiles.

Then source type, emission rate, stack height, diameter, flue gas exit velocity and temperature are added to model with the coordinates informations of source.

After getting all data modules for ISCST3 atmospheric dispersion model, model run succesfully and as a result of ISC terrains that have affected from gaseous emissions, are determined. After that model run for the most different senarios and determine air pollution problem.

The ISC model (USEPA(1995), currently the ISCST3 version) has been one of the USEPA's standard regulatory models since its introduction in the early 1980's and has been modified little since that period. The ISCST3 model is applicable to receptors within about 50 km from the source. And ISCST3 is best described as gaussian steady-state plume dispersion model with a minimum one-hour timestep. It is by now probably the most widely used dispersion model of all time.

AERMOD is the latest generation air dispersion model designed for short-range (up to 50 kilometers) dispersion of air emissions from stationary industrial sources. In the stable boundary layer (SBL), it assumes the concentration distribution to be Gaussian in both the vertical and horizontal. In the convective boundary layer (CBL), the horizontal distribution is also assumed to be Gaussian, but the vertical distribution is described with a bi-Gaussian probability density function (pdf). Whereas the ISCST3 model uses a Gaussian vertical distribution for both convective and stable conditions.

AERMOD uses a different method than ISC uses for calculating dispersion; ISC uses the Pasquill-Gifford-Turner (PGT) atmospheric stability class scheme, while AERMOD uses refined planetary boundary physics and not the PGT stability classes. Additionally, AERMOD treats the lower atmosphere's mixing height as a somewhat porous layer rather than an impenetrable ceiling. AERMOD also incorporates plume path adjustment techniques that allow plumes to partially follow terrain. This improvement significantly reduces predicted impacts in complex terrain when compared to the ISCST3 model.

AERMOD makes use of two continuous stability parameters, the friction velocity and the Monin-Obukhov length to characterize the atmosphere. The friction velocity is a measure of mechanical effects alone, i.e., wind shear at ground level. The Monin-Obukhov length indicates the relative strengths of mechanical and buoyant effects on turbulence. Thus, AERMOD can account for turbulence both from wind shear and from buoyancy effects due to solar heating during the day and radiational cooling at night. To properly account for these effects, AERMOD requires three land use parameters: albedo, Bowen ratio, and surface roughness.

AERMOD is actually a modeling system with three separate components: AERMOD (AERMIC Dispersion Model), AERMAP (AERMOD Terrain Preprocessor), and AERMET (AERMOD Meteorological Preprocessor) (EPA, 2003a).

AERMAP uses gridded terrain data for the modeling area to calculate a representative terrain-influence height associated with each receptor location. The gridded data is supplied to AERMAP in the format of the Digital Elevation Model (DEM) data.

Although the raw meteorological data used by AERMOD and ISCST3 are the same, AERMOD requires different processed data than the ISC family of models requires. As a result, processed meteorological data ready for use in the ISC family of models cannot be used in AERMOD.

AERMET is a meteorological data preprocessor that accepts surface meteorological data, upper air soundings, and optionally, data from on-site instrument towers. It then calculates atmospheric parameters needed by the dispersion model, such as atmospheric turbulence characteristics, mixing heights, friction velocity, Monin-Obukhov length and surface heat flux. Meteorological data are divided into two parts. One part is for surface meteorological data and other part is high atmosphere data. AERMOD combines both kinds of data and convert them to the one file.

The surface and upper air stations should be selected for their meteorological representativeness of the general area being modeled. Generally, this criterion corresponds to the stations closest to the source(s) being modeled and in the same climatological regime.

AERMET only creates meteorological input files for AERMOD. However, AERMET's flexibility allows for future expansion to create input files for other dispersion models requiring other algorithms and output formats.

PCRAMMET is a meteorological preprocessor used for preparing National Weather Service (NWS) data for use in the Agency's short term air quality dispersion models such as ISCST3, CRSTER, RAM, MPTER, BLP, SHORTZ, and COMPLEX1. In this study PCRAMMET is used for ISCST3 model and also AERMET is used for AERMOD model. AERMET uses meteorological data and surface characteristics to calculate boundary layer parameters (e.g. mixing height, friction velocity, etc.) needed by AERMOD. This data, whether measured off-site or on-site, must be representative of the meteorology in the modeling domain.

The input data requirements for PCRAMMET depend on the dispersion model and the model options for which the data are being prepared. The minimum input data requirements to PCRAMMET are the twice-daily mixing heights and hourly surface observations of wind speed, wind direction, dry bulb temperature, opaque cloud cover, and cloud ceiling height. There are two basic types of inputs that are needed to run the ISC models. The operations performed by PCRAMMET include: calculate hourly values for atmospheric stability from meteorological surface observations; interpolate twice daily mixing heights (morning and afternoon) to hourly values.

As for that comparison of AERMOD and ISCST3, urban option either on or off; no other specification available for ISCST3 model, so all sources must be modeled either rural or urban. Whereas AERMOD provides variable urban treatment as a function of city population and sources can individually be modeled rural or urban (EPA, 2004a).

The ISCST3 model is run for one pollutant at a time; the AERMOD model is run for more than one pollutant at a time.

The ISCST3 and AERMOD models compute an hourly concentration for each receptor. Other averaging periods, e.g., 3-hour, daily, seasonal and annual can also be aggregated. The averaging period selected is based on the intended use.

The basic types of printed output available with AERMOD are: summaries of high values (highest, second highest, etc.) by receptor for each averaging period and source group combination; summaries of overall maximum values (e.g., the maximum 50) for each averaging period and source group combination; and tables of concurrent values summarized by receptor for each averaging period and source group combination for each day of data processed.

The tables by receptor and maximum value tables can be output for the source group values or for the individual source values, or both. In addition, when maximum values for individual sources are output, the user has the option of specifying whether the maximum source values are to be the maximum values for each source independently, or the contribution of each source to the maximum group values, or both (EPA, 2004b).

It is not possible to state that AERMOD always predicts higher or lower ambient concentrations than ISCST3. Direct comparisons of the results provided by the two models have been inconclusive. AERMOD typically yields lower concentrations than ISCST3 when nearby complex terrain is present, but can yield higher concentrations in other terrain regimes. However AERMOD is clearly superior to ISCST3 in characterizing the atmosphere, and should provide more representative predictions of ambient concentrations.

1. GİRİŞ

Hava kirliliği dünya nüfusunun hızla artmasına paralel olarak hızla gelişen kentleşme ve endüstrileşme ile beraber büyük bir problem halini almıştır. Uygulanan yasal düzenlemelere, çeşitli kimyasalların yasaklanmasına, emisyonların kontrolüne ve hava kalitesi standartlarında iyileşmeler yapılmasına rağmen kirlilik çevresel boyutta zarar vermeye devam etmektedir (Özkurt, 2011). Kirliliğin insan ve çevre sağlığına zarar vermesi sebebiyle yabancı hava kirleticilerinin belirlenip ortam havasındaki konsantrasyonlarının, birikimlerinin analizi ve kontrolü gerekmektedir. Hava kirleticilerinin zamana, mekana ve atmosferik koşullara bağlı olarak çevrede yol açtıkları kirletici konsantrasyonları ve birikimleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi hava kalitesi modellerinin kullanılmasını gerekli kılmıştır.

Herhangi bir bölgede bulunan mevcut ya da yeni kurulacak tesislerin veya bir bölgede çeşitli kaynaklardan verilen emisyonların çevreye vereceği zararın önlenmesi ve kontrol stratejilerinin oluşturulabilmesi için hava kirliliği etki değerlendirilmesinin yapılması gerekmektedir. Bu değerlendirme doğrudan ölçüm yoluyla yapılabildiği gibi hava kalitesi modellemesiyle de yapılabilir.

Hava kalitesinin doğrudan ölçümler ile belirlenmesi uzun zaman alması ve yüksek maliyet gerektirmesi sebebi ile her zaman uygun olmamaktadır. Bu sebeple, hava kalitesinin belirlenmesi için matematik modellerin kullanılması tercih edilmektedir.

Hava kalitesi yönetiminde modelleme çalışması, kirleticilerin çevrede meydana getireceği etkilerin belirlenmesi ve kontrol stratejilerinin belirlenebilmesi gibi hava kirlenmesi kontrolündeki bütün uygulamalara esas teşkil eder.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada, ülkemizde enerji santrallerinin en yoğun bulunduğu bölgelerden biri olan Hatay-İskenderun bölgesinde yapılması planlanmakta olan bir Doğalgaz Kombine Çevrim (DGKÇ) Santrali emisyonlarının ortam havasında meydana getireceği kirlilik, hava dağılımı modelleme programları yardımıyla hesaplanmış olup

hava kalitesi katkı değeri hesaplanmıştır. Kaynaklardan açığa çıkan kirleticilerden azot dioksit (NO_2), kükürt dioksit (SO_2) ve partikül madde (PM_{10}) gaz kirleticileri incelenmiştir. Çalışmada EPA (Çevre Koruma Ajansı) tarafından kabul görmüş kararlı hal gauss dispersiyon modeli olan ISCST3 ve AERMOD model programları kullanılmıştır. Bunlardan ISC3 modeli ÇED çalışmalarında karar vericiler tarafından geçmişte oldukça yoğun kullanılmıştır. Ancak günümüzde daha kapsamlı modeller öne çıkmaya başlamıştır. AERMOD bu tür modellerden olup tez kapsamında aynı problemin iki farklı model yardımıyla incelenerek karar vermede daha gerçekçi sonuçlar veren bu modelle önceki model olan ISCST3 sonuçları karşılaştırılmıştır.

Hava dağılım model programlarında bölgenin topografik özellikleri ve bölgenin temsil edici meteorolojik verileri kullanılarak modeller çeşitli senaryolarda çalıştırılmış, santralden kaynaklı emisyonların zaman ve mekan kapsamındaki dağılımı analiz edilmiş, hava kirliliği probleminin oluşabileceği bölgeler belirlenmiş, sonuçların farklılıkları ve nedenleri irdelenmiştir.

2. HAVA KİRLİLİĞİ

Modern yaşamın bir sonucu olarak ortaya çıkan hava kirliliği; katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin birinin ya da daha fazlasının havanın doğal bileşimini bozarak insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zararlı olabilecek miktar ve sürede atmosferde bulunmasıdır (Okutan, 1993; İncecik, 1994). Yabancı madde tanımı; atmosferin doğal bileşiminde bulunmayan maddeler yanında atmosferin doğal bileşiminde olup da normal olarak bulunduğu düzeylerin dışına çıkan maddeler olarak ele alınır (Alp ve Tünay, 1996).

Günümüzde yoğun kirlenme sebebiyle doğal bileşimi karakterize eden hava; ancak okyanus veya kara kütlelerinin yerleşimden uzak bölgelerinde bulunan hava kütleleri ele alınarak bir dereceye kadar belirlenebilir. Atmosferin doğal bileşimi çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Atmosferin doğal bileşimi.

Bileşen	Hacim (%)	Konsantrasyon, ppm
Azot	78.09	780900
Oksijen	20.94	209400
Argon	0.93	930
Karbondioksit	0.0318	318
Neon	0.0018	18
Helyum	0.00052	5.2
Metan	0.00015	1.5
Kripton	0.0001	1
Hidrojen	0.00005	0.5
Ksenon	0.000008	0.08
Azotdioksit	0.0000001	0.001
Ozon	0.000002	0.02

Bunların dışında havada %1-3 oranında su buharı ve çok az miktarda kükürtdioksit, formaldehit, iyot, sodyum klorür, amonyak, karbonmonoksit, toz ve polenler bulunur. Çizelge 2.1’de görüldüğü gibi örneğin metan hem kirleticidir hem de havanın doğal bileşiminde yer almaktadır (İncecik, 1994; Frederick, 2008).

Atmosfer, hidrosfer, biyosfer ve litosfer mükemmel bir denge halindedir. Hava ve yerküre arasındaki yağış, yer üstü ve yer altı su akımları, buharlaşma gibi pek çok

değişik süreç sonucunda meydana gelen bir etkileşim söz konusudur. Bu nedenle havaya herhangi bir zararlı madde salınımı yapıldığı zaman tüm bu süreçler birden etkilenir (EPA, 1997).

Çevre kirliliği problemleri arasında hava kirliliği, bir kez kaynaktan salındıktan sonra artık geri dönüşü olmaması, alıcı ortamdan arıtılmasının mümkün olmaması ve kısa sürede geniş alanlara yayılarak büyük kitleleri etkilemesi gibi özelliklerinden dolayı ayrı bir öneme sahiptir (Borrego ve diğ., 2002).

2.1 Hava Kirliliği Kaynakları

Hava kirliliğine yol açan kaynaklar temel özellikleri göz önüne alınarak iki ana grupta değerlendirilmektedir. Bunlar; doğal hava kirliliği kaynakları ve antropojenik hava kirliliği kaynaklarıdır.

2.1.1 Doğal hava kirliliği kaynakları

Doğal hava kirliliği kaynakları, doğal olaylar sonucu ortaya çıkan insan etkisinin olmadığı kirleticilerdir. Hava kirlenmesine neden olan doğal kaynaklar;

- Volkanlar
- Orman yangınları
- Tozlar
- Okyanus spreyleri
- Buharlaşma ve biyogenik faaliyetler olarak sıralanabilir.

2.1.1.1 Volkanlar

Yer kabuğundaki değişimlerle ortaya çıkan volkanik faaliyetler esnasında meydana gelen gaz ve partiküller atmosferde fon kirliliği denilen seviyeleri oluşturur. Volkanlar rastgele zamanlarda ya da sürekli bir şekilde önemli miktarlarda SO₂, CO₂, partiküler madde ve diğer gazları yayma özelliğine sahiptirler. Atmosferin radyasyon dengesini olumsuz yönde etkileyebilecek özellikleri nedeniyle, volkanlar doğal hava kirliliği kaynakları içerisinde ön planda yer alırlar (İncecik, 1994; Arya, 1999).

2.1.1.2 Orman yangınları

Orman yangınları yoluyla atmosfere büyük miktarlarda duman, CO, CO₂, NO_x, hidrokarbonlar ve eser gazlar yayılır (Arya, 1999). Ormanların yanması insan kaynaklı olabildiği gibi yıldırım gibi doğal etkiler sonucu da olabilmektedir. Orman yangınlarının asılı partiküler madde olarak en önemli kaynaklardan biri olduğu bilinir.

2.1.1.3 Okyanus spreyleri

Okyanuslar ve denizler üzerinde tuz spreyleri şeklindeki oluşumlar buharlaşma ve rüzgarlar ile atmosfere transfer edilir ve atmosferde hava kirliliğine sebep olurlar.

2.1.1.4 Buharlaşma ve biyogenik faaliyetler

Eser gazların büyük bir kısmı okyanus ve büyük su yüzeylerinden buharlaşma yolu ile atmosfere transfer olurlar.

Biyogenik faaliyetlerden kaynaklanan hidrojen ve karbon temelli gazlar, doğal kaynaklı kirleticilerdir. Bu kirleticiler; fotosentez vb. metabolik faaliyetlerden salınabilmektedir. CO, CO₂, metan ve organik bileşikler bu kirleticilere örnek olarak verilebilir (Tecer, 2011).

2.1.1.5 Tozlar

En büyük partikül kaynaklarından biri olan çöl bölgelerinde kalın kum tabakaları rüzgarlarla taşınabilmektedir. Bu şekilde tozlar uzun mesafelere taşınabilmektedir.

2.1.2 Antropojenik (yapay) kaynaklar

Bu kaynaklar, hammaddeleri insanların kullanımına sunabilmek için gereken süreçler sonucunda oluşurlar, yani insanlar tarafından meydana getirilen kaynaklardır. Yapay kaynaklar kaynak hareketlerine göre “hareketli kaynak” ve “sabit kaynak” olmak üzere ikiye ayrılır (Okutan ve diğ., 1993).

2.1.2.1 Sabit kaynaklar

Sabit kaynaklar; katı, sıvı ve gaz yakıtların yakılması ile herhangi bir üretim prosesi esnasında oluşan kirleticilerin bir baca yoluyla atmosfere emisyonun salındığı kaynakları içerir. Bunlardan bazıları, petrol rafinerileri, petrokimya entegre tesisleri,

kimya sanayi ve tarımsal mücadele ilaçları, enerji üretimi (termik santraller), selüloz ve kağıt sanayi, demir-çelik sanayi, çimento sanayi, gübre sanayi, şeker sanayi, taş toprak sanayi, tekstil sanayi, lastik sanayi, ev ve iş yerlerinde ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar, bakımsız yollar, bitki örtüsü yok olmuş açık arazilerdir (Borat ve diğ., 1999).

2.1.2.2 Hareketli kaynaklar

Hareketli kaynaklar; kara, deniz ve hava taşımacılığında kaynaklanan kirleticilerdir. Taşımacılıkta mazot, benzin veya jet yakıtı gibi yakıtlar tüketilmekte olup taşıtların egzozlarından atmosfere verilen hava kirleticiler, katı, sıvı ve gaz yakıtlarının yanmasıyla oluşan yanma ürünlerinin benzeridir.

2.1.2.3 Diğer kaynaklar

Yanmadan, taşıt egzozlarından ve endüstrilerden kaynaklanan hava kirliliğinin yanı sıra “diğer kaynaklar” olarak adlandırılan ve tüm kaynaklar kadar önemli olan ancak çoğu kez göz ardı edilen hava kirliliği kaynakları mevcuttur. Bunlar; çöplerin yanması, kirlı su kütleleri ve inşaat faaliyetleridir. Çöplerin anaerobik şartlarda yavaş yavaş bozunması sonucu CO₂ ve H₂S meydana gelmektedir. İçerisinde fazla miktarda organik kirleticiler içeren su kütleleri ise anaerobik bozuşma sonucu atmosfere H₂S ve diğeri gazları bırakmaktadır. İnşaat faaliyetleri sonucunda ise özellikle partiküler maddelerin havayı kirlittiği bilinmektedir (Okutan ve diğ., 1993).

2.2 Hava Kirleticileri

Hava kirleticileri, havanın tabi bileşimini değıştiren gaz, sıvı veya katı halde olabilen kimyasal maddelerdir (Borat ve diğ., 1999). Hava kirleticiler atmosferde çok değışik şekillerde bulunabilmektedir. Dolayısıyla kirleticilerin sınıflandırılmasına gereksinim duyulur. Kirleticiler, atmosferde yer alış durumları ve fiziksel durumlarına göre sınıflandırılır.

2.2.1 Kirleticilerin atmosferde yer alış durumları

Kirleticiler, atmosferde yer alış durumlarına göre birincil ve ikincil kirleticiler olarak ikiye ayrılır. Birincil kirleticiler kaynaklardan atmosfere doğrudan verilen kirleticilerdir. Atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşanlar ise ikincil kirleticiler olarak adlandırılır. Örneğın, fotokimyasal oksidantlar (ozon,

peroksiasetilnitrat [PAN], NO₂) atmosferde, solar radyasyon (bilhassa UV bölgesindeki güneş ışını) ile birtakım bileşiklerin (NO₂, hidrokarbonlar vb.) zincirleme reaksiyonları neticesinde teşekkül ettikleri için ikincil kirletici grubuna girerler. Aşağıda Çizelge 2.2’de birincil ve ikincil hava kirleticilerinin genel sınıflandırılması görülmektedir.

Çizelge 2.2 : Birincil ve ikincil hava kirleticilerinin genel sınıflandırılması.

Sınıf	Birincil kirleticiler	İkincil kirleticiler
Kükürtlü bileşikler	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , sülfatlı bileşikler
Organik bileşikler	C ₁ -C ₅ bileşikleri	Ketonlar, aldehytler, asitler
Azot bileşikleri	NO, NH ₃	NO ₂ , NO ₃ bileşikleri
Karbonun oksitleri	CO, CO ₂	Yok
Halojenler	HCl, HF	Yok
		Fotokimyasal Oksidantlar (Ozon, PAN, NO ₂)

İkincil kirleticilerin kontrolü, birincil kirleticilerin kontrolüne nazaran genellikle daha zordur. Çünkü, bu kirleticilerin atmosferdeki varlıklarının denetimi ve azaltılması, bu tür maddelerin oluşumuna yol açan kimyasalların tanımlanması ve kaynaklarının belirlenmesi ile havadaki ikincil kirleticilerin oluşumuna yol açan spesifik tepkimelerin tespitini gerektirir. İkincil kirletici oluşumuna yol açan kimyasal tepkimeler, öncüller arasında karmaşık etkileşimlerin bulunduğu durumlarda daha da karmaşık bir hal alır (Özkurt, 2011).

2.2.2 Kirleticilerin atmosferde fiziksel durumları

Kirleticiler fiziksel durumlarına göre; gaz ve partikül halindeki kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Atmosfere salınan kirleticilerin %90’ını gazlar, %10’unu katı ve sıvı haldeki partikül maddeler oluşturur (Bretschneider ve Kurfürst). Aşağıda kirleticilerin fiziksel durumlarına göre sınıflandırılmasına ait çizelge verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Kirleticilerin fiziksel durumlarına göre sınıflandırılması.

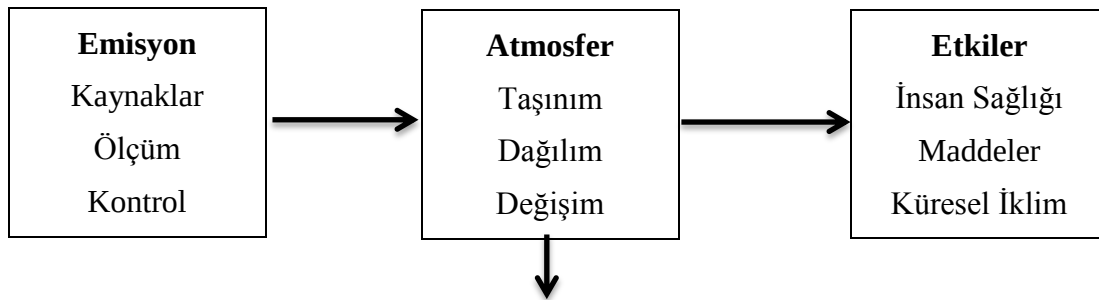
Gazlar	Partikül Maddeler
Kükürt Oksitler (SO _x)	Toz, Partiküler Madde
Azot Oksitler (NO _x)	Duman, Fume
Karbonmonoksit (CO)	Sis
Hidrokarbonlar (HC)	Mist
	Uçucu Kül
	Kurum
	Aerosol

Gaz halindeki kirleticilerin kaynakları genellikle üç kategoride toplanabilir. Bunlar; yanma, sanayi tesisleri ve doğal kaynaklardır. Partiküler kirleticiler de yanma, sanayi prosesleri ve doğal kaynaklardan atmosfere verilen kirleticiler olup katı veya sıvı halde bulunabilen maddelerdir.

2.3 Meteorolojik Koşullar ve Hava Kirlenmesinde Meteorolojinin Etkisi

Meteoroloji, atmosfer dinamiğini inceleyen bir bilim dalıdır. Bu çerçevede havanın hareketi ve atmosferde cereyan eden yağış, ısı değişimleri vb. olaylar incelenir, tahmin edilir. Meteorolojinin kirleticilerin dağılımı ve reaksiyonları açısından hava kirlenmesinde önemli bir yeri bulunmaktadır (Alp ve Tünay,1996).

Hava kirleticilerinin atmosferdeki süreçleri üç ana kategoride toplanabilir. Bunlar; emisyon, atmosfer ve etkileridir. Şekil 2.1 bu üç prosesin bileşenlerini göstermektedir. Emisyon kısmında kirleticilerin kaynakları, ölçüm teknikleri ve kontrol mekanizmaları mevcuttur. Bu kısım, kirleticilerin kaynaktan oluşmaya başlayıp bacadan atılana kadar olan süreci kapsamaktadır. Atmosfer bölümü kirleticilerin karmaşık ve kaotik davranışlar sergileyebildikleri bölümdür. Meteorolojik değişkenler kirliliğin taşınımında, dağılımında ve değişiminde çok önemli roller üstlenmektedirler. Bu safha kirleticilerin atmosferden temizlenmesine kadar sürer. Temizleme süreci uzadıkça ve kirlilik atmosferde daha uzun süre kaldıkça etkilerin ortaya çıkma olasılıkları artar. Etkiler kısmı ise kirleticilerin insan sağlığı, canlı ve cansız maddeler ve küresel iklim üzerindeki tesirlerini kapsamaktadır (Url-1).



Şekil 2.1 : Kirleticilerin doğal kaynaklarda temizlenmesi.

Bir kaynaktan çıkan kirleticilerin atmosferdeki dağılımları rüzgar hızı ve yönü, sıcaklık, güneş ışığı oranı, basınç, karışma yüksekliği, bulutluluk ve yağışlılık gibi meteorolojik koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Demirarslan ve diğ.).

Atmosferde basıncın yatay düzlemde değişimi, yatay hareketler ve kirliliğin dağılımı üzerinde ciddi bir etki oluşturmaktadır. Rüzgar denilen hava hareketi, yüzeylerin farklı ısınmasından kaynaklanan basınç gradyanının mevcudiyetinde gerçekleşir. Basınç gradyanı yoksa rüzgar da olmaz. Basınç gradyanı ne kadar büyükse rüzgar da o denli şiddetli olur. Rüzgar'a bağlı uzaklık incelendiğinde gazların deşarj noktasından gidebileceği maksimum uzaklık kirletici gazların atmosfer içerisindeki maksimum çözünürlüğüne bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Kaynaktan ne kadar çok uzaklaşırsa, yer seviyesindeki kirletici konsantrasyonları o miktarda azalmaktadır. Hakim rüzgar yönü, plume akımının yönünü de belirlemektedir. Rüzgarın hızı plume akımına etki etmektedir. Hızlı bir rüzgarda plume akımı da hızlı olacaktır. Ayrıca seyrelme oranı da artacaktır (Url-2).

Rüzgar hızının etkileri iki farklı grupta anlatılabilir:

- Artan rüzgar hızı Plume yükselmesini azaltacak böylece yer seviyesindeki konsantrasyonlar artacaktır.
- Artan rüzgar hızı atmosferdeki karışımı arttıracak böylece yer seviyesindeki konsantrasyonlar azalacaktır.

2.3.1 Atmosferik kararlılık

Kirleticilerin atmosferde dağılımı havanın düşey karışımına bağlıdır. Stabil bir atmosfer düşey karışımın olmadığı, hava tabakalarının düşey doğrultuda hareket edemediği dolayısıyla kirleticilerin yüzeye yakın kısımda biriktiği, dağılamadığı koşulları temsil eder. Stabilité belli bir yerde yersel koşullar nedeniyle havanın yüksekliğe göre sıcaklık dağılımının adyabatik sıcaklık düşüm hızından farklılaşması sonucu ortaya çıkar.

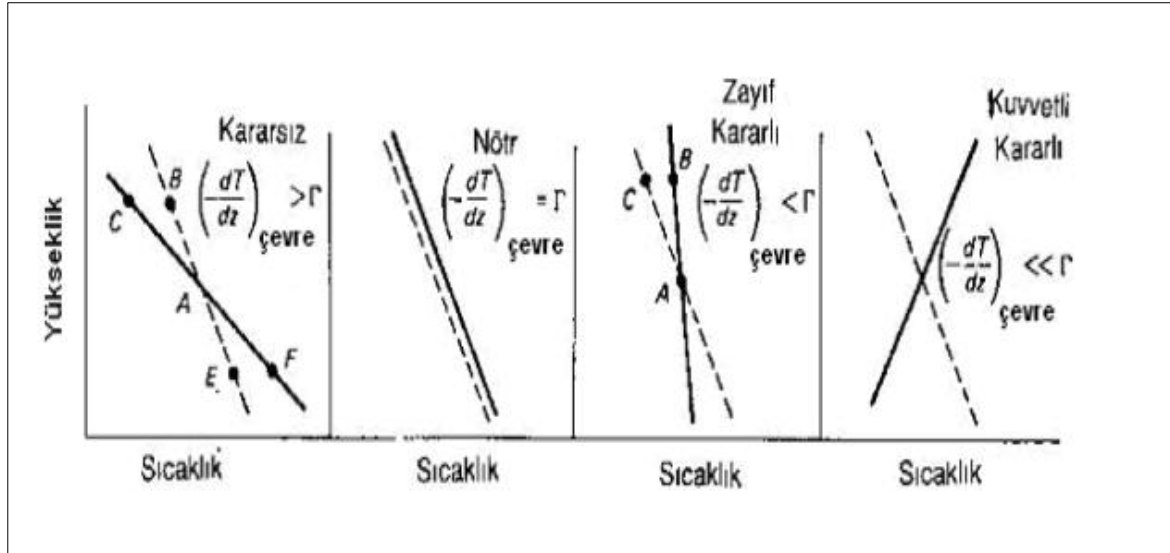
Atmosferde sıcaklığın yükseklikle değişimi, düşey hareketler ve kirliliğin dağılımı üzerinde ciddi bir etki oluşturmaktadır. Soğuk havanın yukarıda, sıcak havanın aşağıda bulunduğu durumlar kararsız durumlar olarak nitelenmekte ve böyle şartlarda düşey hareketler hava kirliliğini yukarı seviyelere taşıyıp yüzeyin temizlenmesini sağlamaktadır. Sıcak havanın yukarıda, soğuk havanın aşağıda bulunduğu durumlar ise kararlı durumlar olarak nitelenmekte ve böyle şartlarda düşey hareketler mevcut olmamaktadır ve hava kirliliği yer yüzeyi ve yakınlarında kalır.

Atmosferde yükselen hava parselleri genişler ve sıcaklığı düşer. Isı alışverişi olmadan (adyabatik) ve kuru olarak gerçekleşen böyle bir harekette sıcaklık 100m’de 0.98°C düşer (kuru adyabatik laps hızı). Bu hava parselinin düşey olarak hareket etmeye devam mı edeceği, yoksa olduğu yerde mi kalacağı atmosferik kararlılıkla belirlenir. Dolayısıyla atmosferin kararlılığını belirlemek için radyozonde verisinden elde edilen gerçek düşey sıcaklık gradyanı ile kuru adyabatik laps hızı karşılaştırılır.

Sıcaklığın yükseklikle 100m’de 0.98°C’den daha az düştüğü, değişmediği veya arttığı durumlarda düşey hareketler engelleneceğinden, atmosfer mutlak kararlı olarak sınıflanır. Sıcaklığın yükseklikle arttığı durumlar inversiyon olarak adlandırılmakta, atmosferin en kararlı durumunu göstermekte ve hava kirliliği açısından en kritik anları temsil etmektedir.

Nötr durumda çevre havası adyabatik düşüm hızına eşittir ve havanın düşey harekete herhangi bir etkisi olmaz.

Sıcaklığın yükseklikle 100 m’de 0.98°C’den daha fazla düştüğü durumlarda düşey hareketler destekleneceğinden, atmosfer mutlak kararsız olarak sınıflanır. Bu durumda kirleticiler yukarı seviyelere taşınacağından hava temiz olacak ve bulut ve yağış oluşumları da gözlenebilecektir. Aşağıda çeşitli stabilite durumlarını gösteren şekil verilmiştir. dT/dz çevresel sıcaklık hızını temsil eder ve Γ olarak gösterilir.



Şekil 2.2 : Kararlılık durumları.

Kararlılık sınıflandırması değişken meteorolojik durumlar göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Bu meteorolojik koşullar, rüzgar hızı, güneş radyasyonu (gün

boyunca) ve bulutluluktur. 1950’lerde Pasquill ve Gifford atmosferin bu durumunu çizelge 2.4’de görüldüğü gibi sınıflandırmışlardır.

Çizelge 2.4 : Meteorolojik durumlara göre kararlılık kategorileri.

10 m yükseklikteki rüzgar hızı,m/sn	Gündüz			Gece	
	Solar Radyasyon Şiddeti			Bulut Kapalılığı	
	Kuvvetli	Orta	Zayıf	>50%	<50%
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

2.3.2 Türbülans

Türbülans ısı farkları sonucu oluşan konveksiyon akımları (dg/dz) ve rüzgar kayma etkileri (du/dz) sonucu rüzgar dalgalanmaları ile ortaya çıkar. Atmosferde oluşan türbülanslar, kirleticilerin çözünürlüklerinde ve taşınımalarında en önemli etkindir. Atmosfer ne kadar kararsız bir yapı sergiliyorsa gazların çözünmesi de o kadar fazla olur.

2.3.3 İnversiyon

Hava kirliliği üzerinde etkili meteorolojik parametrelerin önemlilerinden birisi de yeryüzünden ısıma ve yüksek basınç koşulları altında meydana gelen sıcaklık terslemesidir (inversiyon).

İnversiyon durumunda kirletici unsurlar yükselerek dağılamadığından hava kirliliğine yol açarlar. Kirleticilerin dağılımına imkan vermeyen ve hava kirlenmesi açısından son derece olumsuz koşulları getiren sıcaklık terselmesi; ısımanın arttığı, havanın açık, sakin ya da hafif rüzgarlı olduğu yüksek basınç koşulları altında genellikle kış aylarında gerçekleşir (Karadağ 1999). Başlıca inversiyon oluşumları aşağıda açıklanmıştır.

2.3.3.1 Radyasyon inversiyonu

Yüksek basınç şartları altında bulutsuz ve sakin rüzgarlı günlerde radyasyon inversiyonu gerçekleşir. Radyasyon inversiyonu genel olarak geceleri başlar. Bulutsuz gecelerde yer ısını hızı şekilde yayar. Sonuç olarak hem yer hem de yere

yakın hava tabakası hızlı şekilde soğur. Üst tabakadaki hava tabakası ise daha sıcak hale geçer. Böylece radyasyon inversiyonu oluşur. Bu durumda yer daha soğuktur.

Radyasyon inversiyonu havada sis oluşumunu başlatır, aynı zamanda gazları ve partikülleri içinde tutar. Güneş ışınları sabah soğuk yer tabakasına nüfuz ederek inversiyonu kırmaya çalışır. Isınan hava ile sis tabakası ortadan kalkar. Eğer hava çok sakın ve aşırı nemli ise güneş ışınlarının radyasyon inversiyonunu ortadan kaldırması zaman alabilir. Bu birkaç saatten birkaç güne kadar sürebilir.

2.3.3.2 Çökme inversiyonu

Yüksek basınç şartları altında açık havalar (bulutsuz havalar) ile sakın rüzgarlı hallerde, bir tepe, dağ bölgesi, engel gibi yüksek bölge üzerinden dağ eteği veya vadi üzerine gelen soğuk hava tabakası aşağı doğru inerken sıkışır. Sıkışan hava ısınır. Böylece yerden belli bir yükseklikte sıcak hava tabakası oluşur. Yer seviyesindeki hava kütlesi inversiyon tabakasına kadar yükselir. İnversiyon tabakası bir kapak gibi hareket ederek hava kütlesinin ve kirleticilerin yükselmesini ve dağılmasını engeller. Çökme inversiyonu radyasyon inversiyonuna göre daha etkilidir ve genel olarak ilkbahar ve sonbahar aylarında daha sık aralıklarla meydana gelir.

2.3.3.3 Cephe inversiyonu

Soğuk hava kütlesi hareketleri sırasında sıcak hava tabakalarının altından geçerken oluşur. Kısa sürelidir. Çoğunlukla yağış getirir.

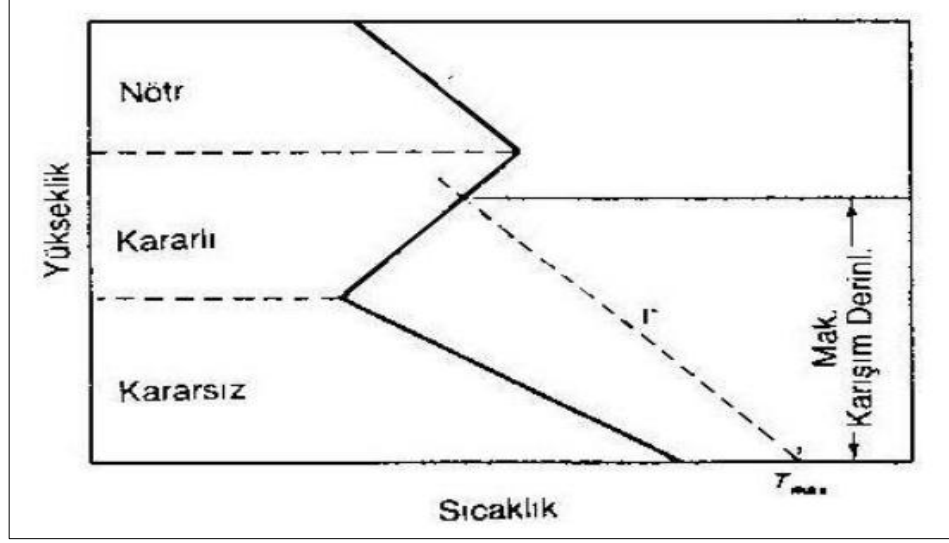
2.3.3.4 Yersel inversiyonlar

Coğrafi özelliklere bağlı yersel oluşan inversiyonlardır. Örneğin meltem inversiyonusu sıcak havanın soğuk su yüzeylerinin üzerinden geçmesi ile oluşur. Bunun dışında vadi ile kanyonlarda yüzeyde ve dipte soğuk hava akımlarının oluşması ile inversiyonlar meydana gelmektedir.

2.3.4 Maksimum karışma derinliği

Maksimum karışma derinliği gün boyunca rastlanan yer sıcaklığıyla o güne ait sıcaklık profilinin kesiştiği seviyedir. Güneşli bir günde yerde ısınan ve yükselen hava tabakası sıcaklığı çevre havasının sıcaklığına eşit olunca durur. Karışma yüksekliği aşağıdan yüzme kuvvetleri ile gelen kirli hava paketlerinin ulaşabileceği

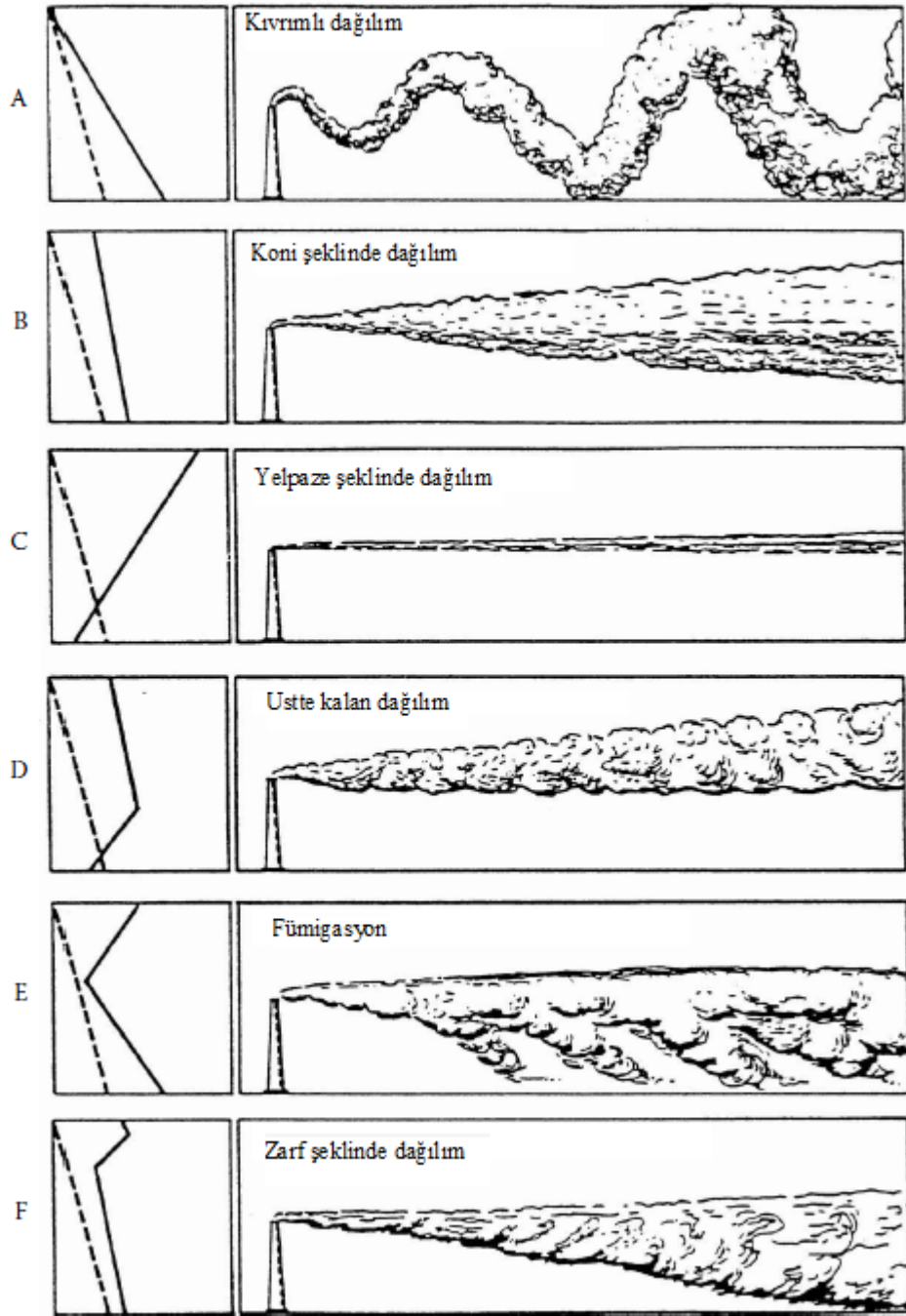
maksimum yüksekliktir. Şekil 2.3’de yüksekliğe bağlı olarak çevre havasının değişimi, kuru adyabatik düşüm hızı ve maksimum karışım derinliği gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : Maksimum karışma derinliği.

2.3.5 Atmosferin kararlılığına bağlı baca dumanlarının dağılımı

Havanın kararlılığına göre bacadan atılan duman değişik hüzme şekilleri oluşturabilmektedir. Havanın kararsız olduğu durumlarda kirleticiler düşey yönde hem yukarı hem de aşağıya doğru rahatça hareket edebilirken, kararlı olduğu durumlarda bu hareketler engellenmekte hüzme şekilleri de buna göre belirlenmektedir. Şekil 2.4 değişik hüzme şekillerinin havanın kararlılığına göre nasıl oluştuğunu göstermektedir. Burada yukarı doğru olan eksen, düşey (z) eksenini; yatay eksen, sıcaklığı (T) göstermektedir.



Şekil 2.4 : Havanın kararlılığına göre baca dumanlarının dağılımı.

Kıvrımlı dağılım (lopping), konvektif türbülansın hakim olduğu durumlarda oluşur. Bunun için süperadyabatik koşullar gereklidir. Açık, sıcak günlerde rüzgarın hafif olduğu zaman oluşur. Kirleticiler zaman zaman kısa süreli olarak yer seviyesine taşınabilir.

Koni (coning) şeklindeki dağılım nötral koşullarda az şiddette mekanik türbülans olduğunda ortaya çıkar. Bulutlu günlerde oluşur. Kirleticiler iyice dağılarak seyreltilir.

Yelpaze (fanning) şeklindeki dağılım inversiyonun yüzeyden itibaren baca yüksekliğinin üstüne kadar etkili olması, baca dumanlarının tamamen inversiyon tabakası içinde kalması halinde oluşur. Kirleticiler çok fazla dağılmaz ancak yere de ulaşmaz.

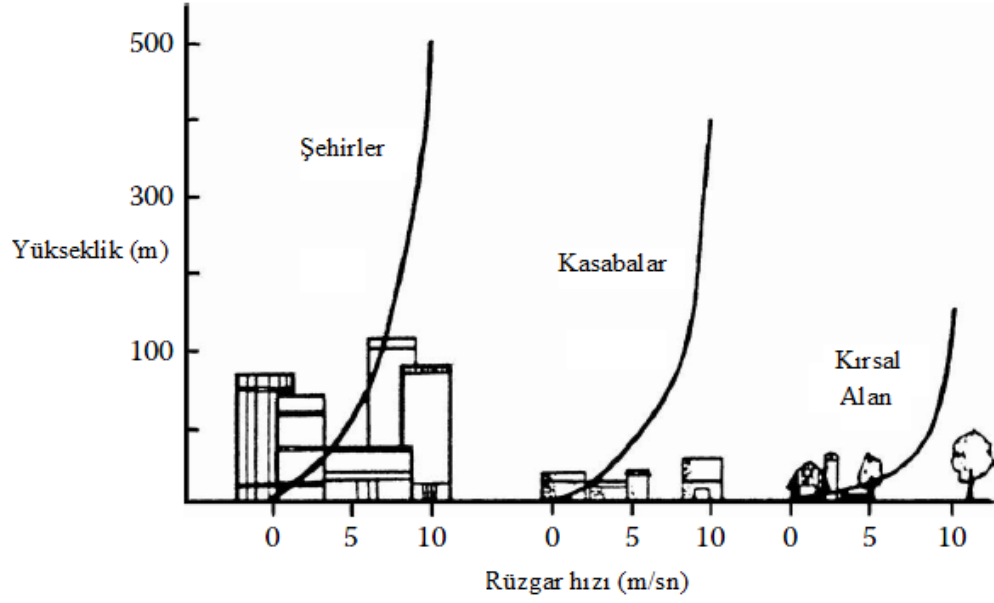
Fümigasyon (fumigation) inversiyon tabakasının bacanın hemen üstünde başlaması, bunun altında stabil olmayan havanın bulunması halinde oluşur. Açık ve rüzgarlı günlerde gece hakim olan kuvvetli inversiyon sabah yerin ısınması ile inversiyon tabakası yükselir ve baca üstüne çıktığında fümigasyon oluşur. Genellikle yazın oluşur ve 1 saatten az sürer. Kirleticiler yere doğru yayılacağından tehlikeli bir oluşumdur.

Üstte kalan (yukarı dağılma, lofting) dağılım fümigasyonun tersi, yani inversiyon tabakasının bacanın hemen altında kaldığı halde oluşur. Genellikle açık havada ve akşama doğru radyasyonla inversiyonun başlaması ve yavaş yavaş yükselmesi halinde ortaya çıkar, bir geçiş durumu olduğundan kısa sürelidir. Kirleticiler yere ulaşmayacağından avantajlıdır.

Zarf (trapping) halinde dağılım baca seviyesinin hem altında hem de üstünde inversiyon tabakası halinde oluşur.

2.3.6 Rüzgar hızı profili

Hava hareketleri yeryüzeyinde sürtünme kuvvetleri ile etkilenmektedir. Yeryüzünün şekli ve örtüsü sürtünmeyi etkileyecek ve bu etki gezegen sınır tabakası boyunca kendini gösterecektir. Tabakanın yüksekliği stabilite arttıkça azaldığından etkinin sürdüğü yükseklik stabiliteye de bağlıdır. Rüzgar hızının yüzeyden itibaren değişimi (rüzgar hızı profili) çeşitli yüzey şekilleri için temsili olarak Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5 : Rüzgar hızının yüzeyden itibaren değişimi (rüzgar hızı profili).

Ortalama rüzgar hızının yükseklikle değişimi 2.1’de verilen ampirik denklemi ile belirlenir ;

$$\frac{u_1}{u_2} = \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^p \quad (2.1)$$

Denklemden;

- u_1 : z_1 yüksekliğindeki rüzgâr hızı
- u_2 : z_2 yüksekliğindeki rüzgâr hızı
- p : atmosferin kararlılığına ve topografyaya bağlı katsayı

Rüzgar hızı profili denklemi için kırsal ve kentsel bölgeler için kararlılık sınıflarına göre farklı katsayılar kullanılmaktadır. Bu katsayıları içeren çizelge aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 2.5 : Rüzgar hızı profili denklemi için p katsayıları.

Kararlılık Sınıfı	Kırsal Bölge	Kentsel Bölge
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

Başta rüzgar olmak üzere tüm meteorolojik faktörler ve topografik koşullara bağlı olarak, kirleticiler kaynaklarından yüzlerce hatta kilometrelerce uzaklıktaki alıcı ortamlara ulaşabilirler ve kirleticiler atmosferde çeşitli fiziksel ve kimyasal değişimlere uğrayabilirler. Bu sebeple taşındıkları bölgede de kirliliğe neden olurlar.

Hava kirleticilerinin taşınması dört grupta incelenebilir (Memon,2000; Özkurt,2011).

- Yakın mesafe taşınım: Kaynaktan çıkan kirleticinin bina çökeltmesi mekanizması nedeniyle aynı bölge içinde kalması durumudur. Özellikle bina yüksekliğinin sebep olduğu durgun atmosferden dolayı yüksek binalar arasında yer alan kaynaktan çıkan kirletici ancak yakın mesafeye taşınabilir.

- Kısa mesafe taşınım: Kirleticinin kaynağından maksimum 10 km uzaklıktaki mesafeye kadar taşınımıdır. Birincil kirleticilerin yer seviyesindeki maksimum konsantrasyonu genellikle bu mesafede meydana gelir.

- Orta mesafe taşınım: Kirleticinin kaynaktan 10 km-100 km arası mesafelere taşınımıdır. Kirleticilerin bu mesafelere taşınımı sırasında kimyasal reaksiyonlar ve seyrelme etkindir.

- Uzun mesafeli taşınım: Kirleticinin 100 kilometreden daha uzak mesafelere taşınımıdır. Taşınım sırasında meteorolojik faktörler ve doğal giderim prosesleriyle seyrelme etkindir.

2.4 Hava Kalite İndeksi

Farklı hava kirleticilerinin farklı konsantrasyon ve sürelerde farklı etkiler oluşturması dikkate alınarak günlük hayatta daha kolay anlaşılabilmesi için hava kirliliği seviyesi veya hava kalitesi düzeyi, hava kalitesi indeksi (HKİ) olarak ifade edilen bir sayısal ölçekle anlatılır. Bu ölçek, bir de renk skalası ile görselleştirildiğinde geniş halk kitleleri tarafından kolaylıkla algılanabilmektedir ve halk yaşadığı bölgede havanın kirlilik düzeyi ve neden olabileceği sağlık sorunları hakkında bilgi sahibi olabilmektedir.

5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar;

- Partikül maddeler (PM₁₀)
- Karbon monoksit (CO)
- Kükürt dioksit (SO₂)

- Azot dioksit (NO₂)
- Ozon (O₃)

Hava Kalite İndeksi 6 kategoriden oluşmakta ve 1 ölçeği çok iyi kalitede (çok temiz) havayı; 6 ise çok kötü kalitede (çok kirli) havayı işaret etmektedir. Bu ölçek değerleri matematiksel bir hesaplama ile bulunmayıp, sadece havada ölçülen kirlenici konsantrasyonların etkileri bakımından sınıflandırmasını ifade etmektedir.

Ülkemizde hava kalitesi seviyesi için kullanılan HKİ ölçeği ve ilgili renkler çizelge 2.6'da verilmiştir (Url-3).

Çizelge 2.6 : Hava kalite indeksi ölçeği ve ilgili renkler.

Hava Kalitesi İndeksi HKİ aşağıda belirtilen aralıkta olduğunda	Sağlık Seviyesi Hava Kalitesi	Renkler Aşağıda belirtilen renkler ile sembolize edilir
1	Çok iyi	Açık Yeşil
2	İyi	Yeşil
3	Yeterli	Koyu Yeşil
4	Orta	Sarı
5	Kötü	Turuncu
6	Çok kötü	Kırmızı

Karbonmonoksit, normal şartlar altında renksiz, tatsız, kokusuz ve kimyasal olarak inert olup ortalama atmosferik ömrü 2.5 aydır. Karbonmonoksitin yapılar, bitkiler ya da eşyalar üzerindeki etkisi çok azdır. 100 ppm konsantrasyonda bile CO'nin bitkilere ve eşyalara herhangi bir zararlı etkisi tespit edilmemiştir. Ancak kandaki oksijen transferinden dolayı sorumlu bileşik olan hemoglobinle kolay reaksiyon vermesi nedeniyle yüksek konsantrasyonlarda insanın aerobik metabolizmasına ciddi olarak etki yapar. Karbonmonoksiti kandaki hemoglobinle (Hb) ile reaksiyona girerek onu kanın oksijen taşıma kapasitesi çok daha düşük olan karboksi hemoglobin (COHb) şekline dönüştürür. İstanbulda yapılan araştırmalarda bazı cadde kavşak noktalarında CO konsantrasyonunun bir saatlik sürede 48 mg/m³'e (55 ppm) kadar çıkabileceği görülmüştür. Böyle bir yerde bir saat trafiğe takılan bir kişinin kanındaki COHb seviyesinin %2.3'e ulaşacağı hesaplanmaktadır. Bu temas, merkezi sinir sistemine etki ederek insanların zaman aralıklarını ve ışık parlaklığını ayırt etme yeteneğini bozar.

Hidrokarbonların atmosferik koşullarda canlılar ve eşyalar üzerinde herhangi bir toksik etkisi doğrudan saptanmamıştır. Ancak hidrokarbon üretilen ve kullanılan endüstrilerde yapılan çalışmalarda 25 ppm hidrokarbon bulunan bir hava ortamında

herhangi etki saptanmazken, 500 ppm benzen bulunan bir çalışma ortamında insanlar sadece 1 saat dayanabilmektedir. 600 ppm toluen bulunan bir atmosferde ise insan 8 saatte zehirlenmektedir. 7500 ppm benzen bulunan bir atmosferde insanların bir saat içerisinde, 20000 ppm benzen konsantrasyonunda ise 10-15 dakikada öldüğü tespit edilmiştir.

Kükürtoksitler, renksiz, yanmaz, ve parlamaz bir gaz olup boğucu bir kokusu vardır. Konsantrasyonu $784 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.3 ppm) eşik değerine geldiğinde tadı, $1306 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.5 ppm) eşik değerine geldiğinde kokusu fark edilir. Solunum yolu rahatsızlıkları ve akciğer yetmezliğine neden olur. Bitkilere zarar verir, metal yüzeylerinin korozyonla aşınmasına neden olur, kireç, mermer, sıva gibi yapı malzemelerini tahrip eder ve asit yağışlarıyla bitki örtüsü ve ormanları tahrip eder.

Azotmonoksit (NO) oldukça inert bir gazdır ve yalnızca orta derecede toksiktir. Her ne kadar NO, CO gibi hemoglobinle birleşerek kanın oksijen taşıma kapasitesini azaltırsa da, dış havada genel olarak NO konsantrasyonu $1.22 \text{ mg}/\text{m}^3$ (1ppm)'den küçük olduğundan, NO sağlığa zararlı olarak düşünülemez. Ancak NO kolayla oksitlenerek biyolojik açıdan önemli olan NO_2 'ye dönüşür ve NO_2 akciğerlerin alveollerini tahriş eder. Azotoksitin $285 \text{ mg}/\text{m}^3$ (150 ppm) ve daha fazla miktarları insanlar için öldürücüdür. NO'nun laboratuvar şartlarında bitkiler üzerinde herhangi bir zararı gözlenmemiştir.

Partikül maddeler ise güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak enerji akışını değiştirir, görüş mesafesini kısaltır. İnsan, hayvan ve bitki sağlığına olumsuz etki yapar.

Hava kalite indeksine temel teşkil eden kirleticilerin HKİ konsantrasyon seviyeleri de çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.7 : Hava kalite indeksi konsantrasyon seviyeleri.

	SO_2	NO_2	CO_2	O_3	PM_{10}
Hava Kalite İndeksi	1 saatlik ortalama [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24 saatlik ortalama [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24 saatlik ortalama [mg/m^3]	1 saatlik ortalama [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	24 saatlik ortalama [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1 (Çok İyi)	0 -50	0 - 45	0 – 1,9	0 - 35	0 – 25
2 (İyi)	51-199	46 - 89	2,0 – 7,9	36 - 89	26-69
3 (Yeterli)	200-399	90 - 179	8,0 – 10,9	90 - 179	70-109
4 (Orta)	400-899	180 - 299	11 – 13,9	180 - 239	110-139
5 (Kötü)	900-1499	300- 699	14,0 - 39,9	240 - 359	140-599
6 (Çok Kötü)	>1500	> 700	> 40,0	> 360	> 600

2.5 Hava Kalitesi Yönetimi

Hava kalitesi insan ve çevre sağlığına etki eden hava kirliliğinin bir göstergesi olup, alıcı tarafından algılanan dış ortam havasının kompozisyonu olarak tanımlanır.

“Hava kalitesi yönetimi” doğrudan atmosfere bırakılan emisyonların insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek seviyelerde tutulması ya da bu seviyelere indirmek için gerekli önlemlerin alınması için yapılan tespit ve iyileştirme çalışmalarının tümüdür (Özkurt, 2011).

Atmosferdeki hava kirleticilerin olumsuz etkilerinin ortaya çıkmaması için aşmaması gereken konsantrasyon seviyeleri, diğer bir deyişle hava kalitesi sınır değerleri belirlenir. Bu konsantrasyon seviyeleri, insan sağlığının korunması amacıyla çevrede kısa ve uzun vadeli olumsuz etkilerin ortaya çıkmaması için atmosferdeki hava kirleticilerin bir arada bulunduklarında, değişen zararlı etkileri de göz önüne alınarak belirlenmiş derişimler ile ifade edilen seviyelerdir. Ülkemizdeki kötü kentleşme, hızlı sanayileşme sonucu büyükşehirler başta olmak üzere pek çok bölgede çevre kirliliği büyük bir sorun halini almıştır. Özellikle hava kirliliği yoğun bir şekilde karşımıza çıkmakta olup çevre ve insan sağlığını tehdit eder duruma geldiği gözlemlenmektedir. Dolayısıyla, hava kalitesi çalışmalarının; hava kirliliği açısından hassas olan bölgeler başta olmak üzere tüm bölgelerde yapılması zorunlu hale gelmiştir.

Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığına zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotlar ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak uyarı eşikleri aracılığıyla halkın bilgilendirilmesini sağlamak amacıyla amacıyla “Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği” (HKDYY) (R.G tarih ve sayı: 06.06.2008-26898) yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. HKDYY’nde hava kalite sınır değerleri, uzun vadeli sınır değerler (UVS) ve kısa vadeli sınır değerler (KVS) olmak üzere iki şekilde tanımlanmaktadır.

Uzun Vadeli Sınır Değer (UVS): Hava kirleticilerin düşük miktarlarının uzun süre solunmasıyla ortaya çıkan kronik etkiler için verilen üst değerleri göstermektedir ve yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan,

SKHKKY Ek-2 Tablo 2.2’de verilen değeri aşmaması gereken değeri,

Uzun Vadeli Değer (UVD): Yapılan bütün ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değeri,

Kısa Vadeli Sınır Değer (KVS): Kısa sürede hava kirleticilerin yüksek konsantrasyonlarının solunmasıyla ortaya çıkan kısa süreli akut etkiler için belirtilen sınır değerleri göstermektedir ve maksimum günlük ortalama değerler veya sayısal değerlerin büyüklüğüne göre dizildiğinde, istatistik olarak bütün ölçüm sonuçlarının % 95 ine tekabül eden değer olan ve SKHKKY Ek-2 Tablo 2.2 de verilen değeri aşmaması gereken değeri ifade eder.

Kısa Vadeli Değer (KVD): Maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının % 95 ine tekabül eden değeri, çöken tozlar için farklı olarak aşılması gereken maksimum aylık ortalama değerleri ifade eder.

Tesis Etki Alanı: Emisyonların merkezinden itibaren SKHKKY Ek 4’te verilen esaslara göre tespit edilmiş baca yüksekliklerinin 50 (elli) katı yarıçapa sahip alan, tesis etki alanıdır. Zeminden itibaren emisyonların efektif yüksekliği ($\Delta h + h$) 30 m’den daha az olan tesislerde, tesis etki alanı, bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alandır. Baca dışı emisyon kaynaklarının (alan kaynak) yüzey dağılımı $0,04 \text{ km}^2$ ’den büyükse, tesis etki alanı, alan kaynak karenin ortasında olmak üzere bir kenar uzunluğu 2 km olan kare şeklindeki alandır. Emisyon kaynaklarının yüzeydeki dağılımının tespitinde tesisin etki alanı esas alınır.

Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKKD): Tesis etki alanı içinde her bir inceleme alanındaki tüm tepe noktalarında ve bütün yayılma durumları için hesaplanan değer aritmetik ortalamasıdır. Bu değer, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden saatlik meteorolojik verilerin alınabilmesi halinde saatlik, yoksa günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır.

Hava Kirlenmesine Katkı Değerleri, aşağıdaki faktörler ele alınarak; gazlar, havada asılı partikül maddeler ve çöken tozlar için hesaplanır (SKHKKY, 2009).

- Tesis etki alanındaki topoğrafik yapının etkileri ve Ek-4’de belirtilen baca yükseklikleri göz önüne alınır.
- Tesis etki alanındaki binaların etkisi göz önüne alınır. Eğer bacalar, bina veya

kulelere bina veya kule yüksekliklerinin 4 katından daha az uzaklıklarda ise: baca yüksekliği binadan 1,7 kat, soğutma kulesinden 1,5 kat fazla olduğu takdirde, binaların etkisi ihmal edilir.

- Çok zayıf rüzgarların hüküm sürdüğü şartların sık ortaya çıktığı durumlar göz önüne alınır. Bu husus, tesisin bulunduğu yerde, 1 (bir) yıl boyunca % 30'unu geçen saatlerde, 10 dakikalık ortalama değerler halinde verilen ortalama rüzgar hızı 1,0 m/s den küçükse, geçerlidir.

- Hesaplamalar, tesis etki alanı dahilinde ortaya çıkan emisyonların, bir kimyasal veya fiziksel değişmeye uğramadığı kabul edilerek yapılır.

- Emisyonların yayılması hesaplanırken, her bir durum için yayılma şartlarının sabit olduğu kabul edilir.

Toplam Kirlenme Değeri (TKD): Tesis etki alanı içinde hesaplanmış Hava Kirlenmesine Katkı Değeri (HKKD) ile ölçüm veya hesapla bulunan Uzun Vadeli Değerin (UVD) toplamından, yeni kurulacak tesisler için teşkil edilir.

Modelde yer alacak emisyon kaynakları: Emisyon kaynakları, hava kirleticilerinin tesisten atmosfere yayıldığı yerlerdir. Emisyonlarını bir baca üzerinden atmosfere veren tesislerin bacaları nokta kaynak, baca dışından veya çok sayıda birbirine yakın küçük bacaların bulunduğu alanlardan atmosfere verilen kirlетici kaynaklar alan kaynak, hareketli kirlетici kaynaklar çizgi kaynak olarak nitelendirilir.

Emisyonların kütleli debisi: İşletme şartlarında emisyon kaynaklarından açık havaya verilen hava kirleticilerin ortalama saatlik kütleli (kg/saat) debileridir. SKHKKY Ek.2 Tablo 2.1'e göre tesis bacasından atmosfere salınan toplam kütleli debiler için aşağıda çizelge 2.8'de yer alan sınır değerler verilmiştir.

Çizelge 2.8 : Atmosfere salınan toplam kütleli debi sınır değerleri.

Emisyonlar	Kütleli Debiler(kg/saat, bacadan)
Toz	10
Kurşun	0.5
Karbonmonoksit	500
Kükürtdioksit	60
Azotdioksit (NO _x , NO ₂)	40
Talyum	0.01
Klor	20
Hidrojen klorür ve gaz halde inorganik florür bileşikleri	2
Hidrojen Sülfür	4
Toplam Organik Bileşikler	30
Kadmiyum	0.01

Saatlik kütlesel debi (kg/saat) değerleri SKHKKY Madde 6 gereğince, mevcut ve yeni kurulacak tesisler için; çizelge 2.8’te verilen değerleri aşması halinde, tesis etki alanında hava kirliliği seviyesinin ölçülmesi ve tesisin kirleticiliğinin değerlendirilmesi için kirliliğin uluslararası kabul görmüş dağılım modellemesi kullanılarak hesaplanması, tesis etki alanında hava kalitesinin ölçülmesi ve kirliliğin Hava Kirlenmesine Katkı Değerinin hesaplanması gerekmektedir.

SKHKKY Ek 2 gereğince saatlik kütlesel debi (kg/saat) değerleri SKHKKY Ek 2 Tablo 2.1’de verilen değerleri aşması halinde, tesis etki alanında emisyonların Hava Kirlenmesi Katkı Değeri (HKKD) mümkünse saatlik, aksi takdirde, günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır.

Çizelge 2.9’da SKHKKY’ne göre tesis etki alanında SO₂, NO₂ ve havada asılı partikül madde için uzun vadeli, kısa vadeli sınır değerler ve yıllara göre kademeli azaltım tablosu yer almaktadır.

Çizelge 2.9 : Tesis etki alanında uzun vadeli, kısa vadeli sınır değerler ve azaltım tablosu.

Parametre	Süre	Sınır değer [µg/m ³]	YIL		
			2011	2012	2013
SO ₂	Saatlik	900	900	900	900
	KVS	400*	310	280	250
	Hedef Sınır Değer	60	60	60	60
	UVS	150	150	150	150
NO ₂	UVS	60**	36	28	20
	KVS	300	300	300	300
	UVS	100*	76	68	60
Havada Asılı Partikül Madde	KVS	300*	180	140	100
	UVS	150*	96	78	60

Bu değerler 01.01.2014 tarihine kadar geçerlidir.01.01.2014 tarihinden sonra ilgili mevzuata göre tekrar düzenlenecektir.

*Sınır değer 2014 yılı hedeflerine ulaşılana kadar yıllık eşit olarak azaltılacaktır.

** Hassas hayvanların, bitkilerin ve nesnelerin korunması için

Araştırma kapsamında incelenen kükürt dioksit azot dioksit ve partikül madde kirleticileri için, HKDYY, Avrupa Birliği-AB (EU,1999) hava kalitesi sınır değerleri, Dünya Sağlık Örgütü tarafından tavsiye edilen hava kalitesi sınır değerleri (WHO,

2005) ve Amerika Birleşik Devletleri (US, 2006) hava kalitesi sınır değerleri çizelge 2.10’de verilmiştir (Url-4).

Çizelge 2.10 : SO₂, NO₂ ve PM₁₀ için HKDYY, EU, US ve WHO sınır değerleri.

Kirlenici Parametre	Ölçüm Ortalaması	Limit Değerler				
		HKDYY 2012 (µg/m ³)	HKDYY 2013 (µg/m ³)	EU (µg/m ³)	US (µg/m ³)	WHO (µg/m ³)
Kükürtdioksit (SO ₂)	1 Saat	900	900	350	-	-
	24 Saat	310	280	125	366	125
	Yıllık	150	150	-	78	50
Azotdioksit (NO ₂)	1 Saat	-	-	200	-	200
	24 Saat	300	300	-	-	-
	Yıllık	76	68	40	100	40
Partikül Madde (PM ₁₀)	1 Saat	-	-	-	-	-
	24 Saat	180	140	50	150	50
	Yıllık	96	78	40	-	20

Uygun bir hava kalitesi yönetimi, birçok elemanı içine alan bütünleşik bir yönetim şekli olmalıdır (Özkurt, 2011). Bu elemanlar;

- Kirlenicilere ilişkin emisyon envanteri oluşturmak, mevcut durumu belirlemek
- Emisyonların hava kalitesine etkilerini belirlemek için sürekli izleme
- Emisyonların ortam havasında yol açacakları kirlilik düzeylerinin tahmini için hava dağılım modeli
- Kirlenicilerin insan sağlığı üzerindeki etkilerini tahmin etmek için doz-etki fonksiyonları ve değerlendirme teknikleri
- Teknik olarak uygun kirlilik azaltma seçenekleri ve bunların maliyetleri
- Bu kirlilik kontrol seçeneklerinin hava kalitesi ve insan sağlığı üzerine etkilerinin tahmini
- Yüksek fayda-maliyet oranına sahip öncelikli önlemlerin belirlenmesi

Bir bölgede hava kirliliğinin belirlenmesi, hava kirliliğinin kontrolü ve hava kalitesi iyileştirme stratejilerinin geliştirilebilmesi için bölgeden kaynaklanan emisyonların bilinmesi gereklidir. Bu da ancak bölgenin emisyon envanterinin hazırlanmasıyla mümkün olabilir. Emisyon envanteri, hava kirliliği modellenmesinde ve kirlenici kaynakların belirlenerek bunların zararlı etkilerinin ortaya çıkarılması çalışmalarında yararlanılan en önemli kaynaklardan biridir ve gelecekteki kirlilik problemlerinin çözümünde başvurulacak bir kaynaktır.

Hava kalitesinin korunması ve geliştirilmesi amacıyla, öncelikli önlemlerin belirlenip tedbirlerin alınabilmesi; birinci aşama emisyon envanterinin oluşturulmasına, mevcut durumun ne kadar iyi bilindiğine ve sürekli izlenebilirliğin sağlanmasına bağlıdır. Dolayısıyla mevcut durumun tespiti ve izlenmesi, hava dağılım modellerinin yapılması, sağlık açısından doz-etki fonksiyonlarının belirlenmesi; sağlıklı önlemler alabilmek ve alınan önlemlerin sonuçlarını görebilmek için önemli bir adımdır (Tuncel, 1988).

2.6 Ülkemizde Hava Kalitesiyle İlgili Düzenlemeler

AB mevzuatının uyumlaştırılması çalışmaları kapsamında, 96/62/EC Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve Kardeş Direktiflerinin (99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC) paralelinde hazırlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. HKDYY Yönetmeliğin yürürlüğe girmesi ile Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Ayrıca hava kirliliğine neden olan kaynaklarda (ısınma, sanayi, trafik) gerekli önlemlerin alınarak hava kalitesinin korunması kapsamında Çevre ve Orman Bakanlığınca “Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”, “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği” ve “Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği”, ayrıca trafikte seyreden taşıtlarda kullanılan yakıtlar için “Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği” yayımlanmıştır.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından, Nisan 2010’da 2010-2013 yılları için “Temiz Hava Eylem Planı” hazırlanmıştır. Eylem planı ile mevcut duruma ve eldeki envanter bilgilerine ilişkin bir resim/genel görünüm de ortaya konulmuştur. Bu planla, eldeki veri ve bilgiler ışığında mevcut durum tespiti yapılmış, mevcut durum da dikkate alınarak geleceğe yönelik yapılması gereken hususlar belirlenmiştir. Bu eylemlerin en önemlilerinden birisi de eksik bilgi ve verilerin tamamlanması ve il bazında detaylı eylem planlarının hazırlanmasıdır. Ulusal ölçekte de tüm altyapının tamamlanarak AB mevzuatının uygulanmasıdır. Bu eylem planının hazırlanmasındaki temel gaye ise, hava kalitesi hedeflerinin sağlanarak hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerinde olabilecek zararlı etkilerini önlemek veya azaltmaktır (ÇOB, 2010).

3. HAVA KALİTESİ DAĞILIM MODELLERİ VE MODEL SEÇİMİ

Modelleme, bir olayı, olayın bağlı olduğu parametreler cinsinden mümkün olduğunca matematiksel olarak ifade etmektir (Atımtay, 2011). Kirleticiler kaynaktan atmosfere bırakıldıktan sonra bir şekilde dağılırlar ve başta sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü, atmosferdeki dikey karışım olmak üzere birçok meteorolojik faktörler bu dağılımın nasıl olacağına etkili olurlar. Kaynaktan çıkan emisyonların çıkış hızı, karakteri ve o bölgedeki meteorolojik ve coğrafik koşullar biliniyorsa modelleme yapılarak ölçüm yapılmadan kaynaktan çıkan kirleticilerin nereye, nasıl dağılacığı ve ilgili reseptörlerdeki kirletici konsantrasyonları hesap yöntemi ile tespit edilir. Hava kalitesinin, yüksek maliyetli ve hesaplamanın uzun zaman alması gibi dezavantajları bulunan ölçüm yoluyla hesaplama yerine; hesaplama tekniklerinin hızlı ve ucuz yöntem olmalarından dolayı modelleme ile belirlenmesi tercih edilir.

3.1 Model Uygulamalarının Gelişimi ve Önemi

Modelleme hava kalitesi yönetiminde büyük önem taşımaktadır. Herhangi bir bölgede mevcut ya da yeni kurulacak tesislerin veya bir bölgede çeşitli kaynaklardan verilen emisyonların çevreye vereceği zararın önlenmesi ve kontrol stratejilerinin oluşturulabilmesi için yapılan hava kirliliği etki değerlendirilmesi matematik model olan hava kalitesi modellemesi ile sağlanır.

Modelleme ile, meteorolojik olaylar hakkında bilgi edinmek, hava sistemlerini etkileyen değişik faktörlerin etkilerini anlamak, hava kirliliği önleme programları geliştirmek, emisyon envanteri hakkındaki verileri hesaplamak ve hava kirliliği tahminlerini daha gerçekçi yapmak mümkün olmaktadır.

Hava Kalitesi ya doğrudan ölçüm yoluyla ya da bazı hesap teknikleri kullanılarak belirlenebilir. Ancak hava kalitesinin ölçümler yoluyla belirlenmesi hem uzun zaman alır hem de maliyeti yüksek bir yöntemdir. Ayrıca farklı kaynakların hava kalitesine etkisinin tespitinde kirleticilerin girişimi sebebiyle ölçüm sonuçları yanıltıcı olabilir. Bu yüzden hava kalitesi modellemesi hesaplama teknikleri hızlı ve ucuz yöntemler

olmalarından dolayı ve bu hesaplarda istenilen kaynağın etkisi dikkate alınabildiği için tercih edilebilmektedir.

3.2 Modellerin Kullanım Alanları

Hava kalitesi modellerinin amacı kirletici emisyonları ve ortam havasındaki kirletici konsantrasyonları arasındaki bağlantıyı matematiksel olarak ortaya koymaktır. Hava kalitesi modelleri SO₂, CO, NO_x ve VOC gibi birincil kirletici kaynakların modellenmesi ile ilgilenir. Model sonuçları bir çok amaç için kullanılmaktadır. Model uygulamaları ve bunların gerekliliklerine değinirsek;

- Model sonuçları emisyon izinlerinin verilmesi ve yeni inşa edilecek sanayi tesisleri vb. kirletici kaynakların Çevresel Etki Değerlendirme raporlarında
- Endüstriyel tesislerin yer seçimi ve planlanması için gerekli kriterlerin belirlenmesinde
- Minimum baca yüksekliğinin tayininde
- Hava kalitesi kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve planlanmasında
- Hava kalitesinin korunması veya iyileştirilmesinde alınacak önlemlerin (kısa vade veya uzun vade) belirlenmesinde
- Hava kalitesi bilgilerinin kamuya direkt iletilmesinde kullanılabilir.

Değişik araştırma grupları çok değişik modeller geliştirmişlerdir. Modellerinin mekan ve zaman boyutlarında uygulamaları farklıdır. Modellenecek alanların boyutlarına ve mekan skalasındaki değişik özelliklerine göre bir model her boyutta uygulanamaz. Modellenecek alan ve zaman boyutuna göre uygun modellerin seçilmesi gereklidir (Atımtay, 2011). Çizelge 3.1’de mekan ve zaman boyutuna göre uygulama alanları verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Hava kalitesi dağılım modellerinin uygulanması.

Uygulama Alanı	Mekan Boyutu	Zaman Boyutu
Bölgesel veya daha büyük alanlar için	50-2000 km	0.5 gün -1 hafta
Kentsel- Bölgesel alanlar için	1-100 km	1 saat-1gün
Nokta kaynaklar	0.5 – birkaç km	0.5 saat- birkaç saat
Çizgisel kaynaklar	100m-km’ler	0.5 saat- birkaç saat
Kanyon şeklinde cadde	1m – 100m	Dakikalar-1 saat

3.3 Çeşitli Hava Kalitesi Dağılım Modelleri

Hava kirlenmesi çalışmasında kullanılan en yaygın modelleme yöntemleri meteorolojik modeller, matematiksel modeller, dispersiyon modelleri ve istatistiksel modeller altında dört grupta toplanmaktadır.

Meteorolojik modeller, lokal, bölgesel ve global meteorolojik olayları anlamak ve hava kirliliği difüzyon modelleri için gerekli meteorolojik verileri sağlamak amacıyla kullanılır.

Matematiksel modeller, problemin fiziksel ve kimyasal kabullerini tanımlayan analitik ve nümerik denklem setleriyle model kurulması esasına dayanır. Bu modeller ile atmosferik mekanizmanın matematiksel tanımlanması yapılarak emisyonların oluşturduğu etkiler belirlenmeye çalışılır.

Dispersiyon modelleri, model yaklaşımlarının en karmaşık olanıdır ve dispersiyon mekanizmasının en detaylı tanımının yapıldığı model tipidir. Bu modeller uzaysal ve zamansal uyumsuzlukları tanımlamaları bakımından avantajlıdır. Dispersiyon modelleri, modele teoriyi dahil eder ve uygun tahminler yapar. Günümüzde dispersiyon modeli kullanılarak yapılan hava kalitesi modelleme çalışmalarında EPA tarafından kabul görmüş modeller tercih edilmektedir. EPA, yarıçapı 50 km'den az olan bir bölgenin modellemesinde kararlı hal Gauss dispersiyon modellerini önermektedir. Bunlar SCREEN3, ISCT3, ISC-PRIME ve AERMOD dispersiyon modelleridir. EPA, yarıçapı 50 km'den fazla olan bir bölgenin modellemesinde ise kararsız hal Langrangien kabarık duman (PUFF) dispersiyon modeli olan CALPUFF'u önermektedir (US-EPA, 1995).

İstatistiksel modeller hava kirliliği çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu modeller hava kirletici parametreler, bu parametrelerin öncüsü olan parametreler, meteorolojik değişkenler arasındaki ilişkileri belirleyen basitleştirilmiş fiziksel ve kimyasal kabuller ile atmosferde ölçülen veriler kullanılarak yapılandırılmaktadır. Mevcut istatistiksel modeller veriler arasındaki tekli veya çoklu ilişkiyi ampirik formüller ile ortaya koyar.

3.3.1 CALPUFF dağılım modeli

CALPUFF, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından tavsiye edilen (EPA, 2010) günümüze kadar geliştirilmiş modeller arasında en

karmaşık olanlardan biridir. Model sistemi, CALMET, CALPUFF ve CALPOST isimli üç fonksiyonel bileşenden oluşmaktadır. Çok tabakalı, çok türlü kararsız hal Lagrangian kabarık duman (puff) dağılım modeli olan CALPUFF kirleticilerin zamana ve mekâna göre değişen meteorolojik şartlar altında taşınımı, dönüşümü ve ortadan kaldırılma durumlarını simüle eder (Url-5).

CALMET meteorolojik model, saatlik olarak üst atmosfer tabakasında meteorolojik gözlemler ve düzenli uygun yüzey gözlemlerinin girdilerine dayalı çeşitli mikro meteorolojik değişkenleri ve 3 boyutlu rüzgarların alanlarını oluşturmaktadır.

CALPUFF, CALMET tarafından oluşturulan üç boyutlu meteorolojik alanları girdi olarak kullandığı kadar, basitçe tek istasyon verilerini kapsayan bir meteoroloji dosyasıyla da çalışabilir. Bu durumda modelin kendine özgü avantajları kullanılmamış olur. CALPOST adlı bir postprosesor kullanılarak model çıktılarının, grafik çizim dosyaları hazırlanır (Öztürk, 2011; Ay ve diğ., 2010).

Calpuff Modeli;

- Kirleticilerin 50~200 km arası uzun mesafeli taşınımını modelleyebilmekte,
- Karmaşık, kararlı olmayan meteorolojik durumlar, karmaşık arazi yapısı, kıyısız alanlardaki karmaşık akımlar (zaman ve yere göre farklılık gösterebilen rüzgar ve türbülans alanları) için çalıştırılabilen,
- Detaylı meteorolojik ve jeofiziksel girdiler gerekmekte
- Çoklu kaynaklar (noktasal, alansal ve çizgisel) için çalışma yapılabilmektedir.

3.3.2 AERMOD modeli

İlk olarak 1991 yılında geliştirilmiş olan AERMOD modeli 2005 yılında EPA tarafından resmi olarak kabul edilmiştir. AERMOD modeli sanayi tesislerinden çıkan emisyonların kısa mesafede (en fazla 50 km) dağılımını inceleyen kararlı hal dağılım modelidir.

AERMOD modeli emisyon envanterinde kirletici konsantrasyonlarını oluşturmak için emisyonlara ve meteorolojik girdi verilerine ihtiyaç duymaktadır. AERMOD atmosferik dağılım modelleme sistemi 3 modül içermektedir. Bunlar; alan ön işlemcisi olan, asıl amacı hava kirliliği davranışları ile alan özellikleri arasında fiziksel ilişkiyi sağlayan, her bir reseptör yeri için konum ve yükseklik verisi

oluşturan AERMAP, meteorolojik veri ön işlemcisi olup yüzey meteorolojik verilerini, üst atmosfer tabakası çevresinin ve isteğe bağlı tesis içi araç kulelerinin verileri kabul eden atmosferik türbülans karakteristikleri, sürtünme hızı ve yükseklikler gibi dağılım modeli için gerekli atmosferik parametreleri hesaplayan AERMET ve emisyon kaynakları ile onların özelliklerini barındıran model girdi dosyasıdır (Brode, 2006). AERMOD modeli, havanın kararsız olduğu durumlar için “non-gaussian probability density function” varsayımını, kararlı olduğu durumlarda ise gaussian dağılımını kullanır. Kentsel alanlar için yapılan modelleme çalışmalarında “ısı adası” konseptini dikkate alır. Ayrıca kompleks topografyaya sahip alanlar için daha doğru sonuçlar verir. Modelde, yüzey pürüzlülük uzunluğu konsantrasyon sonuçlarını önemli derecede etkilemektedir. Albedo ve Bowen oranının çok az etkisi olup yıllık konsantrasyon sonuçlarına hiç etkisi bulunmamaktadır (Laffoon, 2005). Daha önce yapılan çalışmalara göre AERMOD modeli; rüzgar hızı, rüzgar yönü ve yüzey pürüzlülük uzunluğuna yüksek hassasiyet göstermektedir (Karvounis ve ark., 2006).

AERMOD Modeli,

- Kaynaktan en fazla 50 km uzaklığa kadar olan alanlar için çalışabilmekte,
- Kompleks endüstriyel kaynaklar (tek veya çoklu noktasal kaynak, alansal, çizgisel, hacimsel kaynaklar) için kullanılabilmekte,
- Sabit ve değişken emisyon bilgileri ile gaz ve partikül birikimini, ıslak ve kuru çökme konsantrasyonlarını verebilmekte,
- Kırsal ve kentsel yerleşim alanları için konsantrasyon tahmini yapabilmektedir.

3.3.3 ISC3 dağılım modeli

ISC3 dispersiyon modeli noktasal, alansal ve çizgisel kaynaklardan yayılan kirletici konsantrasyonların tahmininde bulunan Gauss dispersiyon modelidir. Model, yer seviyesi kirletici konsantrasyonları hesabını yapar, yağ ve kuru çökme ve bina çökmesi (building downwash) olaylarını açıklayan algoritmalar içerir. Atmosferik koşulların tanımını için gerçek zamanlı meteorolojik veriler kullanır.

ISC3 Modeli,

- Kirleticilerin, kaynaktan 50 km mesafeye kadar hiçbir reaksiyona girmeden dağılımını hesaplamak üzere kullanılmaktadır.

- Modelde, kısa vadeli kirletici dağılımları için ISCST3, uzun vadeli kirletici dağılımlarına yönelik ise ISCLT3 olmak üzere kullanım amacına göre iki ayrı sürüm yer almaktadır (EPA, 2010).
- Kompleks endüstriyel kaynaklar (tek veya çoklu noktasal kaynak, alansal, çizgisel, hacimsel kaynaklar) için kullanılabilmekte,
- Kırsal ve kentsel yerleşim alanları için konsantrasyon tahmini yapabilmektedir.
- Islak ve kuru çökelme konsantrasyonlarını verebilmekte,

3.4 ISC3 ve AERMOD modellerinin genel özellikleri ve karşılaştırılması

ISC ve AERMOD model programları modelin çalıştırılmasında gerekli olan ve içeriğinin belirlenmesi gereken bölümlerden oluşur (EPA,1998). Bunlar ;

- Kontrol Bölümü (CO), modelleme senaryosunun oluşturulduğu ve modelin çalıştırılmasında tüm kontrolün yapıldığı kısım
- Kaynak Bölümü (SO), Hava kirletici emisyonların tanımının yapıldığı kısım
- Reseptör Bölümü (RE), Hava kalitesi etkisinin görülmek istendiği spesifik noktaların tanımlandığı kısım
- Meteoroloji Bölümü (ME), Atmosferik koşulların tanımlandığı kısım
- Topografik Bölüm (AERMAP), Arazi özelliklerinin tanımının yapıldığı kısım
- Çıktı Bölümü (OU), Modelin analizi için model çıktısı özelliklerinin tanımlandığı kısım

Kontrol bölümünde kullanıcının isteğine bırakılmış opsiyonlar mevcuttur. Bunlar hem modelin senaryosu oluşturulurken kullanım kolaylığı sağlar, hem de kullanıcıya seçim olanağı verir.

Hava kirletici emisyonların tanımının yapıldığı kaynak bölümünde ise kirletici tipi, kaynak tipi, kaynak sayısı, kaynağın yükseltisi ve özelliklerine dair bilgiler girilebilir.

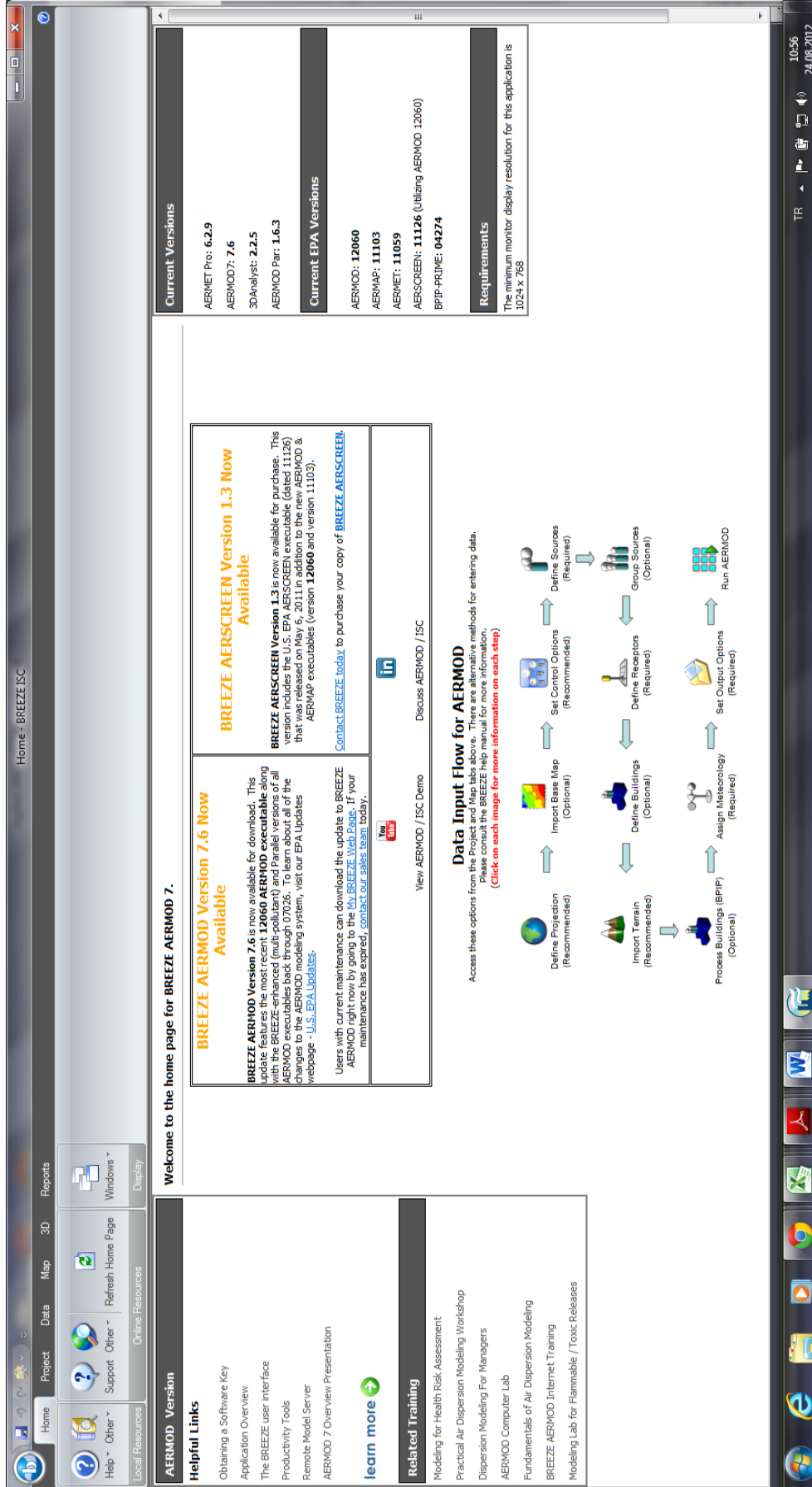
Reseptör bölümü, farklı alıcı noktaların tanımının yapıldığı kısımdır. Alıcı noktalar kartezyen grid şeklinde tanımlanabildiği gibi birbirinden bağımsız noktalar şeklinde de tanımlanabilir. Kaynağın merkezinden yaklaşık 4 km uzaklık için 100 metrelik boşluklarla gridleme, merkezden 10 metre uzaklık için 250 metre ve kaynaktan 16

km uzaklıktaki alanlar için 500 metrelik gridleme “iyi” olarak tanımlanır (Hill ve arkadaşları, 2009).

Meteorolojik bilgilerin tanımlandığı bölümde, modelde kullanılacak meteorolojik veri dosyası ve verilerin temin edildiği meteoroloji istasyonu bilgileri belirtilir. Her iki model de tek bir meteoroloji istasyonu verilerini kullanır. ISC, ASCII uzantılı yüzey meteorolojik veri dosyası ile çalışırken AERMOD modeli ise yüzey ve yüzey üstü olmak üzere iki farklı meteorolojik dosyaya ihtiyaç duyar.

Arazi özelliklerinin tanımı ise programda bulunan AERMAP içeriğine çalışılacak bölge için temin edilen topografik görüntünün eklenmesiyle yapılır.

Aşağıda şekil 3.1’de model programının genel görüntüsü yer almaktadır. Verilerin tanımı “project” alanı altında yapılmaktadır.



Şekil 3.1 : Breeze AERMOD-ISC model programının genel görünüşü.

ISC3 ve AERMOD programları karşılaştırılmasına ait çizelge 3.2 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.2 : ISC3 ve AERMOD programlarının karşılaştırılması.

Özellik	ISC3	AERMOD
Meteorolojik veri seti	Yer seviyesi verileri Karışım yüksekliği	Yer seviyesi verileri, atmosferik sondaj verileri
Meteorolojik veri profili	Sadece rüzgar hızı için dikey profil oluşturmakta	Rüzgar hızı, sıcaklık ve türbülans için dikey profil oluşturmakta
Emisyon dağılımı	Gaussian dağılımı(x ve y eksenini doğrultusunda)	Havanın kararlı olduğu durumlarda gaussian dağılımı,kararsız olduğu durumlarda ise non-Gaussian probability density function
Kırsal/Kentsel seçimi	Kırsal ve kentsel seçim opsiyonu	Bölge nüfusu ile ilgili bilgi girilebildiği için farklı kentsel koşullar modellenebilir
İnceleme alanının yüzey özellikleri	Kırsal ve kentsel seçim opsiyonu	İnceleme alanı çevresindeki yüzey özelliklerinin (roughness lenght,albedo, bowen ratio)

DMİ'den temin edilen verilerin model kullanımına uygun olarak düzenlenmesi gerekir. ISC ve AERMOD modellerinin çalıştırılması için farklı tipte veriler kullanılmakta ve farklı ön işlemciler kullanılarak meteorolojik veri dosyaları hazırlanmaktadır.

ISC3 ve AERMOD modellerini çalıştırmak için gerekli minimum meteorolojik veriler aşağıda sırasıyla çizelge 3.3 ve 3.4' de verilmiştir.

Çizelge 3.3 : ISC3 için gerekli yer seviyesi verileri ve yüksek atmosfer verileri.

ISC3 için yer seviyesi verileri	ISC3 için yüksek atmosfer verileri
Rüzgar hızı (saatlik)	
Rüzgar yönü (saatlik)	
Sıcaklık (saatlik)	Karışım yüksekliği(GMT 00 ve 12)
Bulut kapalılığı (saatlik)	
Bulut taban yüksekliği (saatlik)	

Çizelge 3.4 : AERMOD için gerekli yer seviyesi verileri ve yüksek atmosfer verileri.

AERMOD için yer seviyesi verileri	AERMOD için yüksek atmosfer verileri
Rüzgar hızı (saatlik)	Basınç(GMT 00 ve 12)
Rüzgar yönü (saatlik)	Yükseklik(GMT 00 ve 12)
Sıcaklık (saatlik)	Sıcaklık(GMT 00 ve 12)
Bulut kapalılığı (saatlik)	Nispi nem(GMT 00 ve 12)
Bulut taban yüksekliği (saatlik)	Rüzgar hızı ve yönü(GMT 00 ve 12)

ISC modeli için DMI'den gelen yer seviyesi verileri ve yüksek atmosfer verileri düzenlenerek sırasıyla surface.txt ve mixing.txt dosyaları oluşturulur, PCRAMMET ön işlemciden geçirilerek .ASCII meteorolojik veri dosyası oluşturulur ve modelde kullanılır.

AERMOD modeli için ise yer seviyesi verileri CD144 formatında düzenlenirken, yüksek atmosfer verileri TD6201 formatında düzenlenir ve bu iki dosya AERMET ön işlemcisinden geçerek modelde kullanılmak üzere .SFC ve .PFL dosyaları oluşturulur.

AERMOD modeli, dispersiyon hesabında ISC3 modelinden farklı bir metod kullanır. ISC modeli Pasquill Gifford Turner(PGT) atmosferik kararlılık sınıflarını kullanırken AERMOD modeli “yüzey sınır tabakası” esasına göre hesaplama yapar. Atmosferik kararlılığı belirlemede yüzey pürüzlülük uzunluğu ve moin-obukhov(L) uzunluğunu dikkate alır (Brode, 2006). Yüzey pürüzlülük uzunluğu, moin-obukhov uzunluğu ile kararlılık sınıflarının ilişkilendirilmesine ait çizelge aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 3.5 : AERMOD için kararlılık sınıfı belirlenmesi.

Roughness(m)	~L(m)	Pasquill-Gifford Kararlılık Sınıfı
0.1	-12.5	A
	-25	B
	-65	C
	--	D
	+65	E
	+30	F
0.5	-16	A
	-50	B
	-100	C
	--	D
	+100	E
	+50	F

ISC3 modeline kıyasla AERMOD modeli arazi yapısını dikkate almakta ve model, kaynaktan çıkan gazın, arazi yapısına göre hareket ettiğini kabul etmektedir. Ayrıca AERMOD modeli ISC3 modeline göre genellikle daha düşük konsantrasyon sonuçları vermektedir (Reeves, 2001). Her iki model de kirleticilerin korunumunu esas alırlar. Kirleticilerin kendi aralarında ve atmosferdeki davranışlarını dikkate almazlar.

ISC modeli, tüm kararlılık sınıfları için Gauss dispersiyon denklemini kullanırken; AERMOD modeli kararlı atmosferik durumlarda hem yatay hem dikey dağılımlar için gauss dispersiyon denklemini, kararsız atmosferik durumlarda dikey dağılım için “non-gaussian probability density function” denklemini kullanır. AERMOD modelinde baca gazları genellikle yukarıda kalan dağılımı gösterir (Hall ve diğ.,2000; EPA,2003b).

3.5 Modelleme Çalışmalarında Karşılaşılabilecek Problemler

Modelleme çalışmaları yapılırken birçok problemle karşılaşılabilir. Bu problemlerin modelleme çalışmalarına başlamadan önce göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Model girdi verilerinden biri olan meteorolojik dosyaların hazırlanmasında sıklıkla problemlerle karşılaşılmaktadır. Ülkemizde istatistiki verilerin yetersiz olması meteoroloji dosyasının oluşturulmasını etkilemektedir. Modeller, saatlik veriler kullanmaktadır. Meteoroloji istasyonlarında ölçülen ve kaydedilen bulutluluk, bulut taban yüksekliği, yağış, nisbi nem, karışım yüksekliği vb. değerleri ise gündüzdür. Bu verilerin saatlik değerlere dönüştürülüp derlenmesi ile meteorolojik dosya oluşturulurken hem fazla emek ve fazla zaman harcanır hem de hatalı veri tamamlamadan dolayı model sonuçları etkilenebilir.

Digital haritaların elde edilebilirliği güç olduğu durumlarda, çalışma alanını istenilen gridleme boyutları ile her bir reseptörün enlem, boylam ve yükselti değerlerini belirlemede güçlük çekileceği gibi, belirlenen değerlerin doğruluk payının düşük olması ve zaman kaybı gibi sorunlar ortaya çıkacaktır. Digital haritanın elde edilemediği durumlarda, modelde düz arazi seçeneğinin kullanılması ile yer seviyesindeki emisyonların bina ve benzeri yükseltilerden etkilenimi model sonuçlarına yansıyamamaktadır (Demirarslan ve diğ.).

Model girdi verilerinden biri olan kirletici kaynaklar belirlenirken bütün kaynakları karakterize etmek oldukça güçtür. Modelleme yapılacak çalışma alanına ekstra kirlilik etkisi yaratacak kayıtlarda mevcut olmayan küçük tesisler olabilir. Bunların ayrıca belirlenip kirliliğe katkı payları belirlenmediğinde girdi verilerinde hassasiyet azaltılmış olacaktır. Bu durum modelleme sonucunu etkileyecektir.

.

4. ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ

4.1 Hatay-Erzin Bölgesi ile İlgili Genel Bilgiler

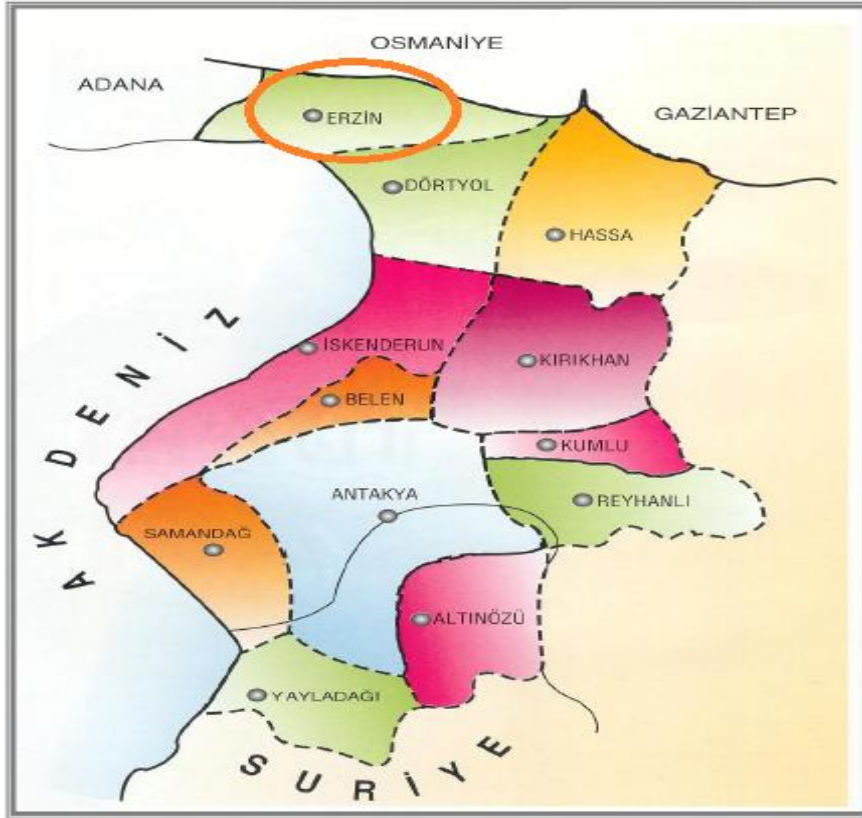
Aşağı Burnaz Mevkii Erzin-Hatay adresinde kurulması planlanan Doğalgaz kombine çevrim santrali kaynaklı emisyonların uluslararası kabul görmüş ISC ve AERMOD modellerine göre bir dağılım modelinin uygulanması amacıyla yapılan bu çalışmada, öncelikle bölgenin coğrafi konumu, nüfusu, mevsimsel ve iklimsel özellikleri ile topografik yapısı hakkında genel bilgilere değinilecektir.

4.1.1 Bölgenin coğrafi özellikleri

Türkiye'nin en eski yerleşim yerlerinden biri olan Hatay iline bağlı Erzin, 1988 yılında Dört Yol'dan ayrılarak ilçe olmuştur. Akdeniz Bölgesinde yer alan Hatay İlının yüzölçümü 5403 km²'dir ve il arazisi 35° 52' ile 37° 04' kuzey enlemleri, 35° 40' ile 36° 35' doğu boylamları arasında yer alır. Hatay ili doğusunda ve güneyinde Suriye, kuzeydoğusunda Gaziantep, kuzey ve kuzey batısında Osmaniye ve Adana, batısında ise Akdeniz ile çevrilmiştir.

İlin Altınözü, Antakya, Belen, Dört Yol, Erzin, Hassa, İskenderun, Kırıkhan, Kumlu, Reyhanlı, Samandağ ve Yayladağı olmak üzere 12 ilçesi vardır.

Hatay İlının kuzeyindeki Amanos (Gavur) dağlarının Akdeniz'e bakan batı eteğinde yer alan Erzin ilçesi, Adana il Merkezine 85, Osmaniye İl Merkezine 23, Dört Yol İlçesine 15 ve İskenderun İlçesine 45 km mesafede bulunmaktadır. Çalışma alanının bulunduğu Erzin ilçesi şekil 4.1'de harita üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 4.1 : Çalışma alanının bulunduğu Erzin ilçesinin haritada gösterimi.

4.1.2 Bölgenin meteorolojik ve iklimsel özellikleri

Bölgede Akdeniz iklimi hakimdir. Sıcaklık, ovalara nazaran dağların yüksek noktalarında oldukça düşüktür. Yaşanılan iklim özelliğine bağlı olarak bölgede hakim süren bitki örtüsü maki ve doğal ormanlardır. Bölgede genelde yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer. Ancak yüksekliğe bağlı olarak iklim özellikleri oldukça önemli farklılıklar gösterir. Bölgede kış aylarında rüzgar kuzey ve kuzeydoğu yönlerden hafif ve orta kuvvette, yaz aylarında güney ve güneybatı yönlerden orta kuvvette ve kuvvetli eser.

4.1.3 Bölgenin nüfus özellikleri

On iki şehir merkezinden oluşan Hatay ili 2011 yılı toplam nüfusu 1.474.223 kişidir. Erzin ilçesinde toplam nüfus 2011 yılı verilerine göre 40.228 kişidir. Nüfusun ilçe merkez ve köylere göre dağılımı çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : Hatay iline ait merkez ilçe ve köy nüfusları.

İlçe Adı	İlçe Merkez	Köy	Toplam
Merkez	213.296	251.651	464.947
Altınözü	7.379	52.819	60.198
Belen	22.588	6.961	29.549
Dörtiyok	72.769	76.702	149.471
Erzin	30.571	9.657	40.228
Hassa	9.467	44.794	54.261
İskenderun	184.593	133.158	317.751
Kırıkhan	72.888	31.891	104.779
Kumlu	4.879	8.277	13.159
Reyhanlı	62.360	25.517	87.877
Samandağ	45.199	84.225	129.424
Yayladağı	6.813	15.769	22.582
Toplam	732.802	741.421	1.474.223

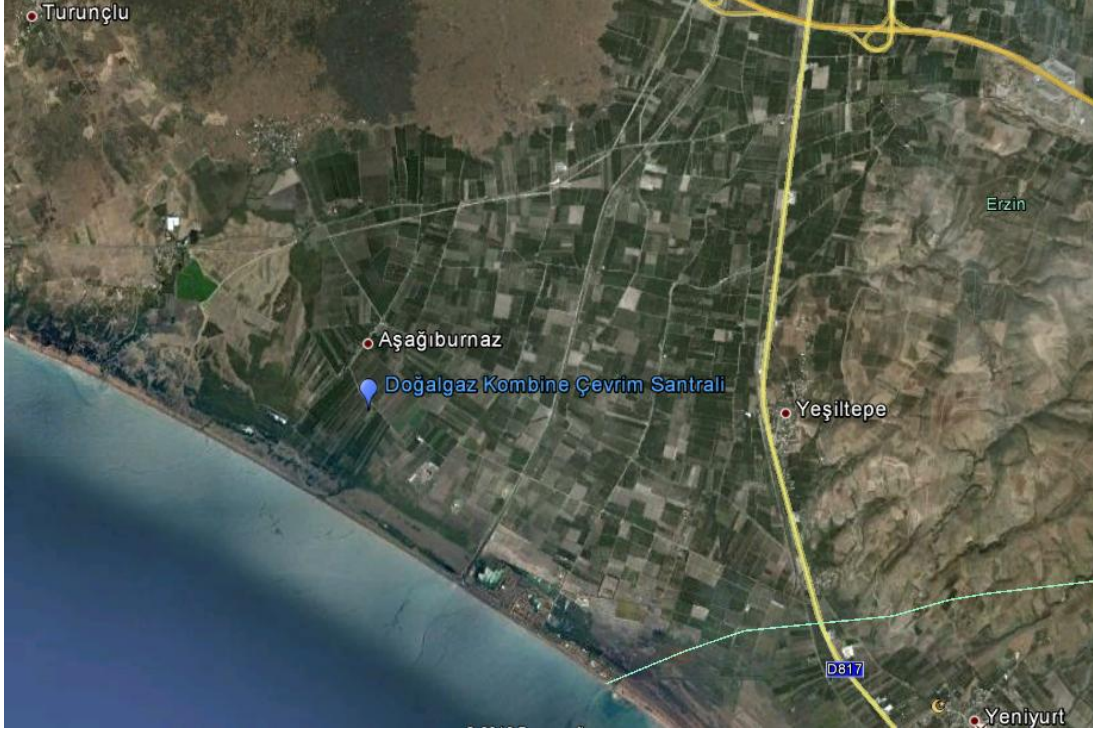
4.1.4 Bölgenin topografik durumu

Hatay ili toprakları; kıyı dağları, çöküntü alanları ve kıyı ovalarından oluşmuştur. Kuzeyden Amanos Dağlarının uzantıları ve İslahiye çöküntüsü, doğudan fazla yüksek olmayan platoları ve batıda Akdeniz ile çevrilmiştir. Aşağı Ası Vadisi'nin başlangıcında kurulan İl Merkezi'nin denizden yüksekliği yaklaşık 85 metredir.

4.2 Bölgede Kurulması Planlanan Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali

Hatay'ın Erzin ilçesi Aşağı Burnaz Mevkiinde 900 MWm / 882 MWe kurulu güce sahip olacak ve yılda toplam 6750 GWh brüt elektrik enerjisi üretecek olan Erzin DGKÇ Santralinin kurulması planlanmaktadır. Planlanan santralin ÇED süreci tamamlanmıştır. Bölge incelendiğinde proje alanının tarımsal faaliyete uygun olmadığı ve topografya ve rakımının santral kurmaya elverişli düz bir arazi üzerinde yer aldığı bulguları tespit edilmiştir.

Toplam inşaat alanı 15.5 ha olan alan, il merkezine karayolu ile 108 km, Erzin ilçesine ise 13 km mesafededir. Proje alanının kuzey kısmı kırsal alan olup, kuzeybatı yönünde 900 metre mesafede yerleşim yeri olan Aşağı Burnaz köyü yer almaktadır. Santralin konumu aşağıda şekil 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.2 : Bir doğalgaz kombine çevrim santrali ve çevresi.

Santralde yakıt olarak doğalgaz kullanılacak olup planlanan teknolojiye tesiste saatte yaklaşık 178.300 m^3 doğalgaz yakılacaktır. Kullanılması planlanan doğalgazın kalorifik değeri $8200\text{-}9155 \text{ KCal/Nm}^3$ 'tür.

Doğalgaz sisteme boru hatlarıyla beslenmekte ve yanmanın gerçekleşmesi için hava ile karışması sağlanmaktadır. Doğalgaz ve hava karışımı yakma odasında yanarak sıcak yanma gazları oluşmaktadır. Bu gazların türbinlerden genişlererek geçmesi ile türbin kanatları dönmekte, kanatların dönmesi ise türbine bağlı olan mili ve bu da bağlı olan jeneratörü döndürmekte ve bu şekilde elektrik üretimi sağlanmaktadır. Her bir gaz türbininin çevriminden ortaya çıkan egzoz gazı ısı, kendisine ait atık ısı kazanında tekrar kazanılarak değerlendirilmektedir. Sıcak egzoz gazlarının ısı enerjisi ile atık ısı kazanı içinde bulunan suyun buharlaşması sağlanmaktadır. Her iki atık ısı kazanından yüksek basınçta elde edilen su buharı, buhar türbininin kanatlarının dönmesini sağlamak ve elektrik üretilmektedir. Buhar türbininin son kademesinden sonra kondensere giren ve kondensat suyu olarak çıkan buharın enerjisi, soğutma suyu sistemi ile kombine çevrim sisteminden alınmakta olup, iki ayrı çevrim yapıldığı için bu tür sistemler kombine çevrim olarak adlandırılmaktadır.

Erzin DGKÇ Santrali'nde buhar türbini ve gaz türbini ayrı şaftlara bağlı olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Her iki türbinin bağlı olduğu bu şaftlar buhar türbini ve gaz türbini proseslerine münhasır olan jeneratörü çalıştırmaktadır.

Multi-Şaft Gaz Türbin-Buhar Türbin Jeneratörü, Atık Isı Kazanı ve Buhar Türbini

Tercih edilen gaz türbini çeşidine göre azot oksitleri emisyonunun kontrol edildiği kuru, düşük NO_x üreten bir Dry Low NO_x (DLN) sistemi veya yakma odasına su enjekte edilerek sıcaklığı belli bir seviyede tutan ve bu sayede düşük miktarda NO_x üreten bir su enjeksiyon (Water Injection) sistemi, gaz türbininin yakma sisteminde bulunacaktır. Gaz Türbininin ana kısımları; türbine bağlı jeneratör, türbin, yanma odaları ve hava kompresöründen oluşmaktadır.

Beslenen doğal gazı yakmak için kompresörde sıkıştırılarak basıncı ve sıcaklığı yükseltilecek hava kullanılmaktadır. Yanma sonucu oluşan sıcak gaz karışımı kademeli türbinin içinden geçerek türbin rotorunu döndürmekte ve dönme hareketi ile türbin ile aynı şaftta bulunan jeneratörde elektrik üretilmektedir. Böylece mekanik enerji, elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Gaz Türbini kısmına bağlı diğer sistemler aşağıda belirtilmektedir:

Alış sistemi

- Filtrasyon ve ayrıştırma istasyonu,
- Basınç kontrol bloğu,
- Kontrol sistemi vb.

Egzoz sistemi

- Egzoz bacası,
- Kompansatörler

Önerilen projede iki adet atık ısı kazanı bulunacaktır. Gaz türbinlerinden yüksek sıcaklıkta çıkan atık gazlar buhar üretmek üzere farklı basınç seviyelerinde atık ısı kazanının eşanjörlerinden geçirilecektir.

Atık ısı kazanının ana bölümleri aşağıda listelenmiştir;

- Yüksek basınç, orta basınç ve alçak basınç ekonomizörleri
- Yüksek basınç, orta basınç ve alçak basınç evaporatörleri

- Kızdırıcı ve tekrar kızdırıcı bölümler

Buhar türbini ünitesi, atık ısı kazanından gelen buharın ısı enerjisinin dönme enerjisine çevrilmesi amacıyla sistem dahilinde bulunmaktadır.

Buhar türbin ünitesinin ana bölümleri;

- Tank ve pompalar için kontrol ve yağlama sistemi,
- Drenaj sistemi,
- Değişik basınçlarda buhar by-pass sistemleridir.

Su-buhar çevrimi içinde yer alan ekipmanlar;

- Sirkülasyon suyu pompası ve su türbin grupları,
- Kondensat pompası, besleme suyu ve transfer pompaları,
- Kondenser,
- Buhar ve su enjektörü,
- Degazör ve besleme suyu tankı,
- Depolama tankları,
- Elektrik ve ana soğutma kontrol sistemidir.

Atık ısı kazanından gelen kızgın buhar, yüksek, orta ve düşük basınç türbinlerine yönlendirilmektedir. Türbin kanatları arasından geçen kızgın buhar, enerji dönüşümünü sağlamak ve kızgın buharın ısı enerjisi, mekanik enerjiye, bu mekanik enerji, buhar türbin jeneratöründe elektrik enerjisine çevrilmektedir.

Türbin çıkışındaki buharın enerjisi alınmış durumdadır. Bu buhar su soğutmalı kondenserde yoğunlaştırılarak atık ısı kazanına geri dönmekte, buhar kondensat suyu halinde tekrar buharlaştırılmak üzere işleme tekrar alınmakta, böylece çevrimin devamı sağlanmaktadır. Yoğuşurmada kullanılan soğutma suyu, ısı alımı amacıyla deniz suyu ile soğutma sisteminde çevrimlenmektedir.

Su Hazırlama ve Arıtma Ünitesi

Su içindeki çözünmüş minerallerden dolayı yüksek iletkenliğe, korozif ve kazan taşı yapıcı bir yapıya sahiptir. Sistemlerde yüksek saflıkta su kullanılmaması, türbin ve kazanların bakım maliyetlerini yükseltmesi nedeniyle, sürekli ekipman değiştirme ihtiyacını doğurmaktadır. Bu nedenle; arıtma ünitelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Su hazırlama ve arıtma işlemi önerilen santral için gerekli olup, tesis dahilinde mevcut olacaktır. Su hazırlama ve arıtma sistemi içinde ham su, besleme sistemi ve demineralizasyon ünitesi yer alacaktır.

Deniz Suyu Soğutma Sistemi

Soğutma sisteminde kullanılacak deniz suyunun debisinin yaklaşık 53.000 m/saat olacağı hesaplanmaktadır.

Şalt ve Elektrik Sistemleri

Tüm elektrik sistemleri, transformatörleri, şalt sahası ve sistemlerinin projelendirilmesi, ekipmanların seçimi, montajı, testleri, devreye alınması ve işletilmesi TSE ve TEİAŞ standartları, ilgili yönetmelikler, Uluslararası Elektroteknik Komisyon (IEC), Alman Elektronikçiler Birliği (VDE) gibi ulusal ve uluslararası norm ve standartlara uygun bir şekilde gerçekleştirilecektir.

Santralin çevrim bloğunun enterkonnekte sisteme; 380 kV, 3B 954 MCM (Cardinal), 14 km Erzin DGKÇS - Tosçelik TM EİH bağlantısı şeklinde olacaktır.

Kontrol ve Kumanda Sistemleri

Önerilen tesiste; gaz türbin ünitesi, buhar türbin ünitesi, atık ısı kazanı, su buhar çevrimi, soğutma suyu sistemi, su tasfiyesi ve baca emisyonlarının izlenmesi için ayrı kontrol sistemleri bulunacaktır. Merkezi kontrol sistemi dahilinde ise, bilgi işlem ve merkezi kontrol odası ve elektronik kumanda odası yer alacaktır.

Yardımcı Tesisler ve Diğer Yardımcı Sistem ve Ekipmanlar

Yangın koruma ve müdahale sistemi, içme suyu sistemi, ham su/yangın suyu depolama tankı, enstrüman ve servis havası sistemi, soğutma suyu sistemi, atık ısı kazanı, besli suyu kimyasal dozajlama sistemi, Isıtma Havalandırma ve Soğutma (HVAC) sistemleri, öngörülen tesisteki başlıca yardımcı sistemlerdir.

Sistemde hava kompresörleri, soğutucular, ayırıştırıcılar, filtreler ve hava kurutucular bulunacaktır. Isıtma sistemleri, klima sistemi, havalandırma sistemi, yangın söndürme sistemi, servis havası sistemleri, telekomünikasyon ekipmanları, dizel yakıt acil durum jeneratör ünitesi, yardımcı kazan, vinçler ve mekanik atölye teçhizatları da sistemdeki yardımcı ekipmanlardandır. Isı eşanjörlerine gereken buhar yardımcı buhar sisteminden alınacak, buhar-sıcak su ısı eşanjörleri ısıtma sistemini besleyecektir. Önerilen santralin havalandırma gereği, tam anlamıyla ihtiyacı karşılayacak şekilde yapılacaktır. Hava besleme üniteleri bina dışlarına yerleştirilerek gerekli hava sağlanacak, tesisin bazı bölümlerinde ise klima sistemi bulunacaktır. İletişim ekipmanları olarak santralde telefon, interkom, hoparlör ve benzeri sistemler

olacaktır. Önerilen tesiste yangın alarm sistemi, hidrant sistemi, otomatik ve mobil yangın söndürme sistemleri yangın söndürme sistemi dahilinde bulunan ekipmanlardır. DGKÇ Santrali Projesi'ne ait teknik özellikler, çizelge 4.2'de verilmektedir.

Çizelge 4.2 : DGKÇ santrali projesi teknik özellikler.

Parametreler	Değer
Kurulu Güç (MW)	900
Net Verimlilik (%)	58
Doğalgazın Kalorifik Değeri (KCal/Nm ³)	8200-9155
Kullanılacak Doğalgaz (m ³ /saat)	170.000
Buhar Sıcaklığı (°C)	565
Bacadaki Gaz Sıcaklığı(°C)	89
Baca Gazı Debisi Kuru (Nm ³ /saat)	3.986.482
Baca Gazı Debisi Islak (Nm ³ /saat)	4.317.794
Soğutma Suyu Debisi Giriş m ³ /saat	– 76.000

5. İLK KADEME HESAPLAMA

İlk kademe hesaplamada, Hatay Aşağı Burnaz Mevkiinde Kurulması planlanan bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali'nden kaynaklanan NO₂, SO₂ ve PM₁₀ kirleticilerin dağılımının, ISC3 Model çalışması ile belirlenmesinden önce Gauss dağılımı esas alınarak kirleticilerin atmosferde dağılımı, hüzme yükselmesinin ve etkin baca yüksekliğinin hesaplanması, Turner (1970) tarafından geliştirilen abak yardımıyla yer seviyesindeki maksimum konsantrasyon ve bu konsantrasyonun olduğu X (X_{max}) mesafeleri, baca yükseklikleri ve stabilite koşullarının değişimiyle C_{max} ve X_{max} değerlerinin değişimi matematiksel olarak incelenmiş ve Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY)'ne göre hesaplanması gereken baca yükseklikleri belirlenmiştir.

5.1 Gauss Dispersiyon Modeli

Herhangi bir yer seviyesi veya baca seviyesi kaynaktan atmosfere bırakılan kirletici gaz kütlesinin atmosfer ortamındaki genel davranışı, ISC3 gibi Dağılım Modellerinin esas aldığı Gauss modeli ile matematiksel olarak ifade edilebilir. ISC3 modeli, nokta kaynaklar için kararlı hal Gauss hüzme dağılım denklemini kullanır Gauss dağılım denklemini aşağıda verilmiştir (5.1).

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2 * \pi * u * \sigma_y * \sigma_z} * \left[\exp\left(\frac{-y^2}{2 * \sigma_y^2}\right) \right] * \left\{ \exp\left(\frac{-(z-H)^2}{2 * \sigma_z^2}\right) + \exp\left(\frac{-(z+H)^2}{2 * \sigma_z^2}\right) \right\} \quad (5.1)$$

Denklemdaki terimler;

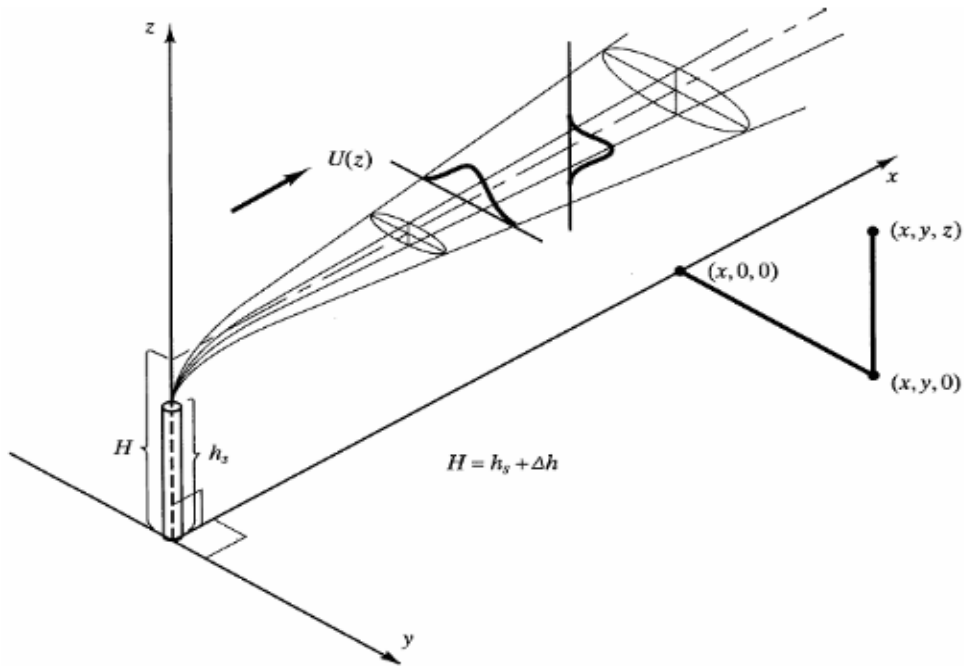
C(x,y,z,H) : Koordinatları verilen alıcı noktadaki kirletici konsantrasyonudur. H terimi etkin baca yüksekliğini ifade etmektedir.

$\frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z}$: Hüzmenin, merkez çizgi üzerinde x mesafesine bağlı değişimini ifade etmektedir. C değeri Q ile doğru orantılı iken u, σ_y ve σ_z ile ters orantılıdır.

$\exp\left(-\frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)$: 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 eksen de alıcı nokta yüksekliği ile kaynak noktası yüksekliği arasında $(z-H)$ kadar bir mesafe bulunmaktadır (Bandyopadhyay, 2010).

Rüzgârın ve genel dispersiyon mekanizmasının etkisiyle herhangi bir nokta kaynaktan atılan kirletici hüzmenin dağılımı Şekil 5.1’de gösterildiği gibi olmaktadır. Kirletici, h baca yüksekliği seviyesinden atmosfere bırakılmasına rağmen, atık gazların sıcaklığından kaynaklanan termal kaldırma kuvveti ve bacadan çıkış hızından (V_s) kaynaklanan momentum kuvvetiyle Δh kadar daha yükselir. Dolayısıyla, kirletici, etkin baca yüksekliği ($H=h+\Delta h$) olarak ifade edilen bir yükseklikten atmosfere bırakılıyor gibi görülmektedir.



Şekil 5.1 : Bir nokta kaynak emisyonunun atmosferde taşınım hareketi.

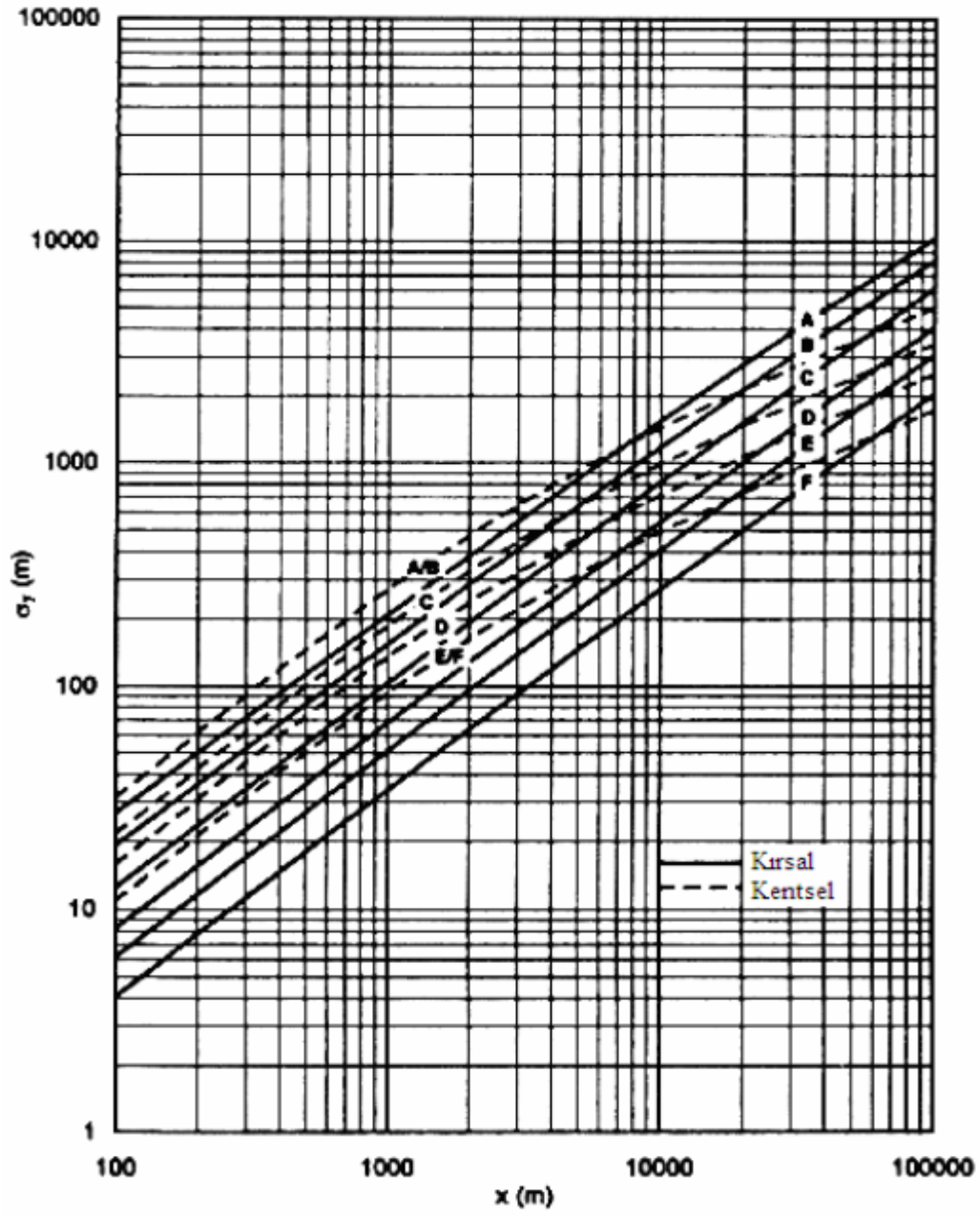
Şekildeki tanımlar;

- h =Baca yüksekliği
- H =Etkin baca yüksekliği
- Δh =Hüzme yüksekliği, m ($\Delta h=H-h$)
- x =Rüzgar esme yönü
- y =Yatay eksen
- z =Dikey eksen

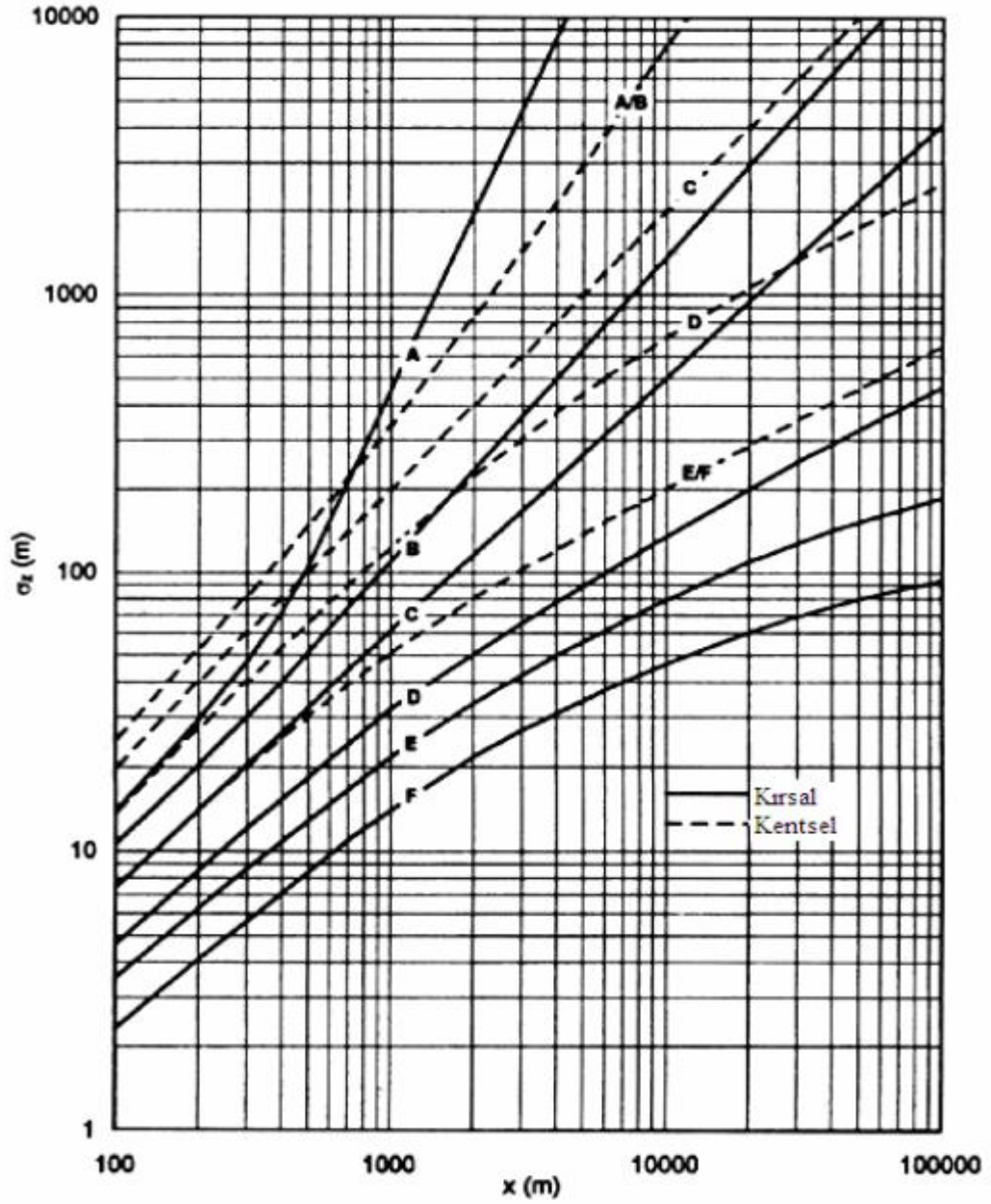
Şekil 5.1’de görüldüğü gibi bir nokta kaynaktan çıkan kirletici gaz hüzmesi, atmosferik girdap (türbülans veya eddy) hareketleri sonunda genişleyen bir dağılım göstermektedir. Anlık hüzme, dar bir alanda çok yüksek konsantrasyonlara haiz olmakta iken 10 dakikalık ortalama bir süre içerisinde hüzme daha geniş bir alana yayılmakta ve girdaplar kirleticilerin dispersiyonunda etkili olmaktadır. Dolayısıyla kirletici konsantrasyonu düşmektedir. Gauss dispersiyon modelinde kabul edilen varsayımlar;

- Baca, $x=0$, $y=0$, $z=0$ konumundadır
- Kirleticiler sürekli olarak etkin baca yüksekliği olan H yüksekliğinden atmosfere atılmaktadır
- Rüzgar hızı $u(m/sn)$ ’dir ve sabittir
- Rüzgar $+x$ yönünde esmektedir
- Duman hüzmesinin yatay ve dikey düzlemdeki dağılımı Gaussian dağılım göstermektedir
- Hüzme yere vardığında tamamen elastik bir çarpma yapmakta, kirleticiler toprak tarafından adsorb edilmemektedir (Yeryüzünde herhangi bir çökeltme veya reaksiyon yoktur)
- Aynı şekilde atmosferde maksimum karışım yüksekliğine erişen duman hüzmesi de oradan aynen yansımaktadır.
- Kirleticiler herhangi bir reaksiyona girmemektedir.
- Kirleticiler x yönünde rüzgar hızı (u) ile hareket etmekte, y ve z yönlerinde türbülant dispersiyon ile dağılmaktadır.
- $\sigma_y = y$ yönündeki dispersiyon katsayısı, $\sigma_z = z$ yönündeki dispersiyon katsayısı

Şekil 5.2 ve Şekil 5.3’de yer alan abaklarda bu katsayıların x mesafesine ve atmosferin kararlılığına bağlı değişimleri kırsal ve kentsel bölgeler için verilmiştir.



Şekil 5.2 : Kentsel ve kırsal bölgeler için y yönündeki dispersiyon katsayıları.



Şekil 5.3 : Kentsel ve kırsal bölgeler için z yönündeki dispersiyon katsayıları.

EPA tarafından Industrial Source Complex (ISC3) modeli, kırsal alanlar için Pasquill-Gifford eğrilerinden geliştirilen denklemlere göre dispersiyon katsayılarını aşağıda yer alan denklemlerden hesap eder;

$$\sigma_y = 465,11628 \times x \times \tan(TH) \quad (5.2)$$

$$TH = 0.01745 \times x \times (c - d \times \ln x) \quad (5.3)$$

$$\sigma_z = a \times x^b \quad (5.4)$$

Buradaki a,b,c ve d katsayıları aşağıda çizelge 5.1 ve 5.2’de verilmiştir (EPA, 1995).

Çizelge 5.1 : Kararlılık sınıflarına ve x mesafelerine göre a,b katsayıları.

Kararlılık Sınıfı	X(km)	A	b
A	<0.10	122.8	0.94470
	0.10-0.15	158.080	1.05420
	0.16-0.20	170.220	1.09320
	0.21-0.25	179.520	1.12620
	0.26-0.30	217.410	1.26440
	0.31-0.40	258.890	1.40940
	0.41-0.50	346.750	1.72830
	0.51-3.11	453.850	2.11660
	>3.11	-	-
B	<0.20	90.673	0.93198
	0.21-0.40	98.483	0.98332
	>0.40	109.300	1.09710
C	Tamamında	61.141	0.91465
D	<0.30	34.459	0.86974
	0.31-1.00	32.093	0.81066
	1.01-3.00	32.093	0.64403
	3.01-10.00	33.504	0.60486
	10.0-30.00	36.650	0.56589
	>30.00	44.053	0.51179
E	<0.10	24.260	0.83660
	0.10-0.30	23.331	0.81956
	0.31-1.00	21.628	0.75660
	1.01-2.00	21.628	0.63077
	2.01-4.00	22.534	0.57154
	4.01-10.00	24.703	0.50527
	10.0-20.00	26.970	0.46713
	20.0-40.00	35.420	0.37615
	>40.00	47.618	0.29592
F	<0.20	15.209	0.81558
	0.21-0.70	14.457	0.78407
	0.71-1.00	13.953	0.68465
	1.01-2.00	13.953	0.63227
	2.01-3.00	14.823	0.54503
	3.01-7.00	16.187	0.46490
	7.01-15.00	17.836	0.41507
	15.0-30.00	22.651	0.32681
	30.0-60.00	27.074	0.27436
	>60.00	34.219	0.21716

Çizelge 5.2 : Kararlılık sınıflarına göre c, d katsayıları.

Kararlılık Sınıfı	c	d
A	24.167	2.5334
B	18.333	1.8096
C	12.5	1.0857
D	8.333	0.72382
E	6.25	0.54287
F	4.1667	0.36191

ISC3 modeli, kentsel alanlar için ise Briggs denklemlerine göre dispersiyon katsayılarını hesaplamaktadır.

Çizelge 5.3 : Briggs denklemlerine göre dispersiyon katsayıları hesabı.

Kararlılık Sınıfı	σ_y	σ_z
A	$0.32X(1+0.0004X)^{-1/2}$	$0.24X(1+0.001X)^{-1/2}$
B	$0.32X(1+0.0004X)^{-1/2}$	$0.24X(1+0.001X)^{-1/2}$
C	$0.22X(1+0.0004X)^{-1/2}$	0.20X
D	$0.16X(1+0.0004X)^{-1/2}$	$0.14X(1+0.003X)^{-1/2}$
E	$0.11X(1+0.0004X)^{-1/2}$	$0.08X(1+0.015X)^{-1/2}$
F	$0.11X(1+0.0004X)^{-1/2}$	$0.08X(1+0.015X)^{-1/2}$

5.2 Etkin Baca Yüksekliğinin Hesaplanması

Çoğu endüstriyel kaynaklar, kirleticileri bir baca ile atmosfere vermektedirler. Kirleticiler bacalardan belirli bir sıcaklık ve momentum ile verildiklerinden, kirletici hüzmeleri, bacadan çıktıktan sonra önemli miktarda yükselme eğilimine sahiptirler. Böylece kirleticilerin yer seviyesine ulaşana kadar yeteri kadar seyrelmesi sağlanmış olmaktadır. Bu nedenle dağılım modellerinde hüzmeye yükselmesi önemli bir parametre durumundadır.

Hüzme yükselmesi hesabından önce dikkate alınması gereken, bacadan çıkan atık gaz hüzmesinin gerçekte yükselmeye başlayacağının veya baca dibine doğru alçalabileceğinin belirlenmesi olacaktır. Bacadan çıkan atık gaz hüzmesi yeterli dikey momentuma sahip değilse baca çıkışında çeşitli etkilerle baca seviyesi altına doğru alçalabilir. Bu duruma hüzme alçalması denilir. Hüzmenin baca dibine doğru alçalmasını önlemek için, atık gazların bacadan çıkış hızının (V_s) yeterince yüksek olması gerekmektedir. 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 (5.5).

$$h'_s = h_s + 2d \left(\frac{V_s}{u_s} - 1.5 \right) \quad (5.5)$$

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 (5.6).

$$H = h' + \Delta h \quad (5.6)$$

Hüzme alçalması olmaması durumundaki efektif baca yüksekliği hesabında yer alan Δh hüzme yükselmesi h' mesafesinden değil h mesafesinden itibaren oluşacaktır. Genellikle hüzmenin atmosferdeki yükselişini etkileyen 3 faktör bulunmaktadır. Bunlar;

- bacanın geometrik yapısı,
- meteorolojik parametreler,
- baca gazının fiziksel ve kimyasal özellikleridir.

Etkin baca yüksekliği hesabında kullanılan ampirik formüller aşağıda verilmiştir.

Holland Formülü: En yaygın kullanılan ampirik ifadedir (5.7). Duman yükselme miktarı;

$$Dh = \frac{v_s' d}{U_H} \cdot [1, 5 + (0, 00268 \cdot P \cdot d \cdot \frac{T_s - T_a}{T_s})] \quad (5.7)$$

Burada;

- H : Baca yüksekliği (m)
- v_s : Atık gazın baca çıkış hızı (m/sn)
- d : Baca çıkış iç çapı (m)
- U_H : x yönündeki rüzgarın hızı (m/s)

- P : Atmosfer basıncı (milibar)
- T_a : Atmosfer sıcaklığı (°C)
- T_s : Atık gaz sıcaklığı (°C)

Carson ve Moses Formülü:

$$\Delta h = -0.029 \times \frac{v_s \times d}{U_H} + 2.62 \times \frac{\sqrt{Q \times c_p \times (T_s - T_a)}}{U_H} \quad (5.8)$$

$$Q = \frac{\pi \times d^2 \times v_s \times P \times MA}{4 \times R \times T_s} \quad (5.9)$$

Burada;

- Q : Isı Emisyon Oranı (kJ/s)
- P : Atmosfer basıncı
- MA : Gazın molekül ağırlığı
- R : Sabit
- T_s : Gazın sıcaklığı (K)
- T_a : Atmosfer sıcaklığı (K)
- c_p : Spesifik ısı basıncı sabiti
- v_s : Gazın baca çıkış hızı (m/s)
- U_H : Dış ortam rüzgar hızı (m/s)
- d : Baca iç çapı (m)

Concawe Formülü:

$$\Delta H = 2.71 \times \left(\frac{\sqrt{Q}}{U_H^{3/4}} \right) \quad (5.10)$$

Q: Isı emisyon oranı (kJ/s)

Thomas Formülü:

$$\Delta H = 4.71 \times \left(\frac{Q^{0.444}}{U_H^{0.694}} \right) \quad (5.11)$$

Briggs Formülü:

ISC3 modeli etkin baca yüksekliği hesabında Briggs denklemlerini esas almaktadır. Briggs denklemleri, hem atmosferin kararlılığını hem de hüzmenin rüzgâr yönünde ulaşabileceği azami yüksekliği dikkate almaktadır. Formül, Pasquill-Turner kararlılık sınıflarına dayanmaktadır (Korsakissok,2009). 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. Momentum terimi, baca gazının kendi hızından (V_s) dolayı meydana gelen dikey yöndeki momentumu, termal kaldırma terimi de baca gazı sıcaklığı (T_s) ile atmosfer sıcaklığı (T_a) arasındaki farktan ileri gelen yükselmeyi temsil eder. Hangi kuvvetin baskın olduğunu belirlemek için ilk olarak iki tür sıcaklık farkı terimi hesaplanır. (ΔT) normal sıcaklık farkı ve (ΔT)_c geçiş (crossover) sıcaklık farkı terimleri hangi kuvvetin baskın olduğu belirlemektedir. Çizelge 5.5’de ifade edildiği üzere bu iki sıcaklık farkı teriminin kıyaslanması momentum veya kaldırma kuvvetlerinden hangisinin baskın olduğunu ve dolayısıyla hangi hüzme yüksekliği denkleminin kullanılacağını belirlemektedir. Briggs denklemlerinde kullanılan parametreler ve bu parametrelerin açıklamaları çizelge 5.4’ de verilmiştir.

Çizelge 5.4 : Kullanılan parametreler ve açıklamaları.

Parametreler	Açıklamaları
F_m	Momentum kuvveti parametresi
F_b	Termal kaldırma kuvveti parametresi
V_s	Baca gazı çıkış hızı, m/s
d_s	Baca iç çapı, m
T_s	Baca gazı çıkış sıcaklığı, °K
T_a	Atmosfer sıcaklığı, °K
ΔT	Normal sıcaklık farkı, °K
(ΔT) _c	Geçiş sıcaklık farkı, °K
S	Kararlılık parametresi
$\partial\theta / \partial z$	Potansiyel sıcaklık gradyanı, °K/m
U	Baca çıkış seviyesindeki rüzgar hızı, m/s
x_f	Azami hüzme yükselmesinin olduğu x mesafesi
G	Yerçekimi ivmesi, 9.81 m/s ²

Çizelge 5.5 : Briggs nihai hüzme yüksekliği hesabı.

Kararsız (A, B, C) veya Nötr (D) Atmosfer				Kararlı (E, F) Atmosfer	
$F_b = g V_s d_s^2 (T_s - T_a) / 4 T_s$, $F_m = V_s^2 d_s^2 T_a / 4 T_s$, $\Delta T = T_s - T_a$					
$F_b < 55 m^4 s^{-3}$ için $(\Delta T)_c = 0.0297 T_s$ $(V_s^{1/3} / d_s^{2/3})$				$(\Delta T)_c = 0.019582 T_s V_s s^{1/2}$ $S = g (\partial \theta / \partial z) / T_a$ <i>E sınıfı için;</i> $\partial \theta / \partial z = 0.020 K/m$ <i>F sınıfı için;</i> $\partial \theta / \partial z = 0.035 K/m$	
$F_b \geq 55 m^4 s^{-3}$ için $(\Delta T)_c = 0.00575 T_s$ $(V_s^{2/3} / d_s^{1/3})$					
$\Delta T < (\Delta T)_c$ 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
$\Delta h = 3 d_s \frac{V_s}{u}$	$\Delta h = 21.425 F_b^{3/4} / u$ $X_f = 49 F_b^{5/8}$	$\Delta h = 3 d_s \frac{V_s}{u}$	$\Delta h = 38.71 F_b^{3/5} / u$ $X_f = 119 F_b^{2/5}$	$\Delta h = 1.5 (F_m / u s^{1/2})^{1/3}$ Veya $\Delta h = 3 d_s \frac{V_s}{u}$	$\Delta h = 2.6 (F_b / u s)^{1/3}$ $X_f = 2.0715 u s^{1/2}$

Kararlı atmosfer (E,F) durumunda, s (kararlılık parametresi)'nin hesabında potansiyel sıcaklık gradyanı kullanılmaktadır. Kararlılık parametresinin hesabında kullanılan denklem aşağıda verilmiştir (5.12).

$$S = g (\partial \theta / \partial z) / T_a \quad (5.12)$$

Pasquill-Gifford tarafından geliştirilen stabilite sınıfları ve sıcaklık tabakalaşması arasındaki ilişki aşağıda çizelgede 5.6'da verilmiştir. $(\partial \theta / \partial z)$, potansiyel sıcaklık gradyanı olup kararlılık sınıfına göre değişir.

Çizelge 5.6 : Stabilite sınıfları ve sıcaklık tabakalaşmaları.

Stabilite Sınıfı	Çevre Sıcaklık Gradiyenti T/z (°C/100m)	Potansiyel Sıcaklık Gradiyenti Θ/z (°C/100m)
A (çok kararsız)	<-1.9	<-0.9
B (orta derece kararsız)	-0.9; -1.7	-0.9; -0.7
C (hafif kararsız)	-1.7; -1.5	-0.7; -0.5
D (nötr)	-1.5; -0.5	-0.5; 0.5
E (hafif kararlı)	-0.5; 1.5	0.5; 2.5
F(orta derece kararlı)	>1.5	>2.5

Meteoroloji istasyonlarında yer seviyesindeki rüzgar hızı ölçülmektedir. Dolayısıyla denklemlerde kullanılacak rüzgar hızı, baca seviyesindeki rüzgar hızı olacaktır. Baca seviyesi rüzgar hızının ayrı olarak hesaplanması gerekmektedir. Baca seviyesi rüzgar

hızı hesabı için rüzgar hızı profilinde yer alan denklem kullanılır (5.13). Denklem kullanılırken yer seviyesi rüzgâr hızı için yükseklik (z_1) 10m alınır.

$$\frac{u_1}{u_2} = \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^p \quad (5.13)$$

Denklemden;

- $u_1 = z_1$ yüksekliğindeki rüzgâr hızı
- $z_1 =$ yer seviyesi rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik, 10 metre
- $u_2 = z_2$ yüksekliğindeki rüzgâr hızı
- $z_2 = u_2$ hesabının istenildiği baca yüksekliği
- $p =$ atmosferin kararlılığına ve topografyaya bağlı katsayı

Hüzme yüksekliği ve etkin baca yüksekliği hesabı için aşağıda çizelge 5.7’de yer alan değerler esas alınmıştır.

Çizelge 5.7 : Etkin baca yüksekliği hesabında kullanılan bilgiler.

Parametreler	Değerler
Baca iç çapı, d_s	7.1
Baca yüksekliği, h	60m, 120m
Baca gazı sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	89
Dış ortam sıcaklığı, ($^{\circ}\text{C}$)	15
Baca gazı hızı (m/sn)	20
Ortalama rüzgar hızı (m/sn)	1.09

Hüzme yüksekliği ve etkin baca yüksekliği değerleri aşağıda yer alan sıralamaya göre hesaplanmıştır ;

1. Kararlı (E, F) , Kararsız (A, B, C) ve Nötr (D) atmosfer şartları için $F_b = g V_s d_s^2 (T_s - T_a) / 4 T_s$ denkleminde F_b parametreleri hesaplanmıştır.
2. Kararsız ve Nötr atmosfer şartlarında, $F_b < 55 \text{ m}^4 \text{s}^{-3}$ veya $F_b > 55 \text{ m}^4 \text{s}^{-3}$ kıyaslaması yapıp $F_b > 55 \text{ m}^4 \text{s}^{-3}$ olduğu belirlenmiş ve $(\Delta T)_c = 0.00575 T_s (V_s^{2/3} / d_s^{1/3})$ denkleminde geçiş sıcaklık farkları, kararlı atmosfer şartlarında ise kararlılık parametresi (s) hesaplanıp, $(\Delta T)_c = 0.019582 T_s V_s s^{1/2}$ denkleminde geçiş sıcaklık farkları hesaplanmıştır.
3. Normal sıcaklık farkları hesaplanmıştır. $(\Delta T = T_s - T_a)$
4. Normal sıcaklık farkları (ΔT) ve geçiş sıcaklık farkları $(\Delta T)_c$ kıyaslaması yapıp, bütün atmosferik koşullarda $\Delta T \geq (\Delta T)_c$ eşitliğinin sağlandığı ve kaldırma kuvvetinin baskın olduğu belirlenmiştir.

5. Kaldırma kuvvetinin baskın olduğu Kararsız ve Nötr atmosferik koşullarda $\Delta h = 38.71 F_b^{3/5} / u$, kararlı atmosferik koşullarda $\Delta h = 2.6 (F_b / u s)^{1/3}$ eşitlikleri ile hüzme yükseklikleri hesaplanmıştır. Denklemlerde yer alan u ifadesi baca çıkışı rüzgar hızı olup, kırsal ve kentsel bölgeler esas alınarak 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için, farklı kararlılık sınıfları ve buna karşılık seçilen yer seviyesi rüzgar hızı değerlerine göre belirlenmiştir. Hesaplama rüzgar hızı profilinde yer alan denklem 5.9 kullanılmıştır. Çizelge 5.8’de hesaplanan baca çıkışı rüzgar hızı değerleri yer almaktadır.
6. $H = h + \Delta h$ eşitliği ile etkin baca yükseklikleri hesaplanmıştır. Çizelge 5.9 ve çizelge 5.10’de hüzme yükselmesi ve etkin baca yüksekliği hesap sonuçları yer almaktadır.
7. Proje alanına yakınlığı sebebiyle DMI’den temin edilen 2004 yılı Dört yol istasyonu verilerine göre bölgede B ve F kararlılık sınıfları hakimdir. Baca çıkışı rüzgar hızı, kırsal ve kentsel bölgeler esas alınarak 60 metre, 120 metre baca yükseklikleri ve B, F kararlılık sınıfları için 1.09 m/sn ortalama yer seviyesi rüzgar hızı değerine göre belirlenmiştir. Hüzme yükseklikleri (Δh) ve ardından etkin baca yükseklikleri (H) hesaplanmıştır. Çizelge ‘de baca çıkışı rüzgar hızı, çizelge ve çizelge de hüzme yükselmesi ve etkin baca yüksekliği hesap sonuçları yer almaktadır.

Çizelge 5.8 : 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için farklı kararlılık sınıflarında baca çıkışı rüzgar hızı değerleri.

Kararlılık Sınıfı	u_1 (m/sn)	p kırsal	p şehir	u_2 (m/sn), 60m		u_2 (m/sn), 120m	
				Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir
A	1	0.07	0.15	1.1	1.3	1.2	1.5
A	1.5	0.07	0.15	1.7	2.0	1.8	2.2
A	2	0.07	0.15	2.3	2.6	2.4	2.9
B	3	0.07	0.15	3.4	3.9	3.6	4.4
C	3	0.1	0.2	3.6	4.3	3.8	4.9
D	3	0.15	0.25	3.9	4.7	4.4	5.6

Çizelge 5.9 : Kırsal ve kentsel alanlarda kararsız ve nötr atmosferik şartlarda 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği hesabı sonuçları.

Kararlılık sınıfı	Fb>55	Kararsız							
		$\Delta h,$ 60 m	$\Delta h,$ 60 m	$\Delta h,$ 120 m	$\Delta h,$ 120 m	H, 60 m	H, 60 m	H, 120 m	H, 120 m
		Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir
A	505	1430	1239	1362	1913	1490	1299	1482	2033
A	505	953	826	908	1000	1013	886	1028	1120
A	505	715	619	681	631	775	679	801	751
B	505	477	413	454	330	537	473	574	450
C	505	452	378	421	276	512	438	541	396
D	505	413	345	372	231	473	405	492	351

Çizelge 5.10 : Kırsal ve kentsel alanlarda kararlı atmosferik şartlarda 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği hesap sonuçları.

Kararlılık sınıfı	Potansiyel Sıcaklık Grd.	s (stabilite)	Kararlı							
			$\Delta h,$ 60m	$\Delta h,$ 60m	$\Delta h,$ 120m	$\Delta h,$ 120m	H,60m	H,60m	H,120 m	H, 120m
			Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir
E	0.005	0.0001703	210	216	194	202	270	276	314	322
F	0.026	0.000886	108	125	95	117	168	185	214	237

Çizelge 5.11 : 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için B ve F kararlılık sınıflarında baca çıkışı rüzgar hızı değerleri.

Kararlılık sınıfı	u_1 (m/sn)	p kırsal	p şehir	u_2 (m/sn), 60m		u_2 (m/sn), 60m		u_2 (m/sn), 120m		u_2 (m/sn), 120m	
				Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir
B	1.09	0.07	0.15	1.2		1.4		1.3		1.6	
F	1.09	0.07	0.15	2.9		1.9		4.3		2.3	

Çizelge 5.12 : B kararlılık sınıfı, 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği değerleri.

Kararlılık sınıfı	Fb> 55	Kararsız							
		$\Delta h,$ 60 m	$\Delta h,$ 60 m	$\Delta h,$ 120 m	$\Delta h,$ 120 m	H, 60 m	H, 60 m	H, 120 m	H, 120 m
		Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir
B	505	1312	1137	1250	1667	1372	1197	1370	1787

Çizelge 5.13 : F kararlılık sınıfı, 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hüzme yükseltisi ve etkin baca yüksekliği değerleri.

Kararlılık sınıfı	Potansiyel Sıcaklık Grd.	s (stabilite)	Kararlı							
			Δh , 60m	Δh , 60m	Δh , 120m	Δh , 120m	H, 60m	H, 60m	H, 120m	H, 120m
			Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir	Kırsal	Şehir
F	0.1	0.0034062	96	111	85	104	156	171	205	224

5.3 Yer Seviyesindeki Maksimum Konsantrasyon ve Oluştugu X_{max} Mesafesinin Belirlenmesi

Yer seviyesinde maksimum konsantrasyon hesabı için direkt bir formül bulunmamaktadır. Turner (1970) tarafından geliştirilen, stabilite sınıfı ve etkin baca yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak maksimum konsantrasyonun değeri ve olduğu X_{max} mesafesini veren grafik bu konuda yardımcı olmaktadır. $(C.u)/Q$ 'ın normalize edilmiş değerinden hareketle maksimum konsantrasyon (C_{max}) aşağıdaki denklemden elde edilir (5.14).

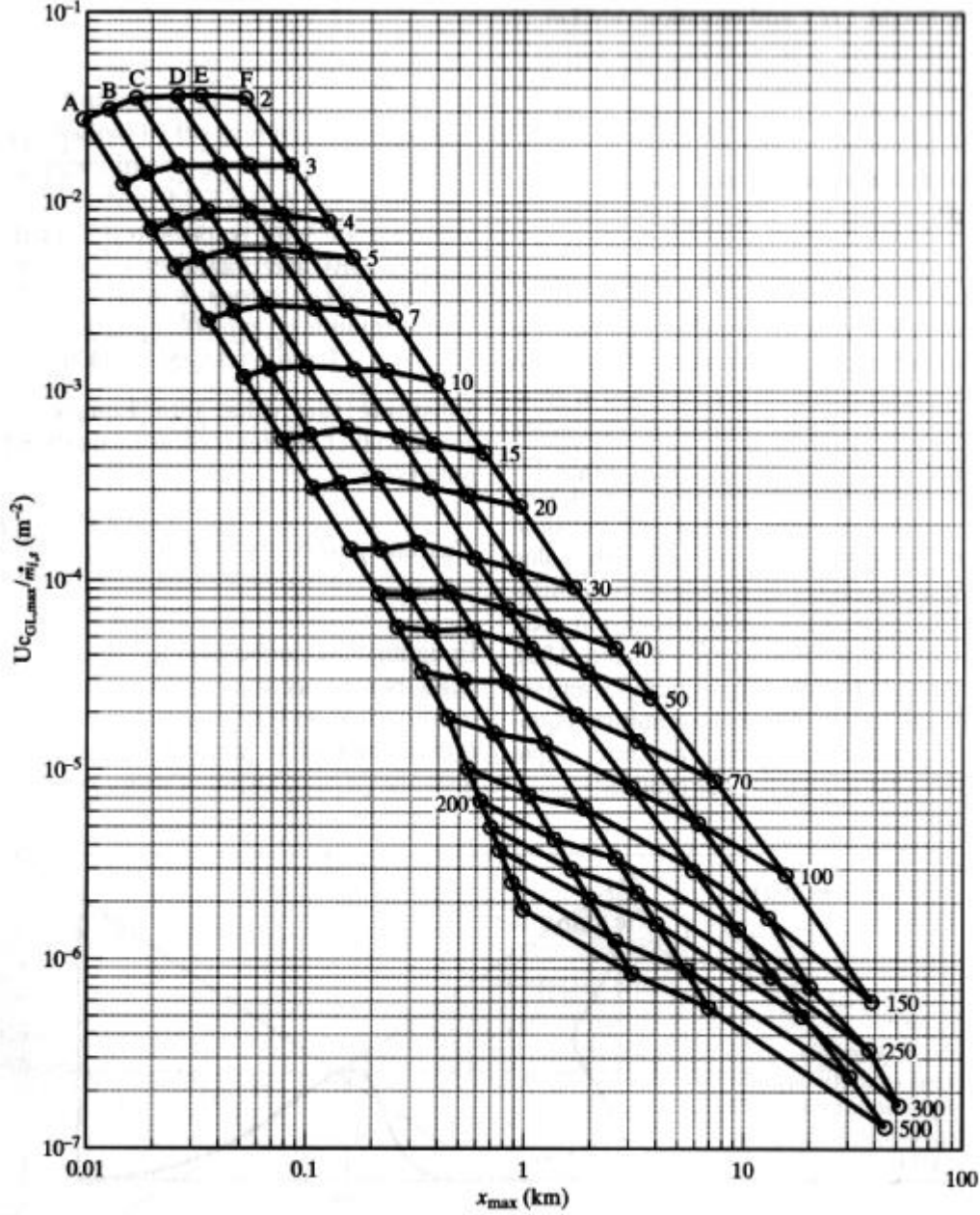
$$C_{max} = \frac{Q}{u} \cdot \left(\frac{C.u}{Q} \right)_{max} \quad (5.14)$$

Yüksekliği 60 metre ve 120 metre olan iki baca için yapılan hesaplamada, C_{max} konsantrasyonların hesabı için rüzgar hızı profilinde yer alan denklem 2.1 kullanılarak A,B,C,D,E kararlılık sınıflarında baca seviyesindeki rüzgar hızları belirlenmiştir. Aşağıda çizelgede 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hesaplanmış baca çıkışı rüzgar hızı değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.14 : 60 metre ve 120 metre baca yüksekliklerinde baca çıkışı rüzgar hızları.

Kararlılık Sınıfı	Rüzgar Hızı	60 metre yüksekliğindeki	120 metre yüksekliğindeki
		baca çıkışında rüzgar hızı,	baca çıkışında rüzgar hızı,
		m/sn Şehir	m/sn Şehir
A	2	2.61	2.90
B	3	3.92	4.35
C	3	4.29	4.93
D	3	4.69	5.58
E	3	5.13	6.32

Etkin baca yüksekliği A, B, C, D kararlılık sınıfları için 500 m, E kararlılık sınıfı için 200 m kabul edilmiştir. Şekil 5.4’de yer alan abak yardımıyla, her bir kararlılık sınıfı ve kabul edilen etkin baca yüksekliği değerleri ile noktalar oluşturulmuştur.



Şekil 5.4 : Maksimum Cu/Q değerinin kararlılık sınıfı ve etkin baca yüksekliğine bağlı değişimi.

Oluşturulan her noktadan y eksenine ulaşıldığında $(C.u)/Q \text{ m}^{-2}$ değerleri ve buna karşılık $\text{NO}_2=59.97 \text{ g/sn}$ kütle debisi için maksimum konsantrasyon ($C_{\max}$) değerleri hesaplanmış, x eksenine ulaşıldığında da maksimum konsantrasyonların olduğu x mesafeleri ($x_{\max}$) belirlenmiştir. Bu hesaplama yönteminde $C_{\max}$ değeri 10 dakikalık

ortalamaya karşılık gelmektedir. Bu değerin 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir.

10 dakikalık ortalama değerin 1 saatlik değer'e dönüşümü aşağıdaki denklem ile sağlanır (5.15).

$$C_2 = C_1 \cdot \left(\frac{t_1}{t_2}\right)^q \quad (5.15)$$

Denklemde yer alan parametreler;

C_1 =10 dakikalık maksimum konsantrasyon ($C_{\max}$)

t_1 = 10 dk ; t_2 =60 dk

q =0.2

C_2 =1 saatlik maksimum konsantrasyon

60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için A, B, C, D, E kararlılık sınıflarında, 10 dakikalık maksimum konsantrasyon ($C_{\max}$), 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık konsantrasyon değerleri hesaplanmış ve $C_{\max}$ konsantrasyonlarının olduğu x mesafeleri ($X_{\max}$) belirlenmiştir. 1 saatlik (C_2 , 60dk) konsantrasyon değerinin, 24 saatlik (C_2 , 24 saat) ve yıllık (C_2 , yıllık) konsantrasyon değerlerine dönüşümünü sağlayan katsayılar aşağıda çizelge 5.15'de verilmiştir (Warner ve diğ.).

Çizelge 5.15 : Dönüşüm katsayıları.

Süre	1 saatlik değerin dönüşüm katsayısı
3 saat	0.9
8 saat	0.7
24 saat	0.4
Yıllık	0.03-0.08

Dönüşümde; 24 saatlik konsantrasyon değerinin hesaplanması için 0.4, yıllık konsantrasyon değerinin hesaplanması için ise 0.04 katsayıları kullanılmıştır.

$$(C_2, 24 \text{ saat}) = (C_2, 60\text{dk}) \times 0.4 ; (C_2, \text{yıllık}) = (C_2, 60\text{dk}) \times 0.04$$

$C_{\max}$, 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık konsantrasyon değerleri çizelge 5.16 ve 5.17 de verilmiştir.

Çizelge 5.16 : h = 60 metre baca yüksekliği için Cmax, 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık konsantrasyon değerleri ve oluştuğu X mesafeleri.

Stabilite Kategorileri	u_1 (m/sn)	X (km)	$(C \cdot u_2)/Q$ m^{-2}	u_2 (m/sn)	C ($\mu g/m^3$)	C_2 (60dk)	C_2 (24 saat)	C_2 (yıllık)
A	2	1	0.0000019	2.61	43.54	30.43	12.17	1.21
B	3	3	0.00000085	3.92	12.98	9.07	3.63	0.36
C	3	7	0.0000006	4.29	8.38	5.85	2.34	0.23
D	3	43	0.00000013	6.69	1.66	1.16	0.46	0.04
E	3	20	0.0000007	5.13	8.17	5.71	2.28	0.22
E	3	18	0.000001	5.13	11.67	8.16	3.26	0.32

Çizelge 5.17 : h = 120 metre baca yüksekliği için Cmax, 1 saatlik, 24 saatlik ve yıllık konsantrasyon değerleri ve oluştuğu X mesafeleri.

Stabilite Kategorileri	u_1 (m/sn)	X (km)	$(C \cdot u_2)/Q$ m^{-2}	u_2 (m/sn)	C ($\mu g/m^3$)	C_2 (60dk)	C_2 (24 saat)	C_2 (yıllık)
A	2	1	0.0000019	2.90	39.24	27.42	10.97	1.09
B	3	3	0.00000085	4.35	11.70	8.17	3.27	0.32
C	3	7	0.0000006	4.93	7.29	5.09	2.03	0.20
D	3	43	0.00000013	5.58	1.39	0.97	0.39	0.03
E	3	20	0.0000007	6.32	6.63	4.64	1.85	0.18
E	3	18	0.000001	6.32	9.48	6.62	2.65	0.26

5.4 Baca Yüksekliğinin Belirlenmesi

SKHKKY Madde 6.g’de “yeni kurulacak işletmede bulunan tesislerin bütünü için; Ek-2 Tablo-2.1’deki kütsel debilerin aşılması halinde işletmeci tarafından; tesislerin etki alanında, işletmenin kirleticiliğinin değerlendirilmesi amacıyla bir dağılım modeli kullanılarak hava kirlenmesine katkı değerinin hesaplanması gerektiği” belirtilmektedir.

SKHKKY’nin Ek-4 b Bendi 3.1. fıkrasında “baca yüksekliklerinin abak yardımıyla belirlenmesi” gerektiği belirtilmektedir. Buna göre baca yüksekliğinin abak yardımıyla belirlenmesinde kullanılan Q/S değerleri çizelge 5.15’de verilen bilgiler doğrultusunda hesaplanmış olup, sonuçlar yine aynı çizelgede verilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan parametreler, SKHKKY’nde şu şekilde tanımlanmaktadır:

- H' [m] : Abak kullanılarak belirlenen baca yüksekliği,
- d [m] : Baca iç çapı veya baca kesiti alanı eşdeğer çapı,
- t [$^{\circ}C$] : Baca girişindeki atık gazın sıcaklığı,
- R [Nm^3/h] : Nemsiz durumdaki atık baca gazının normal şartlardaki hacimsel debisi,

- Q [kg /h] : Emisyon kaynağından çıkan hava kirletici maddelerin kütleli debisi,
- S : Baca yüksekliği belirlenmesinde kullanılan faktörü ifade etmektedir. S değerleri yeni kurulacak tesisler için SKHKY Tablo 4.1’den, mevcut tesisleri için ise Tablo 4.2’den sağlanır. Yeni kurulması planlanan Doğalgaz Kombi Çevrim Santrali için S değerleri Tablo 4.1 den alınmıştır.

Çizelge 5.18 : DGKÇ Santrali baca gazı emisyonları için hesaplanan Q/S değerleri.

Parametre	Q (kütleli debi değerleri, kg/saat)	S	Q/S değeri (kg/saat)
NO ₂	215.9	0.1	2159
SO ₂	37	0.14	264.28
PM ₁₀	21.6	0.08	270

Hacimsel debi hesabı :

$R = \text{Kesit Alanı } ((\pi \cdot d^2)/4) \times \text{Baca gazı hızı (V)}$

$R = (\pi \times (7.1)^2)/4 \times 20$

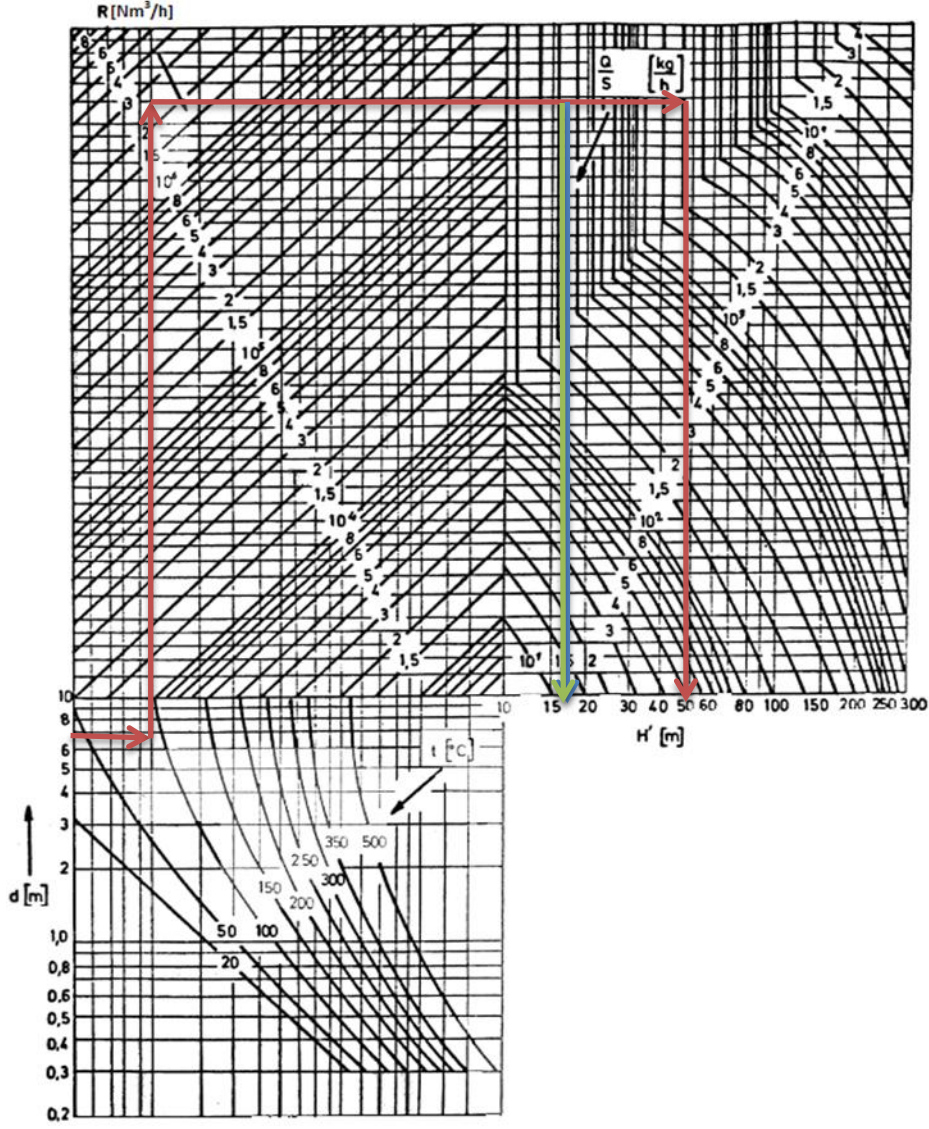
$R = 791.83 \text{ m}^3/\text{sn}$

Hacimsel debi; $R = 2,850.588 \text{ m}^3/\text{saat}$

Çizelge 5.19 : Bacanın fiziksel yapısı ve baca gazı bilgileri.

Parametreler	Değerler
Baca sayısı	1
Baca iç çapı(m)	7.1
Baca gazı hızı(m/sn)	20
Baca gazı sıcaklığı(°C)	89
Baca gazının normal şartlardaki hacimsel debisi (R, m ³ /saat)	2,850.588

Çizelge 5.12’da görüleceği üzere, baca yüksekliğinin belirlenmesinde esas alınması gereken maksimum Q/S değeri, 2159 kg/saat ile NO₂ emisyonlarına aittir. Santral bacasından atmosfere verilecek olan kirletici emisyonları için belirlenen Q/S değerlerine ek olarak; çizelge 5.19’da verilen bacanın fiziksel yapısı ve baca gazı bilgileri doğrultusunda şekil 5.5’de verilen abak yardımıyla baca yüksekliği (H’) değerleri belirlenmiştir.



Şekil 5.5 : Baca yüksekliğinin belirlenmesinde kullanılan abak.

Şekil 5.5’de yer alan abak üzerinde,

- t ($^{\circ}\text{C}$) baca gazı sıcaklığı ile baca iç çapının (d) kesiştiği nokta tespit edilir.
- Tespit edilen noktadan çıkılan dik ile baca gazının hacimsel debisinin(R) kesiştiği nokta belirlenir.
- Belirlenen nokta yatayda sağ taraftaki kütleli debisinin (Q) baca faktörüne (S) oranı sonucu elde edilen değerle kesiştirilir.
- Kesişen noktanın yatayda kesiştiği H' değeri bulunur.

NO_2 , SO_2 ve PM_{10} için belirlenen H' değerleri çizelge 5.20’de verilmiştir.

Çizelge 5.20 : Abak yardımıyla belirlenen H' değerleri.

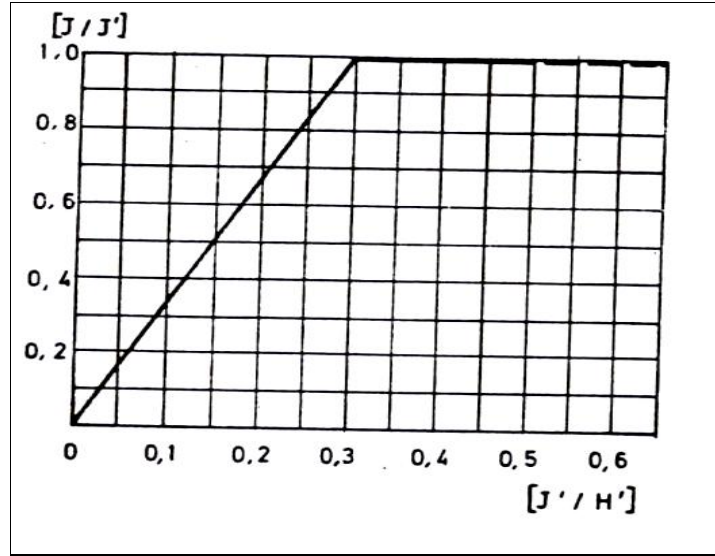
Kirletici Parametre	H' değerleri
NO ₂	50 m
SO ₂	16 m
PM ₁₀	17 m

SKHKKY Ek-4 gereğince tesisin bulunduğu alan, engebeli arazi veya mevcut ya da yapımı öngörülen bina ve yükseltilece çevrelenmişse, Tablo 4.1, Tablo 4.2'ye göre belirlenen baca yüksekliği H', J miktarında artırılır. Burada:

H [m] :Düzeltilmiş baca yüksekliği ($H=H'+J$)

J' [m] :10 H' yarıçapındaki engebeli arazinin tesis temininden ortalama yüksekliği veya imar planına göre tespit edilmiş azami bina yüksekliklerinin 10 H' yarıçapındaki bölge içindeki tesis zeminine göre yükseklik ortalaması olarak tanımlanmıştır.

- J değeri aşağıda şekil 5.6'da verilen diyagramdan bulunur.



Şekil 5.6 : J değerinin belirlenmesi için kullanılan diyagram.

- Belirlenen J' değerinin H' değerine oranı şekil 5.6'da yer alan diyagramda yerine konarak dik çıkılır ve doğruyu kestiği noktanın düşey konumdaki J/J' değeri belirlenir.
- Belirlenen J/J' değerinde J' yerine konularak J değeri hesaplanır.
- Sonuç olarak düzeltilmiş baca yüksekliği $H=H'+J$ den hesaplanır.

6km x 6km çalışma alanı için değerlendirme

Santral bacası merkez alınarak 6km x 6km alanda NO₂ için 10H'= 500 m, SO₂ için 10H'=160m, PM₁₀ için 10H'=170m yarıçapındaki bir alan taranmış ve engebeli arazinin tesis zemininden ortalama yüksekliği (J'), 10 m olarak bulunmuştur.

J değerinin belirlenmesi için ise; Şekil 5.6'da verilen "J Değerlerinin Belirlenmesi için Diyagram" kullanılmış olup, burada yer alan J'/H' değeri NO₂, SO₂ ve PM₁₀ için belirlenmiştir. Aşağıda çizelgede kirleticiler için hesaplanmış J'/H' değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.21 : 6km x 6km çalışma alanı için hesaplanan J'/H' değerleri.

Kirleticiler	J'/H' (m)
NO ₂	0.2
SO ₂	0.625
PM ₁₀	0.58

Şekil 5.6'da verilen diyagramdan da görüleceği gibi, J/J'değeri SO₂ ve PM₁₀ için 1'dir. Yani J değeri, J' değerine eşittir. Dolayısıyla, düzeltilmiş baca yüksekliği;

SO₂ için; $H = H' + J = 16 \text{ m} + 10 \text{ m} = 26 \text{ m}$,

PM₁₀ için; $H = H' + J = 17 \text{ m} + 10 \text{ m} = 27 \text{ m}$ olarak belirlenmiştir.

NO₂ için J/J' değeri diyagramdan 0.68 olarak okunmuştur.

Buradan $J/10=0.68$ hesabından $J=6.8\text{m}$ bulunur. Dolayısıyla, düzeltilmiş baca yüksekliği; $H=50+6.8=56.8\text{m}$ olarak bulunmuştur.

12km x 12 km çalışma alanı için değerlendirme

Santral bacası merkez alınarak 12km x 12km alanda değerlendirme yapıldığında ise aynı şekilde NO₂ için 10H'= 500 m, SO₂ için 10H'=160m, PM₁₀ için 10H'=170m yarıçapındaki bir alan taranmış ve engebeli arazinin tesis zemininden ortalama yüksekliği ise (J') 100 m olarak bulunmuştur.

Şekil 5.6'da verilen "J Değerlerinin Belirlenmesi için Diyagram" kullanılarak, J'/H' değeri NO₂, SO₂ ve PM₁₀ için belirlenmiştir. Aşağıda çizelgede kirleticiler için hesaplanmış J'/H' değerleri verilmiştir.

Çizelge 5.22 : 12km x 12km çalışma alanı için hesaplanan J'/H' değerleri.

Kirleticiler	J'/H' (m)
NO ₂	2
SO ₂	6.25
PM ₁₀	5.58

Şekilde 5.6'da verilen diyagramdan da görüleceği gibi, J/J' değeri NO₂, SO₂ ve PM₁₀ için 1'dir. Yani J değeri, J' değerine eşittir. Dolayısıyla, düzeltilmiş baca yüksekliği;

SO₂ için; $H = H' + J = 16 \text{ m} + 100 \text{ m} = 116 \text{ m}$,

PM₁₀ için; $H = H' + J = 17 \text{ m} + 100 \text{ m} = 117 \text{ m}$,

NO₂ için ; $H = H' + J = 50 \text{ m} + 100 \text{ m} = 150 \text{ m}$ olarak bulunmuştur.

6km x 6km ve 12km x 12km bölgeleri için her bir kirletici parametre için hesaplanan düzeltilmiş baca yüksekliği değerleri aşağıda çizelge 5.23'de verilmiştir.

Çizelge 5.23 : Hesaplanan düzeltilmiş baca yüksekliği değerleri.

Kirletici Parametre	6km x 6km alan için hesaplanan düzeltilmiş baca yüksekliği (H)	12km x 12km alan için hesaplanan düzeltilmiş baca yüksekliği (H)
NO ₂	56.8	150
SO ₂	26	116
PM ₁₀	27	117

Sonuç olarak; baca gazının atmosferik dağılımını destekleyecek ve santrali çevreleyen tepelerin etkisi ile meydana gelebilecek çökelmeyi önleyecek baca yüksekliği, 2159 kg/saat ile maksimum Q/S değerine sahip NO₂ emisyonlarına göre esas alınmıştır. Ve baca yüksekliği 6km x 6km alan için 56.8 m olarak hesaplanmıştır. Yatırımcı firma tarafından bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinden oluşacak kirletici emisyonlarının dağılımı amacıyla baca yüksekliği 60 m olarak öngörülmüştür. Ancak çalışma alanının iki kat büyük alınması durumunda topoğrafik etki dolayısı ile baca yükseklikleri ve buna bağlı yer seviyesi konsantrasyonlarının değişimi Çizelge 5.17'den görülmektedir.

6. MODELİN UYGULANMASI

6.1 Hava Kalitesi Modelleme Çalışması

Hava kalitesi modelleri, girdiler ve çıktılar olmak üzere iki tür elemandan oluşur. Girdiler kısmında kirletici kaynakların emisyon miktarları, meteorolojik veriler ve atmosferdeki kimyasal mekanizmalar da dikkate alınacaksa atmosfer kimyası ile ilgili veriler bulunur. Bu veriler modele girdi olarak verilir ve matematiksel ifadelerle kirleticilerin atmosferde taşınım ve dispersiyonu veya kimyasal ve fiziksel dönüşümleri ve uzaklaştırma prosesleri model yardımıyla simüle edilir.

Bu çalışmada, Aşağı Burnaz Mevkii Erzin – Hatay adresinde kurulması planlanan bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali tesisi kaynaklı emisyonları, uluslararası kabul görmüş ISC3 ve AERMOD dağılım modelleri ile Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği'nde (HKDYY) belirtilen esaslara göre incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

6.2 Model Girdileri

Model girdileri; İnceleme alanında hakim olan meteorolojik koşulları yansıtabilecek ve en iyi temsil edebilecek istasyonların seçimi ve uzun yıllar ortalamaları ile yıllık verilerin en uyumlu olduğu yıl seçimine bağlı olarak hazırlanacak meteoroloji veri dosyasını, topografa bilgilerini içeren haritayı ve kaynak bilgileri oluşturmaktadır.

6.2.1 Meteorolojik veriler ve bu verilerin modele uygun düzenlenmesi

Çalışılacak model için gerekli olan meteorolojik dosya PCRAMMET ön işlemci programı kullanılarak hazırlanmıştır. RAMMET View programı ISC, CALRoads ve Calpuff gibi dispersiyon modelleri için meteoroloji dosyası hazırlarken gerekli ön işlemlerin tümünü içeren bir programdır. PCRAMMET ise Rammet View programı içinde yer alan kısa vadeli hava kalitesi dispersiyon modelleri (ISCT3, CRSTER, RAM, MPTER, BLP, SHORTZ ve COMPLEX1) için uygun formatta girdi hazırlamak için U.S.EPA tarafından geliştirilen bir ön işlemci programıdır.

PCRAMMET için gerekli datalar;

- 1 yıllık günde iki defa (00 GMT 12 GMT) ölçülen karışım yükseklikleri
- Saatlik yüzey ölçüm değerleri; sıcaklık, rüzgar hızı ve rüzgar yönü, bulut kapallılığı, bulut taban yüksekliği

Yukarıda belirtilen datalara ilave olarak kuru çökelme tahminleri için istasyon basınç değeri, yağ çökelme tahminleri için ise çökelme tipi ve çökelme miktarı değerleri gereklidir. Ayrıca aşağıda belirtilen parametrelere de ihtiyaç duyulur. Ancak çalışılan ISC3 modelinde, kirleticilerin ıslak veya kuru çökelmeler nedeniyle konsantrasyonlarında herhangi bir azalmanın olmadığı koşulların süregeldiği ve kirleticilerin radyoaktif bozulmaya uğramadan ve alt ürünlere dönüşmeden yayıldığı varsayılmıştır. Harici durumlarda kullanılan verilerin tanımı aşağıda yapılmıştır.

Minimum Monin-Obukhov Uzunluğu

Monin-Obukhov uzunluğu, atmosferik kararlılığın bir göstergesi olup, gün boyunca negatif; gece boyunca pozitifdir. Sıfıra yakın değerler ortamın çok kararlı veya çok kararsız olduğunu gösterir. Şehirlerde kararlı atmosfer durumunda tahmin edilen L değeri, daha az stabil koşulları tam olarak yansıtmaz. Şehirlerde engeller nedeniyle oluşan mekanik türbülans, engelsiz bir arazide olduğundan daha fazla nötral bir yüzey tabakası oluşturma eğilimindedir ve bu etkiyi dikkate alırken kararlı saatler için minimum L değerinin seçilmesi gereklidir. Şehir içinde kullanılacak minimum Monin-Obukhov değeri çizelge 6.1’ de verilmiştir (EPA, 1995).

Çizelge 6.1 : Minimum monin-obukhov uzunluğu.

Alan Tipi	Değer
Şehir İçi Tarım Alanı	2 m
Yerleşim Alanı	25 m
Yerleşim/ Endüstriyel yoğun alan	50 m
Ticari Alan (19-40 katlı binalar)	100 m
Ticari Alan (> 40 katlı binalar)	150 m

Yüzey Pürüzlülük Uzunluğu

Yüzey pürüzlülük uzunluğu rüzgar akımına karşı koyan engellerin göstergesidir. Engellerin fiziksel yüksekliğine tam karşı gelmese de orantılı olarak değer alır. Mevsimsel değişimleri çizelge 6.2’ de verilmiştir (EPA, 1995).

Çizelge 6.2 : Yüzey pürüzlülük uzunluğu, metre.

Alan Tipi	Bahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Ormanlık	1.3	1.3	1.30	1.3
Bataklık	0.2	0.2	0.2	0.05
Tarım arazisi	0.03	0.2	0.05	0.01
Çayır	0.05	0.1	0.01	0.001
Şehir	1	1	1	1
Çalılık	0.3	0.3	0.3	0.15

Anemometre Yüksekliği

Rüzgar ölçümünün yapıldığı yüksekliktir.

Öğle Zamanı Albedo

Tam öğle saatinde yerden yansıyan güneş ışımalarının, gelen ışımaya oranıdır. Güneş yüksekliğinin değişimine göre PCRAMMET tarafından otomatik olarak hesaplanır (Enlem ve Boylam girilir). Aşağıda çizelge 6.3’de mevsimlere ve alan tipine göre albedo değerleri verilmiştir.

Çizelge 6.3 : Albedo değerleri.

Alan Tipi	Bahar	Yaz	Sonbahar	Kış
Su yüzeyi	0.12	0.10	0.14	0.20
Ormanlık	0.12	0.12	0.12	0.35
Bataklık	0.12	0.14	0.16	0.30
Tarım arazisi	0.14	0.20	0.18	0.60
Çayır	0.18	0.18	0.20	0.60
Şehir	0.14	0.16	0.18	0.35
Çalılık	0.30	0.28	0.28	0.45

Bowen Oranı

Yüzeyde tutunan nemin bir ölçüsüdür. Varlığı enerji balansını değiştirir, dolayısıyla ısı ve Monin-Obukhov uzunluğunu etkiler. Arazi kullanımı, mevsim ve nemin fonksiyonu olarak çizelgeye aktarılmıştır. Çizelge 6.4’ de modelde kullanılan Bowen değerleri verilmiştir (Guideline on Air Quality Models, EPA 1995).

Çizelge 6.4 : Bowen oranı değerleri.

Alan Tipi	Bahar			Yaz			Sonbahar			Kış		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
Su yüzeyi**	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	2.0	1.5	0.3
Ormanlık	1.5	0.7	0.3	0.6	0.3	0.2	1.5	0.8	0.3	2.0	1.5	0.3
Bataklık	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	2.0	1.5	0.5
Tarım arazisi	1.0	0.3	0.2	1.5	0.5	0.3	2.0	0.7	0.4	2.0	1.5	0.5
Çayır	1.0	0.4	0.3	2.0	0.8	0.4	2.0	1.0	0.5	2.0	1.5	0.5
Şehir	2.0	1.0	0.5	4.0	2.0	1.0	4.0	2.0	1.0	2.0	1.5	0.5
Çalılık	5.0	3.0	1.0	6.0	4.0	5.0	10	6.0	2.0	10	6.0	2.0

(1) Kuru hava, (2) Orta hava, (3) Yağışlı hava

**Tatlı su ve deniz

Antropojenik Isı Akısı (W/m²)

Şehir yerleşim merkezi dışında sıfır kabul edilir.

Yüzeyde absorbe edilen net ısınma kesri

Kullanılan değerler; kırsal 0.15, şehir dışı 0.22, şehir içi 0.22 olarak tavsiye edilir.

PCRAMMET’ de saatlik yüzey verileri SCRAM(MET144), CD-144, SAMSON ve HUSWO formatlarında kullanılabilir. CD-144, PCRAMMET tarafından işletilen standart formattır. Model için PCRAMMET’ de CD-144 formatı kullanılmıştır. Saatlik yüzey verileri (surface.txt) ve karışım yüksekliklerinin (mixing.txt) yer aldığı iki ayrı “.txt” dosyası PCRAMMET’ de CD-144 formatında işletildikten sonra modelde meteorolojik data olarak kullanılmak üzere .ASC uzantılı PCRAMMET çıkış dosyası elde edilir.

AERMOD modeli için gerekli olan meteorolojik dosyanın hazırlandığı AERMET ön işlem programcısı için albedo, bowen oranı ve yüzey pürüzlülük uzunluğu katsayıları gerekmektedir (Karvounis ve ark., 2006). Kırsal ve kentsel alanlar için kullanılan katsayılar çizelge 6.5’da verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Kırsal alan ve kentsel alan için AERMET’te kullanılan katsayılar.

AERMET için kullanılan katsayılar			
	Albedo	Bowen Oranı	Yüzey Pürüzlülük Oranı
Kentsel Alan	0.2075	1.625	1
Kırsal Alan	0.28	0.75	0.0725

Modellemede, aşağıda özellikleri belirtilen istasyon verileri kullanılmıştır. İstasyonlar ve istasyon çeşidine göre kullanılan meteorolojik veriler aşağıda belirtilmiştir.

Adana İstasyonu Verileri; Sabah ve öğle karışım yükseklikleri

Dörtöl İstasyonu Verileri; Günlük_07 lokal bulut yüksekliği, günlük_14 lokal bulut yüksekliği, günlük_21 lokal bulut yüksekliği, günlük_07 bulutluluk, günlük_14 bulutluluk, günlük_21 bulutluluk, saatlik rüzgar hızı ve rüzgar yönü, saatlik sıcaklık

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen bu 2 istasyona ait veriler modele koyulacak meteorolojik dosya formatına uygun olarak düzenlenmiştir. PCRAMMET programında işlenecek olan surface.txt ve mixing.txt dosyalarında yer alan veriler, programın istediği kriterlerde düzenlenmiştir. Aşağıda bu iki dosyada yer alan verilerin hazırlanışına ait bilgiler yer almaktadır.

Sıcaklık

Devlet Meteoroloji Başkanlığı'ndan temin edilen Santigrat (°C) cinsinden 2004 yılına ait sıcaklık verileri modele uygun olarak Fahrenheit (°F) cinsinden yazılmıştır.

Dönüşüm için aşağıdaki formül kullanılmıştır **(6.1)**.

$$(^{\circ}\text{F}) = (9/5) \times (^{\circ}\text{C}) + 32 \quad (6.1)$$

Bulut kapallığı

Tamamen kapalı (bulutla kaplı) hava için “10” ve tamamen açık (bulutsuz) hava için “0” birim olmak üzere kısmen bulutlu hava durumları ise bulutluluğa göre 0-10 arası bir sayı ile ifade edilmek suretiyle bu parametre belirlenmektedir.

2004 yılına ait bulut kapallığı değerleri 07:00, 14:00, 21:00 saatleri için verilmiştir. Günlük 3 ölçüm değeri verilen 2004 yılı bulut kapallığı verileri kullanılarak saatlik bulut kapallığı değerleri hesaplanmıştır. Devlet Meteoroloji Başkanlığı'ndan temin edilen bazı bölgelere ait bulut kapallığı değerleri 0-8 arasındadır. Modelin kullanımına uygun olarak bulut kapallığının 0-10 arasında değer alması gerekir. Dönüşüm;

“ (0-10) bulut kapallığı değeri = (0-8) bulut kapallığı değeri x 1.25” ile sağlanır. Bulut kapallığı değeri 10 olduğunda surface.txt dosyasında bu değer yerine

AERMOD-ISC meteorolojik veri hazırlama dosyasında belirttiği üzere “-” değeri verilmiştir. Eksik saatlik bulut kapalılığı verilerinin tamamlanmasında saat 14:00 için verilen değer esas alınmıştır. Lineer artış veya lineer düşmeye bağlı olarak değerlendirme yapılmıştır. Akşam saat 21:00 - sabah saat 07:00 arası bulut kapalılığı stabildir. İlkbahar – yaz mevsimlerinde konveksiyonun sabah 11 gibi ısınmasının artışına paralel olarak bulut aktivitesi de artacaktır. Ancak bu bulut türleri “iyi hava kümülüsleri” olarak bilinir. Bu durum 2-3/8 oranında kapalılığa yol açar ve saat 17:00-18:00’e kadar sürer. Cephe geçişleri gibi etkin atmosferik yapılar söz konusu olduğunda kapalılık 8/8’e kadar çıkar (İncecik, Kişisel görüşme). Bu bilgiler yardımı ile eksik bulut kapalılığı verileri tamamlanmıştır.

Bulut taban yüksekliği

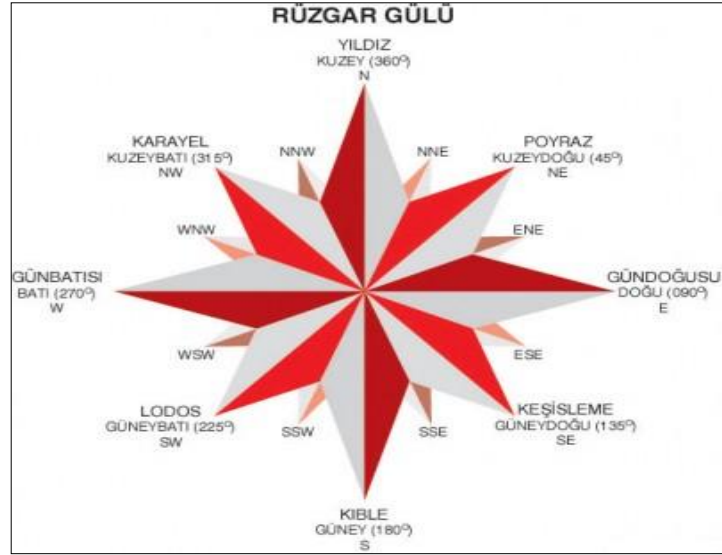
2004 yılına ait bulut taban yüksekliği değerleri 07:00 , 14:00, 21:00 saatleri için metre cinsinden verilmiştir. Değerlerin “hundreds of feet” olarak dönüşümü yapılmıştır. Dönüşüm için aşağıdaki dönüşüm kullanılmıştır.

$$1 \text{ feet} = 0.3048 \text{ metre} = 32.8 \text{ hundreds of feet}$$

Bulut kapalılığı değerleri ≤ 5 olduğunda ; bulut taban yüksekliğine “---” yazılmıştır. Eksik kalan bulut taban yüksekliği değerleri için ise bir önceki saate ait bulut taban yüksekliği değerleri alınmıştır. Eksik veri tamamlamada bulut taban yüksekliği >70 hundreds of feet olduğunda bulut kapalılığı; “0”, bulut taban yüksekliği ≤ 70 hundreds of feet olduğunda bulut kapalılığına “7” değeri verilmiştir. (Atkinson ve Lee, 1992).

Rüzgar hızı ve rüzgar yönü

Rüzgar, kirletici gazların taşınımı ve seyrelmesinde etkili olan atmosferdeki hareketliliğin en etkin parametresidir. Rüzgarın estiği yöne bağlı olarak rüzgar yönünün kirletici parametre üzerinde etkisi bulunmaktadır. Rüzgar rejimi kirleticilerin dağılımında önemli bir role sahip olup model çalışmalarının güvenilirliği açısından büyük öneme sahiptir. Hakim rüzgar yönü, rüzgar gülünde yer alan 16 yönden biri olarak ifade edilmektedir. Rüzgar yönlerini gösteren şekil aşağıda şekil 6.1’de verilmiştir.



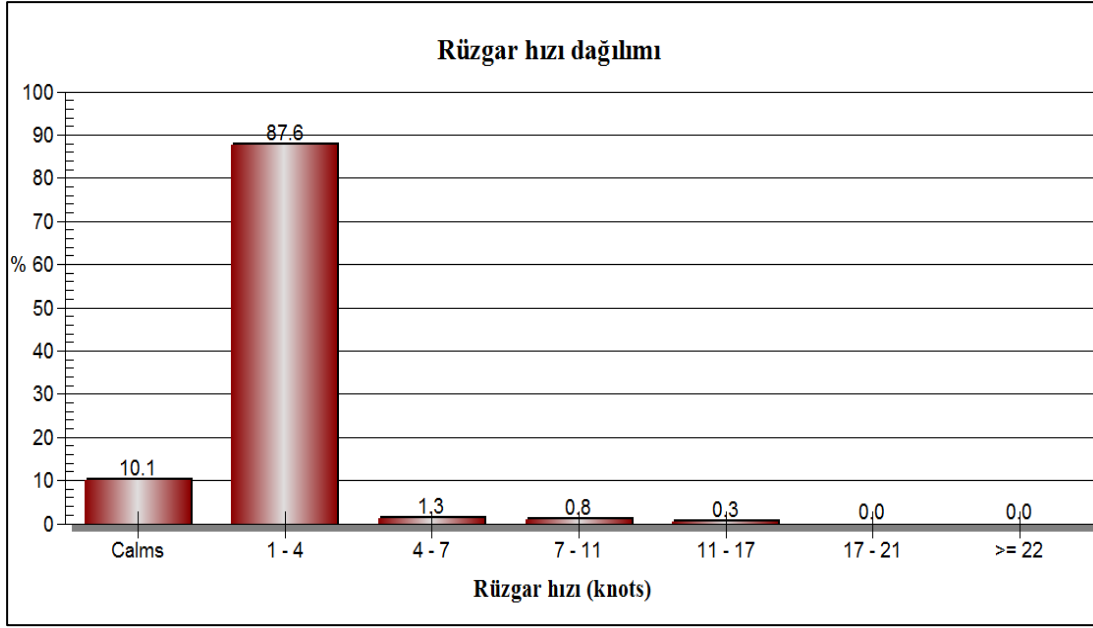
Şekil 6.1 : Rüzgar yönlerini gösteren rüzgar gülü.

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen saatlik rüzgar hızı değerleri m/sn cinsindendir. Değerler, modelin istediği birim olan Knots'a dönüşümü yapılmıştır ($1 \text{ m/sn} = 1.94 \text{ knots}$). DMİ'den temin edilen saatlik rüzgar yönü verileri sembol cinsinden olup modele uygun olan derece cinsinden dönüşümü rüzgar yönlerinin 22.5 derece artışı ile sağlanmıştır. Rüzgar yönü sembollerinin derece cinsinden dönüşümü aşağıdaki çizelge 6.6'de yer almaktadır.

Çizelge 6.6 : Rüzgar yönü sembollerinin derece cinsinden dönüşümü.

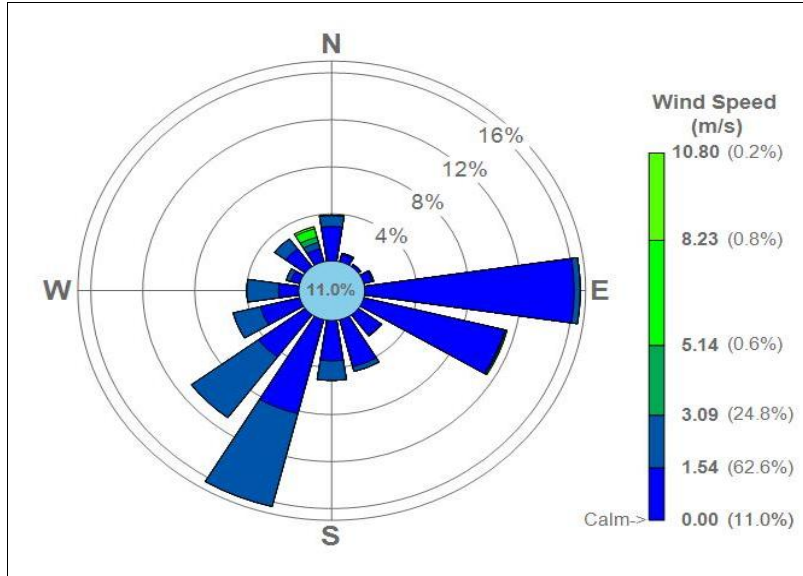
Sembol	Derece	Sembol	Derece
N	360	S	180
NNE	22.5	SSW	202.5
NE	45	SW	225
ENE	67.5	WSW	247.5
E	90	W	270
ESE	112.5	WNW	292.5
SE	135	NW	315
SSE	157.5	NNW	337.5

Model için gerekli olan meteorolojik datanın tamamlanmasında rüzgar yönü değerleri 10'a bölünüp tam sayıya dönüştürülmüştür. Bölgedeki rüzgar hız ve yönünün bir yıl içerisinde gösterdiği değişimler çalışma alanını temsilen DMİ' den temin edilen Hatay Dört yol istasyonuna ait verilere göre değerlendirilmiştir. WRPLOT View programı kullanılarak çizilen 2004 yılına ait rüzgar hızı dağılımı grafiği aşağıda şekil 6.2'de verilmiştir. Rüzgar hızları göz önüne alınarak sınıflandırma yapılmış ve her sınıftaki rüzgarın esme frekansları yüzde olarak ifade edilmiştir.

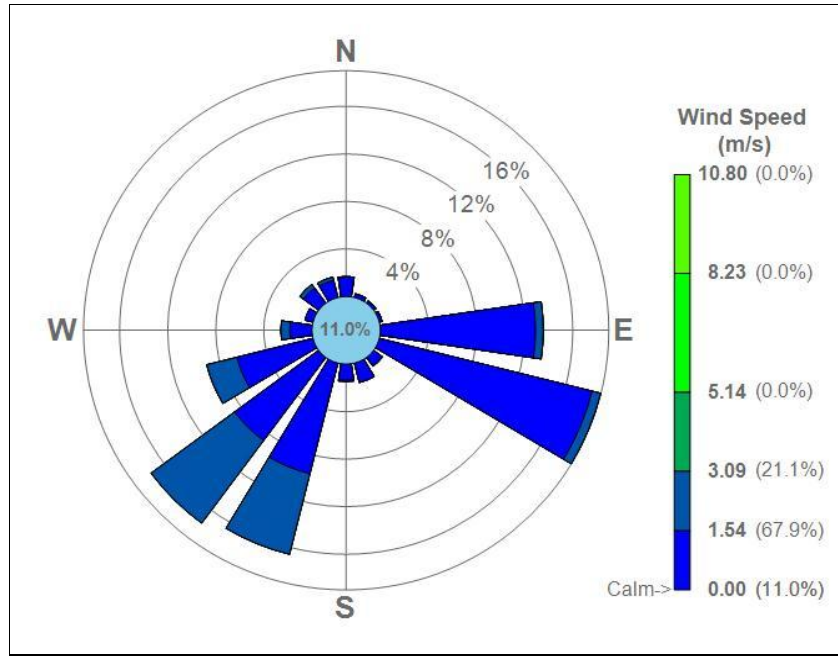


Şekil 6.2 : Rüzgar hızı frekans dağılımı grafiği.

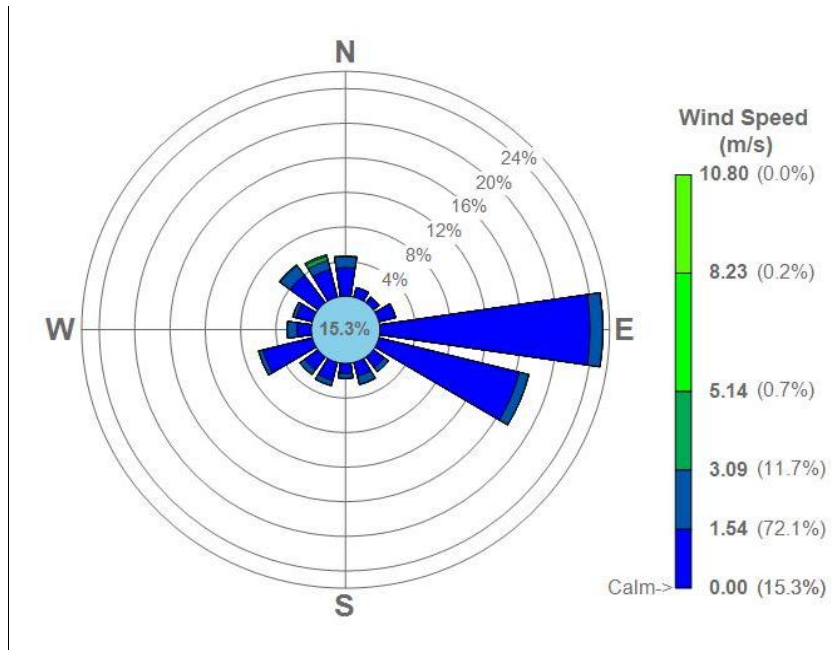
Dörtüol – Hatay iline ait yıllık ve mevsimlik rüzgar verileri için çizilen rüzgar gülleri hakim rüzgar yönleri baz alınarak çizilmiş, aşağıda şekillerde verilmiştir.



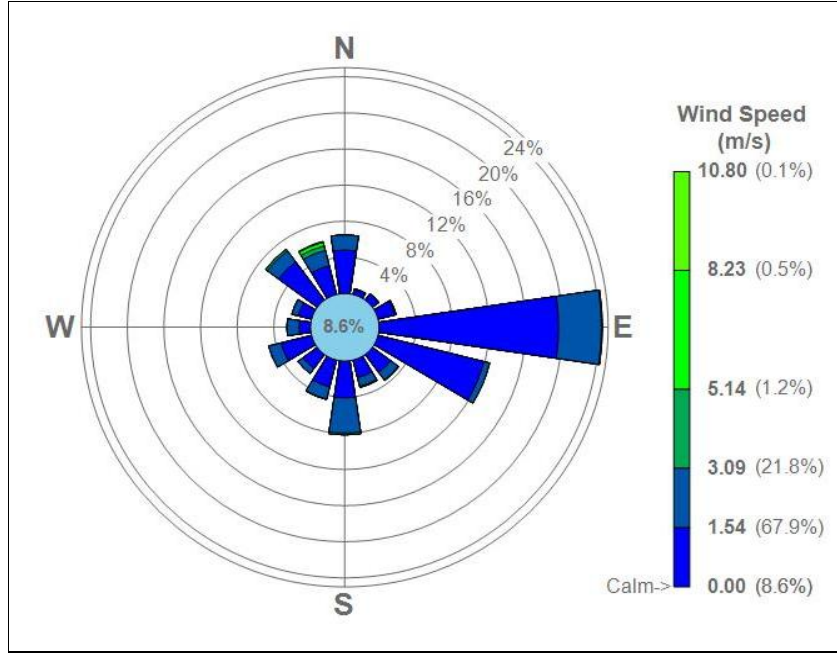
Şekil 6.3 : Dörtüol-Hatay İlne ait İlkbahar mevsimi için rüzgar gülü.



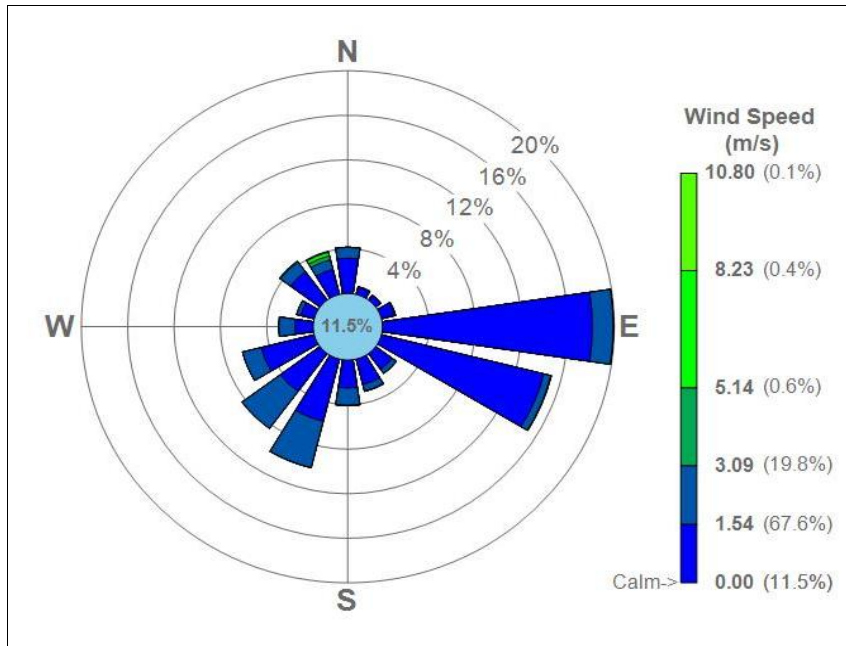
Şekil 6.4 : Dört yol-Hatay İline ait Yaz mevsimi için rüzgar gülü.



Şekil 6.5 : Dört yol-Hatay İline ait Sonbahar mevsimi için rüzgar gülü.



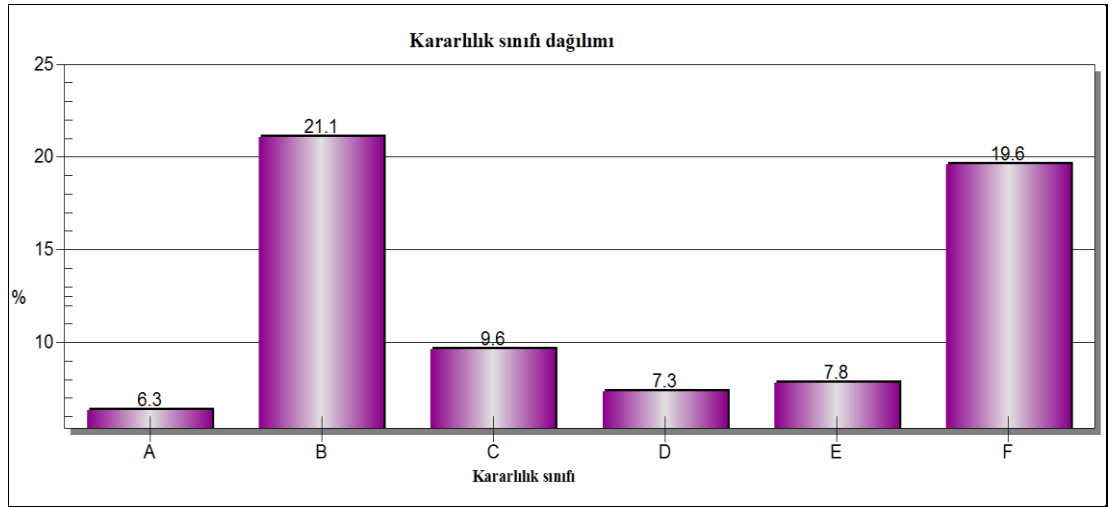
Şekil 6.6 : Dörtüol-Hatay İline ait Kış mevsimi için rüzgar gülü.



Şekil 6.7 : Dörtüol-Hatay İline ait yıllık rüzgar gülü.

Hatay Dörtüol (17962) istasyonuna ait rüzgar hızı ve rüzgar yönleri verileri incelendiğinde yıllık ortalama rüzgar hızı 1.09 m/s ve bölgedeki hakim rüzgar yönü doğu (E) ve doğugüneydoğu (ESE) yönlerindedir. Bu durum doğu yöndeki akışların olası kirletici emisyonları batıya doğru taşıyıp topografyanın etkisiyle kirleticilerin birikmesine yol açabilir(İncecik, Kişisel görüşme). Mevsimsel olarak incelendiğinde ise 9 m/sn ile en yüksek rüzgar hızı 22.02.2004 tarihinde ölçülmüştür.

WRPLOT View Programı'nın kullanımıyla 2004 yılı atmosferik kararlılık sınıflarının dağılımı grafiksel olarak oluşturulmuş ve kararlılık sınıfları % olarak ifade edilmiştir. Dağılım şekil 6.8'de verilmiştir. Bu şekle göre; bölgede çoğunlukla % 21.1 ile B sınıfı ve % 19.6 ile F sınıfı kararlılık gözlenmektedir. B sınıfı kararlılık hali; atmosferin kararsız olduğu ve atmosfere atılan kirleticilerin yayılımının desteklendiği, F sınıfı atmosferin kuvvetli kararlı ve dağılımın olmadığı durumları temsil etmektedir. En düşük yüzdeye (% 6.3) sahip A kararlılık sınıfı ise atmosferin en kararsız olduğu yani dağılımın en fazla olduğu durumdur.



Şekil 6.8 : Kararlılık sınıfı frekans dağılımı grafiği.

Sabah ve öğle karışım yükseklikleri

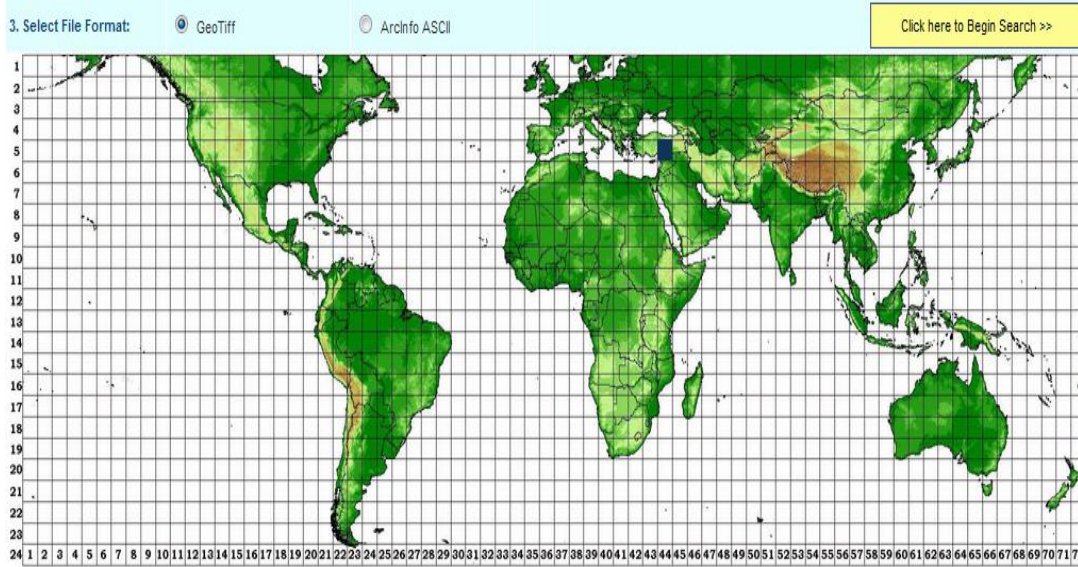
DMİ'den temin edilen sabah ve öğle karışım yüksekliği değerleri metre cinsindendir. PCRAMMET'te işlenerek meteorolojik datayı oluşturacak olan “surface.txt” ve “mixing txt” dosyalarından, mixing.txt dosyasına istenilen formata uygun olarak sabah ve öğle karışım yükseklikleri yazılmıştır.

AERMOD modeli için ise yer seviyesi verileri ve yüksek atmosfer verileri düzenlenerek AERMET için gerekli olan ve model çalışmalarında tercih edilen kırsal alan ve şehir için bowen oranı, albedo ve yüzey pürüzlülük uzunluğu değerleri için farklı katsayılar girilerek bu iki dosya AERMET ön işlemcisinden geçerek modelde kullanılmak üzere .SFC ve .PFL dosyaları oluşturulur.

6.2.2 Topografya bilgileri

Çalışma bölgesine ait yükselti verileri “Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) 90m Digital Elevation Data” dosyasından Consortium for Spatial Information

(CGIAR-CSI) web sayfasından alınmıştır. Bölgenin konumu CGIAR-CSI web sitesinde UTM'ye göre seçimi yapılır. Şekil 6.9'da topografik datanın temini için yapılan seçim gösterilmiştir. Aşağıdaki haritada Türkiye üzerine gelindiğinde Hatay-Erzin bölgesini temsil eden alan seçilmiş ve proje alanı için UTM Zone 37 seçilmiştir. Bölgenin seçiminden sonra web sitesinden modelde kullanılmak üzere “.tif” uzantılı dosya elde edilmiştir(Url-6).



Şekil 6.9 : Topografik datanın temini için UTM Zone seçimi.

6.2.3 Kaynak bilgileri

Bacalardan çıkan emisyonlar modelde nokta kaynak olarak tanımlanmaktadır. Emisyon miktarı, baca gazı çıkış sıcaklığı, baca gazı çıkış hızı ve baca çapı gibi bilgiler bu tür nokta kaynakları tanımlamakta kullanılmaktadır (Özkurt, 2011).

Erzin DGKÇ Santrali Projesi tasarımında ileri teknoloji yakma sistemi kullanılması planlanmaktadır. Kullanılacak yakma sistemi ile azot oksitler (NO_x), kükürt oksitler (SO_x) ve karbon monoksit (CO) emisyon değerleri mevcut benzer tesislerin emisyon değerlerinden çok daha düşük olacaktır. Erzin DGKÇ Santrali dahilinde oluşacak hava kirletici emisyonlar; baca gazı emisyonları ve toz emisyonlarıdır. Baca gazı emisyonlarının karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO_2), ve azotoksitler (NO_x) gibi maddelerden oluşması beklenmektedir. Tesiste sıvı yakıt kullanımı olmamaktadır. Aşağıda çizelge 6.7'de bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali'nden kaynaklanan kirleticilerin toplam kütleli debileri, çizelge 6.8'de ise baca boyutları ile ilgili özellikler verilmiştir.

Çizelge 6.7 : Bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali emisyonları.

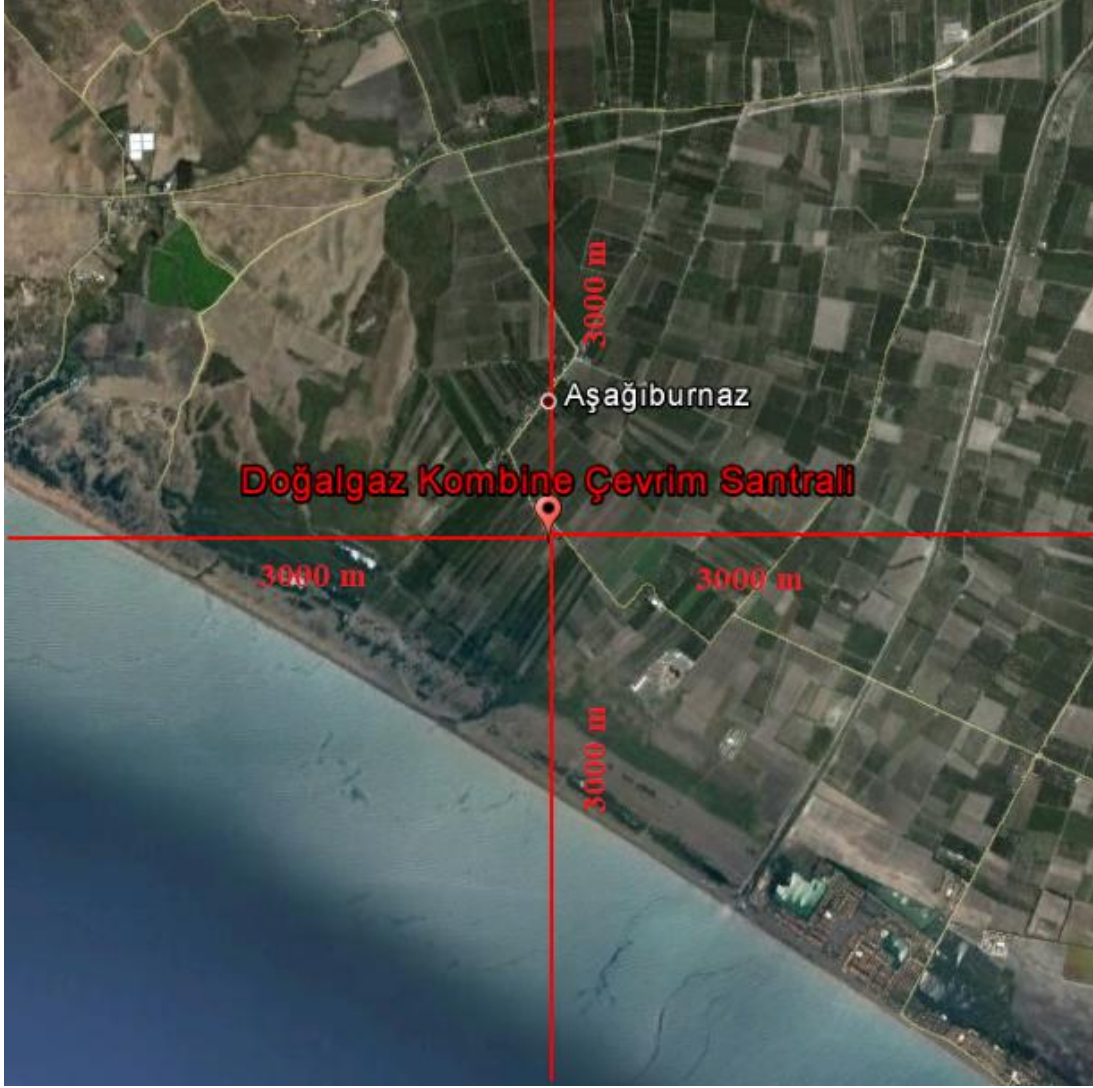
Kirletici Parametreler	Toplam Kütlesel Debiler (kg/saat)
Karbonmonoksit (CO)	431.8
Kükürtdioksit (SO ₂)	37.0
Azotoksitler (NO ₂)	215.9
Bacalar Toz (PM ₁₀)	21.6
Soğutma Kulesi Toz (PM ₁₀)	29.7

Çizelge 6.8 : Bir Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali özellikleri.

	Baca	Soğutma Kulesi
Baca Çapı (m)	7.1	9
Yerden Baca Yüksekliği (m)	60	18
Baca Gazı Hızı (m/s)	20	7.5
Baca Gazı Sıcaklığı (°C)	89	35

6.3 DGKÇ Santralinin Hava Kalitesine Etkisinin ISC3 Modeli ile Belirlenmesi

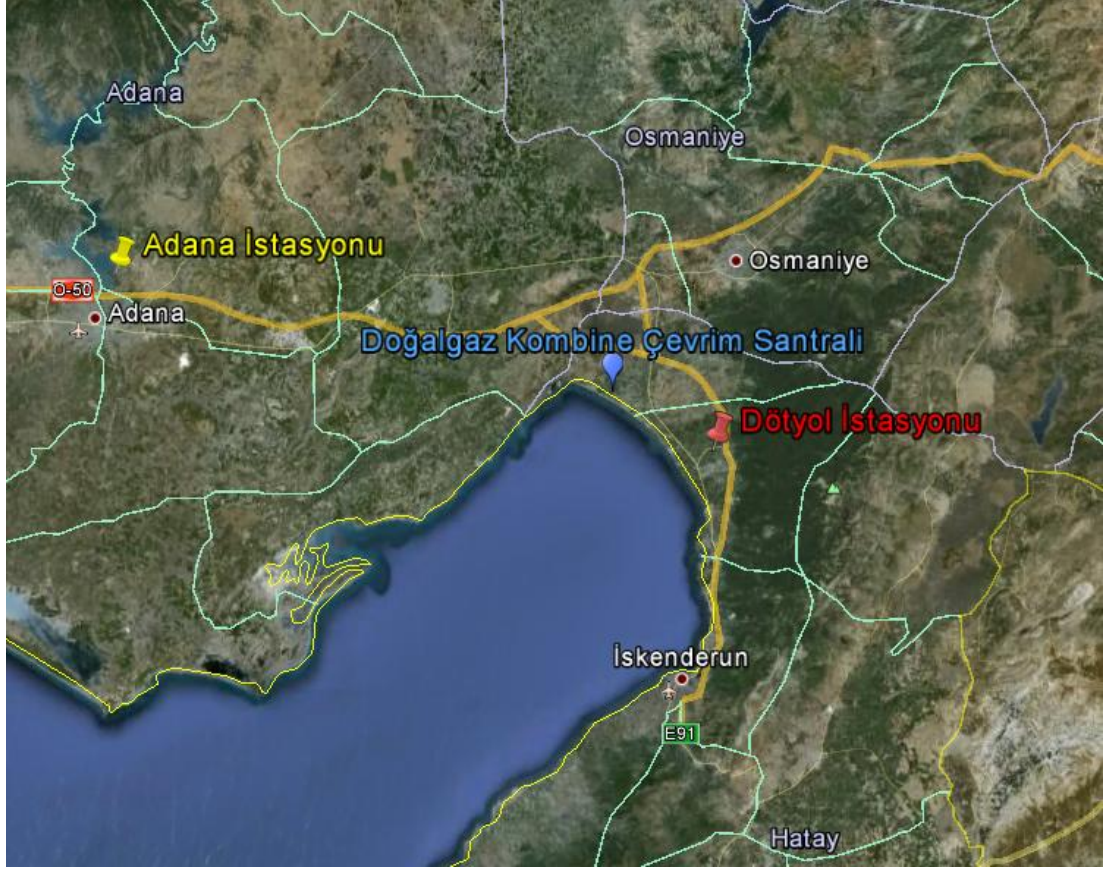
Hatay ili Erzin ilçesinde kurulması planlanan ve yakıt olarak doğalgaz kullanacak olan kombine çevrim santrali tesisinden kaynaklanan SO₂, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının ISC model programı yardımıyla dağılımları, saatlik, aylık ve yıllık konsantrasyonları belirlenmiştir. Tesis etki alanında NO₂, SO₂ ve PM₁₀ emisyonlarının Hava Kirlenmesi Katkı Değerinin hesaplanması için emisyon kaynaklarını merkez alarak 6km x 6km’lik bir alan için hava kalitesi modelleme çalışması yapılmıştır. Tesis Etki Alanı, emisyonların merkezinden itibaren SKHKKY Ek 4’te verilen esaslara göre tespit edilmiş baca yüksekliklerinin 50 (elli) katı yarıçapa sahip alanı ifade eder. Baca yüksekliği 60 m olduğundan, emisyon kaynağı merkez alınarak 6km x 6km’lik kare şeklindeki alan için model çalışması yapılmıştır. Aşağıda şekil 6.10’da 6km x 6km proje alanı uydu görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6.10 : 6km x 6km proje alanı uydu görüntüsü.

ISCST3 programı kimyasal veya fiziksel dönüşüm, bozunma ve yağış olmadığı durumlar için sonuç vermektedir. ISCST3 Modelinin yardımıyla dağılımı incelenen DGKÇ santraline ait emisyonlar 2004 yılına ait Dört Yol (17962) ve Adana (17351) istasyon verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Modelin çalışmasında hassasasiyete ve en doğru sonuca ulaşabilmek için proje alanına en yakın istasyonlar olarak seçilen Adana ve Dört Yol İstasyonlarının enlem ve boylamlarını gösteren çizelge 6.9’da verilmiştir.

DGKÇ santrali ve istasyonların uydu görüntüsü ise şekil 6.11’da verilmiştir.



Şekil 6.11 : DGKÇS ve Adana, Dört Yol istasyonlarının uydu görüntüsü.

Çizelge 6.9 : Çalışmada kullanılan gözlem istasyonları coğrafi koordinat verileri.

İstasyon Adı	Coğrafi Koordinatlar	
	Enlem	Boylam
Adana (17351)	37°03' K	35°21' D
Dört Yol (17962)	36°51' K	36°13' D

Modelde yer alan;

Kontrol(CO) bölümüne modelleme senaryosu oluşturulup kirletici parametre tercihi yapılmıştır.

Kaynak (SO) bölümüne ise DKÇK Santrali NO₂, SO₂ ve PM₁₀ kirleticilerinin emisyonları, baca ve koordinat bilgileri girilmiştir. Her bir kirletici parametre için koordinat ve baca bilgileri aynı kabul edilmiştir. Aşağıda baca ve konsantrasyon bilgilerine ait bilgiler çizelge 6.10'da verilmiştir.

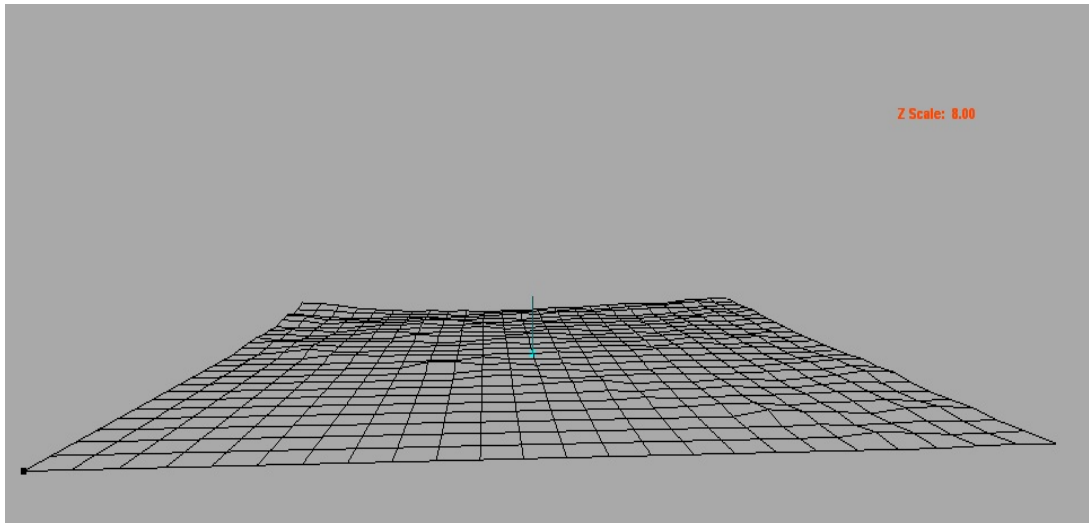
Çizelge 6.10 : DGKÇ Santrali konumu, santrale ait baca ve konsantrasyon bilgileri.

DGKÇ Santrali konumu, santrale ait baca ve konsantrasyon bilgileri	
Koordinat gösterimi	Evrensel enlem merkatörü
Koordinatlar	239143 / 4089870
Baca Çapı (m)	7.1
Yerden Baca Yüksekliği (m)	60
Baca gazı hızı (m/sn)	20
Baca Gazı Sıcaklığı (°K)	362
PM ₁₀ Kütle debisi	6 gr/sn
NO ₂ Kütle debisi	59,97 gr/sn
SO ₂ Kütle debisi	10,3gr/sn

Meteoroloji (ME) bölümüne ise bölgede incelenecek olan kirleticilerin atmosferde dağılımının modellenebilmesi için bölgeyi en iyi temsil eden meteorolojik istasyonlardan alınan verilerin hazırlandığı meteorolojik veri dosyası girilmiştir. Meteorolojik veri dosyası PCRAMMET ön işlemcisinde hazırlanmıştır.

Reseptör (RE) bölümüne ise çalışma alanı olan 6km x 6km çalışma bilgisi girilmiş ve kartezyen gridleme sistemi kullanılmış olup 250 metre aralıklarla çalışılmış ve 625 reseptörde inceleme yapılmıştır.

Topografik (TG) bölüme ise model uygulaması içerisinde kullanılacak olan bölgenin topoğrafik özelliklerini içeren veri dosyası, CGIAR-CSI web sitesinden alınarak modele yüklenmiştir. Çalışma alanının 6km x 6km oluşu ve İskenderun körfezinin bölgeye yakın oluşundan dolayı alana dahil oluşuyla bölgenin yükseltisi düşük seviyelerdedir. Bölgeye ait %800 büyültülmüş topoğrafik harita şekil 6.10'da verilmiştir.



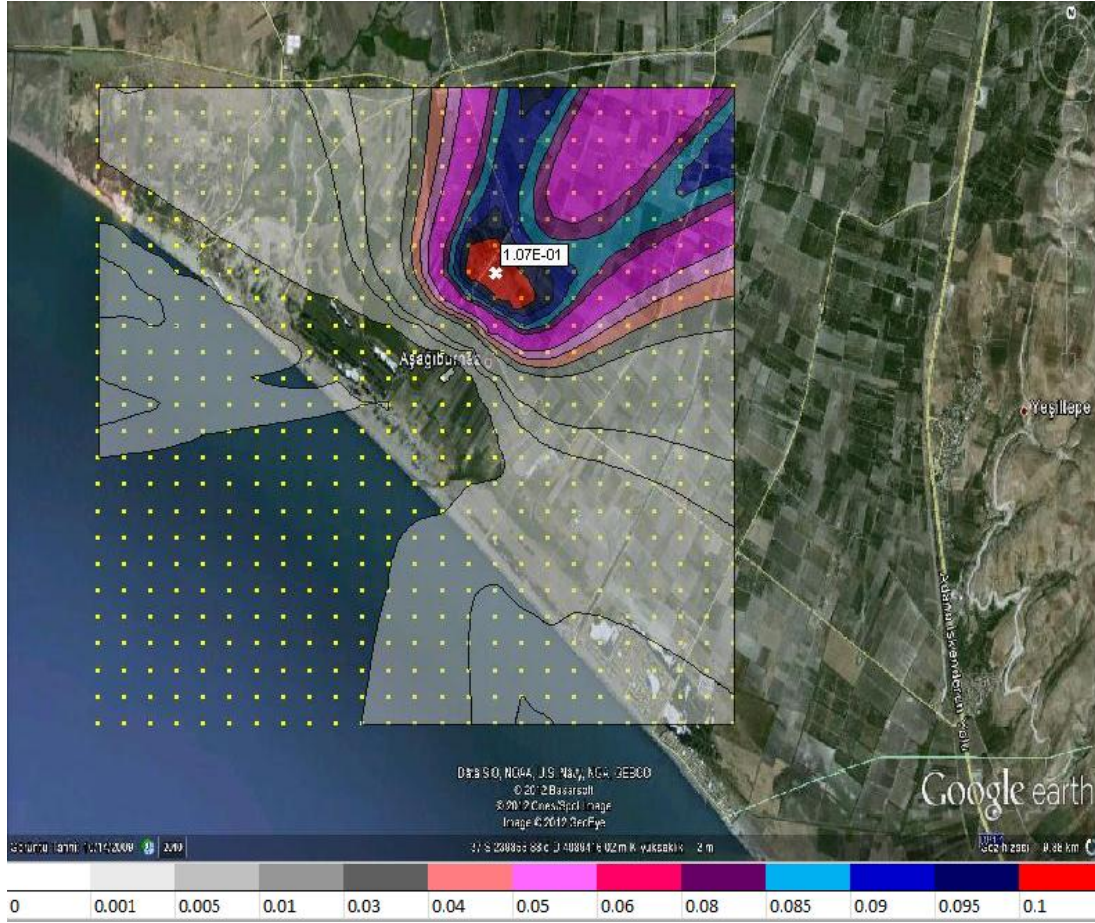
Şekil 6.12 : Bölgenin topografyası.

Çıktı (OU) bölümüne ise modelin analizi için model çıktısı özellikleri tercihi yapılmıştır. Bunlar tercihe bağlı olarak saatlik, günlük, aylık, yıllık ve mevsimsel ölçüm sonuçları istenilebilir. Konsantrasyon hesabı minimum saatlik olarak istenilebilir. Günlük konsantrasyon saatlik konsantrasyon değerinden hesaplanır. Sonuçlar ayrıca, istenilen bir günün her saati için hesaplanabilir (Westbrook ve Sullivam, 2006).

Tüm veriler iki farklı model kullanılarak, DGKÇ santrali emisyonlarından oluşacak NO₂, SO₂ ve PM₁₀ kirletici parametrelerin çevre havasındaki dağılımı üzerinde baca yükseklikleri, çalışma alanının büyüklükleri, gridleme ölçekleri, bölgenin şehir veya kırsal bölge olması ve arazi topoğrafyasının etkilerinin anlaşılabilmesi için değişik senaryolar kapsamında yıllık, aylık, günlük ve saatlik bazda dağılım değerleri hesaplatılarak modeller arasında farklılık ve benzerliklerin mertebesinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

6.3.1 SO₂ emisyonlarının dağılımının incelenmesi

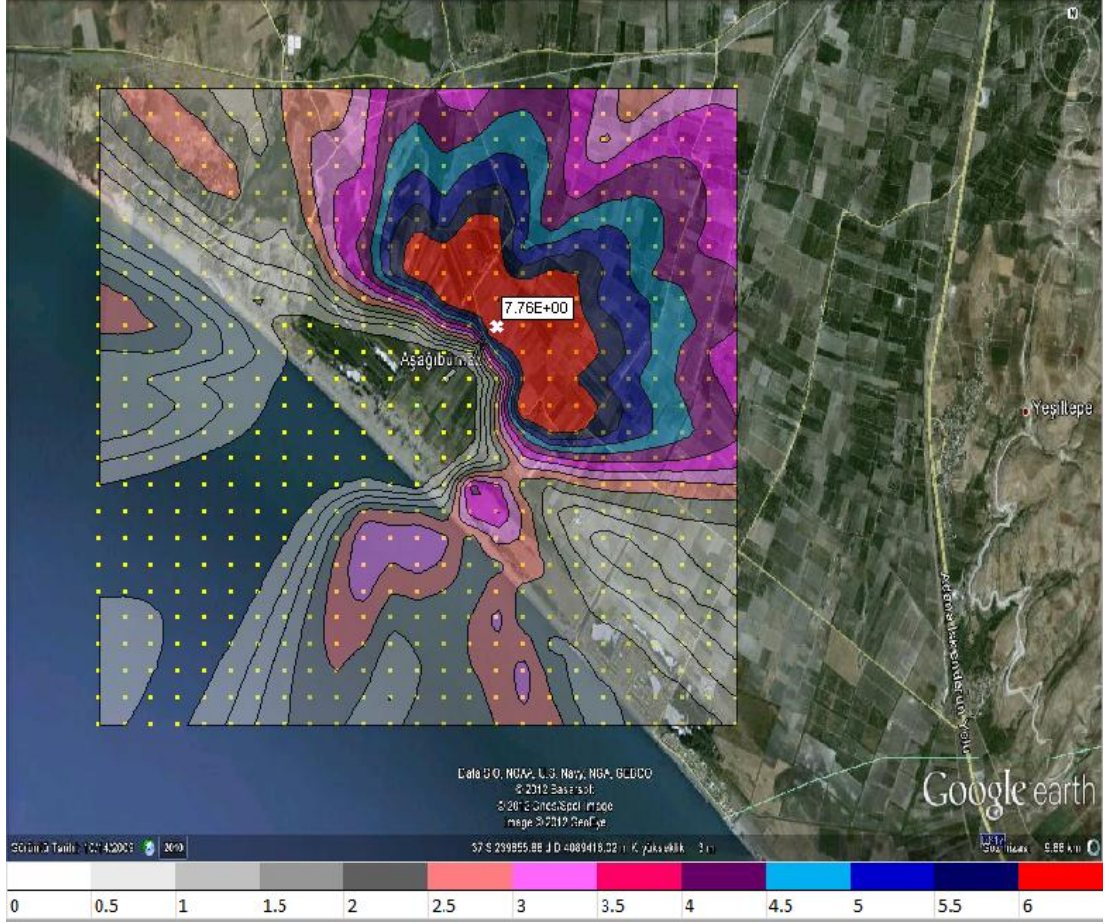
SO₂ için yapılan çalışmada SO₂ konsantrasyonunun 10.3 gr/sn olduğu kabul edilmiştir. Aşağıda çalışma alanı haritası üzerinde temsili olarak 2004 yılına ait verilere göre hesaplanan SO₂ dağılımının grafik olarak gösterimi verilmiştir.



Şekil 6.13 : 2004 yılına ait SO₂ konsantrasyonu (µg/m³) dağılımının gösterimi.

Yıllık ortalama olarak maksimum konsantrasyon 0,1067 µg/m³ ile X: 239893, Y: 4091120 koordinatında bulunmuştur. Yıllık ortalama konsantrasyon ise 0.0183192 µg/m³ bulunmuştur.

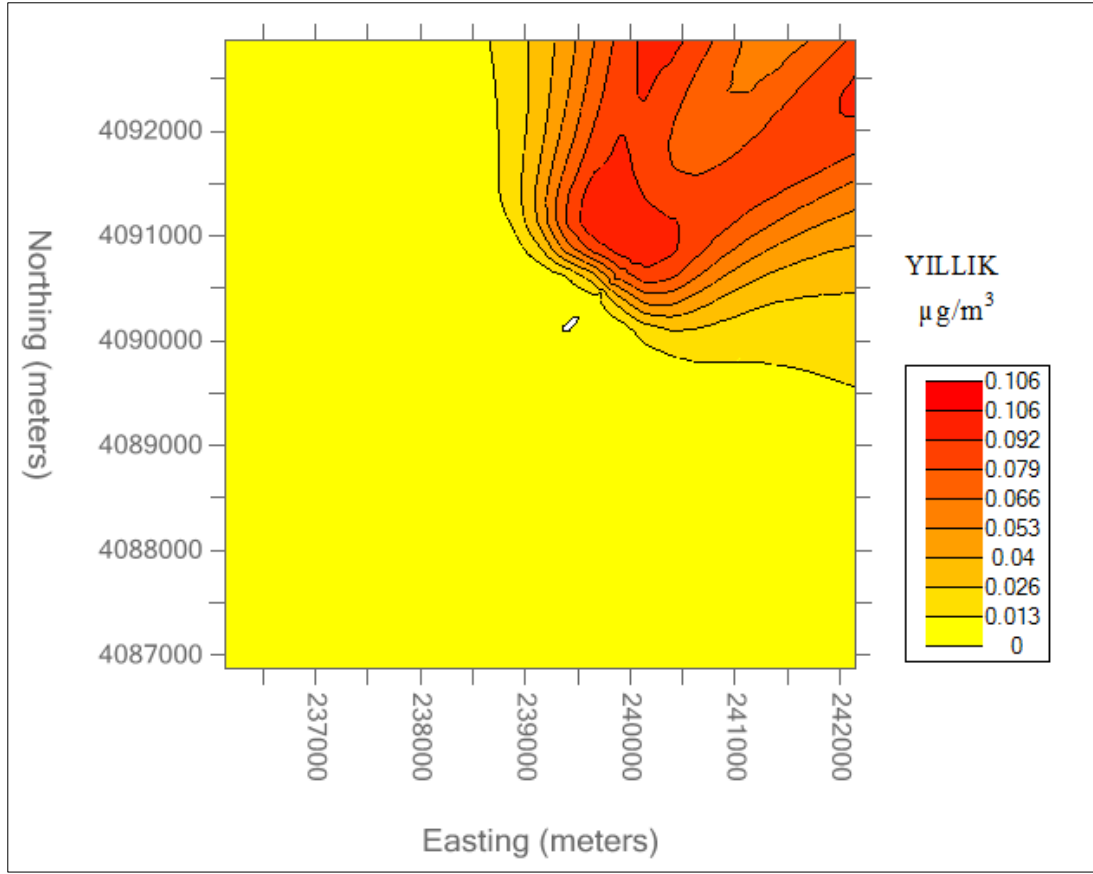
Yıllık ortalamalara ait konsantrasyon dağılımı bölgenin uzun süreli etkilenebilir maruz kalacak kısımlarının belirlenmesinde anlamlıdır. Bu açıdan bakıldığında en yüksek SO₂ konsantrasyonunun hakim rüzgar yönü ile uyumlu olarak kaynağın kuzeydoğu yönünde ve 3 km kadar uzakta gerçekleştiği görülmektedir. Diğer yönlerde herhangi bir etki söz konusu olmamaktadır. Aynı zamanda dağılımın NE eksenine göre simetriye yaklaştığı anlaşılmaktadır. Dağılım bölgesinde yerleşim yerleri bulunmamakta ve büyük ölçüde tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği kısımlardır.



Şekil 6.14 : SO₂ için maksimum 1 saatlik en yüksek konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dağılımı.

Bölgede 1 saatlik ortalamalar için en yüksek konsantrasyon $7.755 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak X:239893, Y:4090620 koordinatında ölçülmüştür. Bu değer mevcut kabul edilen koşullarda olabilecek en yüksek kirlenme değeri olarak elde edilmektedir. Saatlik dağılımın yıllık dağılıma büyük ölçüde benzerlik taşıdığı ve kaynağın kuzey doğusunda ve kaynağa 4 km mesafede olduğu, bu alanda tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü anlaşılmaktadır.

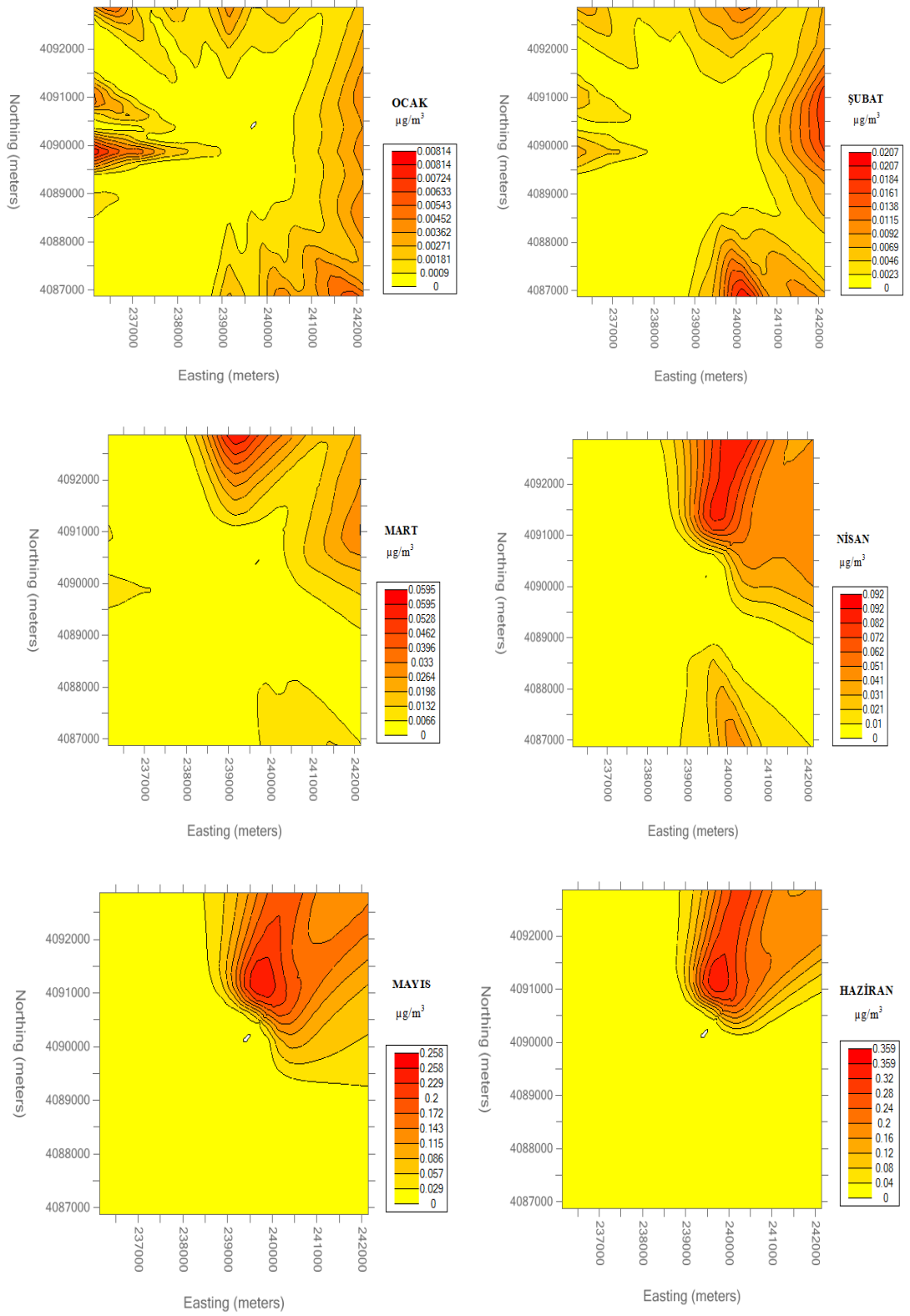
SO₂ parametresinin çalışma alanındaki koordinatlara göre yıllık ortalama olarak dağılımını iki boyutlu gösteren grafik ise şekil 6.15’de verilmiştir.



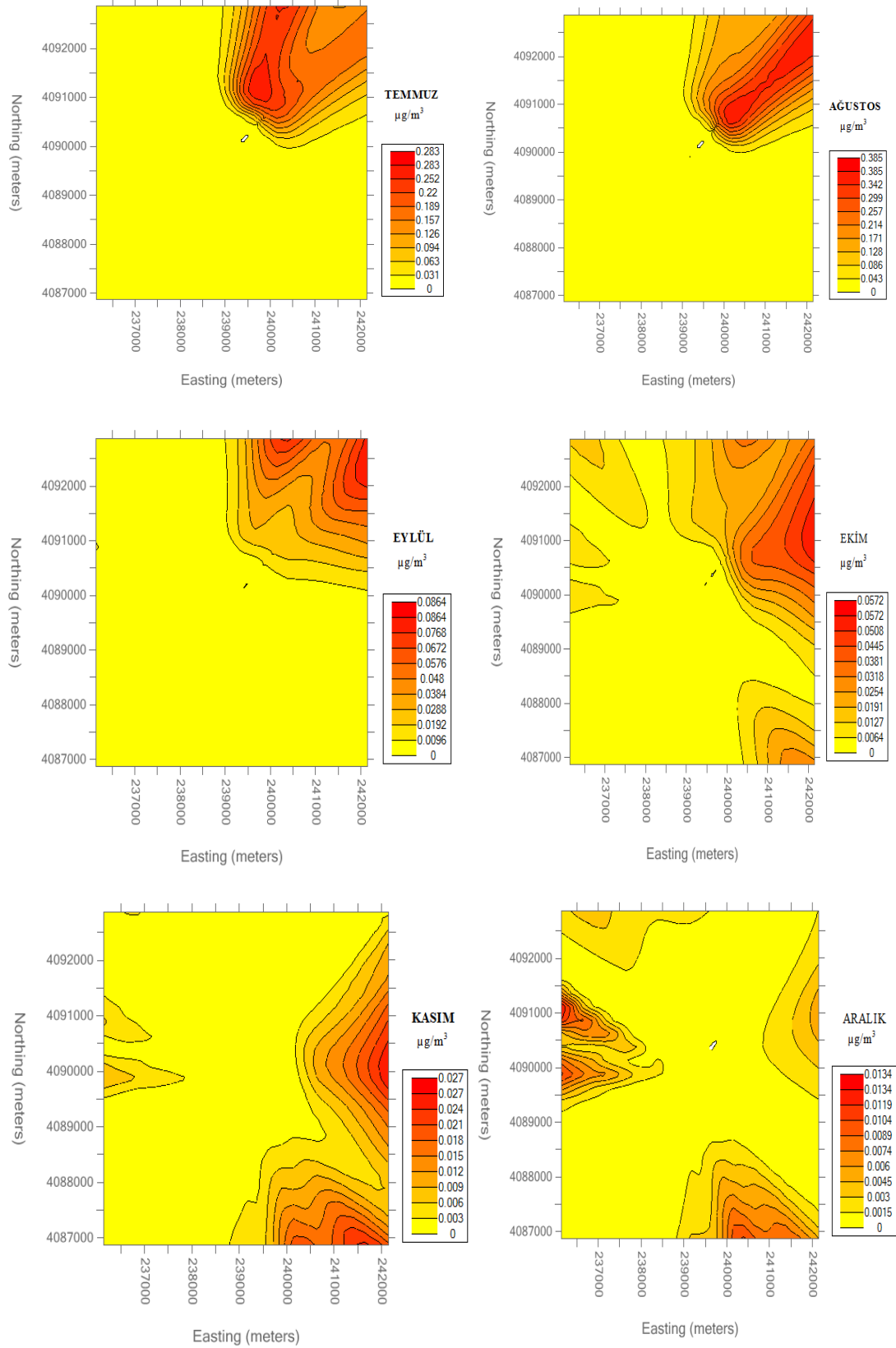
Şekil 6.15 : Yıllık ortalama SO₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği.

SO₂ kirleticisinin aylık dağılım grafik şekilleri Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık ayları şeklinde aşağıda şekil 6.16 ve şekil 6.17’de yer almaktadır.

Mart ayından itibaren Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül ve kısmen Ekim ayları boyunca dağılımların kuzeydoğu ekseninde yoğunlaşmaya ve bu eksene göre simetri kazanmaya başladığı ve bu davranışın yılın büyük kısmında etkili olduğu görülmektedir. Kasım ayından itibaren Şubat ayı da dahil dağılımın doğuya ve güneye doğru yer değiştirdiği ve eş konsantrasyon eğrilerinden maksimum değerlerin bazen 6x6 km’lik çalışma alanının dışında kaldığı anlaşılmaktadır. Buna göre daha büyük çalışma alanı seçilmesi kirletici konsantrasyonlarının dağılımının daha temsil edici bir şekilde anlaşılmasında yararlı olacaktır.



Şekil 6.16 : SO_2 kirleticisine ait Ocak-Haziran ayları arası aylık dağılım grafikleri.



Şekil 6.17 : SO_2 kirleticisine ait Temmuz-Aralık ayları arası aylık dağılım grafikleri.

Model çalışması sonucu SO₂ kirleticisine ait her bir resöptörde oluşan kirletici konsantrasyonu ölçüm sonuçları aylık ve yıllık raporlar olarak alınmıştır. Her ay için 625 reseptörde ölçülen kirlilik miktarlarının küçükten büyüğe sıralandığında ölçüm sonuçlarının % 95 ine tekabül eden değerinin hesabı ile aylık KVD değerleri ve ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması ile UVD değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 6.11 : SO₂ için aylık UVD ve KVD değerleri (µg/m³).

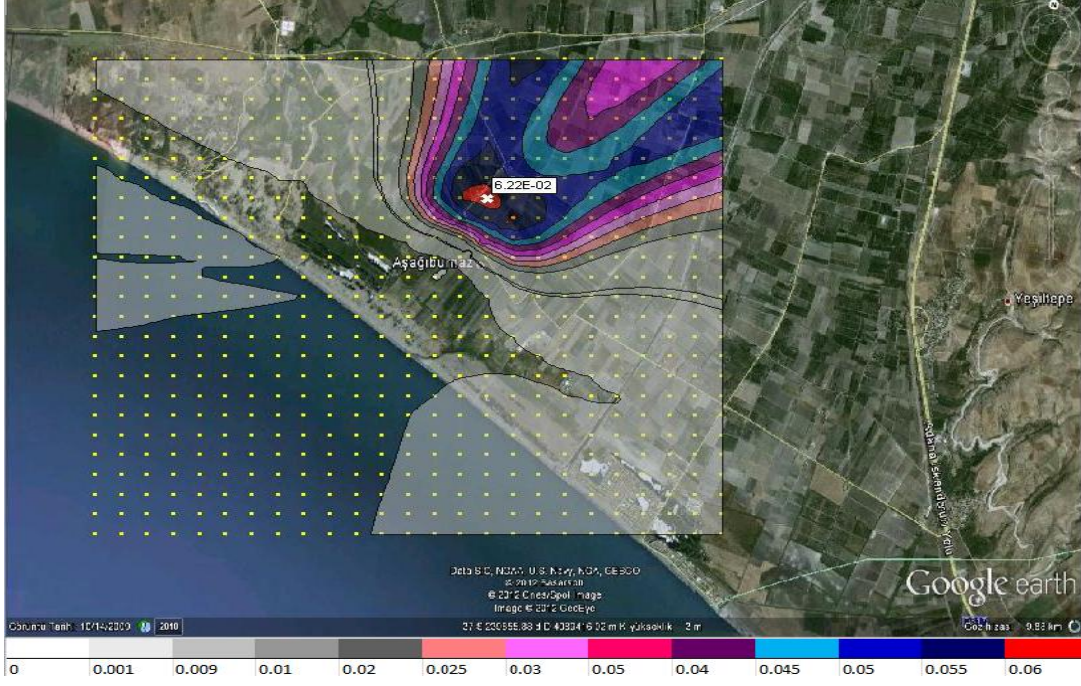
Aylar	Aylık UVD SO ₂ (µg /m ³)	Aylık KVD SO ₂ (µg /m ³)
Ocak	0.0013	0.0039
Şubat	0.0034	0.0113
Mart	0.0069	0.0594
Nisan	0.0173	0.0663
Mayıs	0.0384	0.1822
Haziran	0.0421	0.2463
Temmuz	0.0364	0.2065
Ağustos	0.0459	0.3157
Eylül	0.0092	0.0540
Ekim	0.0105	0.0404
Kasım	0.0039	0.0173
Aralık	0.0016	0.0065
Yıllık	0.0183	0.0890

Yıl içerisinde en yüksek aylık KVD Haziran ayında 0.25 µg/m³ , en düşük KVD Ocak ayında 0.004 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Yıllık KVD değeri ise 0.09 µg/m³ olarak hesaplanmıştır.

SO₂ konsantrasyonları için yıllık değerler kullanılarak hesaplanan UVD, yıl içerisinde en yüksek aylık 0.046 µg/m³ ölçüm sonucuyla Ağustos ayında, en düşük 0.0013 µg/m³ ölçüm sonucuyla Ocak ayında bulunmuştur. Yıllık UVD değeri ise 0.018 µg/m³ olarak hesaplanmıştır.

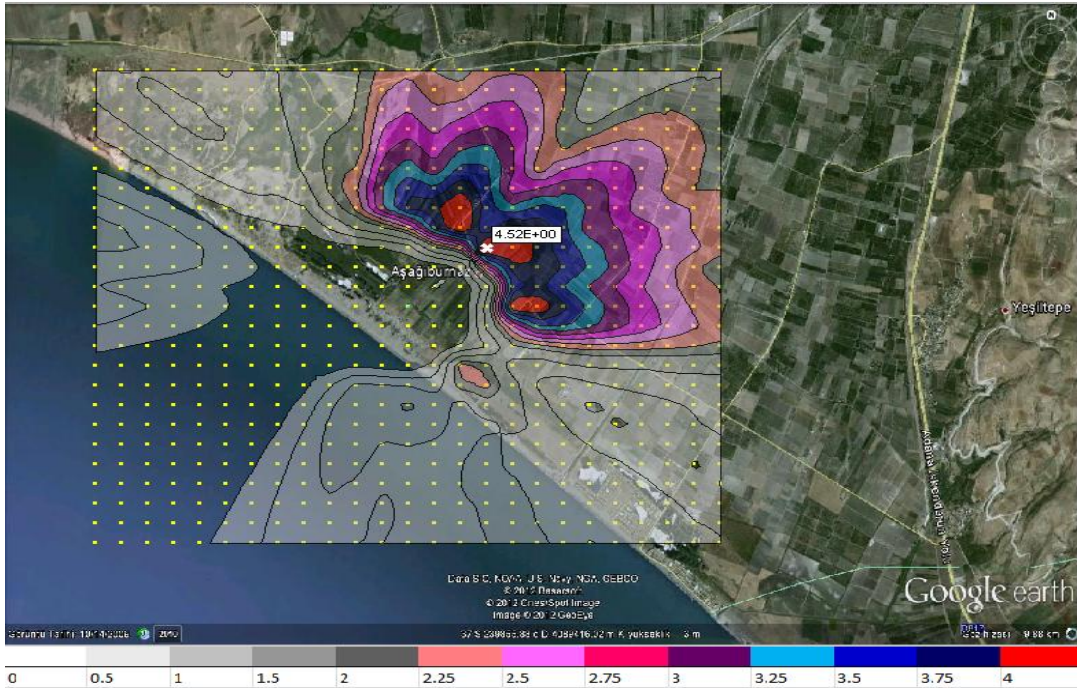
6.3.2 PM₁₀ emisyonlarının dağılımının incelenmesi

PM₁₀ için yapılan çalışmada kirletici konsantrasyonu 6 gr/sn olarak kabul edilmiştir. Şekil 6.18'da çalışma alanı haritası üzerinde temsili olarak 2004 yılına ait verilere göre hesaplanan PM₁₀ dağılımının grafik olarak gösterimi verilmiştir. Sonuçlar konsantrasyon bakımından farklı olmasına karşın dağılım bakımından SO₂ kirleticisi için bulunanlara benzerlik göstermektedir.



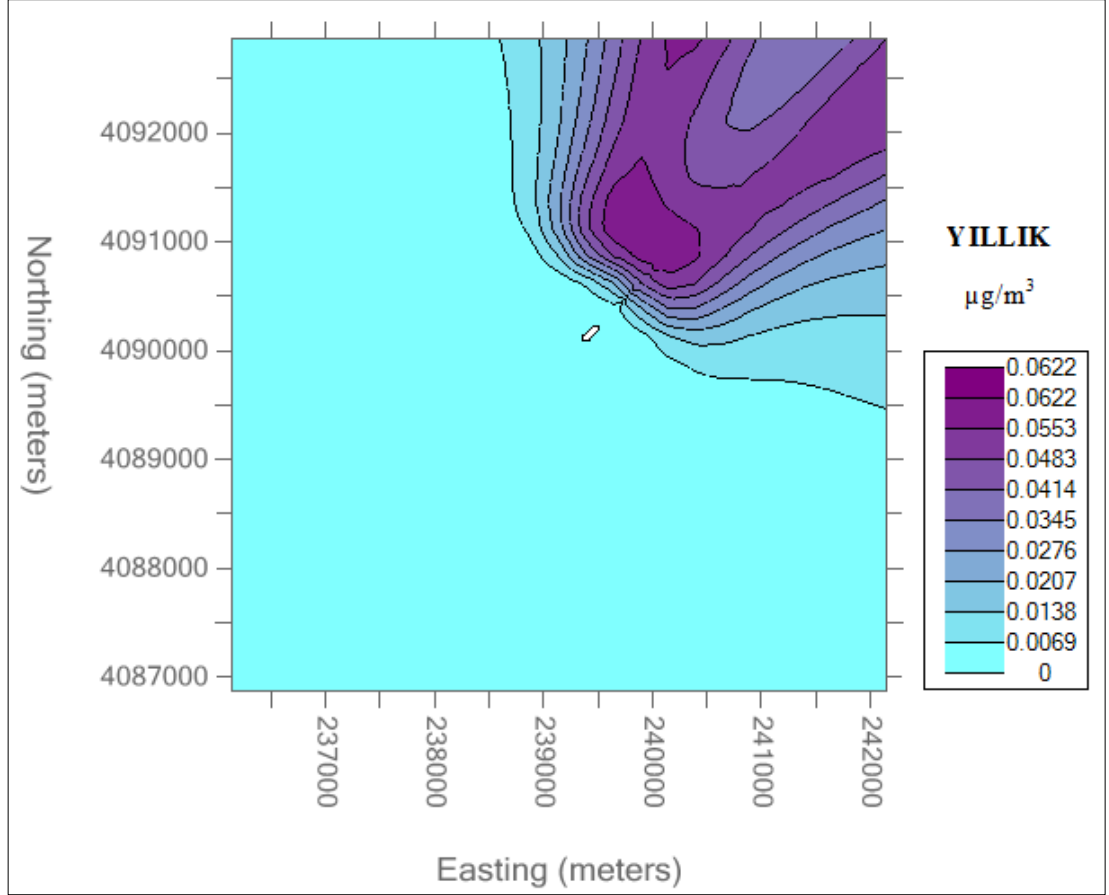
Yıllık maksimum konsantrasyon 0,06216 µg/m³ ile X: 239893, Y: 4091120 koordinatında bulunmuştur. Yıllık ortalama konsantrasyon ise 0.01067149 µg/m³ bulunmuştur.

2004 yılı içinde PM₁₀ için 1 saatlik en yüksek konsantrasyon dağılımını veren grafik şekil 6.19’de verilmiştir.



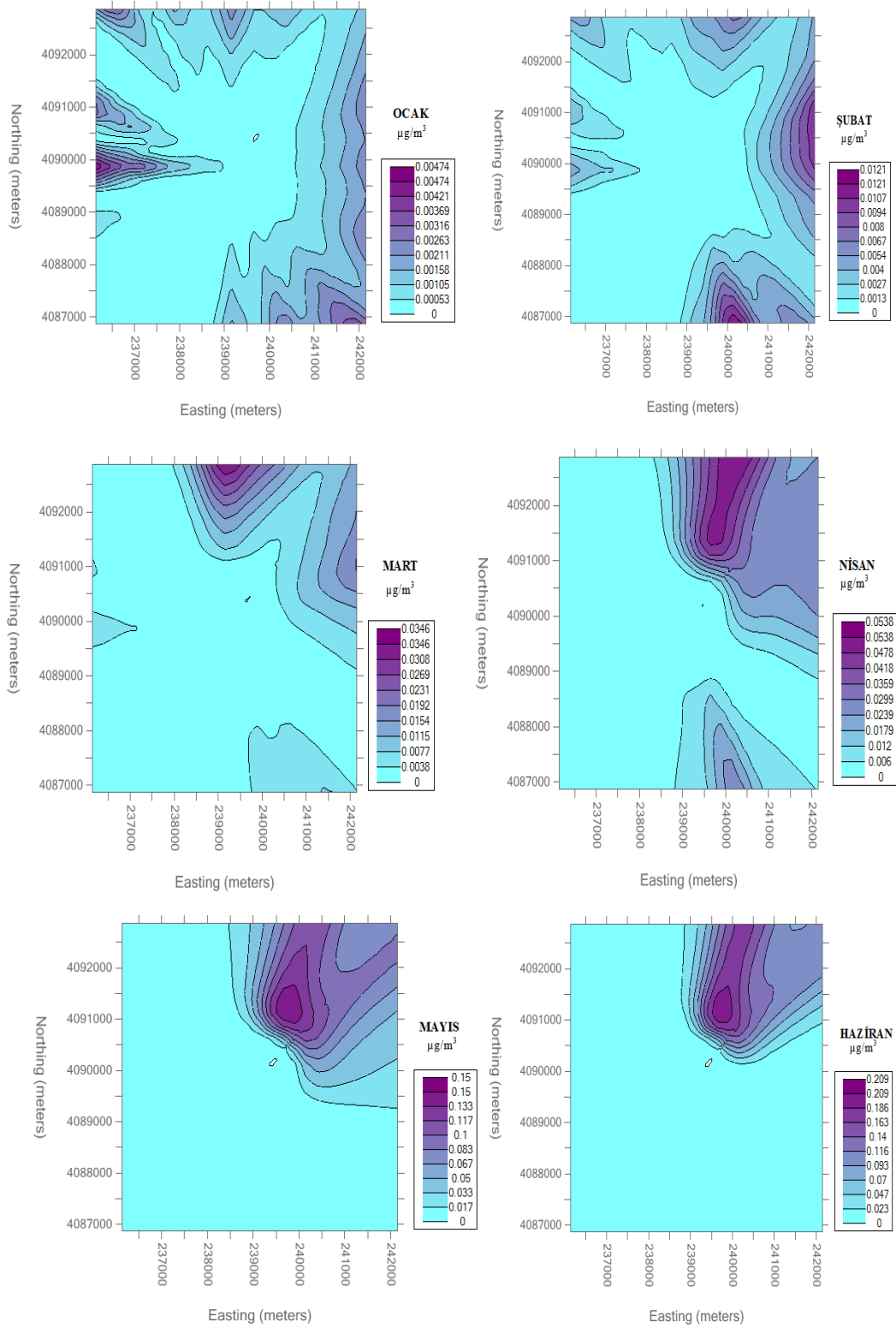
Bölgede maksimum 1 saatlik en yüksek konsantrasyon $4.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak X:239893, Y:4090620 koordinatında ölçülmüştür.

2004 yılı PM_{10} parametresinin çalışma alanındaki koordinatlara dağılımını iki boyutlu gösteren grafik şekil 6.20’de verilmiştir.

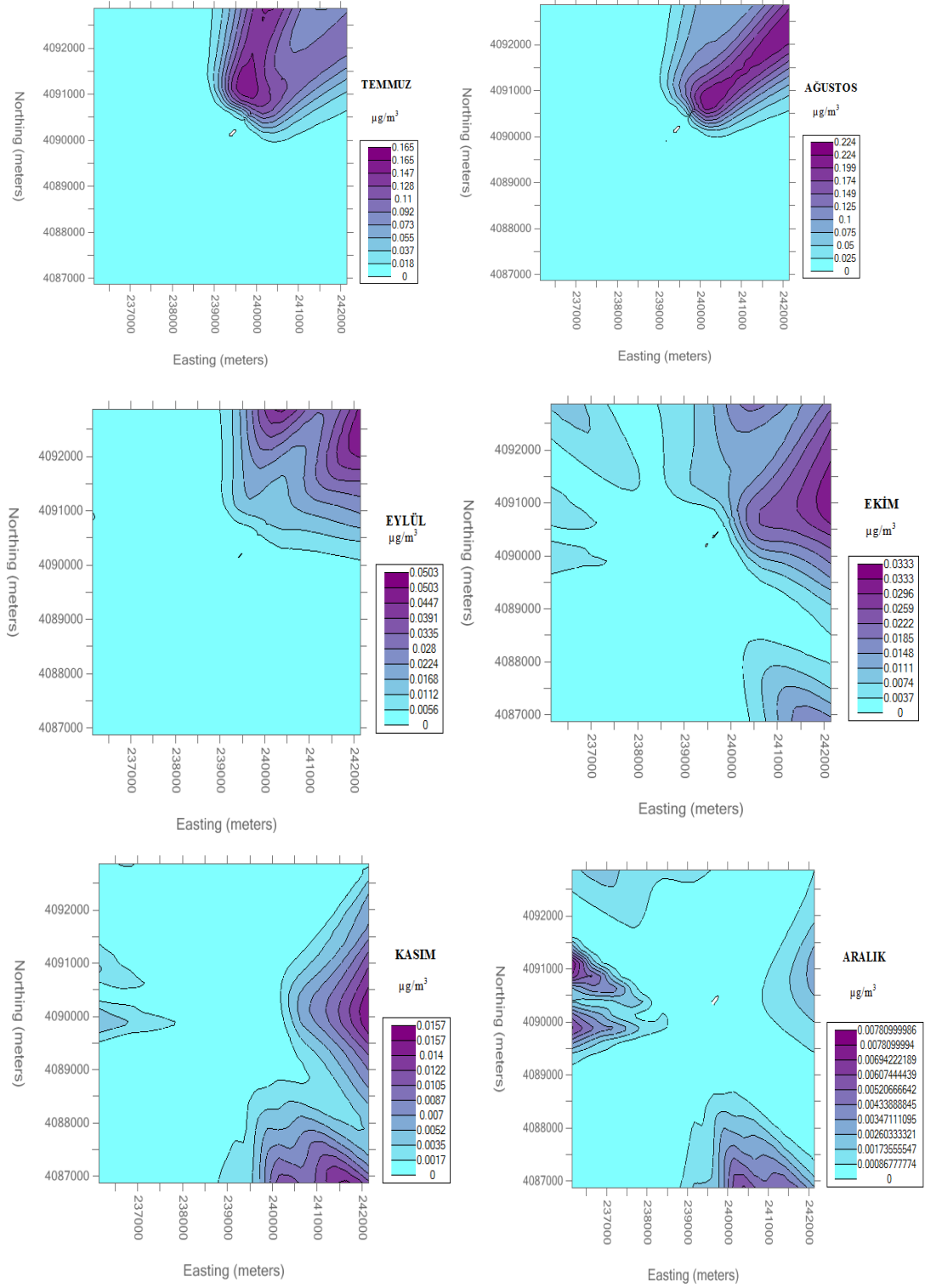


Şekil 6.20 : Yıllık ortalama PM_{10} dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği.

Aylara göre yapılan model çalışması iki boyutlu gösterim grafikleri Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık ayları şeklinde şekil 6.21 ve şekil 6.22’de yer almaktadır.



Şekil 6.21 : PM₁₀ kirleticisine ait Ocak-Haziran ayları arası aylık dağılım grafikleri.



Şekil 6.22 : PM₁₀ kirleticisine ait Temmuz-Aralık ayları arası aylık dağılım grafikleri

PM₁₀ için hesaplanmış aylık KVD ve UVD değerleri çizelge 6.12’de verilmiştir.

Çizelge 6.12 : PM₁₀ için aylık UVD ve KVD değerleri (µg/m³).

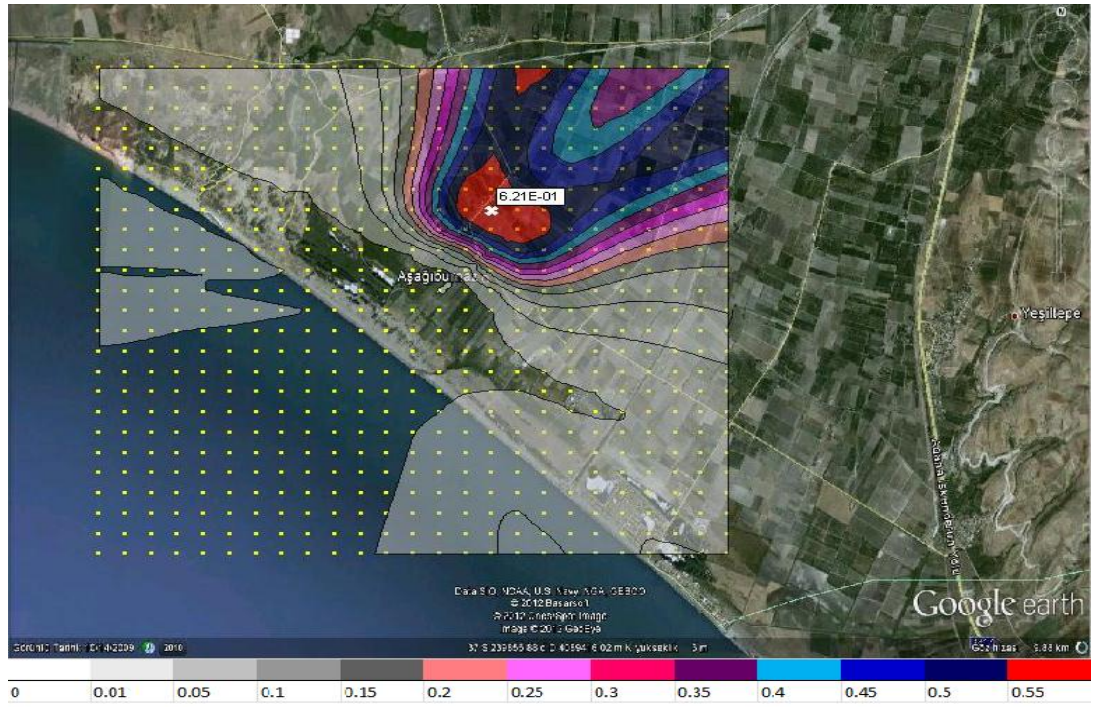
Aylar	Aylık UVD PM ₁₀ (µg /m ³)	Aylık KVD PM ₁₀ (µg /m ³)
Ocak	0.0007	0.0022
Şubat	0.0020	0.0065
Mart	0.0040	0.0155
Nisan	0.0100	0.0386
Mayıs	0.0224	0.1061
Haziran	0.0245	0.1434
Temmuz	0.0212	0.1203
Ağustos	0.0267	0.1839
Eylül	0.0054	0.0314
Ekim	0.0061	0.0235
Kasım	0.0023	0.0101
Aralık	0.0009	0.0037
Yıllık	0.0023	0.0101

Yıl içerisinde en yüksek aylık KVD Haziran ayında 0.143 µg/m³ , en düşük KVD Ocak ayında 0.0022 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Yıllık KVD değeri ise 0.01 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Toz konsantrasyonları için 2012 yılı KVS değeri 140 µg/m³ olup yıllık KVD değeri KVS değerini aşmamaktadır.

Toz konsantrasyonları için yıllık değerler kullanılarak hesaplanan UVD, yıl içerisinde en yüksek aylık 0.027 µg/m³ ölçüm sonucuyla Ağustos ayında, en düşük 0.0008 µg/m³ ölçüm sonucuyla Ocak ayında bulunmuştur. Yıllık UVD değeri ise 0.0023 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Toz konsantrasyonları için 2012 yılı UVS değeri 78 µg/m³ olup yıllık UVD değeri UVS değerini aşmamaktadır.

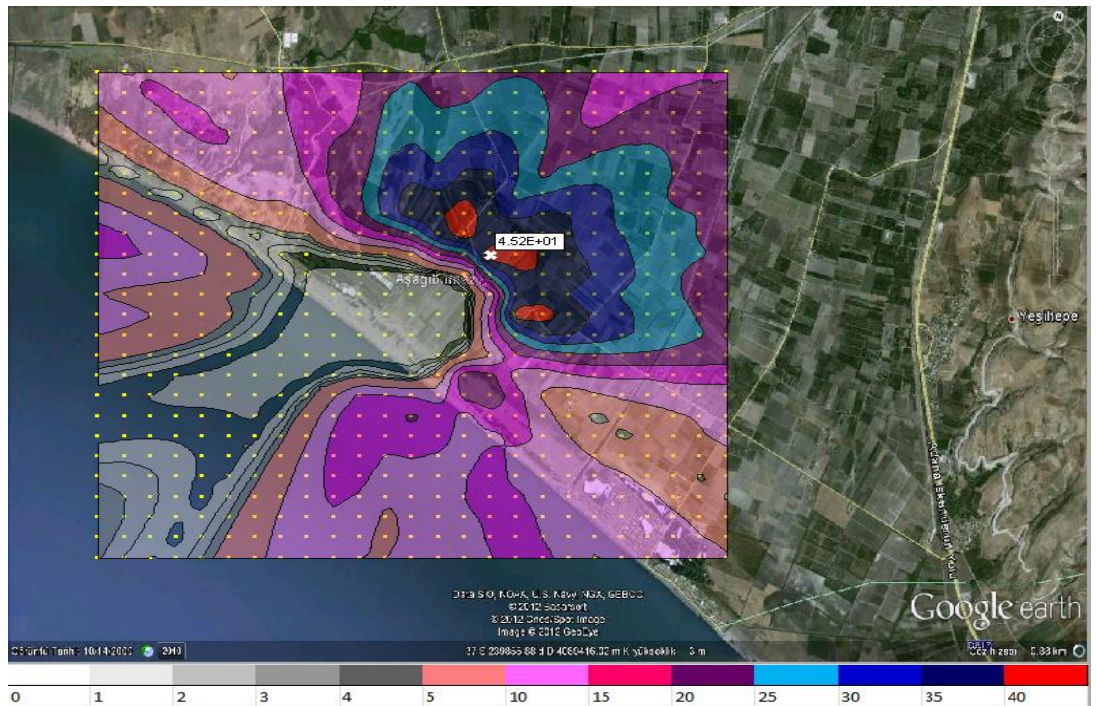
6.3.3 NO₂ emisyonlarının dağılımının incelenmesi

Çalışma alanı haritası üzerinde temsili olarak 2004 yılına ait verilere göre hesaplanan NO₂ emisyonlarının dağılımının grafik olarak gösterimi verilmiştir. NO₂ kirleticisi için kaynaktan 59.97 gr/sn salındığı kabul edilmiştir.



Şekil 6.23 : 2004 yılına ait NO₂ konsantrasyonu (µg/m³) dağılımının gösterimi.

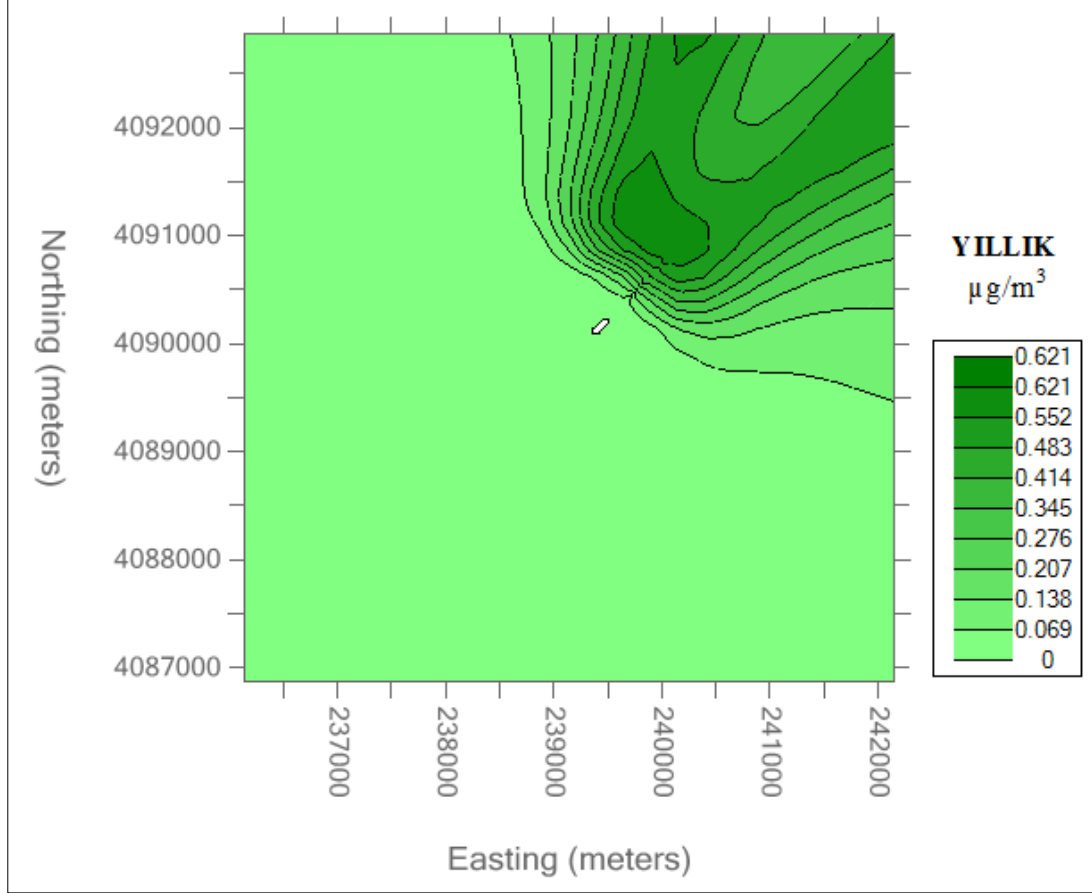
Yıllık maksimum konsantrasyon 0,62127 µg/m³ ile X: 239893, Y: 4091120 koordinatında bulunmuştur. Yıllık ortalama konsantrasyon ise 0.1066608 µg/m³ bulunmuştur. Kullanılan modelde gridleme sistemi ile her bir noktadaki konsantrasyonlar ayrıca belirlenebilmektedir.



Şekil 6.24 : NO₂ için maksimum 1 saatlik en yüksek konsantrasyon (µg/m³).

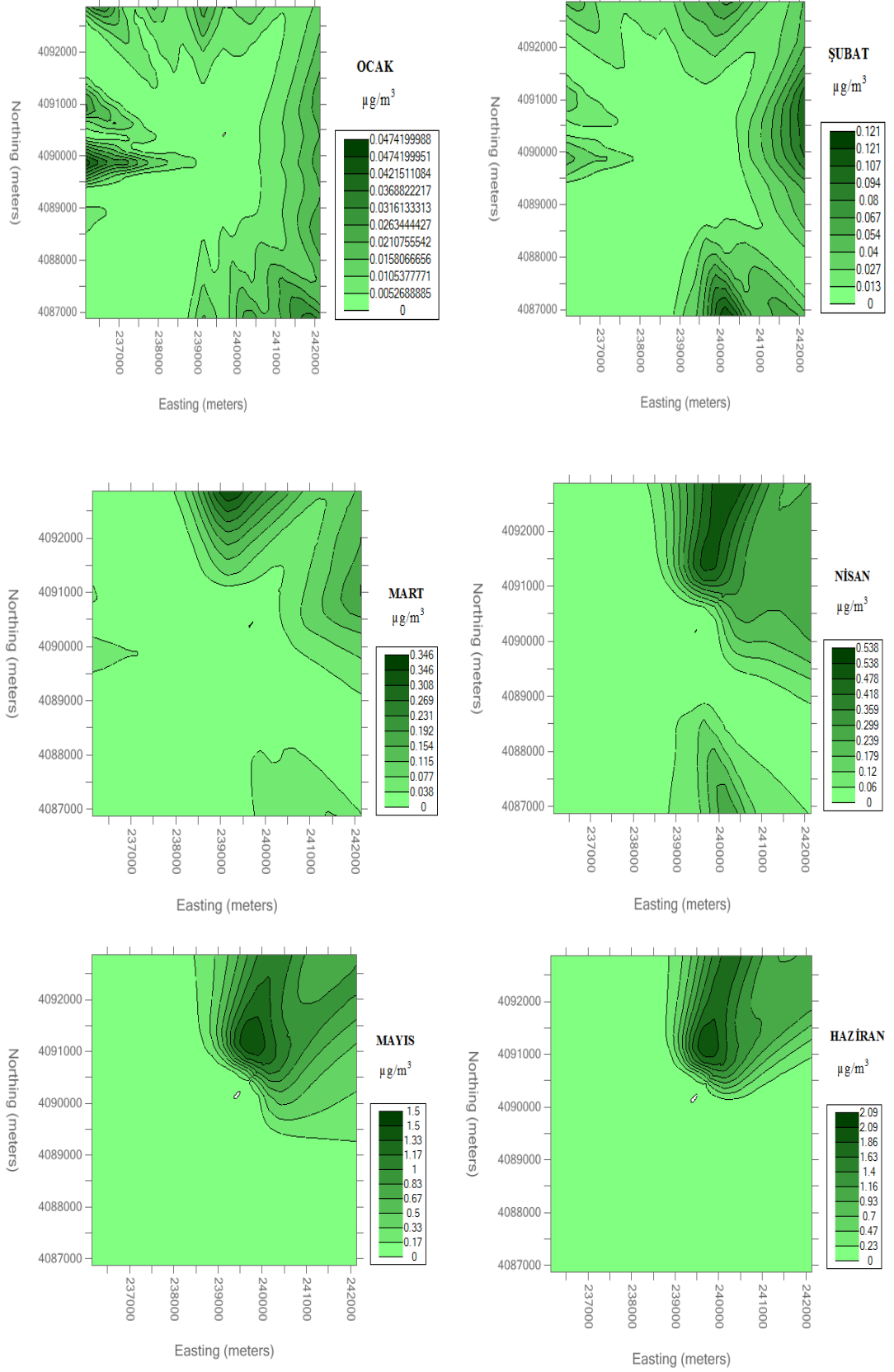
Bacadan 59.97 gr/sn olarak salınan NO₂ konsantrasyonu maksimum 1 saatlik ilk ölçümünde X: 239889, Y: 4090620 koordinatında 45.156 µg/m³ olarak tespit edilmiştir.

Aşağıda çalışma alanında yıllık ortalama NO₂ dağılımının iki boyutlu dağılımı verilmiştir.

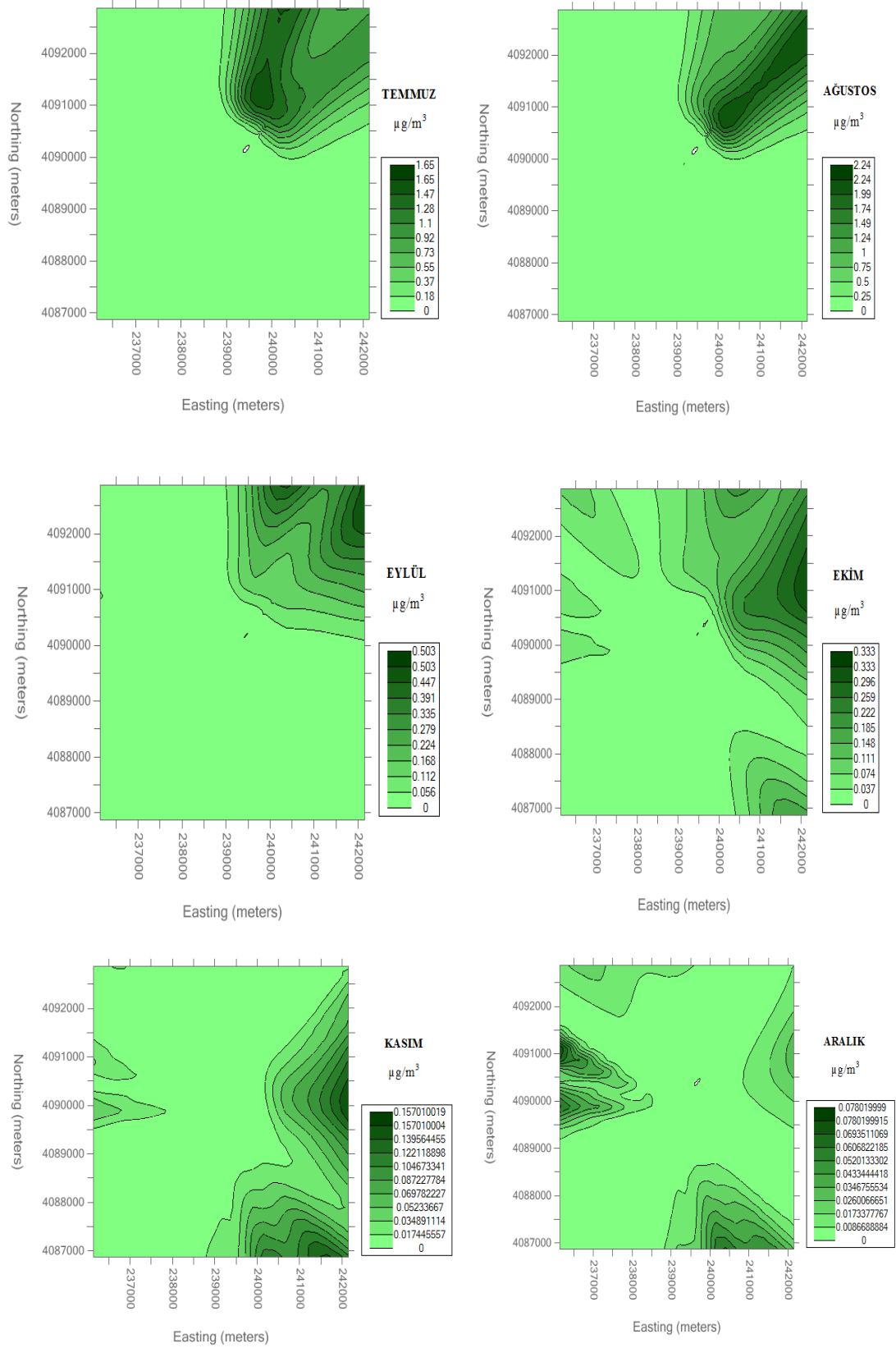


Şekil 6.25 : Yıllık ortalama NO₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği.

Aylara göre yapılan model çalışması iki boyutlu gösterim grafikleri Ocak-Haziran ve Temmuz-Aralık ayları şeklinde şekil 6.24 ve şekil 6.25’de yer almaktadır.



Şekil 6.26 : NO₂ kirleticisine ait Ocak-Haziran ayları arası aylık dağılım grafikleri.



Şekil 6.27 : NO₂ kirleticisine ait Temmuz-Aralık ayları arası aylık dağılım grafikleri.

Aylara göre yapılan dağılımda NO₂ konsantrasyon değerlerinin en yüksek olduğu aylar Mayıs- Haziran-Temmuz-Ağustos olarak değerlendirilmiştir. Hesaplanan UVD ve KVD değerleri çizelge 6.13’de verilmiştir.

Çizelge 6.13 : NO₂ için aylık UVD ve KVD değerleri (µg/m³).

Aylar	Aylık UVD NO₂ (µg /m³)	Aylık KVD NO₂ (µg /m³)
Ocak	0.0076	0.0227
Şubat	0.0202	0.0657
Mart	0.0402	0.1555
Nisan	0.1008	0.3865
Mayıs	0.2238	1.0612
Haziran	0.2455	1.4341
Temmuz	0.2119	1.2025
Ağustos	0.2675	1.8382
Eylül	0.0540	0.3144
Ekim	0.0612	0.2354
Kasım	0.0230	0.1010
Aralık	0.0096	0.0378
Yıllık	0.1066	0.5184

NO₂ konsantrasyonları için en yüksek aylık KVD Ağustos ayında 1.84 µg/m³, en düşük aylık KVD Ocak ayında 0.023 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. Ve yıllık değerler kullanılarak hesaplanan KVD 0.52 µg/m³ ölçüm sonucuyla SO₂ ve PM₁₀ için hesaplanan KVD değerleri arasında maksimum seviyededir. NO₂ konsantrasyonları için KVS değeri 300 µg/m³ olup, yıllık KVD, KVS değerini aşmamaktadır.

NO₂ konsantrasyonu için yıllık değerler kullanılarak hesaplanan UVD tesis etki alanı içindeki bütün alıcı noktalarda elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması olup, yıllık UVD 0.107 µg/m³ olarak hesaplanmıştır. NO₂ konsantrasyonları için 2012 yılı UVS değeri 68 µg/m³ olup, yıllık UVD UVS değerini aşmamaktadır. Yıl içerisinde en yüksek aylık UVD Ağustos ayında 0.27 µg/m³, en düşük aylık UVD Ocak ayında 0.0077 µg/m³ olarak bulunmuştur.

6.4 Çalışma Alanının Boyutu, Grid Sayısı ve Baca Yüksekliği Değerleri

Değişiminin Kirletici Konsantrasyonu Dağılımına Etkisi

ISC3 ve AERMOD modelleme programları, kartezyen ve polar koordinat sistemlerini kabul etmektedir. Her iki modelleme programı kullanılarak yapılan çalışmalarda, kartezyen koordinat sistemi kullanılmış olup farklı boyutlarda çalışma

alanının, baca yüksekliklerinin ve grid sayısındaki değişimin kirletici konsantrasyonu dağılımına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun gerekçesi Bölüm 6.3.1’de ISC modeli kullanılarak yapılan modellemede bazı aylara ait eş konsantrasyon dağılımlarında maksimum değerlerin inceleme alanı dışında kaldığının belirlenmesidir. Bu durumun açıklığa kavuşturulabilmesi ve karar vericilerin daha doğru yönlendirilebilmeleri için bu tür çalışma önem taşımaktadır.

Kirletici olarak DGKÇ santralının en büyük kütleli debiye sahip kirleticisi olan NO₂ (59.97 gr/sn) kabul edilmiş ve NO₂ dağılımı incelenmiştir. Bu doğrultuda model programlarına girilen kaynak koordinatı, DGKÇ Santraline ait baca koordinatı olmak üzere;

- bölgenin kırsal ve kentsel alanlarda kalması durumları için,
- baca yüksekliklerinin 60 metre ve 120 metre olması durumları için
- 6km x 6km, 12km x 12km, 24km x 24 km çalışma alanları için ve
- her bir çalışma alanında gridleme seçiminin 100 metre, 300 metre ve 500 metre aralıklarla

yapılmasının kirletici konsantrasyonu dağılımına etkileri incelenmiştir. Her bir çalışma alanı için, grid boyutuna göre değişen reseptör sayısı aşağıda çizelge 6.14’de verilmiştir.

Çizelge 6.14 : Reseptör sayıları.

Çalışma alanına ve grid boyutuna göre reseptör sayısı			
Çalışma alanı(km)	Grid Boyutu(m)		
	100	300	500
6x6	3721	441	169
12x12	14641	1681	625
24x24	58081	6561	2401

6.4.1 ISC model programı ile modelleme

Hatay Aşağıburnaz Mevkiinde kurulması planlanan DGKÇ Santrali kaynaklı kirleticilerin modellenmesinde kullanılan meteorolojik dosya ve çizelge 5.9 da yer alan kaynak bilgileri model programına girilerek NO₂ kirleticisinin 60 ve 120 metre baca yükseklikleri için farklı büyüklükteki çalışma alanlarında ve 100-300 ve 500 m grid açıklıklarında dağılımı ISC model programı ile incelenmiştir. Çizelge 6.15 ve

6.16’de sırasıyla 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hesaplanmış model sonuçları yer almaktadır.

ISC modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 60m baca yüksekliği ve 6x6 km çalışma alanında(Çizelge 6.15);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının kırsal alanlara nazaran şehirlerde yaklaşık 2 kat daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu oran 24 saatlik ve aylık ortalamalarda 6 kat ve yıllık ortalamalarda ise 15 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir olması durumunda kırsal bölgelere göre 2-15 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

Grid açıklığının 100 m’den 500 m’ye çıkarılmasında şehir ve kırsal bölgeler için maksimum konsantrasyonlar değişmemekte ve ortalama sürelerle ilgili olarak 100 m grid açıklığı için bulunmuş olan konsantrasyon mertebeleri aynen muhafaza edilmektedir.

Maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.13) 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 4,2 km, 24 saatlik-aylık ve yıllık ortalamalar için de 3 km olarak bulunmasına karşılık kırsal bölgelerde sırasıyla 1,2 km ve 1,4 km olarak bulunmuştur. Buradan da mesafenin uzamasına rağmen şehir bölgelerinde maksimum konsantrasyonların kırsal bölgelere göre çok daha yüksek tahmin edildiği görülmektedir.

ISC modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 60m baca yüksekliği ve 12x12 km çalışma alanında(Çizelge 6.15);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının kırsal alanlara nazaran şehirlerde yaklaşık 1,24 kat daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu oran 24 saatlik ortalamalar için 2,40 ve aylık ortalamalarda 4,9 kat ve yıllık ortalamalarda ise 6,65 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir olması durumunda kırsal bölgelere göre 1,24-6,6 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

12x12 km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m’lik gridlerde şehirde 1,34 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 2,16 kat artış gösterdiği ve 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 1,21 ve 2,9 kat, aylık ortalamalarda 1,08 ve 1,41 kat ve yıllık ortalamalarda ise sırasıyla 1,14 ve 2,6 kat

artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,08 ile 1,33 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,41-2,9 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %7,5 ile %188 arasında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vereceği söylenmelidir.

12x12 km'lik çalışma alanında 300 ve 500m'lik grid uzunluklarında konsantrasyonlar arasındaki değişim daha küçük oranlarda gerçekleşmekte, dolayısı ile bilgisayar çalışma süresi ile optimizasyonlarda 100 m'lik gridler yerine 300 veya 500 m'lik gridler kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

12x12 km'lik çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.13) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 4,2 km'den 3,5 km'ye (%15)azalmasına rağmen, 24 saatlik ortalamalarda 3 km'den 5,1 km'ye (%70) , aylık ve yıllık ortalamalarda ise 3 km'den 4,5 km'ye (%50) artış göstermiştir. Kırsal bölgelerde de bu oran çok daha yüksek bir oranla sırasıyla 1,2 km'den 7,7 km'ye 6,4 kat, 1,4 km'den 7,2 km'ye 5 kat artış göstermektedir. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km çıkarılması yer seviyesi maksimum konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehirlerde %50-%70, kırsal alanlarda %150 ile %540 arasında artış göstermektedir. Bu sonuç da karar vericiler için çok önemlidir. Mesela kurulacak tesislerin çevresinde oluşturulması gereken koruma bandı mesafelerinin belirlenmesinde ve hassas bölgelere olan mesafelerin tespitinde oldukça emniyetli ve yol gösterici bir kılavuz oluşturma potansiyeli elde edilecektir.

ISC modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 60m baca yüksekliği ve 24x24 km çalışma alanında(Çizelge 6.15);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının kırsal alanlara nazaran şehirlerde yaklaşık 1,18 ve 24 saatlik için 1,03 kat daha yüksek değerlere ulaşmasına rağmen aylık ortalamalarda 1,11 kat ve yıllık ortalamalarda ise 1,18 kat azalmalar belirlenmiştir.

24x24 km'lik çalışma alanında şehir bölgelerinde saatlik ortalama maksimumlar için 500 m'lik grid uzunluklarındaki konsantrasyonlar 100 m'lik grid uzunluğuna göre %3,4 artışa rağmen kırsal bölgeler için bu oran % 5 azalmaktadır. Şehir ve kırsal bölgeler için bilgisayar çalışma süresi optimizasyonu bakımından 100 m'lik gridler yerine 500 m'lik gridlerin kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında %5-10 oranında artış ve azalmalarla pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

24x24km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 1,29 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 2,19 kat artış gösterdiği ve 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 1,41 ve 7,84 kat, aylık ortalamalarda 1,28 ve 9,1 kat ve yıllık ortalamalarda ise sırasıyla 1,22 ve 22 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,22 ile 1,41 kat ve kırsal bölgelerde ise 2,19-22 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %22,5 ile %2098 arasında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vermektedir.

24x24 km çalışma alanı için elde edilen bulgularla 12x12 km çalışma alanına ait bulguların mukayesesinde saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 0,97 oranında azalmaya rağmen kırsal bölgelerde 1,01 kat artış gösterdiği ve bu değerlerde değişim olmadığı belirlenmiştir. 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 1,17 ve 2,72 kat, aylık ortalamalarda 1,19 ve 6,47 kat ve yıllık ortalamalarda ise sırasıyla 1,07 ve 8,47 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,07 ile 1,19 kat ve kırsal bölgelerde ise 2,72-8,47 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %7,3 ile %747 arasında artış gösterebildiği belirlenmiştir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.13) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 4,2 km'den 5,72 km'ye (%36), 24 saatlik de 3 km'den 9,01 km'ye(%200), aylık ve yıllık ortalamalarda ise 3 km'den 7,1 km'ye(%136) artış göstermiştir. Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla saatlik ortalamalarda 1,2 km'den

7,7 km'ye 6,4 kat, 24 saatlik ortalamalarda 1,27 km'den 10,2 km'ye 8 kat, aylık ve yıllık ortalamalarda ise 1,4 km'den 10,2 km 7,3 kat artış göstermektedir. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 24x24km'ye çıkarılması yer seviyesi maksimum konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehir için %36-200 oranında kırsal alanlarda ise %540-700 arasında artış göstermektedir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.13) 12x12 km'ye olan duruma göre de değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 3,53 km'den 5,72 km'ye (%62), 24 saatlik ortalamalar için 5,1 km'den 9,0 km'ye (%76), aylık ve yıllık ortalamalarda ise 4,5 km'den 7,1 km'ye (%58) artış göstermiştir. Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla saatlik ortalamalarda için 1 saatlik ortalamalar için 7,7 km'den 7,64 km'ye (%0.7) azalış, 24 saatlik ortalamalar için 7,71 km'den 10,2 km'ye (%32), aylık ve yıllık ortalamalarda ise 7,2 km'den 10,2 km'ye (%42) artış göstermiştir.

Bu sonuç da karar vericiler için çok önemlidir. Mesela kurulacak tesislerin çevresinde oluşturulması gereken koruma bandı mesafelerinin belirlenmesinde ve hassas bölgelere olan mesafelerin tespitinde oldukça emniyetli ve yol gösterici bir kılavuz oluşturma potansiyeli elde edilecektir.

ISC modeli ile 60 m baca yüksekliği için yapılan modellemede çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılması konsantrasyonlarda şehirlerde 1,08 ile 1,33 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,41-2,9 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %7,5 ile %188 arasında artış göstermektedir. Benzer şekilde bu koşullarda çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında konsantrasyonlarda şehirlerde 1,22 ile 1,41 kat ve kırsal bölgelerde ise 2,19-22 kat artışla sonuçlanmıştır. Çalışma alanının 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında ise kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,07 ile 1,19 kat ve kırsal bölgelerde ise 2,72-8,47 kat artışla sonuçlanmıştır.

Maksimum kirletici konsantrasyonlarının kaynağa olan mesafelerinde de çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılmasında 100 m'lik gridlerde şehirlerde ortalama %50-70 oranında ve kırsal bölgelerde %150-540 arasında artış göstermektedir. Bu oranlar çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında

100 m'lik gridlerde şehir için %36-200 oranında kırsal alanlarda ise %540-700 arasında artış göstermektedir.

Bu sonuçlar çalışma alanının arttırılmasında gerek konsantrasyon bazında ve gerekse konsantrasyonların kaynağa olan mesafelerinde önemli ölçüde artışa neden olmaktadır. Bu husus bu tür modeller yardımıyla yönetmeliklerde öngörülen düzenlemelere dayalı karar verme süreçlerinde dikkate alınmak zorundadır.

ISC modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 120m baca yüksekliği ve 6x6 km çalışma alanında(Çizelge 6.16);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının kırsal alanlarda şehirlere nazaran yaklaşık 1.2 kat daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Yalnızca 1 saatlik NO₂ konsantrasyonları kırsal alanlarda şehirlere göre artış olmuşken 24 saatlik, aylık ve yıllık konsantrasyonlarda şehirlerde kırsal alanlara nazaran artış olmuştur. Bu artışlar 24 saatlik ve aylık ortalamalarda sırasıyla 1.76, 2.1 kat ve yıllık ortalamalarda ise 4.9 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir olması durumunda kırsal bölgelere göre 1.2-4.9 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

Grid açıklığının 100 m'den 500 m'ye çıkarılmasında şehir ve kırsal bölgeler için maksimum konsantrasyonlar değişmemekte ve ortalama sürelerle ilgili olarak 100 m grid açıklığı için bulunmuş olan konsantrasyon mertebeleri aynen muhafaza edilmektedir.

Maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.14) 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 4,2 km, 24 saatlik ortalamalar için 3 km, aylık ve yıllık ortalamalar için de 3,2 km olarak bulunmasına karşılık kırsal bölgelerde sırasıyla 1,2 km, 1,3 km ve 1,28 km olarak bulunmuştur. Buradan da mesafenin uzamasına rağmen şehir bölgelerinde maksimum konsantrasyonların kırsal bölgelere göre çok daha yüksek tahmin edildiği görülmektedir.

ISC modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 120m baca yüksekliği ve 12x12 km çalışma alanında(Çizelge 6.16);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının kırsal alanlara nazaran şehirlerde yaklaşık 1,6 kat daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Bu oran 24 saatlik için 2,37 ve aylık ortalamalarda 4,23 kat ve yıllık ortalamalarda ise

7,75 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir olması durumunda kırsal bölgelere göre 1,6-7,75 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

12x12 km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 2,27 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 1,24 kat artış gösterdiği ve 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 2,10 ve 1,56 kat, aylık ortalamalarda 2,05 ve 1,01 kat ve yıllık ortalamalarda ise sırasıyla 1,83 ve 1,17 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,83 ile 2,27 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,01-1,56 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %1.86 ile %127 arasında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vereceği söylenmelidir.

12x12 km'lik çalışma alanında 300 ve 500m'lik grid uzunluklarında konsantrasyonlar arasındaki değişim daha küçük oranlarda gerçekleşmekte, dolayısı ile bilgisayar çalışma süresi ile optimizasyonlarda 100 m'lik gridler yerine 300 veya 500 m'lik gridler kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

12x12 km'lik çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.16) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 4,2 km'den 7,2 km'ye (%71,43), 24 saatlik de 3 km'den 5,4 km'ye (%80), aylık ve yıllık ortalamalarda ise 3,2 km'den 6,4 km'ye (%100) artış göstermiştir. Kırsal bölgelerde de bu oran çok daha yüksek bir oranla sırasıyla 1,2 km'den 7,7 km'ye 6,4 kat, 1,3 km'den 7,7 km'ye 5,93 kat, aylık ve yıllık ortalamalarda 1,2 km'den 1,4 km'ye 1,16 kat artış göstermektedir. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km çıkarılması yer seviyesi maksimum konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehirlerde %71,43 ile %100 ve kırsal alanlarda %16,7 ile %542 arasında artış göstermektedir. Bu sonuç da karar vericiler için çok önemlidir. Mesela kurulacak tesislerin çevresinde oluşturulması gereken koruma bandı mesafelerinin belirlenmesinde ve hassas bölgelere olan mesafelerin tespitinde oldukça emniyetli ve yol gösterici bir kılavuz oluşturma potansiyeli elde edilecektir.

ISC modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 120m baca yüksekliği ve 24x24 km çalışma alanında(Çizelge 6.16);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının kırsal alanlara nazaran şehirlerde yaklaşık 1,45 kat, 24 saatlik için 1,84 kat, aylık ortalamalarda 1,45 kat ve yıllık ortalamalarda ise 1,40 kat artış belirlenmiştir.

24x24 km'lik çalışma alanında şehir bölgelerinde saatlik ortalama maksimumlar için 500m'lik grid uzunluklarındaki konsantrasyonlar 100 m'lik grid uzunluğuna göre % 0,68 kırsal bölgeler için % 17,8 azalmaktadır. Şehir ve kırsal bölgeler için bilgisayar çalışma süresi optimizasyonu bakımından 100 m'lik gridler yerine 500 m'lik gridlerin kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında %5-10 oranında artış ve azalmalarla pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

24x24km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 2,42 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 1,45 kat artış gösterdiği ve 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 3,86 ve 3,70 kat, aylık ortalamalarda 3,29 ve 4,78 kat ve yıllık ortalamalarda ise sırasıyla 3,40 ve 12 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 2,42 ile 3,86 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,45-12 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %46 ile %1091 arasında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vermektedir.

24x24 km çalışma alanı için elde edilen bulgularla 12x12 km çalışma alanına ait bulguların mukayesesinde saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 1,06, kırsal bölgelerde 1,18 kat artış gösterdiği ve bu değerlerde değişim olmadığı belirlenmiştir. 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 1,83 ve 2,4 kat, aylık ortalamalarda 1,6 ve 4,7 kat ve yıllık ortalamalarda ise sırasıyla 1,86 ve 10,29 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,06 ile 1,86 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,18-10,29 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %7 ile %929 arasında artış gösterebildiği belirlenmiştir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.14) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 4,2 km'den 6,5 km'ye (%54,8), 24 saatlik de 3 km'den 9,2 km'ye (%207) , aylık ve yıllık ortalamalarda ise 3,2 km'den 9,4 km'ye (%194) artış göstermiştir. Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla saatlik ortalamalarda 1,2 km'den 7,8 km'ye 6,5 kat, 24 saatlik ortalamalarda 1,3 km'den 10,21 km'ye 7,9 kat, aylık ve yıllık ortalamalarda ise 1,3 km'den 10,3 km 7,95 kat artış göstermektedir. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 24x24km'ye çıkarılması yer seviyesi maksimum konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehir için %54,8-207 oranında kırsal alanlarda ise %550-692 arasında artış göstermektedir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge B.14) 12x12 km'ye olan duruma göre de değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 7,15 km'den 6,5 km'ye (%9,09) azalma, 24 saatlik ortalamalarda 5,4 km'den 9,2 km'ye (%70,37), aylık ve yıllık ortalamalarda ise 6,4 km'den 9,4 km'ye (%46,87) artış göstermiştir.

Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla 1 saatlik ortalamalar için 7,7 km'den 7,8 km'ye (%1,3), 24 saatlik ortalamalar için 7,71 km'den 10,2 km'ye (%32,3) , aylık ve yıllık ortalamalarda ise 1,4 km'den 10,3 km'ye (%635) artış göstermiştir.

Bu sonuç da karar vericiler için çok önemlidir. Mesela kurulacak tesislerin çevresinde oluşturulması gereken koruma bandı mesafelerinin belirlenmesinde ve hassas bölgelere olan mesafelerin tespitinde oldukça emniyetli ve yol gösterici bir kılavuz oluşturma potansiyeli elde edilecektir.

ISC modeli ile 120 m baca yüksekliği için yapılan modellemede çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılması konsantrasyonlarda şehirlerde 1,83 ile 2,27 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,01-1,56 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %1.86 ile %127 arasında artış göstermektedir.

Benzer şekilde bu koşullarda çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında konsantrasyonlarda şehirlerde 2,42 ile 3,86 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,45-12 kat artışla sonuçlanmıştır. Çalışma alanının 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında ise konsantrasyonlarda şehirlerde 1,06 ile 1,86 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,18-10,29 kat artışla sonuçlanmıştır. Maksimum kirletici

konsantrasyonlarının kaynağa olan mesafelerinde de çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılmasında 100 m'lik gridlerde şehirlerde ortalama %71,43-100 oranında ve kırsal bölgelerde %16,7-542 arasında artış göstermektedir. Bu oranlar çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında 100 m'lik gridlerde şehir için %54,8-207 oranında kırsal alanlarda ise %550-692 arasında artış göstermektedir.

Bu sonuçlar çalışma alanının arttırılmasında gerek konsantrasyon bazında ve gerekse konsantrasyonların kaynağa olan mesafelerinde önemli ölçüde artışa neden olmaktadır. Bu husus bu tür modeller yardımıyla yönetmeliklerde öngörülen düzenlemelere dayalı karar verme süreçlerinde dikkate alınmak zorundadır.

Çizelge 6.15 : ISC modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılımı.

ISC Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Konsantrasyon (µg/m ³)			
Baca Yüksekliği (m)	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
60	NO _x	6*6	100	Şehir	94.91	33.28	14.65	9.38
60	NO _x	6*6	100	Kırsal	47.4	5.81	2.29	0.62
60	NO _x	6*6	300	Şehir	94.84	32.02	14.65	9.31
60	NO _x	6*6	300	Kırsal	44	5.59	2.22	0.61
60	NO _x	6*6	500	Şehir	92.35	32.02	14.65	9.31
60	NO _x	6*6	500	Kırsal	44.1	5.54	2.24	0.6
60	NO _x	12*12	100	Şehir	126.96	40.14	15.75	10.7
60	NO _x	12*12	100	Kırsal	102.65	16.74	3.22	1.61
60	NO _x	12*12	300	Şehir	124.27	38.84	16.62	10.7
60	NO _x	12*12	300	Kırsal	98.26	15.5	2.23	1.13
60	NO _x	12*12	500	Şehir	126.96	36.93	16.62	10.7
60	NO _x	12*12	500	Kırsal	99.11	15.6	2.24	1.37
60	NO _x	24*24	100	Şehir	122.73	46.81	18.7	11.49
60	NO _x	24*24	100	Kırsal	103.8	45.53	20.82	13.63
60	NO _x	24*24	300	Şehir	126.01	46.81	18.88	11.66
60	NO _x	24*24	300	Kırsal	102.19	44.15	20.38	13.71
60	NO _x	24*24	500	Şehir	126.96	41.63	17.16	11.2
60	NO _x	24*24	500	Kırsal	99.11	43.3	19.9	12.9

Çizelge 6.16 : ISC Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılımı.

ISC Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Konsantrasyon (µg/m ³)			
Baca Yüksekliği (m)	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
120	NO _x	6*6	100	Şehir	40.12	9.76	4.41	2.79
120	NO _x	6*6	100	Kırsal	45.77	5.55	2.1	0.57
120	NO _x	6*6	300	Şehir	39.54	9.67	4.41	2.79
120	NO _x	6*6	300	Kırsal	42.65	5.21	2.08	0.56
120	NO _x	6*6	500	Şehir	39.54	9.45	4.37	2.79
120	NO _x	6*6	500	Kırsal	42.33	5.26	2.09	0.55
120	NO _x	12*12	100	Şehir	91.1	20.51	9.04	5.11
120	NO _x	12*12	100	Kırsal	56.85	8.66	2.14	0.66
120	NO _x	12*12	300	Şehir	89.51	19.28	8.68	5.11
120	NO _x	12*12	300	Kırsal	42.65	5.96	2.08	0.68
120	NO _x	12*12	500	Şehir	88.2	19.6	8.85	5.11
120	NO _x	12*12	500	Kırsal	42.33	5.93	2.09	0.6
120	NO _x	24*24	100	Şehir	97.42	37.72	14.54	9.51
120	NO _x	24*24	100	Kırsal	66.8	20.56	10.05	6.79
120	NO _x	24*24	300	Şehir	94.55	38.48	14.73	9.62
120	NO _x	24*24	300	Kırsal	60.31	18.76	10.46	7.15
120	NO _x	24*24	500	Şehir	96.75	33.06	14.38	9.39
120	NO _x	24*24	500	Kırsal	54.88	18.96	9.47	6.06

6.4.2 AERMOD model programı ile modelleme

Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali baca bilgileri ve kaynak koordinatları aynı olmak üzere, NO₂ kirleticisinin 60 ve 120 metre baca yükseklikleri için farklı çalışma alanlarında dağılımı AERMOD model programı ile incelenmiştir. Çizelge 6.17 ve 6.18’de sırasıyla 60 metre ve 120 metre baca yükseklikleri için hesaplanmış model sonuçları yer almaktadır.

Çalışma sonuçlarında, kırsal alanlarda oluşan maksimum konsantrasyon değerlerinin kentsel alanlara nazaran daha yüksek çıktığı görülmüştür. ISC model çalışmasında olduğu gibi çalışma alanı genişletildikçe ve grid boyutu azaldıkça kirleticilerin daha uzak mesafelerde maksimum konsantrasyon değerlerine ulaştığı görülmektedir. Aynı şekilde maksimum konsantrasyonların 6 km x6 km çalışma alanlarında, 12 kmx12 km ve 24 km x 24km çalışma alanlarında oluşan maksimum konsantrasyonlara göre

daha düşük olmasının nedeni, NO₂ kirleticisinin ulaşabileceği maksimum konsantrasyonun 6 km x6km çalışma alanı dışında yer almasıdır. Model çalışması sonuçları, maksimum konsantrasyonun olduğu koordinat ve kaynaktan uzaklığı bilgileri ile beraber EK B’de verilmiştir.

AERMOD modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 60 m baca yüksekliği ve 6x6 km çalışma alanında(Çizelge 6.17);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik, 24 saatlik, aylık ve yıllık NO₂ konsantrasyonlarında şehirlerde kırsal alanlara nazaran artış olmuştur. Bu artışlar saatlik, 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda sırasıyla 1,2, 1,36, 1,24 ve 1,38 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir olması durumunda kırsal bölgelere göre 1.2-4.9 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

Grid açıklığının 100 m’den 500 m’ye çıkarılmasında şehir ve kırsal bölgeler için maksimum konsantrasyonlarda az oranda değişim olmakta ve ortalama sürelerle ilgili olarak 100 m grid açıklığı için bulunmuş olan konsantrasyon mertebelerinde azalma olmuştur.

Maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.13) 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 0,6 km, 24 saatlik ortalamalar için 0,6 km, aylık ve yıllık ortalamalar için de 0,36 km olarak bulunmasına karşılık kırsal bölgelerde sırasıyla 0,85 km, 0,94 km ve 0,36 km olarak bulunmuştur. Buradan da mesafenin uzamasına rağmen şehir bölgelerinde maksimum konsantrasyonların kırsal bölgelere göre çok daha yüksek tahmin edildiği görülmektedir.

AERMOD modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 60 m baca yüksekliği ve 12x12 km çalışma alanında (Çizelge 6.17);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının şehirlerde nazaran kırsal alanlarda yaklaşık 1,52 kat daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Artışın 1 saatlik konsantrasyonlarda kırsal alanlarda olmasına rağmen 24 saatlik, aylık ve yıllık konsantrasyonlarda şehirlerde artış belirlenmiştir. Bu artış 24 saatlik ortalamalar için 1,08 aylık ortalamalar için 1,24 kat ve yıllık ortalamalarda ise 1,37 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir

olması durumunda kırsal bölgelere göre 1,08-1,37 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

12x12 km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 2,13 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 3,9 kat artış gösterdiği ve şehirlerde 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda değişimin olmadığı; kırsal alanlarda ise 24 saatlik ortalamalar için 1,26 kat artış olduğu, aylık ve yıllık ortalamalarda ise değişimin olmadığı belirlenmiştir. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %26,07 ile %289 arasında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vereceği söylenmelidir.

12x12 km'lik çalışma alanında 300 ve 500m'lik grid uzunluklarında konsantrasyonlar arasındaki değişim daha küçük oranlarda gerçekleşmekte dolayısı ile bilgisayar çalışma süresi ile optimizasyonlarda 100 m'lik gridler yerine 300 veya 500 m'lik gridler kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

12x12 km'lik çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.13) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 0,6 km'den 7,7 km'ye (%1183,3) artış göstermişken, 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda değişim olmamıştır. Kırsal bölgelerde de bu oran çok daha yüksek bir oranla sırasıyla 0,8 km'den 7,7 km'ye 9,62 kat, 0,9 km'den 7,6 km'ye 8,44 kat, aylık ve yıllık ortalamalarda 0,36 km'den 0,58 km'ye 1,61 kat artış göstermektedir. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km çıkarılması yer seviyesi maksimum konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehirlerde saatlik konsantrasyonlarda %1183,3 artış gösterirken 24 saatlik aylık ve yıllık konsantrasyonlarda değişimin olmadığını, kırsal alanlarda ise %61,1 ile %862,5 arasında artış göstermektedir.

AERMOD modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 60 m baca yüksekliği ve 24x24 km çalışma alanında(Çizelge 6.17);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının şehirlere nazaran kırsal alanlarda yaklaşık 1,91 kat artış belirlenmişken, 24 saatlik

ortalamlarda 2,34 kat, aylık ve yıllık ortalamlarda ise sırasıyla 1,82 ve 2,18 kat artış belirlenmiştir.

24x24 km'lik çalışma alanında şehir bölgelerinde saatlik ortalama maksimumlar için 500m'lik grid uzunluklarındaki konsantrasyonlar 100 m'lik grid uzunluğuna göre % 2,8 azalmakta kırsal bölgelerde değişmemektedir. Şehir ve kırsal bölgeler için bilgisayar çalışma süresi optimizasyonu bakımından 100 m'lik gridler yerine 500 m'lik gridlerin kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında %5-10 oranında artış ve azalmalarla pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

24x24km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 2,67 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 6,08 kat artış gösterdiği ve 24 saatlik ortalamlarda bu oranların 1,74 ve 5,6 kat, aylık ortalamlarda şehirde değişimin olmadığı kırsal alanlarda 2,26 kat ve yıllık ortalamlarda ise sırasıyla 1,13 ve 3,4 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,13 ile 2,67 kat ve kırsal bölgelerde ise 2,26-6,08 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %13 ile %508 arasında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vermektedir.

24x24 km çalışma alanı için elde edilen bulgularla 12x12 km çalışma alanına ait bulguların mukayesesinde saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 1,25, kırsal bölgelerde 1,56 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. 24 saatlik ortalamlarda bu oranların 1,75 ve 4,43 kat, aylık ortalamlarda şehirde değişim olmadığı, kırsal alanda 2,26 kat ve yıllık ortalamlarda ise sırasıyla 1,13 ve 3,4 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 1,13 ile 1,25 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,56-4,43 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %13 ile %343 arasında artış gösterebildiği belirlenmiştir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.13) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için

1 saatlik ortalamalar için 0,6 km'den 13,5 km'ye (%2150), 24 saatlik ortalamalar için ise 0,6 km'den 9,5 km'ye (%1483) artış göstermişken, aylık ve yıllık ortalamalarda değişim olmamıştır. Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla saatlik ortalamalarda 0,8 km'den 10 km'ye 12,5 kat, 24 saatlik ortalamalarda 0,9 km'den 9,5 km'ye 10,5 kat, aylık ve yıllık ortalamalarda ise 0,3 km'den 10,3 km'ye 34,3 kat artış göstermektedir. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 24x24km'ye çıkarılması yer seviyesi maksimum konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehir için %1483-2150 oranında kırsal alanlarda ise %955-3333 arasında artış göstermektedir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.13) 12x12 km'ye olan duruma göre de değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgelerinde 1 saatlik ortalamalar için 7,7 km'den 13,5 km'ye (%75,32) azalma, 24 saatlik ortalamalarda 0,6 km'den 9,5 km'ye (%1483) artış göstermişken, aylık ve yıllık ortalamalarda değişim olmamıştır.

Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla 1 saatlik ortalamalar için 7,7 km'den 10 km'ye (%29,9), 24 saatlik de 7,6 km'den 9,5 km'ye (%25), aylık ve yıllık ortalamalarda ise 0,5 km'den 10 km'ye (%1900) artış göstermiştir.

Bu sonuç da karar vericiler için çok önemlidir. Mesela kurulacak tesislerin çevresinde oluşturulması gereken koruma bandı mesafelerinin belirlenmesinde ve hassas bölgelere olan mesafelerin tespitinde oldukça emniyetli ve yol gösterici bir kılavuz oluşturma potansiyeli elde edilecektir.

AERMOD modeli ile 60 m baca yüksekliği için yapılan modellemede çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılması konsantrasyonlarda şehirde 2,13 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 3,9 kat artış gösterdiği ve şehirlerde 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda değişimin olmadığı; kırsal alanlarda ise 24 saatlik ortalamalar için 1,26 kat artış olduğu, aylık ve yıllık ortalamalarda ise değişimin olmadığı belirlenmiştir. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %26,07 ile %289 arasında artış gösterebilmektedir.

Benzer şekilde bu koşullarda çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında konsantrasyonlarda şehirlerde 1,13 ile 2,67 kat ve kırsal bölgelerde ise 2,26-6,08 kat artışla sonuçlanmıştır. Çalışma alanının 12x12 km'den 24x24

km'ye çıkarılmasında ise konsantrasyonlarda şehirlerde 1,13 ile 1,25 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,56-4,43 kat artışla sonuçlanmıştır.

Maksimum kirletici konsantrasyonlarının kaynağa olan mesafelerinde de çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılmasında 100 m'lik gridlerde şehirlerde ortalama %1183,3 artış gösterirken 24 saatlik aylık ve yıllık konsantrasyonlarda değişimin olmamakta, kırsal alanlarda ise %61,1 ile %862,5 arasında artış göstermektedir. Bu oranlar çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında 100 m'lik gridlerde şehir için %1483-2150 oranında kırsal alanlarda ise %955-3333 arasında artış göstermektedir.

Bu sonuçlar çalışma alanının arttırılmasında gerek konsantrasyon bazında ve gerekse konsantrasyonların kaynağa olan mesafelerinde önemli ölçüde artışa neden olmaktadır. Bui husus bu tür modeller yardımıyla yönetmeliklerde öngörülen düzenlemelere dayalı karar verme süreçlerinde dikkate alınmak zorundadır.

AERMOD modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 120 m baca yüksekliği ve 6x6 km çalışma alanında (Çizelge 6.18);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının kırsal alanlarda şehirlere nazaran yaklaşık 1.16 kat daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Yalnızca 1 saatlik NO₂ konsantrasyonları kırsal alanlarda şehirlere göre artış olmuşken 24 saatlik, aylık ve yıllık konsantrasyonlarda şehirlerde kırsal alanlara nazaran artış olmuştur. Bu artışlar 24 saatlik ve aylık ortalamalarda sırasıyla 1,3, 1,22 kat ve yıllık ortalamalarda ise 1,33 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir olması durumunda kırsal bölgelere göre 1,3-1,33 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

Grid açıklığının 100 m'den 500 m'ye çıkarılmasında şehir ve kırsal bölgeler için maksimum konsantrasyonlarda az oranda değişim olmakta ve ortalama sürelerle ilgili olarak 100 m grid açıklığı için bulunmuş olan konsantrasyon mertebelerinde azalma olmuştur.

Maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.14) 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 0,7 km, 24 saatlik ortalamalar için 0,9 km, aylık ve yıllık ortalamalar için de 0,6 km olarak bulunmasına karşılık kırsal bölgelerde sırasıyla 2,1 km, 0,7 km ve 0,7 km olarak bulunmuştur. Buradan da mesafenin uzamasına rağmen şehir bölgelerinde

maksimum konsantrasyonların kırsal bölgelere göre çok daha yüksek tahmin edildiği görülmektedir.

AERMOD modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 120 m baca yüksekliği ve 12x12 km çalışma alanında (Çizelge 6.18);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının şehirlere nazaran kırsal alanlarda yaklaşık 1,13 kat daha yüksek değerlere ulaştığı görülmüştür. Artışın 1 saatlik konsantrasyonlarda kırsal alanlarda olmasına rağmen 24 saatlik, aylık ve yıllık konsantrasyonlarda şehirlerde artış belirlenmiştir. Bu artış 24 saatlik ortalamalar için 1,3 aylık ortalamalar için 1,22 kat ve yıllık ortalamalarda ise 1,33 kat mertebelerindedir. Buna göre aynı tesisin yer aldığı bölgenin şehir olması durumunda kırsal bölgelere göre 1,22-1,33 kat daha yüksek kirletici konsantrasyonlarına maruz kalınacağı anlaşılmaktadır.

12x12 km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde aynı kalmasına rağmen kırsal bölgelerde 1,01 kat artış gösterdiği ve şehirlerde 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda değişimin olmadığı; kırsal alanlarda da 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda için değişimin olmadığı belirlenmiştir. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %1,7 oranında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vereceği söylenmelidir.

12x12 km'lik çalışma alanında 300 ve 500m'lik grid uzunluklarında konsantrasyonlar arasındaki değişim daha küçük oranlarda gerçekleşmekte dolayısı ile bilgisayar çalışma süresi ile optimizasyonlarda 100 m'lik gridler yerine 300 veya 500 m'lik gridler kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

12x12 km'lik çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.14) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik, 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda değişim olmamıştır. Kırsal bölgelerde ise sırasıyla 2 km'den 5 km'ye 2,5 kat, 1,1 km'den 1,57 km'ye 1,42 kat artış göstermekte, aylık ve yıllık ortalamalarda değişim olmamıştır. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km çıkarılması yer seviyesi maksimum

konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehirlerde saatlik, 24 saatlik aylık ve yıllık konsantrasyonlarda değişimin olmadığını, kırsal alanlarda ise %60 ile %42,7 arasında artış göstermektedir.

AERMOD modeli kullanılarak yapılan bu çalışmada, 120 m baca yüksekliği ve 24x24 km çalışma alanında(Çizelge 6.18);

100 m grid açıklığında maksimum 1 saatlik NO₂ konsantrasyonlarının şehirlere nazaran kırsal alanlarda yaklaşık 2 kat artış belirlenmişken, 24 saatlik ortalamalarda 1,65 kat, aylık ve yıllık ortalamalarda ise sırasıyla 1,04 ve 1,12 kat artış belirlenmiştir.

24x24 km'lik çalışma alanında şehir bölgelerinde saatlik ortalama maksimumlar için 500m'lik grid uzunluklarındaki konsantrasyonlar 100 m'lik grid uzunluğuna göre % 2,22 kırsal bölgeler için % 4,85 azalmaktadır. Şehir ve kırsal bölgeler için bilgisayar çalışma süresi optimizasyonu bakımından 100 m'lik gridler yerine 500 m'lik gridlerin kullanılması halinde tahminlerin duyarlılığında %5-10 oranında artış ve azalmalarla pratik olarak bir değişiklik olmayacaktır.

24x24km çalışma alanında 6x6 km çalışma alanına göre saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 2,53 katlık bir artışa rağmen kırsal bölgelerde 4,51 kat artış gösterdiği ve 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 2,22 ve 4,8 kat, aylık ortalamalarda şehirde değişimin olmadığı kırsal alanlarda 1,28 kat artış; yıllık ortalamalarda şehirde 1,88 kat azalış kırsal alanlarda ise 1,47 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 2,22 ile 2,53 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,47-4,51 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %47 ile %351,5 arasında artış gösterebilmekte ve bu şekilde tercihte bulunulması karar vericilere yer seviyesi kirletici tahminlerinde daha emniyetli değerlendirme yapmaları imkanını vermektedir.

24x24 km çalışma alanı için elde edilen bulgularla 12x12 km çalışma alanına ait bulguların mukayesesinde saatlik konsantrasyonlarda 100m'lik gridlerde şehirde 2,53, kırsal bölgelerde 4,4 kat artış gösterdiği belirlenmiştir. 24 saatlik ortalamalarda bu oranların 2,22 ve 4,8 kat, aylık ortalamalarda şehirde değişim olmadığı, kırsal alanda 1,28 kat ve yıllık ortalamalarda ise şehirde azalış ,kırsal alanlarda 1,47 kat

artış gösterdiği belirlenmiştir. Genel olarak çalışma alanının 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkartılması kirletici konsantrasyonlarında şehirlerde 2,22 ile 2,53 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,28-4,8 kat artışla sonuçlanmıştır. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların 4 misli artırıldığında konsantrasyonlarda %22,12 ile %79 arasında artış gösterebildiği belirlenmiştir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.14) 6x6 km'ye değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgeleri için 1 saatlik ortalamalar için 0,7 km'den 10 km'ye (%1328), 24 saatlik ortalamalar için ise 0,9 km'den 10 km'ye (%1011) artış göstermişken, aylık ve yıllık ortalamalarda değişim olmamıştır. Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla saatlik ortalamalarda 2 km'den 10 km'ye 5 kat, 24 saatlik ortalamalarda 0,7 km'den 10 km'ye 14,3 kat, aylık ve yıllık ortalamalarda ise 0,7 km'den 15 km'ye 21,42 kat artış göstermektedir. Buna göre çalışma alanının 6x6 km'den 24x24km'ye çıkarılması yer seviyesi maksimum konsantrasyonların olduğu mesafelerde 100 m'lik gridlerde şehir için %1011-1328 oranında kırsal alanlarda ise %400-2042 arasında artış göstermektedir.

24x24 km çalışma alanında maksimum konsantrasyonların kaynağa olan mesafeleri de (Çizelge C.14) 12x12 km'ye olan duruma göre de değişmiştir. 100 m grid açıklığında şehir bölgelerinde 1 saatlik ortalamalar için 0,7 km'den 10 km'ye (%1328) artış, 24 saatlik ortalamalarda 0,9 km'den 10 km'ye (%1011) artış, şehirlerde aylık ve yıllık ortalamalarda değişim olmazken kırsal alanlarda 0,7 km'den 15 km'ye artış göstermektedir.

Kırsal bölgelerde de bu oran sırasıyla 1 saatlik ortalamalar için 5,2 km'den 10 km'ye (%92,3), 24 saatlik ortalamalar için 1,1 km'den 10 km'ye (%809), aylık ve yıllık ortalamalarda ise 0,7 km'den 15 km'ye (%2042) artış göstermiştir.

Bu sonuç da karar vericiler için çok önemlidir. Mesela kurulacak tesislerin çevresinde oluşturulması gereken koruma bandı mesafelerinin belirlenmesinde ve hassas bölgelere olan mesafelerin tespitinde oldukça emniyetli ve yol gösterici bir kılavuz oluşturma potansiyeli elde edilecektir.

AERMOD modeli ile 120 m baca yüksekliği için yapılan modellemede çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılması konsantrasyonlarda şehirde aynı kalmasına rağmen kırsal bölgelerde 1,01 kat artış gösterdiği ve şehirlerde 24 saatlik, aylık ve yıllık ortalamalarda değişimin olmadığı; kırsal alanlarda da 24 saatlik, aylık

ve yıllık ortalamalarda için değişimin olmadığı belirlenmiştir. Buna göre aynı baca yüksekliğinde çalışma alanının SKHKKY'ndeki oranların bir misli artırıldığında konsantrasyonlarda %1,7 oranında artış gösterebilmektedir.

Benzer şekilde bu koşullarda çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında konsantrasyonlarda şehirlerde şehirlerde 2,22 ile 2,53 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,47-4,51 kat artışla sonuçlanmıştır. Çalışma alanının 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında ise konsantrasyonlarda şehirlerde 2,22 ile 2,53 kat ve kırsal bölgelerde ise 1,28-4,8 kat artışla sonuçlanmıştır.

Maksimum kirletici konsantrasyonlarının kaynağa olan mesafelerinde de çalışma alanının 6x6 km'den 12x12 km'ye çıkarılmasında 100 m'lik gridlerde şehirlerde saatlik, 24 saatlik aylık ve yıllık konsantrasyonlarda değişimin olmadığını, kırsal alanlarda ise %60 ile %42,7 arasında artış göstermektedir. Bu oranlar çalışma alanının 6x6 km'den 24x24 km'ye çıkarılmasında 100 m'lik gridlerde şehir için %1011-1328 oranında kırsal alanlarda ise %400-2042 arasında artış göstermektedir.

Bu sonuçlar çalışma alanının arttırılmasında gerek konsantrasyon bazında ve gerekse konsantrasyonların kaynağa olan mesafelerinde önemli ölçüde artışa neden olmaktadır. Bu husus bu tür modeller yardımıyla yönetmeliklerde öngörülen düzenlemelere dayalı karar verme süreçlerinde dikkate alınmak zorundadır.

Çizelge 6.17 : AERMOD modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılımı.

AERMOD Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Konsantrasyon (µg/m ³)			
Baca Yüksekliği (m)	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
60	NOx	6*6	100	Şehir	32.97	10.52	5.52	2.61
60	NOx	6*6	100	Kırsal	27.61	7.71	4.45	1.9
60	NOx	6*6	300	Şehir	32.28	9.23	5.51	2.61
60	NOx	6*6	300	Kırsal	26.51	7.71	4.35	1.88
60	NOx	6*6	500	Şehir	26.61	6.85	4.4	2.15
60	NOx	6*6	500	Kırsal	23.6	4.45	3.83	1.71
60	NOx	12*12	100	Şehir	70.3	10.5	5.52	2.61
60	NOx	12*12	100	Kırsal	107.5	9.72	4.45	1.9
60	NOx	12*12	300	Şehir	55.71	9.23	5.51	2.61
60	NOx	12*12	300	Kırsal	96.44	8.83	4.35	1.88
60	NOx	12*12	500	Şehir	44.37	6.85	4.4	2.15
60	NOx	12*12	500	Kırsal	82.09	6.88	3.83	1.71
60	NOx	24*24	100	Şehir	87.8	18.35	5.52	2.95
60	NOx	24*24	100	Kırsal	167.96	43.06	10.07	6.45
60	NOx	24*24	300	Şehir	86.53	18	5.54	2.61
60	NOx	24*24	300	Kırsal	165.39	41.93	8.38	5.39
60	NOx	24*24	500	Şehir	85.38	18.26	4.4	2.75
60	NOx	24*24	500	Kırsal	167.96	43.03	9.32	5.98

Çizelge 6.18 : AERMOD modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonu dağılımı.

AERMOD Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Konsantrasyon (µg/m ³)			
Baca Yüksekliği (m)	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
120	NO _x	6*6	100	Şehir	17.74	5.67	3.4	1.59
120	NO _x	6*6	100	Kırsal	20.06	4.36	2.78	1.19
120	NO _x	6*6	300	Şehir	17.57	5.67	3.28	1.53
120	NO _x	6*6	300	Kırsal	19.98	4.31	2.69	1.18
120	NO _x	6*6	500	Şehir	15.86	5.07	3.29	1.57
120	NO _x	6*6	500	Kırsal	19.89	4.19	2.69	1.17
120	NO _x	12*12	100	Şehir	17.73	5.67	3.42	1.59
120	NO _x	12*12	100	Kırsal	20.41	4.36	2.78	1.19
120	NO _x	12*12	300	Şehir	17.57	5.67	3.28	1.53
120	NO _x	12*12	300	Kırsal	19.98	4.31	2.69	1.18
120	NO _x	12*12	500	Şehir	15.86	5.07	3.29	1.57
120	NO _x	12*12	500	Kırsal	19.89	4.19	2.69	1.17
120	NO _x	24*24	100	Şehir	44.96	12.6	3.42	1.56
120	NO _x	24*24	100	Kırsal	90.57	20.88	3.57	1.75
120	NO _x	24*24	300	Şehir	44.05	12.49	3.28	1.53
120	NO _x	24*24	300	Kırsal	86.53	20.7	3.37	1.73
120	NO _x	24*24	500	Şehir	43.96	12.49	3.29	1.57
120	NO _x	24*24	500	Kırsal	86.17	20.75	3.25	1.43

6.4.3 ISC ve AERMOD model sonuçlarının SKHKY'ne göre değerlendirilmesi

60 metre ve 120 metre baca yüksekliği için 300 metrelik gridlerle 6kmx6km, 12kmx12km ve 24kmx24km çalışma alanlarında NO₂ ve PM₁₀ kirleticilerinin dağılımı ISC ve AERMOD model programlarıyla incelenmiştir. SKHKY Ek 2 gereğince saatlik kütleli debi (kg/saat) değerleri SKHKY Ek 2 Tablo 2.1'de verilen değerleri aşması halinde, tesis etki alanında emisyonların Hava Kirlenmesi Katkı Değeri (HKKD) mümkünse saatlik, aksi takdirde, günlük, aylık ve yıllık olarak hesaplanır. Dolayısıyla, farklı çalışma alanlarında farklı grid boyutları ile belirlenen reseptörlerde ölçülen kirlilik miktarlarının küçükten büyüğe sıralandığında ölçüm sonuçlarının % 95 ine tekabül eden değerinin hesabı ile aylık KVD değerleri ve ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması ile aylık UVD değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 6.19'de ISC Modellemesi ile elde edilen sonuçları, çizelge 6.20 ise

AERMOD modellemesi ile elde edilen sonuçları olarak vermektedir. Bu tablolardan UVD ve KVD değerleri için ISC/AERMOD oranları oluşturulmuş ve Tablo 6.21 de verilmiştir. Buna göre 60 m baca yüksekliği için UVD değerlerinde yıllık ortalamalar için 6x6 km'lik çalışma bölgesinden 12x12km'lik çalışma bölgesine geçildiğinde ISC/AERMOD oranı 1,5- 2,5, KVD değerlerinde ise 3,1-6,3 olarak bulunmaktadır. Yani ISC modeli sonuçları AERMOD modeli sonuçlarından 1,5-6,3 kat daha yüksek değerler vermektedir.

Baca yüksekliğinin 120 m'ye çıkarıldığı durumda yıllık ortalamalar için çalışma bölgesi 12x12 km'den 24x24 km'ye çıkarıldığında ise UVD değerlerine ait ISC/AERMOD oranı 1,8-3,1 ve KVD değeri için de 2,6-4,6 olarak bulunmaktadır. Buna göre 120m baca yüksekliği için UVD ve KVD değerleri için ISC Modeli AERMOD modelinden 1,8-4,6 kat daha yüksek değerler vermektedir.

Çizelge 6.19 : ISC modellemesi ile elde edilen sonuçlar.

300 m gridlerle, farklı çalışma alanları ve baca yükseklikleri için model sonuçları																
AYLAR	6 km x 6 km (h=60 m)				12 km x 12 km (h=60 m)				12 km x 12 km (h=120 m)				24 km x 24 km (h=120 m)			
	AYLIK UVD (µg /m ³)		AYLIK KVD (µg /m ³)		AYLIK UVD (µg /m ³)		AYLIK KVD (µg /m ³)		AYLIK UVD (µg /m ³)		AYLIK KVD (µg /m ³)		AYLIK UVD (µg /m ³)		AYLIK KVD (µg /m ³)	
	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀
OCAK	0.69	0.07	2.57	0.26	0.89	0.09	3.59	0.36	0.41	0.04	1.49	0.15	0.53	0.05	2.29	0.23
ŞUBAT	0.76	0.08	2.98	0.3	0.93	0.09	4.12	0.41	0.47	0.05	1.48	0.15	0.58	0.06	2.82	0.28
MART	0.82	0.08	2.95	0.3	0.95	0.09	3.86	0.39	0.5	0.05	1.67	0.17	0.58	0.06	2.68	0.27
NİSAN	0.86	0.09	2.76	0.28	0.94	0.09	3.76	0.38	0.53	0.05	1.54	0.15	0.58	0.06	2.61	0.26
MAYIS	0.95	0.1	2.85	0.28	1.01	0.1	3.9	0.39	0.59	0.06	1.92	0.19	0.62	0.06	2.7	0.27
HAZİRAN	1.01	0.1	3.47	0.35	1.03	0.1	3.53	0.35	0.63	0.06	2.3	0.23	0.63	0.06	2.52	0.25
TEMMUZ	1.06	0.11	3.77	0.38	1.08	0.11	4.68	0.47	0.66	0.07	2.64	0.26	0.67	0.07	3.04	0.3
AĞUSTOS	1.21	0.12	4.99	0.45	1.24	0.12	4.67	0.47	0.75	0.07	3.21	0.32	0.77	0.08	2.97	0.3
EYLÜL	0.97	0.1	3.93	0.39	1.06	0.11	5.47	0.55	0.57	0.06	2.09	0.21	0.65	0.07	3.66	0.37
EKİM	0.95	0.09	3.89	0.39	1.07	0.11	5.53	0.55	0.57	0.06	2.18	0.22	0.67	0.07	3.73	0.37
KASIM	0.85	0.09	3.13	0.31	1.05	0.1	4.36	0.44	0.51	0.05	1.71	0.17	0.63	0.06	3	0.3
ARALIK	0.77	0.08	4.48	0.45	0.99	0.1	6.6	0.66	0.45	0.05	2.5	0.25	0.64	0.06	4.44	0.44
YILLIK	0.91	0.09	3.38	0.34	1.02	0.1	4.37	0.44	0.55	0.06	1.73	0.17	0.63	0.06	3.13	0.31

Çizelge 6.20 : AERMOD modellemesi ile elde edilen sonuçlar.

300 m gridlerle, farklı çalışma alanları ve baca yükseklikleri için model sonuçları																
AYLAR	6 km x 6 km (h=60 m)				12 km x 12 km (h=60 m)				12 km x 12 km (h=120 m)				24 km x 24 km (h=120 m)			
	AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀
OCAK	0.39	0.04	0.56	0.06	0.12	0.03	0.5	0.05	0.26	0.03	0.43	0.04	0.19	0.02	0.36	0.04
ŞUBAT	0.43	0.04	0.64	0.06	0.32	0.03	0.53	0.05	0.27	0.03	0.43	0.04	0.19	0.02	0.36	0.04
MART	0.6	0.06	1.1	0.11	0.38	0.04	0.71	0.07	0.34	0.03	0.64	0.06	0.22	0.02	0.48	0.05
NİSAN	0.49	0.05	1.02	0.1	0.29	0.03	0.59	0.06	0.26	0.03	0.54	0.05	0.16	0.02	0.36	0.04
MAYIS	0.82	0.08	1.67	0.17	0.48	0.05	0.96	0.1	0.42	0.04	0.87	0.09	0.25	0.03	0.56	0.06
HAZİRAN	0.79	0.08	1.76	0.18	0.45	0.04	0.93	0.1	0.4	0.04	0.85	0.08	0.23	0.02	0.54	0.05
TEMMUZ	0.87	0.09	1.82	0.18	0.49	0.05	1.02	0.11	0.43	0.04	0.96	0.1	0.25	0.03	0.58	0.06
AĞUSTOS	0.76	0.08	1.69	0.17	0.43	0.04	0.9	0.1	0.39	0.04	0.86	0.09	0.23	0.02	0.54	0.05
EYLÜL	0.77	0.08	1.53	0.15	0.45	0.05	0.91	0.1	0.41	0.04	0.86	0.09	0.24	0.02	0.54	0.05
EKİM	0.51	0.05	0.87	0.09	0.32	0.03	0.6	0.06	0.29	0.03	0.55	0.05	0.18	0.02	0.39	0.04
KASIM	0.22	0.02	0.37	0.04	0.15	0.02	0.27	0.03	0.13	0.01	0.24	0.02	0.1	0.01	0.2	0.02
ARALIK	0.34	0.03	0.51	0.05	0.25	0.03	0.41	0.04	0.22	0.02	0.36	0.04	0.15	0.01	0.29	0.03
YILLIK	0.59	0.06	1.11	0.11	0.37	0.04	0.7	0.07	0.33	0.03	0.63	0.06	0.2	0.02	0.44	0.04

Çizelge 6.21 : UVD ve KVD değerleri için ISC/AERMOD oranlarının değişimi.

AYLAR	6 km x 6 km (h=60 m)				12 km x 12 km (h=60 m)				12 km x 12 km (h=120 m)				24 km x 24 km (h=120 m)			
	AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK UVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		AYLIK KVD ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀	NO ₂	PM ₁₀
OCAK	1,77	1,75	4,59	4,33	7,42	3,00	7,18	7,20	1,58	1,33	3,47	3,75	2,79	2,50	6,36	5,75
ŞUBAT	1,77	2,00	4,66	5,00	2,91	3,00	7,77	8,20	1,74	1,67	3,44	3,75	3,05	3,00	7,83	7,00
MART	1,37	1,33	2,68	2,73	2,50	2,25	5,44	5,57	1,47	1,67	2,61	2,83	2,64	3,00	5,58	5,40
NİSAN	1,76	1,80	2,71	2,80	3,24	3,00	6,37	6,33	2,04	1,67	2,85	3,00	3,63	3,00	7,25	6,50
MAYIS	1,16	1,25	1,71	1,65	2,10	2,00	4,06	3,90	1,40	1,50	2,21	2,11	2,48	2,00	4,82	4,50
HAZİRAN	1,28	1,25	1,97	1,94	2,29	2,50	3,80	3,50	1,58	1,50	2,71	2,88	2,74	3,00	4,67	5,00
TEMMUZ	1,22	1,22	2,07	2,11	2,20	2,20	4,59	4,27	1,53	1,75	2,75	2,60	2,68	2,33	5,24	5,00
AĞUSTOS	1,59	1,50	2,95	2,65	2,88	3,00	5,19	4,70	1,92	1,75	3,73	3,56	3,35	4,00	5,50	6,00
EYLÜL	1,26	1,25	2,57	2,60	2,36	2,20	6,01	5,50	1,39	1,50	2,43	2,33	2,71	3,50	6,78	7,40
EKİM	1,86	1,80	4,47	4,33	3,34	3,67	9,22	9,17	1,97	2,00	3,96	4,40	3,72	3,50	9,56	9,25
KASIM	3,86	4,50	8,46	7,75	7,00	5,00	16,15	14,67	3,92	5,00	7,13	8,50	6,30	6,00	15,00	15,00
ARALIK	2,26	2,67	8,78	9,00	3,96	3,33	16,10	16,50	2,05	2,50	6,94	6,25	4,27	6,00	15,31	14,67
YILLIK	1,54	1,50	3,05	3,09	2,76	2,50	6,24	6,29	1,67	2,00	2,75	2,83	3,15	3,00	7,11	7,75
Minimum	1,16	1,22	1,71	1,65	2,10	2,00	3,80	3,50	1,39	1,33	2,21	2,11	2,48	2,00	4,67	4,50
Maksimum	3,86	4,50	8,78	9,00	7,42	5,00	16,15	16,50	3,92	5,00	7,13	8,50	6,30	6,00	15,31	15,00

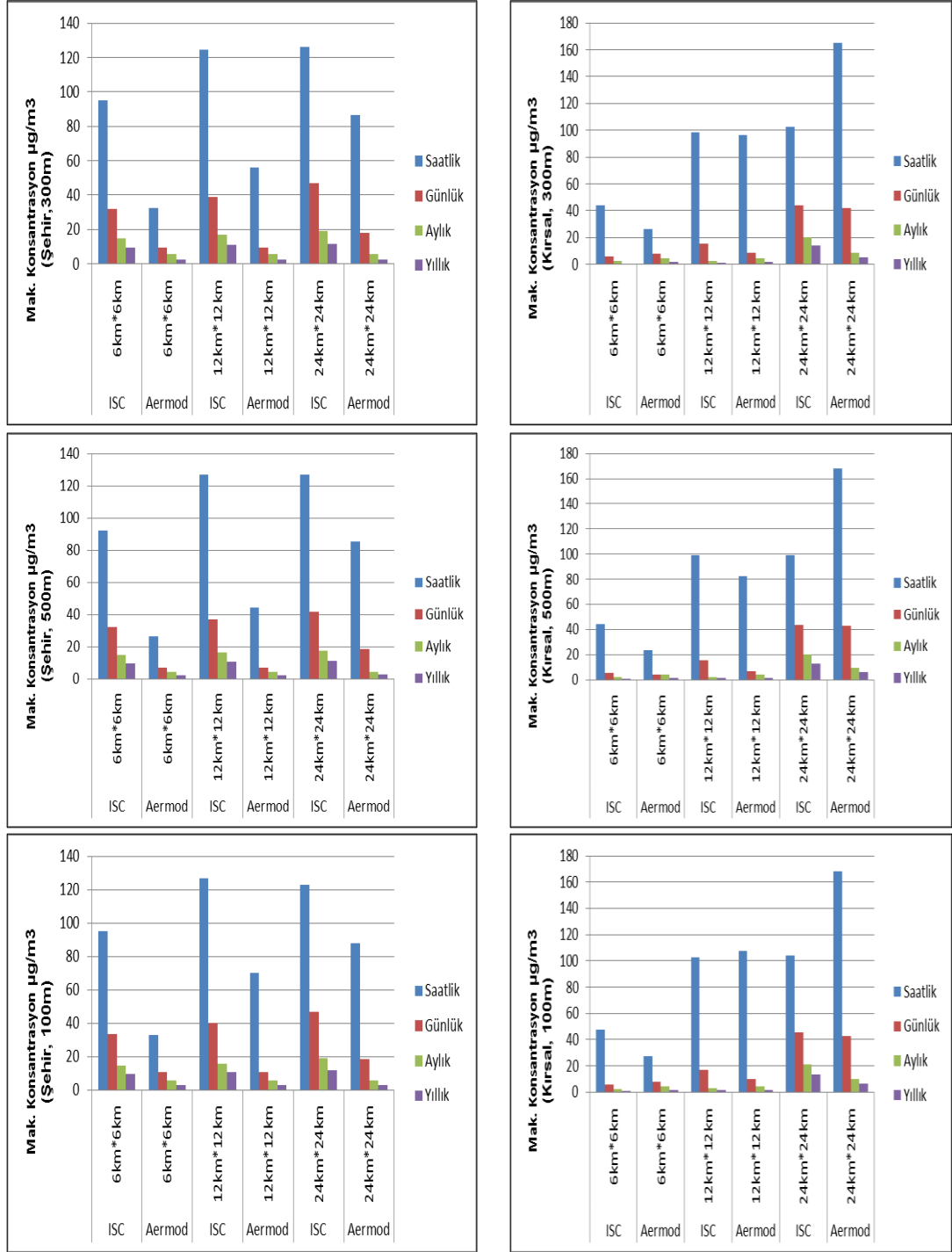
6.4.4 ISC ve AERMOD model sonuçlarının birbirleriyle mukayesesi

ISC ve AERMOD modellerinin 60 m ve 120 m baca yükseklikleri için şehir ve kırsal alanlarda 6x6, 12x12 ve 24x24 km çalışma bölgelerinde, 100 m, 300m ve 500m grid açıklıklarında incelenen tesise ait NO₂ emisyonları için verdiği yer seviyesi kirletici konsantrasyonu tahminleri saatlik, günlük, aylık ve yıllık maksimum ortalamalar olarak elde edilmiştir (Şekil 6.28 ve Şekil 6.29). İki modelden elde edilen ortak veriler kullanılarak yer seviyesi konsantrasyonları için ISC/AERMOD oranları üretilmiştir. Bu oran, benzer şartlar için ISC modeli ile AERMOD modelinin sonuçları arasındaki ilişkinin anlaşılmasında oldukça kullanışlıdır. Bu amaçla 60 m ve 120 m baca yükseklikleri için 100 m grid açıklığına ait oranlar Çizelge 6.22’da verilmiştir.

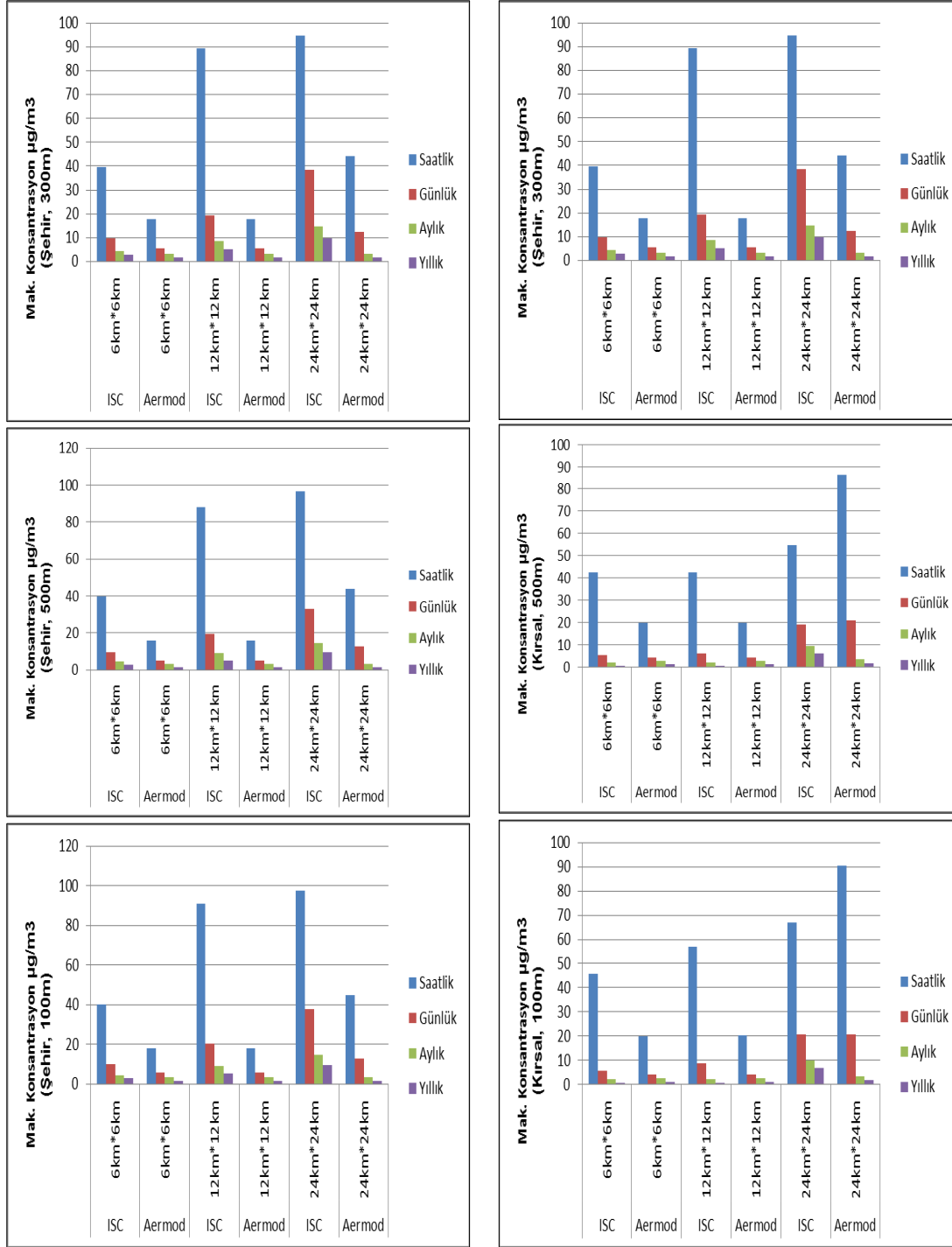
Çizelge 6.22 : 60m ve 120m baca yükseklikleri için 100m grid açıklığına ait ISC/AERMOD değerlerinin değişimi.

Baca Yüksekliği	Grid Büyüklüğü	Arazi Tipi	Çalışma Bölgesi	ISC/AERMOD			
				Saatlik	Günlük	Aylık	Yıllık
60 m	100m	Şehir	6x6	2,88	3,16	2,65	3,59
120 m	100m	Şehir	6x6	2,26	1,72	1,30	1,75
60 m	100m	Kırsal	6x6	1,72	0,75	0,51	0,33
120 m	100m	Kırsal	6x6	2,28	1,27	0,76	0,48
60 m	100m	Şehir	12x12	1,81	3,82	2,85	4,10
120 m	100m	Şehir	12x12	5,14	3,62	2,64	3,21
60 m	100m	Kırsal	12x12	0,95	1,72	0,72	0,85
120 m	100m	Kırsal	12x12	2,79	1,99	0,77	0,55
60 m	100m	Şehir	24x24	1,40	2,55	3,39	3,89
120 m	100m	Şehir	24x24	2,17	2,99	4,25	6,10
60 m	100m	Kırsal	24x24	0,62	1,06	2,07	2,11
120 m	100m	Kırsal	24x24	0,74	0,98	2,82	3,88

Tablodan genel olarak ISC model sonuçlarının AERMOD’dan şehirlerde bütün ortalama süreler için 1,3 ile 6,10 kat arasında daha yüksek değerler verdiği, baca yüksekliğinin artırılmasının çalışma bölgelerinin büyümesine paralel olarak ISC/AERMOD oranında da artışa yol açtığı görülmektedir. Kırsal bölgelerde ise durumun bu kadar net olmadığı özellikle aylık ve yıllık ortalama ISC/AERMOD değerinin 0,33 ile 0,85 gibi değerler aldığı ve baca yüksekliklerinden etkilenmediği görülmektedir. Çalışma bölgesi büyüdükçe bu oranın mertebesi azalmaktadır.



Şekil 6.28 : Kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında hesaplanan maksimum NO₂ konsantrasyonlarının ISC ve AERMOD modellerine göre karşılaştırılması.



Şekil 6.29 : Kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında hesaplanan maksimum NO_2 konsantrasyonlarının ISC ve AERMOD modellerine göre karşılaştırılması.

Grid açıklığının 300m'ye çıkarıldığı çalışmalarda ISC/AERMOD oranlarının değişimi Çizelge 6.23'de verilmiştir.

Çizelge 6.23 : 60m ve 120m baca yükseklikleri için 300m grid açıklığına ait ISC/AERMOD değerlerinin değişimi.

Baca Yüksekliği	Grid büyüklüğü	Arazi Tipi	Çalışma Bölgesi	ISC/AERMOD			
				Saatlik	Günlük	Aylık	Yıllık
60 m	300m	Şehir	6x6	2,94	3,47	2,66	3,57
120 m	300m	Şehir	6x6	2,25	1,71	1,34	1,82
60 m	300m	Kırsal	6x6	1,66	0,73	0,51	0,32
120 m	300m	Kırsal	6x6	2,13	1,21	0,77	0,47
60m	300m	Şehir	12x12	2,23	4,21	3,02	4,10
120m	300m	Şehir	12x12	5,09	3,40	2,65	3,34
60m	300m	Kırsal	12x12	1,02	1,76	0,51	0,60
120m	300m	Kırsal	12x12	2,13	1,38	0,77	0,58
60m	300m	Şehir	24x24	1,46	2,60	3,41	4,47
120m	300m	Şehir	24x24	2,15	3,08	4,49	6,29
60m	300m	Kırsal	24x24	0,62	1,05	2,43	2,54
120m	300m	Kırsal	24x24	0,70	0,91	3,10	4,13

Çizelge 6.23'den genel olarak ISC/AERMOD oranının 100 m grid açıklığına benzer şekilde şehirlerde 1,34-6,29 mertebesinde olduğu, kırsal alanlarda ise 6x6 km çalışma bölgesinde saatlik ortalamaların dışındaki, 12x12 km'de saatlik ve günlük ortalamaların dışında kalanlarla 24x24 km'de ise saatlik ve günlük değerlerin genel olarak azalma yönünde ve oran olarak 0,3-0,91 aralığında değiştiği görülmektedir. 100 m grid açıklığına göre 300 m grid açıklığında çalışılmanın büyük bir farka neden olmadığı anlaşılmaktadır.

Grid açıklığının 500m olması durumu Çizelge 6.24'de verilmiştir. Bu durumda şehirlerde ISC/AERMOD oranları özellikle 6x6 km'lik çalışma alanında diğer grid açıklıklarına göre relatif olarak artmakta ancak genel olarak 1,33-5,98 kat büyük değerler vermektedir. Kırsal alanlarda durum önceki sonuçlarla benzerlik taşımakta ve aynı mertebelerde azalma göstermektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada tesisin bulunduğu bölge için bazı istisnalar dışında genelde ISC/AERMOD oranları 1,2-6,0 arasında daha büyüktür. Bunda model formülasyonu kadar modellerin meteorolojik ve topoğrafik özelliklerin kullanımındaki kabiliyetlerinin etkisi belirleyici olmaktadır. AERMOD modeli gerek atmosferik stabilite türleri bakımından gerek sınır tabaka ve karışım yüksekliği ve gerekse arazinin topoğrafik özelliklerini daha iyi benzeştirme özellikleri dolayısı ile daha gerçekçi tahminler üretmektedir. ISC bu bakımdan çok koruyucu davranmakta

ve yüksek değerler vermektedir. Karar vericilerin bu durumu dikkate alarak daha temsil edici olan AERMOD modeli sonuçlarından yararlanmaları önerilir.

Çizelge 6.24 : 60m ve 120m baca yükseklikleri için 500m grid açıklığına ait ISC/AERMOD değerlerinin değişimi.

Baca Yüksekliği	Grid büyüklüğü	Arazi Tipi	Çalışma Bölgesi	ISC/AERMOD			
				Saatlik	Günlük	Aylık	Yıllık
60 m	500m	Şehir	6x6	3,48	4,67	3,33	4,33
120 m	500m	Şehir	6x6	2,49	1,86	1,33	1,78
60 m	500m	Kırsal	6x6	1,87	1,24	0,58	0,35
120 m	500m	Kırsal	6x6	2,13	1,26	0,78	0,47
60m	500m	Şehir	12x12	2,86	5,39	3,78	4,98
120m	500m	Şehir	12x12	5,56	3,87	2,69	3,25
60m	500m	Kırsal	12x12	1,21	2,27	0,58	0,80
120m	500m	Kırsal	12x12	2,13	1,42	0,78	0,51
60m	500m	Şehir	24x24	1,49	2,28	3,90	4,07
120m	500m	Şehir	24x24	2,20	2,65	4,37	5,98
60m	500m	Kırsal	24x24	0,59	1,01	2,14	2,16
120m	500m	Kırsal	24x24	0,64	0,91	2,91	4,24

6.4.5 Kuru çökeltme

Doğal bir temizlenme mekanizması olan atmosferik çökeltme, hava kirleticilerin atmosferden ayrılarak diğer ortamlara girişine neden olan önemli bir süreçtir. (Turalioğlu ve Bayraktar, 2002). Kuru ve yağ çökeltme eser gazların ve partiküllerin atmosferden giderimini sağlayan nihai giderim yollarından biri olup bu sürecin gerçekleşmesinde rol oynamaktadırlar. Kuru çökeltme, yağış olmadığı durumlarda gaz ve partiküllerin atmosferden yüzeye taşınımıdır. Kuru çökeltmeyi etkileyen faktörler, başta gaz ve partiküllerin kimyasal özellikleri olmak üzere atmosferik kararlılık ve yüzey özellikleridir (Seinfeld, 2006; Peuch ve arkadaşları,2004).

Kuru çökeltme akısı, F_d , z_r yüksekliğinde X_d kirletici konsantrasyonu ile V_d çökeltme hızının çarpım sonucu değeridir (Url-7).

$$F_d = X_d \cdot V_d \quad (6.2)$$

F_d = kuru çökeltme akısı ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)

X_d = z_r yüksekliğinde hesaplanmış konsantrasyon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

V_d = Çökeltme hızı (m/s)

$z_r = \text{Çökelme yüksekliği (m)} = z_0 + 1$

$z_0 = \text{Çalışma bölgesindeki yüzey pürüzlülük uzunluğu (m)}$

Kuru çökelme akısı saatlik hesaplanır ve birimi g/m^2 'dir.

Bu yöntemin tutarlılığı çökelme hızının (V_d) durumu temsil etme yeteneğine bağlıdır. Yapılan çalışmalarda çökelme hızları, farklı çökelme yüzeyleri için farklı değerlerle tanımlanmaktadır. Bu değerler, çeşitli yüzey şartlarının (toprak, su, bitki örtüsü vb.) ve meteorolojik parametrelerin (rüzgar, türbülans vb.) modellenmesiyle bulunmaktadır (Turalıoğlu ve Bayraktar, 2002).

AERMOD ve ISC modelleriyle bir önceki çalışmalarda olduğu gibi kaynak merkezi aynı kalmak üzere 60 metre baca yüksekliğinde ve 300 metrelik gridlerle $6\text{km} \times 6\text{km}$, $12\text{km} \times 12\text{km}$, $24\text{km} \times 24\text{km}$ çalışma alanlarında 6 g/sn kütle debisi olan PM_{10} için hesaplanan kuru çökelme miktarı aşağıda çizelge 6.25'de verilmiştir.

Çizelge 6.25 : AERMOD modeli ile kuru çökelme hesabı.

300 metrelik Gridler					
	Çalışma Alanı (km $\times$ km)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
PM_{10}	6 x 6	$1 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2$	$4 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2$	0.0008 g/m^2	0.00425 g/m^2
		X:239443; Y:4089270	X:239143; Y:4090170	X:239443; Y:4090170	X:239443; Y:4090170
	12 x 12	$1 \times 10^{-0.5} \text{ g/m}^2$	$4 \times 10^{-0.5} \text{ g/m}^2$	0.0008 g/m^2	0.00425 g/m^2
		X:239443; Y:4089270	X:239143; Y:4090170	X:239443; Y:4090170	X:239443; Y:4090170
	24 x 24	$1 \times 10^{-0.5} \text{ g/m}^2$	$4 \times 10^{-0.5} \text{ g/m}^2$	0.0008 g/m^2	0.00425 g/m^2
		X:239443; Y:4089270	X:239143; Y:4090170	X:239443; Y:4090170	X:239443; Y:4090170
		$1 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2$	$4 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2$	0.0008 g/m^2	0.00425 g/m^2
		X:239443; Y:4089270	X:239143; Y:4090170	X:239443; Y:4090170	X:239443; Y:4090170
		$1 \times 10^{-0.5} \text{ g/m}^2$	$4 \times 10^{-0.5} \text{ g/m}^2$	0.0008 g/m^2	0.00425 g/m^2
		X:239443; Y:4089270	X:239143; Y:4090170	X:239443; Y:4090170	X:239443; Y:4090170
		$1 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2$	$4 \times 10^{-5} \text{ g/m}^2$	0.0008 g/m^2	0.00425 g/m^2
		X:239443; Y:4089270	X:239143; Y:4090170	X:239443; Y:4090170	X:239443; Y:4090170

Çizelge 6.26 : ISC modeli ile kuru çökelme hesabı.

300 metrelik Gridler					
	Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
PM ₁₀	6 x 6	0 g/m ²	3x10 ^{-0.5} g/m ²	0.00051 g/m ²	0.0038 g/m ²
		X:236143; Y:4086870	X:239743; Y:4088070	X:236143; Y:4089870	X:236143; Y:4089870
		1x10 ⁻⁵ g/m ²	4x10 ⁻⁵ g/m ²	0.00058 g/m ²	0.0043 g/m ²
	12 x 12	X:245143; Y:4087770	X:233143;Y:4 089570	X:234043; Y:4089870	X:234643; Y:4089870
		1x10 ⁻⁵ g/m ²	5x10 ⁻⁵ g/m ²	0.00067 g/m ²	0.0047 g/m ²
		X:245443; Y:4087770	X:230143; Y:4090170	X:232843; Y:4092270	X:230143; Y:4089870
	24 x 24				

6.5 Modelleme Çalışmalarına Topografyanın Etkisi

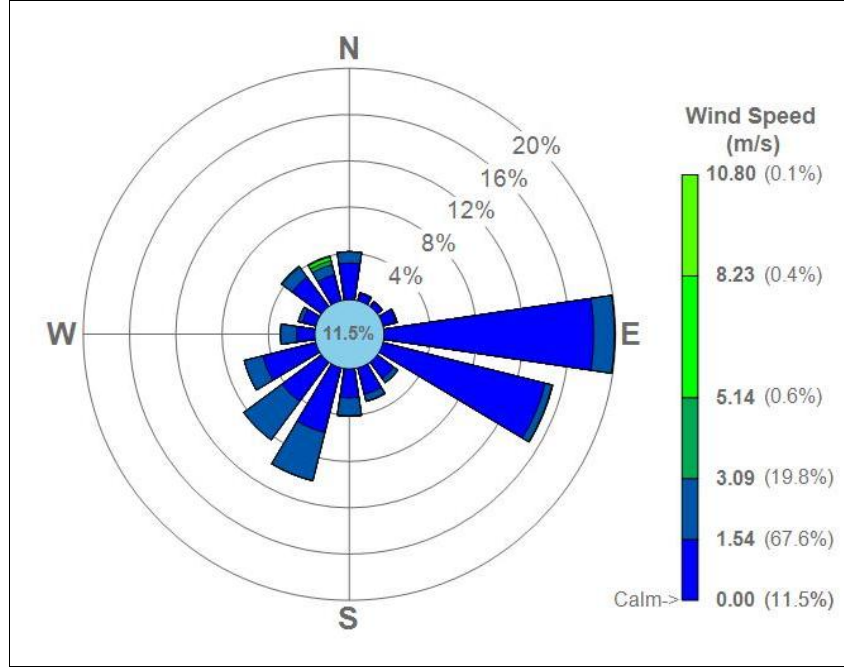
Model programı girdilerinden biri olan topografik veri dosyası, çalışma alanına ait yükseklik verilerini sağlar. Modelin doğru çalışmasında ve hassas sonuçların temini hususunda bölgeyi temsil eden topografik dosyanın çözünürlüğünün iyi olması beklenir. Hava kirletici parametrelerin dağılımında önemli bir etkiye sahip olan topografik verilerin atmosferik koşulları temsil eden meteorolojik veriler ile model performans değerlendirmesinde önemli bir etkisi vardır.

Bir bölgenin topografik yapısı, hava hareketlerinde etkili olarak herhangi bir kaynaktan salınan kirleticilerin dağılımını etkilemektedir. Topografik yapı, hava hareketlerinde, atmosferde türbülans oluşumunda önemli bir etken olup kirleticilerin yayılımını ve çalışılacak bölgedeki hava kirliliğinin derecesini ve bölgede kalış süresini etkilemektedir. Yani topografya verileri, rüzgarın yönü, hızı ve dağılımında önemli rol oynar. Dağ silsilesi, tepe ve kayalıklar rüzgar profilini büyük ölçüde etkiler.(Url-8)

Bu amaçla, model çalışmasında, tesis kaynaklı kirleticilerin atmosferde dağılımının topografik yükseklik verilerinden nasıl etkilendiğinin tespiti amacıyla koordinatları X:239143.00; Y:4089870.00 metre olan Hatay-Erzin Aşağı Burnaz mevkiinde kurulması planlanan Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinin, Aşağı Burnaz Mevkiine yakın bölgelerde kurulacağı kabul edilmiştir. Aynı meteorolojik veri dosyasının ve aynı kaynak bilgilerinin modele girilmesi ile tesis kaynaklı SO₂, NO₂ ve PM₁₀ kirleticilerinin dağılımı incelenmiştir. Senaryolarda SO₂ kirletici emisyonları için değerlendirme yapılmıştır.

Tüm senaryolar için modelde kullanılan meteorolojik veri dosyasını temsil eden yıllık rüzgar gülü şekil 6.30’da verilmiştir.

Senaryolarda çalışma alanı sabit alınmış ve 6x6 km olarak kullanılmıştır. Baca yükseklikleri de sabit ve 60 m’dir.

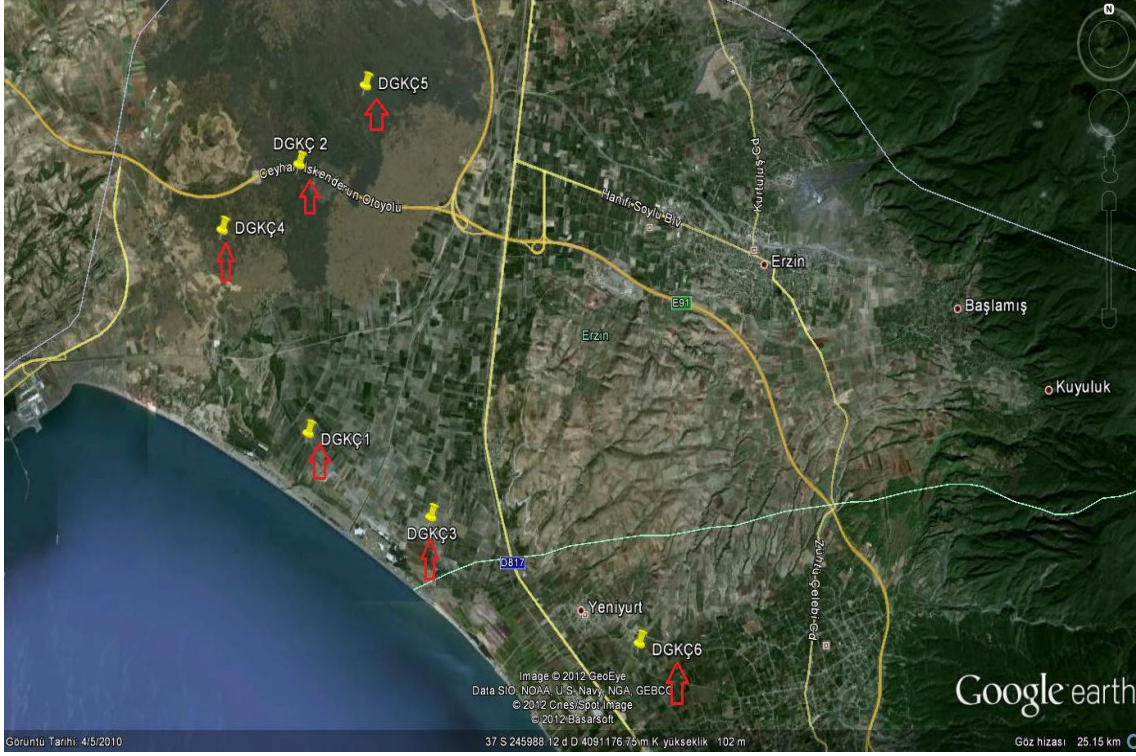


Şekil 6.30 : Dört Yol - Hatay iline ait yıllık rüzgar verileri için rüzgar gülü.

Kirletici parametrelerin dağılımında topografik verilerin etkisini belirlemek için 6 senaryo oluşturulmuştur. Senaryo 1 mevcut durumu temsil etmektedir. Senaryolarda DGKÇ1’e yakın ancak farklı topografik özelliklere sahip bölgeler incelenmiştir. DGKÇ2, DGKÇ3, DGKÇ4, DGKÇ5 ve DGKÇ6 olmak üzere 5 bölgeye ait senaryolar ile SO₂ kirletici emisyonlarının dağılımı incelenmiştir. 6 bölgenin bulunduğu harita şekil 6.31’de, bölgelerin genel özellikleri ise Çizelge 6.27’de verilmiştir.

Çizelge 6.27 : 6 senaryoya ait genel özellikler.

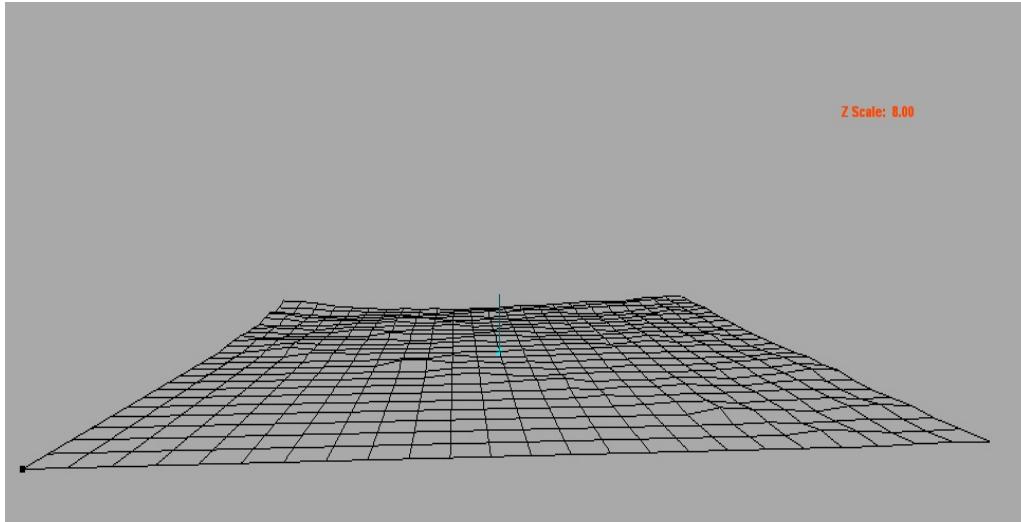
Senaryolar	Koordinatlar (UTM)		Topografik yükseklik(m)
	X (m)	Y (m)	
Senaryo 1	239143	4089870	2
Senaryo 2	239089	4095690	53
Senaryo 3	242210.91	4087968.26	3
Senaryo 4	238823	4097591	40
Senaryo 5	240829	4097340	94
Senaryo 6	247436.40	4085087.79	31



Şekil 6.31 : 6 bölgenin haritadaki görüntüsü.

6.5.1 Senaryo 1

Aşağı Burnaz mevkinde kurulması planlanan Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali (DGKÇ1) bölgesine ait %800 büyültülmüş topografik harita aşağıda şekil 6.32’de yer almaktadır. Ortalama rakım 2 m’dir.



Şekil 6.32 : DGKÇ1 bölgesinin topografyası.

Agajabura

Yegilepe

Sahelianssine an

1.07E-01

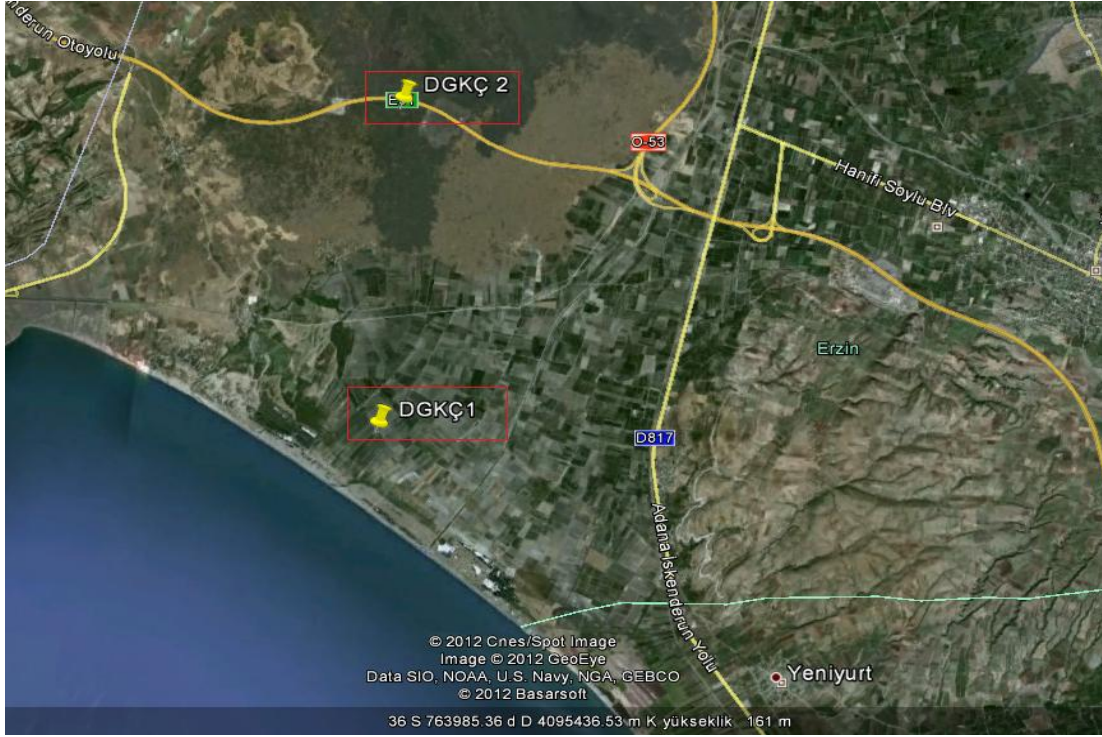
Google earth

31° S 208° E 0.001 m 0.01 m 0.02 m 0.03 m 0.04 m 0.05 m 0.06 m 0.08 m 0.09 m 0.095 m 0.1 m

0 0.001 0.005 0.01 0.03 0.04 0.05 0.06 0.08 0.085 0.09 0.095 0.1

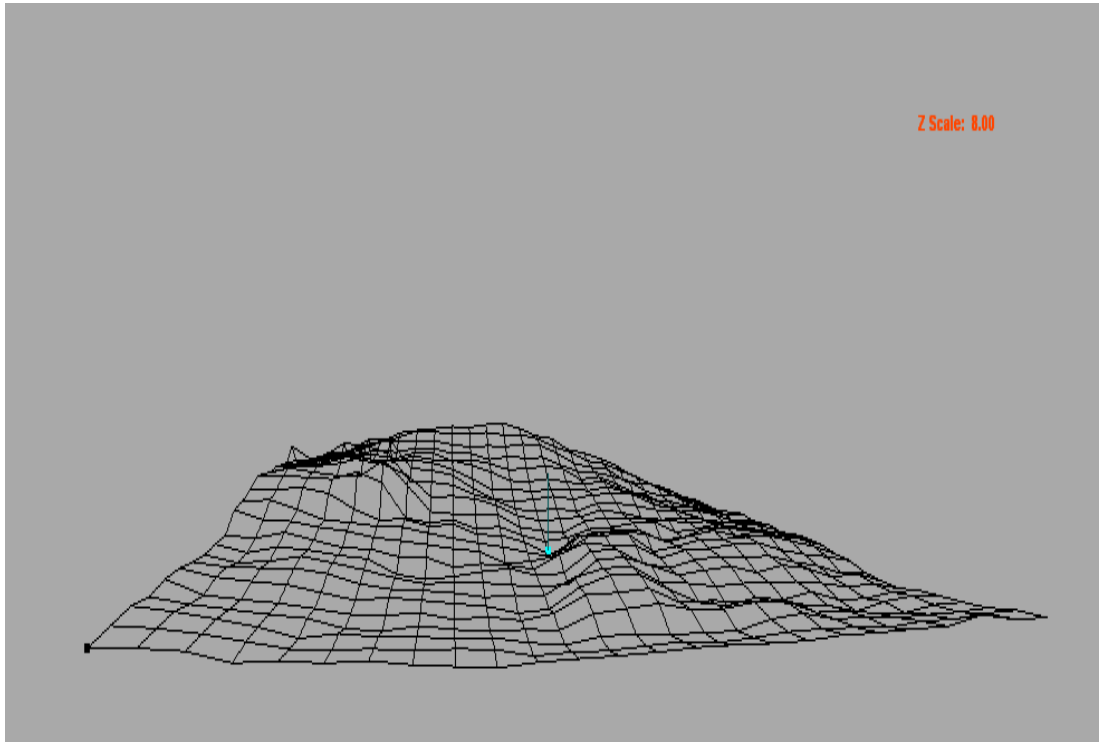
6.5.2 Senaryo 2

137

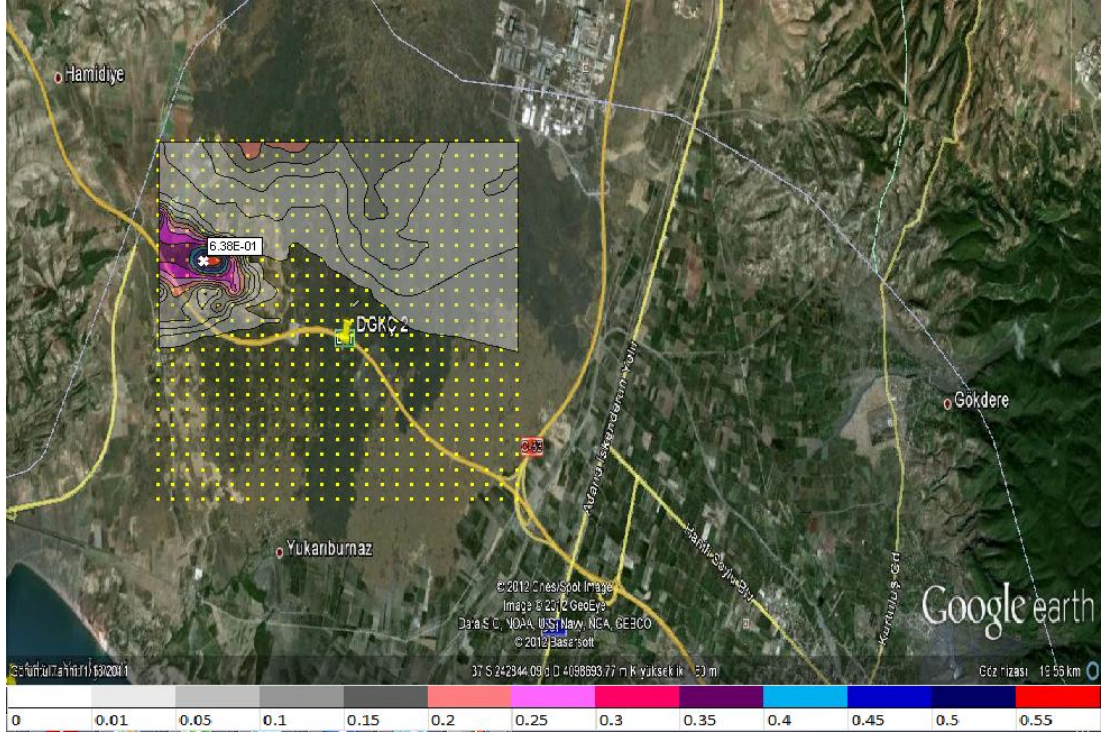


Şekil 6.34 : DGKÇ2'nin haritadaki görüntüsü.

DGKÇ2 bölgesine ait %800 büyütülmüş topografik harita aşağıda şekil 6.35'de yer almaktadır.



Şekil 6.35 : DGKÇ2 bölgesinin topografyası.

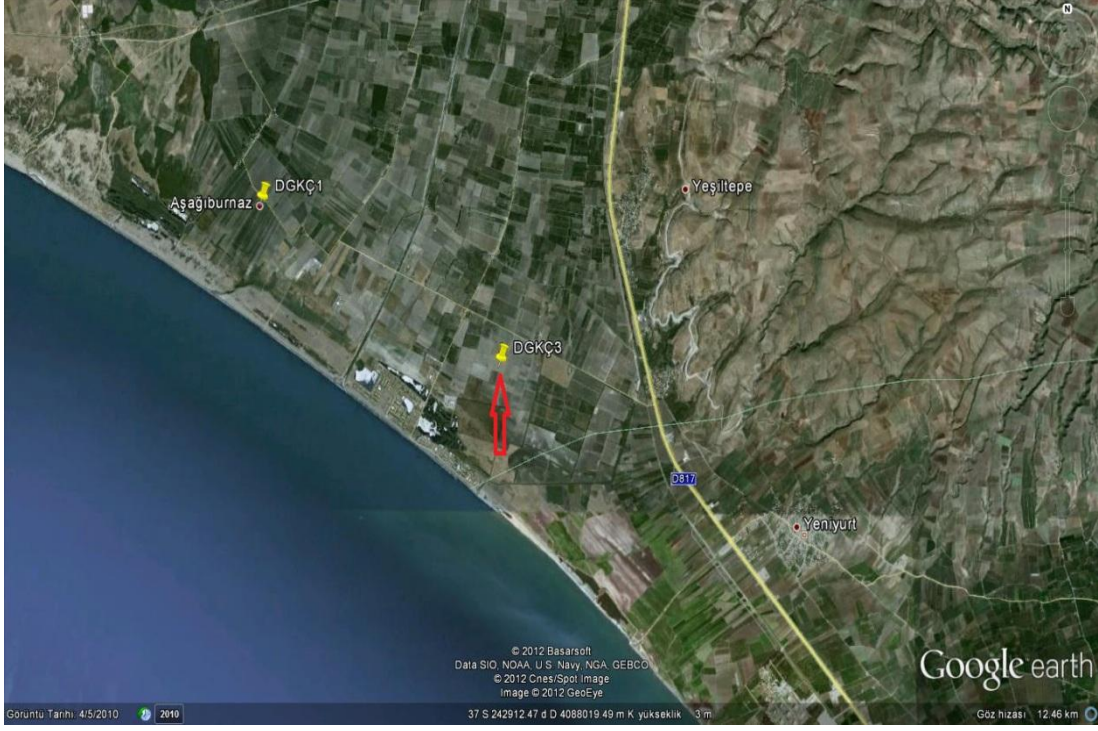


Şekil 6.36 : DGKÇ2 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.

DGKÇ2 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin en yüksek konsantrasyonu 0.63781 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup bu konsantrasyon değeri X: 236839;Y: 4096689 koordinatında bulunmaktadır. Ve kirleticinin dağılımı topografyanın etkisi ile kuzeybatı yönünde temsili meteorolojik verinin esme yönü üzerinde oluşmuştur. Çalışma bölgesinin 6x6 km olması kirletici konsantrasyonlarının tam olarak görünmesine de imkan vermemektedir.

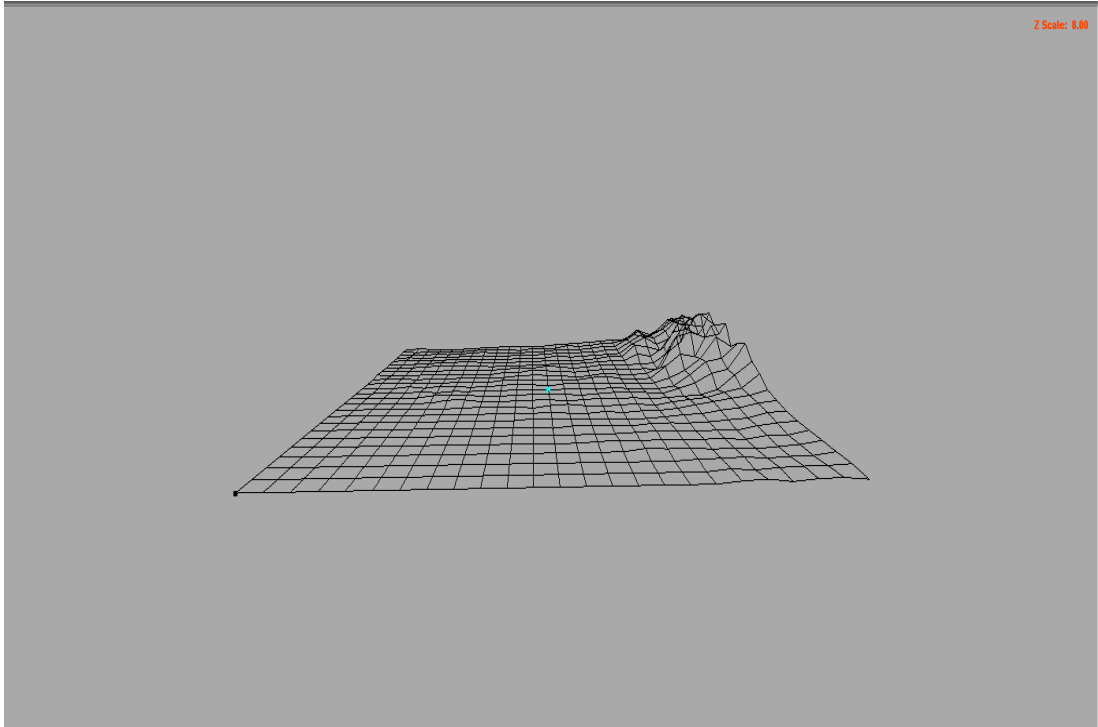
6.5.3 Senaryo 3

DGKÇ3 olarak kodlanan bölge DGÇK1'e göre güneydoğu yönünde ve 3,6 km mesafede seçilmiş olup ortalama rakım 3 m'dir. Ancak DGKÇ3 doğusunda yer 175 m irtifalı bir tepeye 2,5 km mesafededir. Tesisin bu senaryodaki koordinatları X:242210.91; Y:4087968.26 olup haritada görüntüsü şekil 6.37'de verilmiştir.

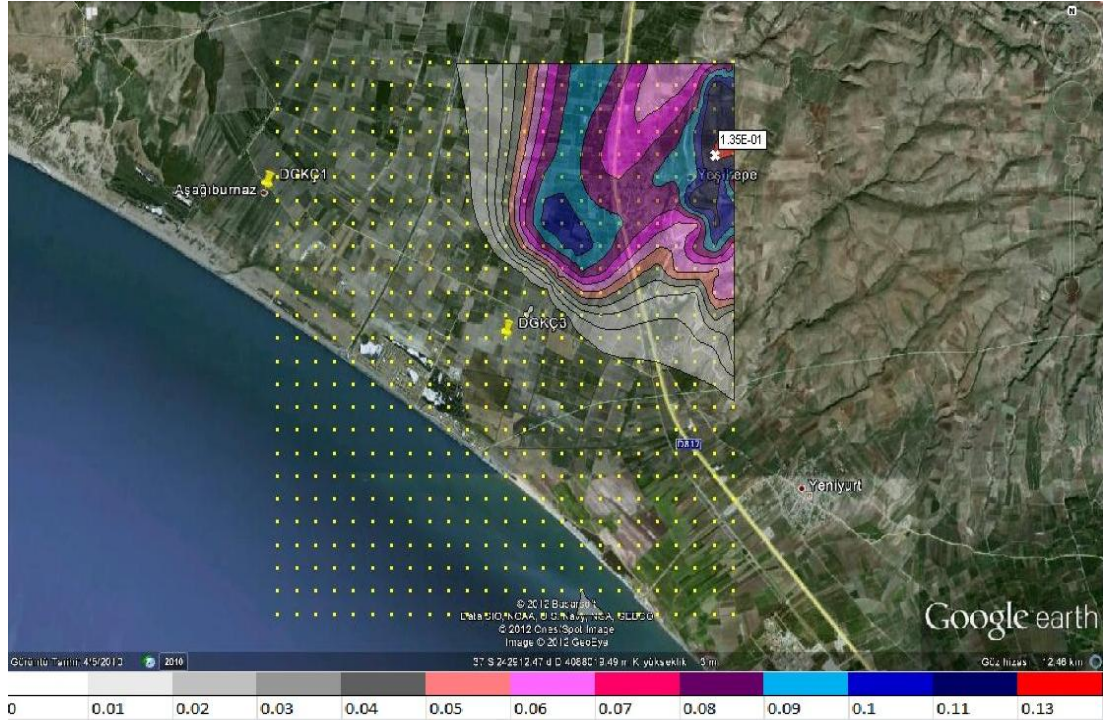


Şekil 6.37 : DGKÇ3'ün haritadaki görüntüsü.

DGKÇ3 bölgesine ait %800 büyültülmüş topografik harita aşağıda şekil 6.38'de yer almaktadır.



Şekil 6.38 : DGKÇ3 bölgesinin topografyası.

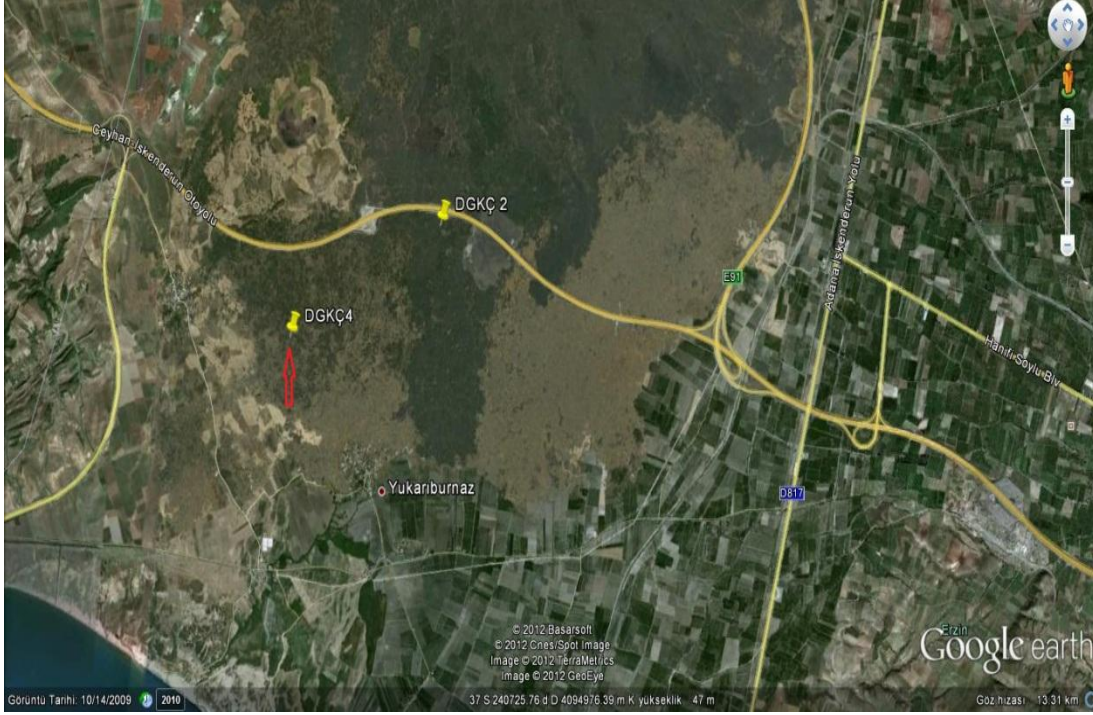


Şekil 6.39 : DGKÇ3 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.

DGKÇ3 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin en yüksek konsantrasyonu 0.135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup bu konsantrasyon değeri X:244960.9; Y:4089968 koordinatında bulunmaktadır. Ve dağılım DGKÇ1’dekine benzer şekilde kuzeydoğu yönünde oluşmuştur.

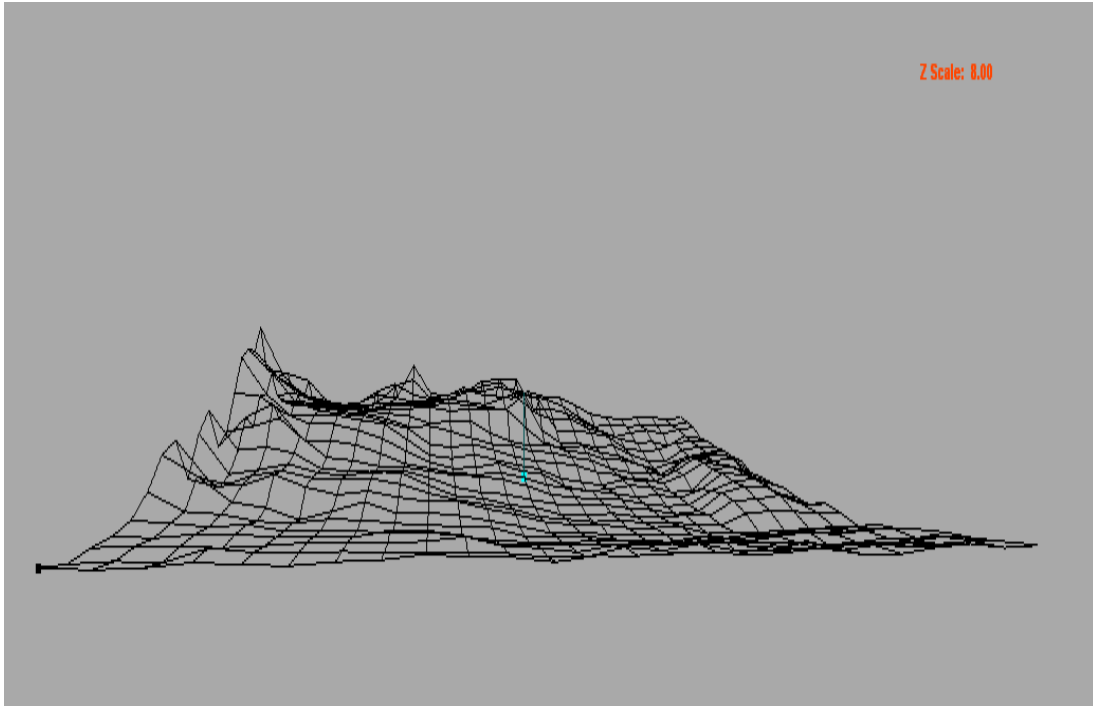
6.5.4 Senaryo 4

Koordinatları X:238823.00; Y:4097591.00 metre olan tesisin (DGKÇ4) haritada görüntüsü şekil 6.40’da verilmiştir. Bu konum DGKÇ1’e göre 7.75 km kuzeyde, DGKÇ2’ye göre de 1.9 km kuzeydedir. Tesisin rakımı 140 m olup tesise göre ortalama rakım ise 100m olarak belirlenmiştir. Arazi kuzey yönünde hızla batı yönünde ise yavaşça yükselmektedir.

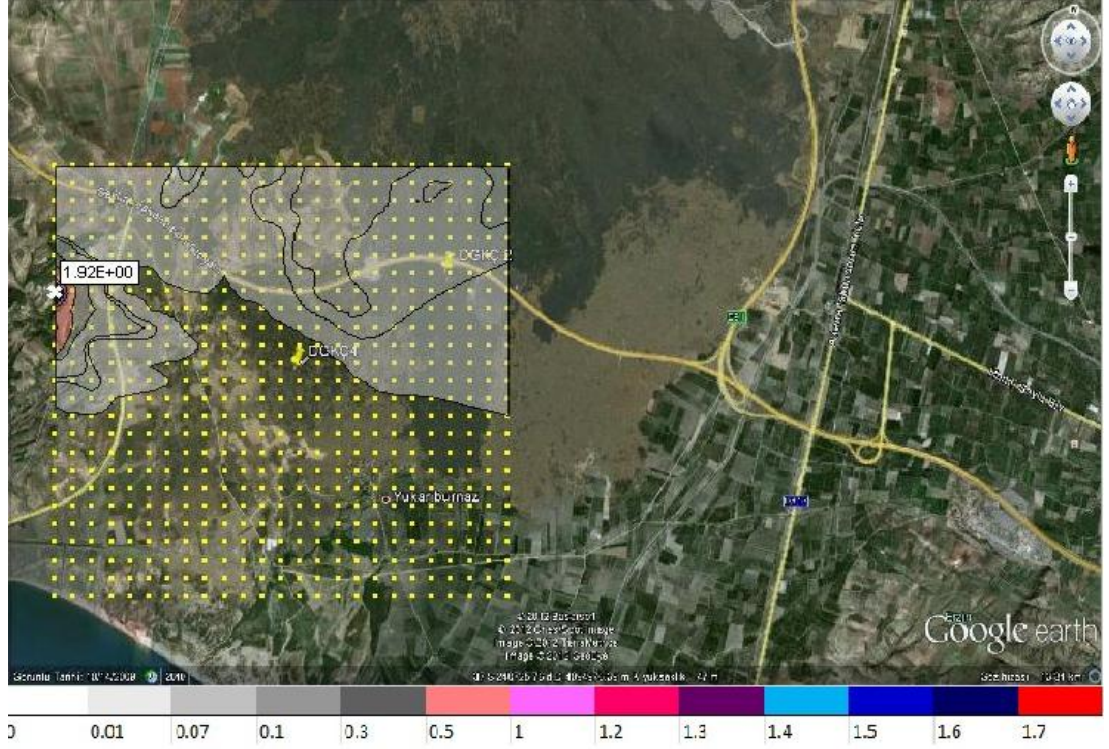


Şekil 6.40 : DGKÇ4’ün haritadaki görüntüsü.

DGKÇ4 bölgesine ait %800 büyültülmüş topografik harita aşağıda şekil 6.41’de yer almaktadır.



Şekil 6.41 : DGKÇ4 bölgesinin topografyası.

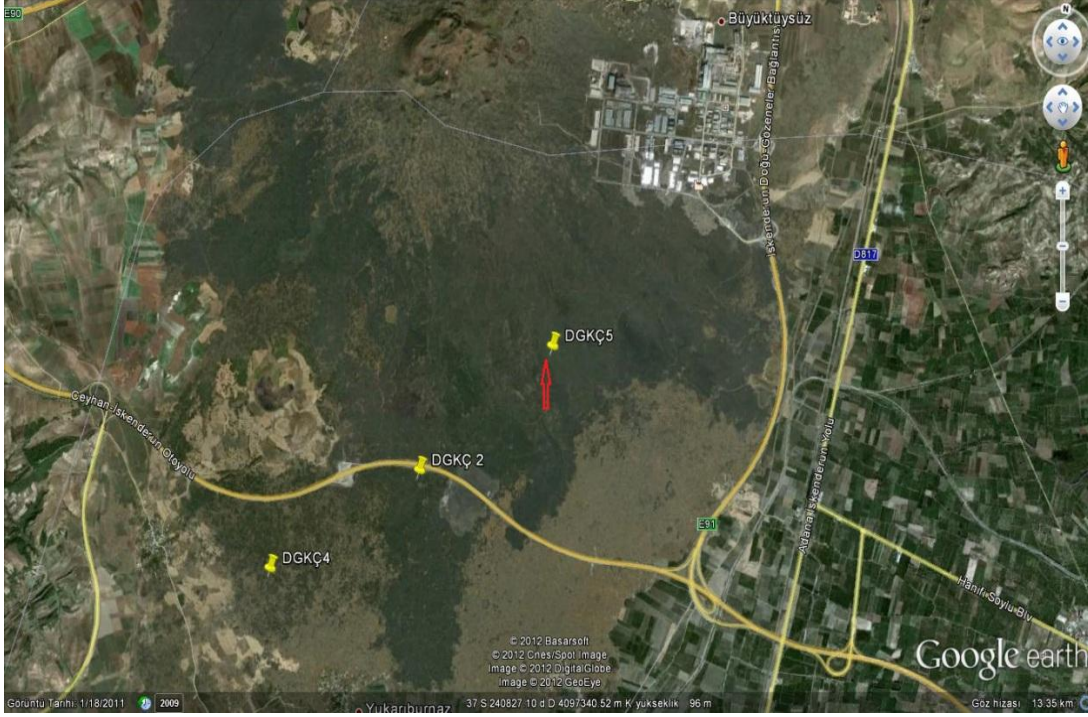


Şekil 6.42 : DGKÇ4 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.

DGKÇ4 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin en yüksek konsantrasyonu 1.92022 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup bu konsantrasyon değeri X:234090.5; Y:4095584 koordinatında bulunmaktadır. Ve dağılım kuzey-kuzeybatı yönleri arasında oluşmuştur. Bu değer kuzey batı yönünde olmakla beraber büyük ölçüde çalışma bölgesi dışında kalmaktadır.

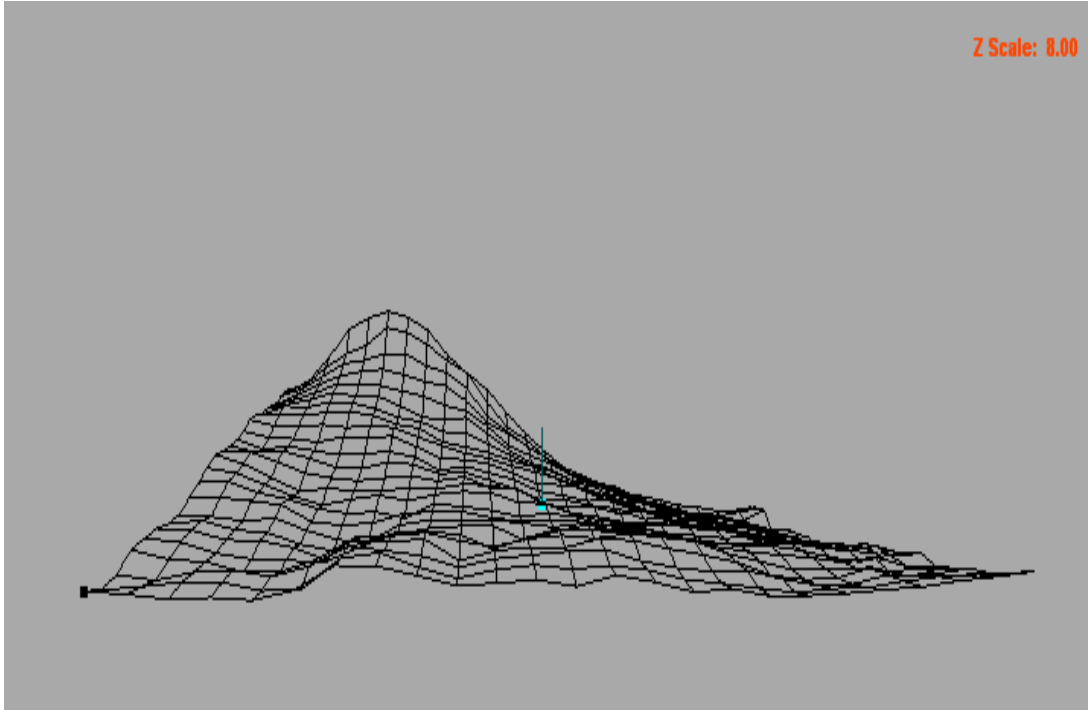
6.5.5 Senaryo 5

Koordinatları X:240829.00; Y:4097340.00 metre olan tesisin (DGKÇ5) haritada görüntüsü şekil 6.43’de verilmiştir. Santralin rakımı 100 m’dir. DGKÇ1’e göre DGKÇ4 ile aynı mesafede ve onun 2 km doğusunda yer almaktadır Ortalama rakım kuzeye doğru 160m, doğya doğru 60 m ve güneye doğru 40 m’ye inmektedir

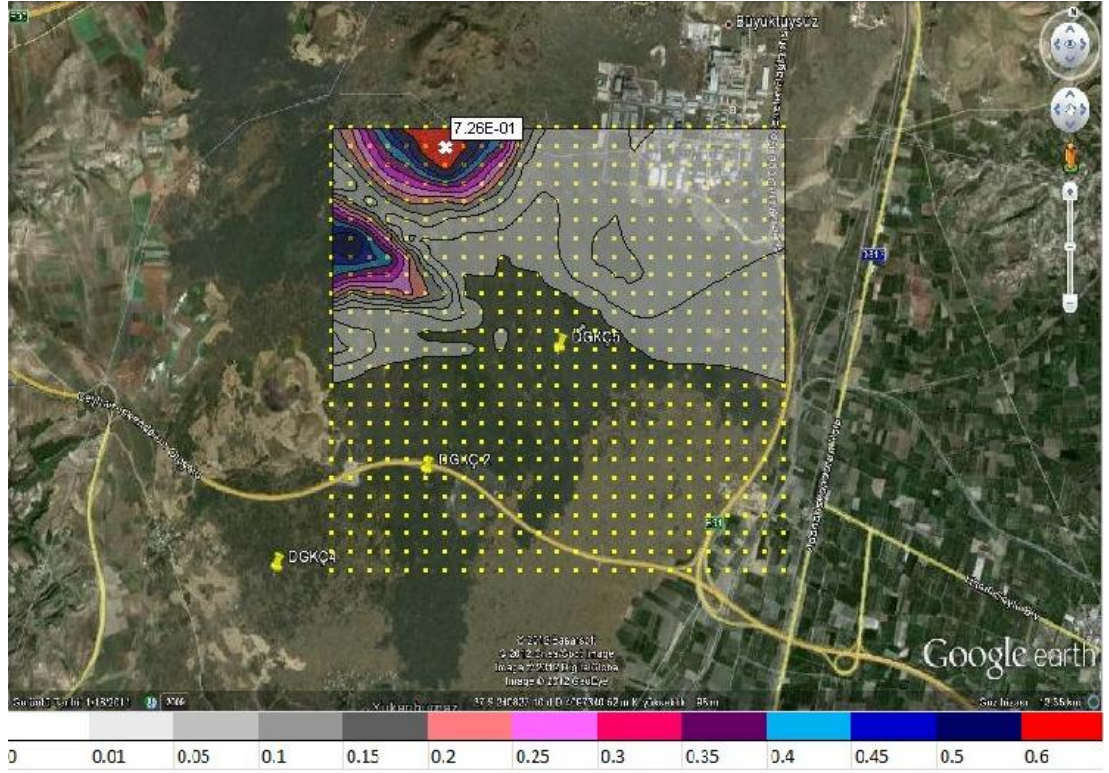


Şekil 6.43 : DGKÇ5’in haritadaki görüntüsü.

DGKÇ5 bölgesine ait %800 büyültülmüş topografik harita aşağıda şekil 6.44’de yer almaktadır.



Şekil 6.44 : DGKÇ5 bölgesinin topografyası.

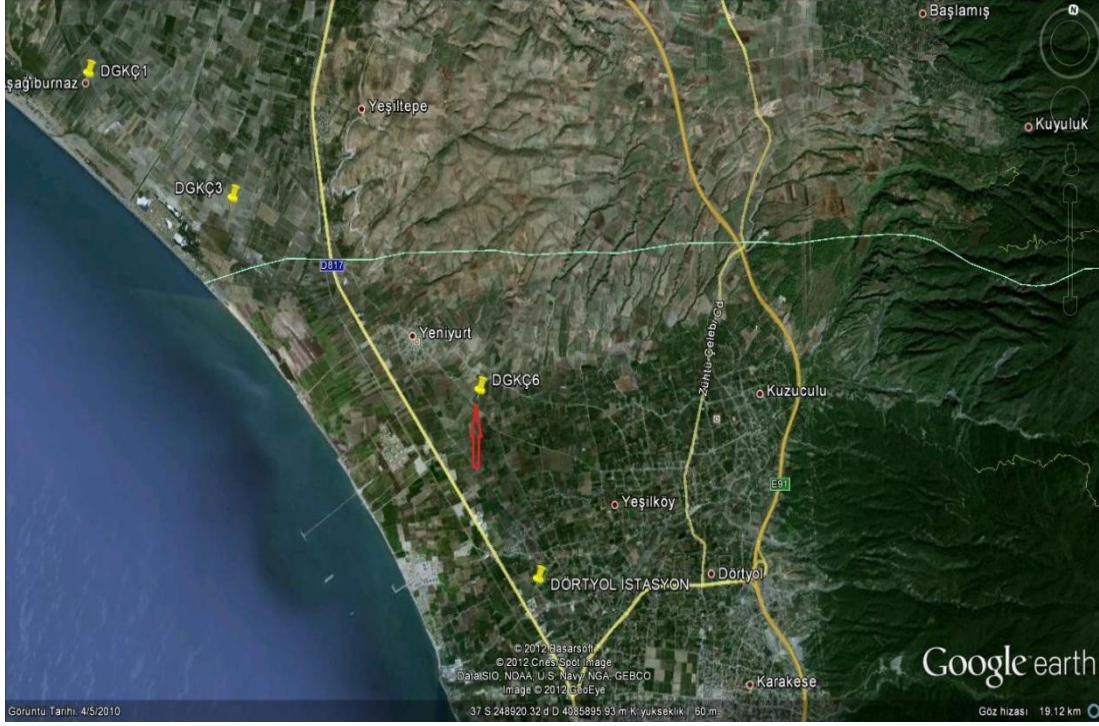


Şekil 6.45 : DGKÇ5 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.

DGKÇ5 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin en yüksek konsantrasyonu 0.725 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup bu konsantrasyon değeri X:239323; Y:410090 koordinatında bulunmaktadır. Ve dağılım kuzey-kuzeybatı yönleri arasında oluşmuştur.

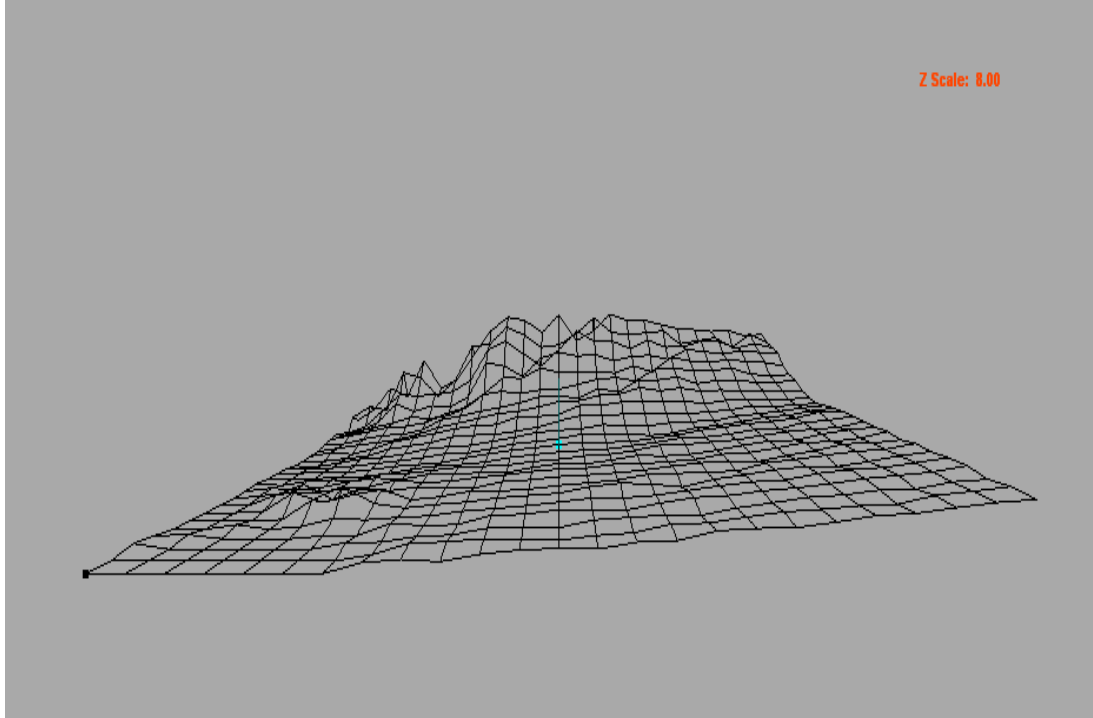
6.5.6 Senaryo 6

Topografik verilerin kirletici parametrelerin dağılımındaki etkisini belirlemek amacıyla bölgeye belirli bir mesafe uzaklıkta kurulu olacağı varsayılan, koordinatları X:247436.40; Y:4085087.79 metre olan tesisin (DGKÇ6) haritada görüntüsü şekil 6.46’de verilmiştir. DGKÇ1’e göre 9,57 km, DGKÇ3’e göre 5.97 km güney batıda yer almaktadır. Santralin rakımı 40 m olup doğuya doğru 70m, güneye doğru 15 m, batıya doğru 30 m ve kuzeye doğru 100m irtifalar söz konusudur.

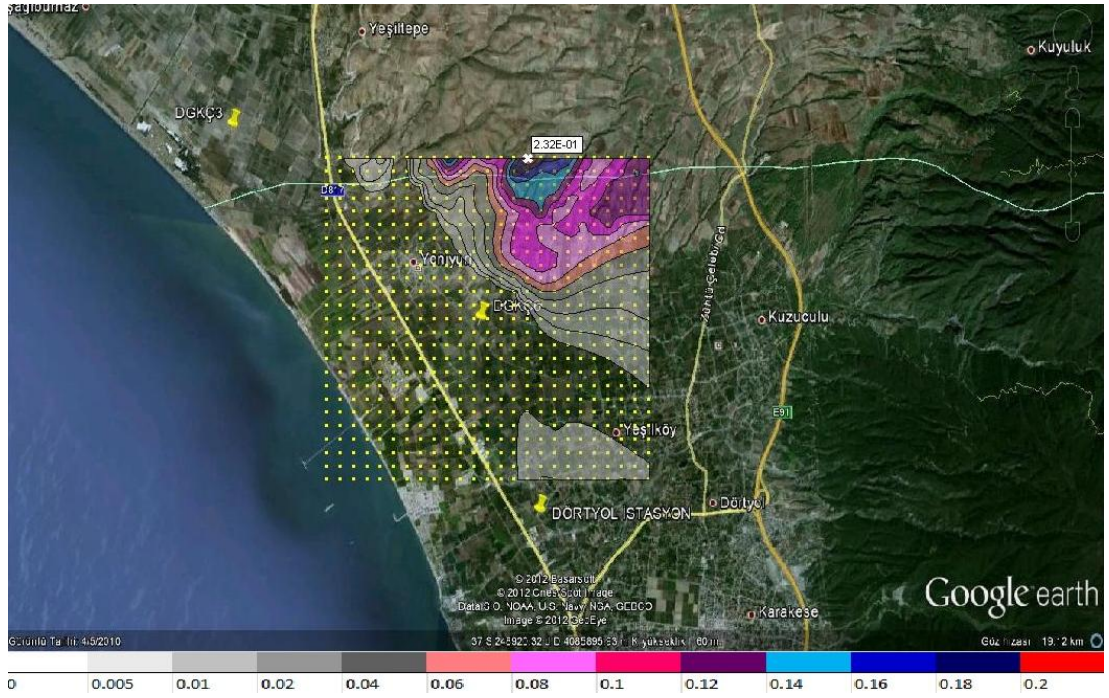


Şekil 6.46 : DGKÇ6'nın haritadaki görüntüsü.

DGKÇ6 bölgesine ait %800 büyütülmüş topografik harita aşağıda şekil 6.47'de yer almaktadır.



Şekil 6.47 : DGKÇ6 bölgesinin topografyası.



Şekil 6.48 : DGKÇ6 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin yıllık ortalama dağılımı.

DGKÇ6 kaynaklı SO₂ kirletici parametresinin en yüksek konsantrasyonu 0.231 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olup bu konsantrasyon değeri X:248186.4; Y:4088088 koordinatında bulunmaktadır. Ve dağılım kuzeydoğu yönünde oluşmuştur.

Tüm çalışmalarda modele girilen baca gazı hızı, baca çapı, yerden baca yüksekliği, baca gazı sıcaklığı ve SO₂ kütle debisi aynı olup bölgeleri temsil eden aynı meteorolojik veri dosyası girilmesine rağmen kirliliğin dağılımı farklı yönlerde olup, maksimum konsantrasyon miktarlarında da farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu durum, topografinin etkisi olarak açıklanabilir. Bu gibi bölgelerde yapılacak çalışmalarda, kullanılan modelin hassasiyetinin rüzgar hızı, rüzgar yönü, yüzey pürüzlülük uzunluğundan etkilenmesi ve kirletici konsantrasyonların dağılımının topografik yapıya göre davranması sonuçları etkilemektedir.

Çalışma sonuçlarına göre kirletici dağılımı topografik yükseltiyi takip etmekte ve kirlilik yüksek bölgelerde toplanmaktadır. Bu durum, modelin kaynaktan çıkan gazın, arazi yapısına göre hareket ettiğini kabul etmesiyle açıklanabilir (Reeves, 2001).

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Noktasal kaynakların neden oldukları hava kirlenmesinin belirlenmesinde en güvenilir yöntemlerden birisi modeller yardımıyla yapılan tahminlerdir. Dağılım modelleri ile üretilen bilgilerle mevcut tesislerin bölgelerinde hava kirlenmesine katkıların belirlenebildiği gibi receptör modellerle bir bölgedeki hava kirliliğine aynı bölgede yer alan kaynakların katkıları hakkında tahmin üretmek mümkün olmaktadır. Hatta bu katkının bölgeye uzak mesafelerden taşınım ile gelen kirlenme için de belirlenmesi mümkündür. Modellerin en yararlı kullanım alanlarından birisi de kurulması planlanan yeni kaynakların neden olacakları kirlenmenin mevcut kaynaklarla birlikte kümülatif etkisinin öngörülebilmesi ve buna bağlı olarak karar mekanizmalarının oluşturulmasıdır. Bu özellikleri itibarı ile modeller hava kalitesi yönetiminin vazgeçilmez önemde bir parçasıdır ve karar vericilere ciddi destek sağlamaktadırlar.

Modelleme ihtiyacının gittikçe önem kazandığı günümüzde model kullanımının ve sonuçlarının uygulamaya aktarılması sırasında gerekli standardizasyonun (ayarlar ve doğrulama) sağlanamadığı için sonuçların güvenilirliği tartışmalıdır. Diğer taraftan modellerin kullanımına ilişkin yasal düzenlemelerdeki yönlendirmeler (Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği EK 2) de güvenilirlik üzerinde etkili olabilmektedir. Bu ve benzeri sebeplerle model kullanımında gerek model farklılıklarına ve gerekse aynı modelin değişik koşullarda çalıştırılmalarına bağlı olarak elde edilecek tahminlerin arasındaki farklılıkların dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada nokta kaynakların modellenmesinde kullanılan iki farklı modelin, Industrial Source Complex (ISC) ve Aermom modellerinin kullanımı ile aynı kaynağa ait (doğalgazlı kombine çevrimli (DGKÇS) bir termik santral) sadece NO_x kirleticisinin dağılımı birçok faktör bakımından incelenmiştir. İncelemeler ilk olarak düz ve deniz kenarındaki bir arazide baca yüksekliklerinin etkisini görmek amacıyla iki farklı baca yükseklikleri (60 m ve 120 m), arazinin etkisini anlamak için iki farklı arazi yapısı (şehir ve kırsal bölge), çalışma bölgesi (domain) büyüklüğünün etkisini

belirlemek için üç farklı çalışma alanı (6x6 km, 12x12 km ve 24x24 km) ve modellerde grid açıklığının etkisini görmek için de üç farklı grid büyüklükleri (100m, 300m ve 500m) dikkate alınarak içeren toplam 72 farklı alternatif üzerinden gerçekleştirilmiştir. Alternatif uygulamaların herbirinde yer seviyesi konsantrasyonların 1 saat, 24 saat, aylık ve yıllık zaman ortalamaları olarak maksimum değerlerini oluşturmaya yönelik çalıştırılarak elde edilen tahminlerinin her bir model için kendi içinde ve iki modelin aralarında mukayeseleri yapılmış, farkların mertebeleri değerlendirilmiştir. Bunlara ilave olarak santralin yerinin değiştirilmesinin etkisi incelenmeye çalışılmış, bu amaçla santral topoğrafyanın yükseldiği ve engebeli yapının söz konusu olduğu altı farklı bölgede konumlandırılarak her bir durum için elde edilen ISC model sonuçlarının birbirleri ile mukayesesi yapılmıştır.

Alternatif durumlara ilişkin çalışma sonuçlarına göre her iki modelde de şehir bölgelerinde kirletici konsantrasyonları kırsal bölgelere göre zaman ortalamalarına göre değişmekle beraber daima daha yüksek mertebelerde oluşmaktadır. Benzer durum ISC model sonuçlarının AERMOD modeli sonuçlarından daha yüksek olması şeklinde de kendini göstermektedir.

Çalışma bölgesinin büyütülmesi her iki model için de zaman ortalamalı konsantrasyonlarda daha yüksek değerlere neden olmaktadır. Bu duruma daha küçük ölçekli çalışma bölgelerinde dağılımın sonuçlarının tam olarak görünmesine imkan verilmemesinin neden olduğu sanılmaktadır. Ayrıca daha büyük çalışma bölgeleri modellerin kapasitesinin daha iyi anlaşılmasına imkan vermektedir. Bu konuda AERMOD sahip olduğu özellikler dolayısı ile daha gerçekçi sonuçlar üretmektedir.

Grid ölçeğinin değiştirilmesi her iki model için konsantrasyonlarda fark edilebilir bir değişime neden olmamaktadır.

Benzer koşullarda çalıştırılan her iki modelin sonuçlarının mukayesi yapılmıştır. Bu mukayese literatürdekilere benzer şekilde sonuçlardan elde edilen ISC/AERMOD oranlarına dayalı yapılmıştır. Genel olarak ISC model sonuçlarının AERMOD'dan şehirlerde bütün ortalama süreler için 1,3 ile 6,10 kat arasında daha yüksek değerler verdiği, baca yüksekliğinin artırılmasının çalışma bölgelerinin büyümesine paralel olarak ISC/AERMOD oranında da artışa yol açtığı görülmektedir. Kırsal bölgelerde ise durumun bu kadar net olmadığı özellikle aylık ve yıllık ortalamala

ISC/AERMOD değerinin 0,33 ile 0,85 gibi değerler aldığı ve baca yüksekliklerinden etkilenmediği görülmektedir. Çalışma bölgesi büyüdükçe bu oranın mertebesi azalmaktadır. Bu da AERMOD modelinin kısa bacalarda topografik etkiyi daha iyi yansıtma özelliğine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

ISC ve AERMOD modellerinden ülkemizde mevcut hava kirliliğine ilişkin yasal düzenlemelerde (SKHKKY) istenen UVD ve KVD değerleri hesaplanmış ve bunlardan ISC/AERMOD oranları elde edilmiştir. Bu oranlarda yukarıda verilen konsantrasyonlar için elde edilmiş oranlara benzer gerçekleşmektedir. Buna göre 60 m baca yüksekliği için UVD değerlerinde yıllık ortalamalar için 6x6 km’lik çalışma bölgesinden 12x12km’lik çalışma bölgesine geçildiğinde ISC/AERMOD oranı 1,5- 2,5, KVD değerlerinde ise 3,1-6,3 olarak bulunmaktadır. Yani ISC modeli sonuçları AERMOD Modeli sonuçlarından 1,5-6,3 kat daha yüksek değerler vermektedir. Baca yüksekliğinin 120 m’ye çıkarıldığı durumda yıllık ortalamalar için çalışma bölgesi 12x12 km’den 24x24 km’ye çıkarıldığında ise UVD değerlerine ait ISC/AERMOD oranı 1,8-3,1 ve KVD değeri için de 2,6-4,6 olarak bulunmaktadır. Buna göre 120m baca yüksekliği için UVD ve KVD değerleri için ISC modeli AERMOD modelinden 1,8-4,6 kat daha yüksek değerler vermektedir.

İncelenen santralin yerinin değiştirilmesinin dağılım üzerindeki etkisi sadece ISC modeli ile ve 60 m baca yüksekliği için incelenmiştir. Bu amaçla oluşturulmuş altı farklı senaryodan hem konsantrasyon hem lokasyon hem de yn bakımından değişimler bulunmuştur. Dolayısı ile santralin yer aldığı bölgenin topografik özelliklerinin değişmesinin modelin tahminleri üzerinde 2-10 kat mertebe farklılıkları ile sonuçlanacağı anlaşılmıştır.

Modeller karar vericiler için önemli bir araçtır. Bir bölgede hava kalitesi yönetiminde mevcut durum ve yeni planlanan faaliyetler için karar verilirken modellere dayalı tahminler esas alınır. Bu tahminlerin doğruluk ve güvenilirliklerinin uygun yöntemlerle test edilmesi ve temsil edicilik oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Bütün bu amaçlar kullanılacak modellerin kapasitelerinin iyi seçilmesi ile daha doğru karar verme imkanlarının eldesi mümkündür ve bu hususa yasal karar vericilerin dikkat etmesi gerekmektedir. Bu çerçevede ülkemizde uzun zamandan beri bu konuda kullanılan ISC modeli yerine daha gelişmiş AERMOD; CALLPUF gibi modellerin kullanımının zorunlu hale getirilmesi tavsiye olunur. Diğer taraftan bu tür modellerin lisanslı firmalar tarafından kullanımının sağlanması için evre ve

Şehircilik Bakanlığı'nda bir modelleme biriminin kurulması ve bütün model çalışması sonuçlarının bu birimdeki uzmanlar tarafından kontrol edilme mekanizmasının oluşturulması uygulamaların güvenliği için yararlı olur.

Modellerin meteorolojik veri ihtiyaçları mevcut meteoroloji ağı ile istenen oranda sağlanamamaktadır. Bu konuda meteoroloji istasyonlarının yerleri de dahil durumun gözden geçirilmesi ve özellikle atmosferin üst kesimlerine yönelik verilerin sürekliliğinin ve ölçüm istasyonu sayılarının artırılması tavsiye edilir.

Diğer taraftan modelleme konusunda yasal düzenlemelerin (Baca yüksekliği, topoğrafya, çalışma alanı büyüklüğü vb.) daha gerçekçi sonuçlar elde etme yönünde modifiye edilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

- Alp, K., Tünay, O.** (1996). *Hava Kirlenmesi Kontrolü*, İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 1996-36. İstanbul.
- Arya, S.Pal.** (1999). *Air Pollution Meteorology and Dispersion*, New York Oxford University Press, Sf. 1-25.
- Atımtay, A.** (2011). Hava Kirliliği Modellemesi ve Modelleme Teknikleri, Çevre Mühendisleri Odası, Eğitim Semineri Notları.
- Bandyopadhyay, A.** (2010). Dispersion modeling in assessing air quality of industrial projects under Indian regulatory regime. *International Journal of Energy and Environment*. Vol. 1. Sf. 97-112.
- Borrego, C., Miranda, A.I., Countinho, M., Ferreira, J., Carvalho, A.C.** (2002) Air Quality Management in Portugal: Example of Needs and Available Tools, *Elsevier. Environmental Pollution* Vol. 120. (Sf. 115-123). Portugal.
- Borat, O., Pekavcılar, M., Demirci, H.İ., Yaşar, M., Nalçacıoğlu, E., Dikmen, A.** (1999). Karabük Hava Kirliliği Araştırması, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, Sf. 1-17.
- Bretschneider, B., Kurfürst, J.** (1987). Air Pollution Control Technology, Fundamentals Aspects of Pollution Control and Environmental Science **8**, Sf. 28-107.
- Brode, R.W.** (2006). *AERMOD Technical Forum*, EPA R/S/L Modelers Workshop, San Diego, California.
- EPA.** (1995). User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, Vol.II-Description of Model Algorithms, EPA-454/B-95-003B, USEPA OAQPS, Research Triangle Park, NC:September 1995.
- EPA.** (1997). Regional Approaches to Improving Air Quality, EPA/451-K-97-001.
- EPA.** (1998). Revised Draft User's Guide For The Aermom Terrain Preprocessor (Aermap).
- EPA.** (2003a). Comparison of Regulatory Design Concentrations AERMOD vs ISCT3, CTDMPLUS, ISC-PRIME EPA-454/R-03-002.
- EPA.** (2003b). AERMOD: Latest Features and Evaluation Results, EPA-454/R-03-003.
- EPA.** (2004a). AERMOD: Description of Model Formulation, EPA-454/R-03-004.
- EPA.** (2004b). User's Guide For The AMS/EPA Regulatory Model AERMOD, EPA-454/R-03-001.

- Demirarslan, O., Çetin, Ş., Ayberk, S.** (2008). Hava Kirliliği Belirlemelerinde Modelleme Yaklaşımı ve Modelleme Aşamasında Karşılaşılabilecek Sorunlar, *Çevre Sorunları Sempozyumu*, Kocaeli.
- Frederick, J.** (2008). *Principles of Atmospheric Science*, Jones and Bartlett Publishers, Sf. 2-15. Canada.
- Hall, D., Spanton, A., Dunkerly, F., Bennett, M., Griffiths, R.** (2000). An Inter-comparison of the AERMOD, ADMS and ISC Dispersion Models for Regulatory Applications, R&D Technical Report P362, Sf. 4-55.
- Hill J., Donaldson, I., Harrison, D.** (2009). An valuation of AERMOD Model Sensitivity to Variations in Landuse Characteristics.
- HKDYY.** (2008). Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 26898 sayılı *Resmi Gazete*.
- İncecik, S.** (1994). *Hava Kirliliği*, Teknik Üniversite Matbaası, Sf. 26-41.
- Karadağ, A.** (1999). Meteorolojik ve klimatolojik verilere göre İzmir’de hava kirliliği ve beşeri etkenlerin rolü. *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, İzmir, 134-142.
- Karvounis, G., Deligiorgi, D., Philipopoulos, K.** (2006). On the Sensitivity of the AERMOD to Surface Parameters Under Various Anemological Conditions, *Proceedings of the 11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, Sf. 45-47, Greece.
- Korsakissok, I.** (2009). Comparative study of Gaussian dispersion formulae within the Polyphemus platform: evaluation with Prairie Grass and Kincaid experiments, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **48**, 2459-2473.
- Laffoon, C., Rinaudo, J., Soule, R., Bowie, T.** (2005). Developing State-Wide Modeling Guidance for the Use of AERMOD A Workgroup’s Experience, Sf. 3-17.
- Özkurt, N.** (2011). *Kırsal Alanlarda Hava Kalitesi Modellemesi Üzerine Araştırma (Çan-Bayramiç Bölgesi Örneği)* (doktora tezi), GYTE, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Peuch, V., Michou, M., Kim, E.** (2004). Parameterization of size-dependent particle dry deposition velocities for global modeling. *Atmospheric Environment* **38** (2004) 1933–1942.
- SKHKY.** (2009). Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 27277 sayılı *Resmi Gazete*.
- Seinfeld, J.** (2006). *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, Second Edition.
- Tecer, L.H.** (2011). Hava Kirliliği ve Sağlığımız, *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim*, sayı. 135, Sf. 15-29.
- Tuncel, G.** (1998). Hava Kalitesinin Korunması, Ulusal Çevre Eylem Planı. (Sf. 7-65). Ankara.

- Turalioğlu, F., Bayraktar, H.** (2002). Atmosferik Çökeltme Tayin Yöntemleri, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*. Cilt **10**, sayı.1, Sf. 9-17.
- U.S. Environmental Protection Agency.** (2005). National ambient air quality standards (NAAQS). Washington, DC.
- Warner, C., Wark, K., Davis, W.** (1997). Air Pollution: Its Origin and Control, Sf. 169.
- Westbrook, J., Sullivan, P.** (2006). Fugitive Dust Modeling with AERMOD for PM₁₀ Emissions from Municipal Waste Landfill.
- WHO air quality guidelines, global update.** (2005). Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2005.
- Atkinson, D., F. Lee, Russell.** (1992). Procedures for Substituting Values for Missing NWS Meteorological Data for Use in Regulatory Air Quality Models. adres: <http://www.epa.gov/scram001/surface/missdata.txt>.
- ÇOB.** (2010). Temiz Hava Eylem Planı, Çevre Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, alındığı tarih: 07.06.2012, adres: http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/EylemPlan/Temiz_Hava_Eylem_Planı.pdf.
- EU.** (1999). European Commission Environment Air Quality Standards, alındığı tarih: 31.05.2012, adres: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>.
- Memon, E.** (2000). *Environmental Effects of Thermal Power Plant Emissions: A Case Study*. Master Thesis, Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, alındığı tarih: 04.06.2012, adres: <http://www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/MQ55524>.
- Reeves, D.** (2001). Understanding and Adapting to New Dispersion Models, Oregon Insiders, adres: <http://www.trinityconsultants.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=1251>.
- URL-1** <http://www.cem.yildiz.edu.tr/3-menu_icerikleri/3-egitim-ogretim/ogretim_kademeleri/lisans/ders_notlari/0412042-AP/kirleticilerin_dagilimi.pdf>, alındığı tarih: 10.06.2012.
- URL-2** <<http://www.ess.co.at/AIR-EIA/psmodel.html>>, alındığı tarih: 03.08.2012.
- URL-3** <<http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html>>, alındığı tarih: 31.05.2012.
- URL-4** <<http://www.ibb.gov.tr/sites/CevreKoruma/HavaKalitesi/Documents/LimitDegerler.pdf>>, alındığı tarih: 31.05.2012.
- URL-5** <http://www.bcairquality.ca/reports/pdfs/air_disp_model_08.pdf>, alındığı tarih: 01.08.2012.
- URL-6** <<http://srtm.csi.cgiar.org/>>, alındığı tarih: 27.09.2011.
- URL-7** <http://www.epa.gov/scram001/7thconf/aermod/aer_scid.pdf>, alındığı tarih: 22.08.2012.

URL-8<http://www.cem.yildiz.edu.tr/3-menu_icerikleri/3_egitimogretim/ogretim_kademeleri/lisans/ders_notlari/0412052HK/HK_bolum1_sunu.pdf>, alındığı tarih: 27.05.2012.

EKLER

EK A: Meteorolojik verilerin Excel-Macro’da düzenlenmesi

EK B: ISC Modeli çalışma sonuçları çizelgeleri

EK C: AERMOD Modeli çalışma sonuçları çizelgeleri

EK A

Sub ALT_ALTA_YAZ()

Dim i, j, AY, GUN As Integer

Dim SATIR As Integer

Dim ALT_ALTA_SATIR As Integer

Dim GUN_SAYISI(12) As Integer

Dim YIL, SAAT As Integer

Dim AY_STR, GUN_STR, SAAT_STR As String

Dim RUZGAR_SNG, BULUTLULUK_SNG As Single

Dim ISTASYON_NO, BULUTLULUK_STR, RUZGAR_STR As String

Dim BULUT_TABAN_YUKSEKLIGI, SICAKLIK, RUZGAR_HIZI,
RUZGAR_YONU, BULUTLULUK_INT As Integer

Dim BULUT_TABAN_YUKSEKLIGI_STR, SICAKLIK_STR,
RUZGAR_HIZI_STR, RUZGAR_YONU_STR As String

GUN_SAYISI(1) = 31

GUN_SAYISI(2) = 28

GUN_SAYISI(3) = 31

GUN_SAYISI(4) = 30

GUN_SAYISI(5) = 31

GUN_SAYISI(6) = 30

GUN_SAYISI(7) = 31

GUN_SAYISI(8) = 31

GUN_SAYISI(9) = 30

GUN_SAYISI(10) = 31

GUN_SAYISI(11) = 30

GUN_SAYISI(12) = 31

If (YIL Mod 4) = 0 Then

GUN_SAYISI(2) = 29

End If

YIL = CInt(Mid(CStr(Worksheets("BULUTLULUK").Cells(12, "A").Value), 9, 4))

ISTASYON_NO=Right(CStr(Worksheets("BULUTLULUK").Cells(11,"A").Value),
5)

ALT_ALTA_SATIR = 0

For AY = 1 To 12

SATIR = 13 + ((AY - 1) * 44)

If (AY < 10) Then

AY_STR = "0" + CStr(AY)

End If

For GUN = 1 To GUN_SAYISI(AY)

If (GUN < 10) Then

GUN_STR = "0" + CStr(GUN)

Else

GUN_STR = CStr(GUN)

End If

SATIR = SATIR + 1

For SAAT = 1 To 24

ALT_ALTA_SATIR = ALT_ALTA_SATIR + 1

If (SAAT < 11)


```

Then
    If (SAAT = 1)
Then
    SAAT_STR = "00"
    Else
    SAAT_STR = "0" + CStr(SAAT - 1)
    End If
    Else
    SAAT_STR = CStr(SAAT - 1)
    End If
    If CStr(Worksheets("BULUT_TABAN_YUKSEKLIGI").Cells(SATIR, 1+
SAAT).Value) = ""
Then
    BULUT_TABAN_YUKSEKLIGI_STR = "---"
    Else
BULUT_TABAN_YUKSEKLIGI=CInt(Worksheets("BULUT_TABAN_YUKSEK
LIGI").Cells(SATIR, 1 + SAAT).Value)
BULUT_TABAN_YUKSEKLIGI_STR=CStr(CInt(0.01*BULUT_TABAN_YUKS
EKLIGI * (1 / 0.3048)))
    End If
    If CStr(Worksheets("SICAKLIK").Cells(SATIR, 1 + SAAT).Value) <> ""
Then
    SICAKLIK = CInt(Worksheets("SICAKLIK").Cells(SATIR, 1 + SAAT).Value)
    SICAKLIK_STR = CStr(CInt((1.8 * SICAKLIK) + 32))
    Else
    SICAKLIK_STR = ""
    End If
    If CStr(Worksheets("RUZGAR").Cells(SATIR, 1 + SAAT).Value) = ""
Then
    RUZGAR_HIZI_STR = ""
    RUZGAR_YONU_STR = ""
    Else
    RUZGAR_STR = CStr(Worksheets("RUZGAR").Cells(SATIR, 1 +
SAAT).Value)
    RUZGAR_HIZI_STR = Left(RUZGAR_STR, 5)
    RUZGAR_HIZI_STR = CStr(CInt(CSng(RUZGAR_HIZI_STR) / 1.94))
    RUZGAR_SNG = CInt(Right(RUZGAR_STR, (Len(RUZGAR_STR) - 6))) / 10
    If ((RUZGAR_SNG - CInt(RUZGAR_SNG)) >= 0.5) Then
    RUZGAR_YONU_STR = CStr(CInt(RUZGAR_SNG) + 1)
    Else
    RUZGAR_YONU_STR = CStr(CInt(RUZGAR_SNG))
    End If
    End If
Worksheets("ALT_ALTA_DIZILMIS").Cells(ALT_ALTA_SATIR,
"A").NumberFormat = "@"
Worksheets("ALT_ALTA_DIZILMIS").Cells(ALT_ALTA_SATIR, "A").Value = _
ISTASYON_NO + Mid(CStr(YIL), 3, 2) + AY_STR + GUN_STR + SAAT_STR +
_BULUT_TABAN_YUKSEKLIGI_STR
Worksheets("ALT_ALTA_DIZILMIS").Cells(ALT_ALTA_SATIR, "B").Value =
RUZGAR_YONU_STR

```

```

Worksheets("ALT_ALTA_DIZILMIS").Cells(ALT_ALTA_SATIR,
"C").Value = RUZGAR_HIZI_STR
Worksheets("ALT_ALTA_DIZILMIS").Cells(ALT_ALTA_SATIR,
"D").NumberFormat = "@"
Worksheets("ALT_ALTA_DIZILMIS").Cells(ALT_ALTA_SATIR,
"D").Value = SICAKLIK_STR
BULUTLULUK_STR = CStr(Worksheets("BULUTLULUK").Cells(SATIR, 1 +
SAAT).Value)
If (BULUTLULUK_STR <> "")
Then
BULUTLULUK_INT = CInt(Worksheets("BULUTLULUK").Cells(SATIR, 1 +
SAAT).Value)
BULUTLULUK_SNG = 1.25 * BULUTLULUK_INT
If (BULUTLULUK_SNG = 0#) Then
BULUTLULUK_STR = "0"
Else
If ((BULUTLULUK_SNG - CInt(BULUTLULUK_SNG)) >= 0.5)
Then
BULUTLULUK_STR = CStr(CInt(BULUTLULUK_SNG) + 1)
Else
BULUTLULUK_STR = CStr(CInt(BULUTLULUK_SNG))
End If
If (BULUTLULUK_STR = "10") Then
BULUTLULUK_STR = "-"
End If
End If
End If
Worksheets("ALT_ALTA_DIZILMIS").Cells(ALT_ALTA_SATIR, "E").Value =
BULUTLULUK_STR
Next 'SAAT
Next 'GUN
Next 'AY
End Sub

```

EK B**Çizelge B.1 :** ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	47.40 µg/m ³	5.81 µg/m ³	2.29 µg/m ³	0.62 µg/m ³
	X:240043;	X:240043;	X:240243;	X:239743;
	Y:4090670	Y:4090770	Y:4090770	Y:4091170
12 x 12	102.65 µg/m ³	16.74 µg/m ³	3.22µg/m ³	1.61µg/m ³
	X:233743;	X:233843;	X:233143;	X:233143;
	Y:4095370	Y:4095470	Y:4093770	Y:4093770
24 x 24	103.8 µg/m ³	45.53 µg/m ³	20.82 µg/m ³	13.63 µg/m ³
	X:233843;	X:228943;	X:228943;	X:227143;
	Y:4095370	Y:4089370	Y:4089370	Y:4091370

Çizelge B.2 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	44 µg/m ³	5.49 µg/m ³	2.22 µg/m ³	0.61 µg/m ³
	X:240043;	X:240043;	X:240343;	X:239743;
	Y:4090770	Y:4090770	Y:4090770	Y:4091070
12 x 12	98.26 µg/m ³	15.5 µg/m ³	2.23 µg/m ³	1.13 µg/m ³
	X:233743;	X:233743;	X:242743;	X:233743;
	Y:4095570	Y:4095570	Y:4092870	Y:4095570
24 x 24	102.19 µg/m ³	44.15 µg/m ³	20.38 µg/m ³	13.71 µg/m ³
	X:232843;	X:228943;	X:228943;	X:227143;
	Y:4094370	Y:4089270	Y:4089270	Y:4091370

Çizelge B.3 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x6	44.10 µg/m ³	5.54 µg/m ³	2.24 µg/m ³	0.60µg/m ³
	X:239643;	X:240143;	X:240143;	X:240143;
	Y:4090870	Y:4090870	Y:4090870	Y:4090870
12 x 12	99.11 µg/m ³	15.60 µg/m ³	2.24 µg/m ³	1.37 µg/m ³
	X:233643;	X:233643;	X:240143;	X:233643;
	Y:4095370	Y:4095370	Y:4090870	Y:4095370
24 x 24	99.11 µg/m ³	43.30 µg/m ³	19.90 µg/m ³	12.90 µg/m ³
	X:233643;	X:228643;	X:228643;	X:228643;
	Y:4095370	Y:4089370	Y:4089370	Y:4089370

Çizelge B.4 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı(kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	94.91 µg/m ³	33.28 µg/m ³	14.65 µg/m ³	9.38 µg/m ³
	X:242143;	X:236143;	X:236143;	X:236143;
	Y:4092770	Y:4089970	Y:4089870	Y:4089870
12 x 12	126.96 µg/m ³	40.14 µg/m ³	15.75 µg/m ³	10.70 µg/m ³
	X:242643;	X:234043;	X:234643;	X:234543;
	Y:4089370	Y:4090070	Y:4089770	Y:4089870
24 x 24	122.73 µg/m ³	46.81 µg/m ³	18.70 µg/m ³	11.49 µg/m ³
	X:244843;	X:230143;	X:232543;	X:230043;
	Y:4089370	Y:4090170	Y:4092470	Y:4089870

Çizelge B.5 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı(kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	94.84 µg/m ³	32.02 µg/m ³	14.65 µg/m ³	9.31 µg/m ³
	X:242143;	X:236143;	X:236143;	X:236143;
	Y:4092570	Y:4089870	Y:4089870	Y:4089870
12 x 12	124.27 µg/m ³	38.84 µg/m ³	16.62 µg/m ³	10.70 µg/m ³
	X:244843;	X:234343;	X:234643;	X:234643;
	Y:4090170	Y:4090170	Y:4089870	Y:4089870
24 x 24	126.01 µg/m ³	46.81 µg/m ³	18.88 µg/m ³	11.66 µg/m ³
	X:237043;	X:230143;	X:232843;	X:230143;
	Y:4094970	Y:4090170	Y:4092270	Y:4089870

Çizelge B.6 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	92.35 µg/m ³	32.02 µg/m ³	14.65 µg/m ³	9.31 µg/m ³
	X:242143;	X:236143;	X:236143;	X:236143;
	Y:4092870	Y:4089870	Y:4089870	Y:4089870
12 x 12	126.96 µg/m ³	36.93 µg/m ³	16.62 µg/m ³	10.70 µg/m ³
	X:244643;	X:234643;	X:234643;	X:234643;
	Y:4089370	Y:4089870	Y:4089870	Y:4089870
24 x 24	126.96 µg/m ³	41.63 µg/m ³	17.16 µg/m ³	11.20 µg/m ³
	X:244643;	X:229143;	X:229643;	X:229643;
	Y:4089370	Y:4090370	Y:4089870	Y:4089870

Çizelge B.7 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	45.77 µg/m ³	5.55 µg/m ³	2.1 µg/m ³	0.57 µg/m ³
	X:240043;	X:239643;	X:240043;	X:239743;
	Y:4090670	Y:4091070	Y:4090770	Y:4091170
12 x 12	56.85 µg/m ³	8.66 µg/m ³	2.14 µg/m ³	0.66 µg/m ³
	X:233843;	X:233843;	X:240243;	X:233843;
	Y:4095470	Y:4095470	Y:4090770	Y:4095470
24 x 24	66.8 µg/m ³	20.56 µg/m ³	10.05 µg/m ³	6.79 µg/m ³
	X:246943;	X:228943;	X:228843;	X:227143;
	Y:4090670	Y:4089370	Y:4089370	Y:4091370

Çizelge B.8 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	42.65 µg/m ³	5.21 µg/m ³	2.08 µg/m ³	0.56 µg/m ³
	X:240043;	X:240343;	X:240343;	X:239743;
	Y:4090770	Y:4090770	Y:4090770	Y:4091070
12 x 12	42.65 µg/m ³	5.96 µg/m ³	2.08 µg/m ³	0.68 µg/m ³
	X:240043;	X:233743;	X:240343;	X:241243;
	Y:4090770	Y:4095570	Y:4090770	Y:4095270
24 x 24	60.31 µg/m ³	18.76 µg/m ³	10.46 µg/m ³	7.15 µg/m ³
	X:247543;	X:227143;	X:227143;	X:227143;
	Y:4091370	Y:4091370	Y:4091370	Y:4091370

Çizelge B.9 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	42.33 µg/m ³	5.26 µg/m ³	2.09 µg/m ³	0.55 µg/m ³
	X:239643;	X:240143;	X:240143;	X:240143;
	Y:4090870	Y:4090870	Y:4090870	Y:4090870
12 x 12	42.33 µg/m ³	5.93 µg/m ³	2.09 µg/m ³	0.60 µg/m ³
	X:239643;	X:233643;	X:240143;	X:241143;
	Y:4090870	Y:4095370	Y:4090870	Y:4095370
24 x 24	54.88 µg/m ³	18.96 µg/m ³	9.47 µg/m ³	6.06 µg/m ³
	X:247143;	X:228643;	X:228643;	X:228643;
	Y:4091370	Y:4089370	Y:4089370	Y:4089370

Çizelge B.10 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	40.12 µg/m ³	9.76 µg/m ³	4.41 µg/m ³	2.79 µg/m ³
	X:242143; Y:4092770	X:236143; Y:4089970	X:236143; Y:4090970	X:236143; Y:4089870
12 x 12	91.10 µg/m ³	20.51 µg/m ³	9.04 µg/m ³	5.11 µg/m ³
	X:234343; Y:4095170	X:233243; Y:4092370	X:233243; Y:4092370	X:234143; Y:4089870
24 x 24	97.42 µg/m ³	37.72 µg/m ³	14.54 µg/m ³	9.51 µg/m ³
	X:237443; Y:4096170	X:229943; Y:4090170	X:229743; Y:4089870	X:229643; Y:4089770

Çizelge B.11 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	39.54 µg/m ³	9.67 µg/m ³	4.41 µg/m ³	2.79 µg/m ³
	X:242143;Y:4092870	X:239743;Y:4091370	X:236143;Y:4091070	X:236143;Y:4089870
12 x 12	89.51 µg/m ³	19.28 µg/m ³	8.68 µg/m ³	5.11 µg/m ³
	X:234343;Y:4095270	X:233143;Y:4090170	X:233143;Y:4092270	X:233143;Y:4089870
24 x 24	94.55 µg/m ³	38.48 µg/m ³	14.73 µg/m ³	9.62 µg/m ³
	X:237343;Y:4096470	X:230143;Y:4090170	X:229843;Y:4089870	X:229843;Y:4089870

Çizelge B.12 : ISC Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	39.54 µg/m ³	9.45 µg/m ³	4.37 µg/m ³	2.79 µg/m ³
	X:242143; Y:4092870	X:239643; Y:4091370	X:236143; Y:4089870	X:236143; Y:4089870
12 x 12	88.20 µg/m ³	19.60 µg/m ³	8.85 µg/m ³	5.11 µg/m ³
	X:244143; Y:4095370	X:233143; Y:4092370	X:233143; Y:4092370	X:233143; Y:4089870
24 x 24	96.75 µg/m ³	33.06 µg/m ³	14.38 µg/m ³	9.39 µg/m ³
	X:245643; Y:4089370	X:229643; Y:4089870	X:229643; Y:4089870	X:229643; Y:4089870

Çizelge B.13 : ISC Modeli ile Kırsal ve Kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.

ISC Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Maksimum Konsantrasyonun Kaynaktan Uzaklığı (m)			
Baca Yüksekliği	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
60	NOx	6*6	100	Şehir	4172	3000	3000	3000
60	NOx	6*6	100	Kırsal	1204	1272	1421	1421
60	NOx	6*6	300	Şehir	4036	3000	3000	3000
60	NOx	6*6	300	Kırsal	1272	1272	1500	1500
60	NOx	6*6	500	Şehir	4242	3000	3000	3000
60	NOx	6*6	500	Kırsal	1118	1414	1414	1414
60	NOx	12*12	100	Şehir	3535	5104	4500	4500
60	NOx	12*12	100	Kırsal	7708	7710	7156	7156
60	NOx	12*12	300	Şehir	5707	4809	4500	4500
60	NOx	12*12	300	Kırsal	7851	7851	4686	4686
60	NOx	12*12	500	Şehir	5522	4500	4500	4500
60	NOx	12*12	500	Kırsal	7778	7778	1414	1414
60	NOx	24*24	100	Şehir	5721	9005	7094	7094
60	NOx	24*24	100	Kırsal	7638	10212	10212	10212
60	NOx	24*24	300	Şehir	5515	9004	6741	6741
60	NOx	24*24	300	Kırsal	7742	10217	10217	10217
60	NOx	24*24	500	Şehir	5522	10012	9500	9500
60	NOx	24*24	500	Kırsal	7778	10511	10511	10511

Çizelge B.14 : ISC Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 120 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.

ISC Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Maksimum Konsantrasyonun Kaynaktan Uzaklığı (m)			
Baca Yüksekliği	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
120	NO _x	6*6	100	Şehir	4172	3000	3195	3195
120	NO _x	6*6	100	Kırsal	1204	1300	1272	1272
120	NO _x	6*6	300	Şehir	4242	1615	3231	3231
120	NO _x	6*6	300	Kırsal	1272	1500	1500	1500
120	NO _x	6*6	500	Şehir	4242	1581	3000	3000
120	NO _x	6*6	500	Kırsal	1581	707	707	707
120	NO _x	12*12	100	Şehir	7150	5412	6407	6407
120	NO _x	12*12	100	Kırsal	7710	7710	1421	1421
120	NO _x	12*12	300	Şehir	7224	6007	6462	6462
120	NO _x	12*12	300	Kırsal	7710	7851	1421	1421
120	NO _x	12*12	500	Şehir	7433	6500	6500	6500
120	NO _x	12*12	500	Kırsal	8139	8139	707	707
120	NO _x	24*24	100	Şehir	6525	9204	9400	9400
120	NO _x	24*24	100	Kırsal	7840	10212	10312	10312
120	NO _x	24*24	300	Şehir	6841	9004	9300	9300
120	NO _x	24*24	300	Kırsal	8532	12093	12093	12093
120	NO _x	24*24	500	Şehir	6519	9500	9500	9500
120	NO _x	24*24	500	Kırsal	10012	9500	10511	10511

EK C**Çizelge C.1 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.**

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	27.61 µg/m ³	7.71 µg/m ³	4.45 µg/m ³	1.9 µg/m ³
	X:239443;	X:239443;	X:239343;	X:239343;
	Y:4089070	Y:4088970	Y:4090170	Y:4090170
12 x 12	107.50 µg/m ³	9.72 µg/m ³	4.45 µg/m ³	1.90 µg/m ³
	X:233843;	X:234143;	X:239343;	X:239343;
	Y:4095470	Y:4095670	Y:4090370	Y:4090170
24 x 24	167.96 µg/m ³	43.06 µg/m ³	10.07 µg/m ³	6.45 µg/m ³
	X:239643;	X:239643;	X:228843;	X:228843;
	Y:4099870	Y:4099370	Y:4089370	Y:4089370

Çizelge C.2 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	26.51 µg/m ³	7.71 µg/m ³	4.35 µg/m ³	1.88 µg/m ³
	X:239443;	X:239443;	X:239443;	X:239443;
	Y:4088970	Y:4088970	Y:4090170	Y:4090170
12 x 12	96.44 µg/m ³	8.83 µg/m ³	4.35 µg/m ³	1.88 µg/m ³
	X:234043;	X:244043;	X:239443;	X:239443;
	Y:4095570	Y:4095570	Y:4090170	Y:4090170
24 x 24	165.39 µg/m ³	41.93 µg/m ³	8.38 µg/m ³	5.39 µg/m ³
	X:239743;	X:239143;	X:228643;	X:228643;
	Y:4099770	Y:4099470	Y:4089270	Y:4089270

Çizelge C.3 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	23.60 µg/m ³	4.45 µg/m ³	3.83 µg/m ³	1.71 µg/m ³
	X:237643;	X:239643;	X:239643;	X:239643;
	Y:4090370	Y:4088370	Y:4090370	Y:4090370
12 x 12	82.09 µg/m ³	6.88 µg/m ³	3.83 µg/m ³	1.71 µg/m ³
	X:233643;	X:233643;	X:239643;	X:239643;
	Y:4095870	Y:4095870	Y:4090370	Y:4090370
24 x 24	167.96 µg/m ³	43.03 µg/m ³	9.32 µg/m ³	5.98 µg/m ³
	X:239643;	X:239143;	X:228643;	X:228643;
	Y:4099870	Y:4099370	Y:4089370	Y:4089370

Çizelge C.4 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	32.97 µg/m ³	10.52 µg/m ³	5.52 µg/m ³	2.61 µg/m ³
	X:239343;	X:239343;	X:239343;	X:239443;
	Y:4089270	Y:4089270	Y:4090170	Y:4090170
12 x 12	70.30 µg/m ³	10.5 µg/m ³	5.52 µg/m ³	2.61 µg/m ³
	X:233843;	X:239343;	X:239343;	X:239443;
	Y:4095470	Y:4089270	Y:4090170	Y:4090170
24 x 24	87.8 µg/m ³	18.35 µg/m ³	5.52 µg/m ³	2.95 µg/m ³
	X:231443;	X:239243;	X:239343;	X:228843;
	Y:4100970	Y:4099370	Y:4090170	Y:4089370

Çizelge C.5 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	32.28 µg/m ³	9.23 µg/m ³	5.51 µg/m ³	2.61 µg/m ³
	X:239443;	X:239443;	X:239443;	X:239443;
	Y:4089270	Y:4088970	Y:4090170	Y:4090170
12 x 12	55.71 µg/m ³	9.23 µg/m ³	5.51 µg/m ³	2.61 µg/m ³
	X:233743;	X:239443;	X:239443;	X:239443;
	Y:4095570	Y:4088970	Y:4090170	Y:4090170
24 x 24	86.53 µg/m ³	18 µg/m ³	5.51 µg/m ³	2.61 µg/m ³
	X:234043;	X:239143;	X:239443;	X:239443;
	Y:4101870	Y:4099470	Y:4090170	Y:4090170

Çizelge C.6 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 60 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	26.61 µg/m ³	6.85 µg/m ³	4.40 µg/m ³	2.15 µg/m ³
	X:239643;	X:239143;	X:239643;	X:239643;
	Y:4089870	Y:4090370	Y:4090370	Y:4090370
12 x 12	44.37 µg/m ³	6.85 µg/m ³	4.4 µg/m ³	2.15 µg/m ³
	X:233643;	X:239143;	X:239643;	X:239643;
	Y:4095370	Y:4090370	Y:4090370	Y:4090370
24 x 24	85.38 µg/m ³	18.26 µg/m ³	4.4 µg/m ³	2.75 µg/m ³
	X:234143;	X:239143;	X:239643;	X:228643;
	Y:4101870	Y:4099370	Y:4090370	Y:4089370

Çizelge C.7 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	20.06 µg/m ³	4.36 µg/m ³	2.78 µg/m ³	1.19 µg/m ³
	X:240043;	X:239543;	X:239543;	X:239643;
	Y:4087870	Y:4090470	Y:4090470	Y:4090470
12 x 12	20.41 µg/m ³	4.36 µg/m ³	2.78 µg/m ³	1.19 µg/m ³
	X:233843;	X:240143;	X:239543;	X:239643;
	Y:4095470	Y:4090470	Y:4090470	Y:4090470
24 x 24	90.57 µg/m ³	20.83 µg/m ³	3.57 µg/m ³	1.75 µg/m ³
	X:238843;	X:239243;	X:251143;	X:233143;
	Y:4100570	Y:4100370	Y:4100570	Y:4101870

Çizelge C.8 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	19.98 µg/m ³	4.31 µg/m ³	2.69 µg/m ³	1.18 µg/m ³
	X:240043;	X:239443;	X:239443;	X:239743;
	Y:4087770	Y:4090470	Y:4090470	Y:4090470
12 x 12	19.98 µg/m ³	4.31 µg/m ³	2.69 µg/m ³	1.18 µg/m ³
	X:240043;	X:239443;	X:239443;	X:239743;
	Y:4087770	Y:4090470	Y:4090470	Y:4090470
24 x 24	86.53 µg/m ³	20.70 µg/m ³	3.37 µg/m ³	1.73 µg/m ³
	X:239743;	X:239143;	X:251143;	X:233143;
	Y:4101870	Y:4100370	Y:4099770	Y:4101870

Çizelge C.9 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kırsal alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	19.89 µg/m ³	4.19 µg/m ³	2.69 µg/m ³	1.17 µg/m ³
	X:240143;	X:239643;	X:239643;	X:239643;
	Y:4087870	Y:4088370	Y:4090370	Y:4090370
12 x 12	19.89 µg/m ³	4.19 µg/m ³	2.69 µg/m ³	1.17 µg/m ³
	X:240143;	X:239643;	X:231643;	X:239643;
	Y:4087870	Y:4088370	Y:4090370	Y:4090370
24 x 24	86.17 µg/m ³	20.75 µg/m ³	3.25 µg/m ³	1.43 µg/m ³
	X:231643;	X:239143;	X:251143;	X:233143;
	Y:4101370	Y:4100370	Y:4100370	Y:4101870

Çizelge C.10 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 100 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

100 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	17.74 µg/m ³	5.67 µg/m ³	3.4 µg/m ³	1.59 µg/m ³
	X:239443;	X:239443;	X:239543;	X:239543;
	Y:4089170	Y:4088970	Y:4090370	Y:4090370
12 x 12	17.73 µg/m ³	5.67 µg/m ³	3.42 µg/m ³	1.59 µg/m ³
	X:239443;	X:239443;	X:239543;	X:239543;
	Y:4089170	Y:4088970	Y:4090370	Y:4090370
24 x 24	44.96 µg/m ³	12.6 µg/m ³	3.42 µg/m ³	1.56 µg/m ³
	X:238743;	X:239243;	X:239543;	X:239543;
	Y:4100570	Y:4100370	Y:4090370	Y:4090470

Çizelge C.11 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 300 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

300 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	17.57 µg/m ³	5.67 µg/m ³	3.28 µg/m ³	1.53 µg/m ³
	X:239443;	X:239443;	X:239443;	X:239443;
	Y:4089270	Y:4088970	Y:4090470	Y:4090470
12 x 12	17.57 µg/m ³	5.67 µg/m ³	3.28 µg/m ³	1.53 µg/m ³
	X:239443;	X:239443;	X:239443;	X:239443;
	Y:4089270	Y:4088970	Y:4090470	Y:4090470
24 x 24	44.05 µg/m ³	12.49 µg/m ³	3.28 µg/m ³	1.53 µg/m ³
	X:239143;	X:239143;	X:239443;	X:239443;
	Y:4100670	Y:4100370	Y:4090470	Y:4090470

Çizelge C.12 : AERMOD Modeli ile tesis baca boyunun 120 metre seçimi ve kentsel alanlar için 500 metrelik gridleme sonucu oluşan maksimum konsantrasyonlar ve koordinatları.

500 metrelik Gridler				
Çalışma Alanı (kmxkm)	1 saatlik	24 saatlik	Aylık	Yıllık
6 x 6	15.86 µg/m ³	5.07 µg/m ³	3.29 µg/m ³	1.57 µg/m ³
	X:239643;	X:239643;	X:239643;	X:239643;
	Y:4089370	Y:4090370	Y:4090370	Y:4090370
12 x 12	15.86 µg/m ³	5.07 µg/m ³	3.29 µg/m ³	1.57 µg/m ³
	X:239643;	X:239643;	X:239643;	X:239643;
	Y:4089370	Y:4090370	Y:4089370	Y:4090370
24 x 24	43.96 µg/m ³	12.49 µg/m ³	3.29 µg/m ³	1.57 µg/m ³
	X:239143;	X:239143;	X:239643;	X:239643;
	Y:4100370	Y:4100370	Y:4090370	Y:4090370

Çizelge C.13 : AERMOD Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.

AERMOD Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Maksimum Konsantrasyonun Kaynaktan Uzaklığı (m)			
Baca Yüksekliği	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
60	NOx	6*6	100	Şehir	632	632	360	360
60	NOx	6*6	100	Kırsal	854	948	360	360
60	NOx	6*6	300	Şehir	670	948	424	424
60	NOx	6*6	300	Kırsal	948	948	424	424
60	NOx	6*6	500	Şehir	500	500	707	707
60	NOx	6*6	500	Kırsal	1581	1581	707	707
60	NOx	12*12	100	Şehir	7710	632	360	360
60	NOx	12*12	100	Kırsal	7750	7657	538	538
60	NOx	12*12	300	Şehir	7851	948	424	424
60	NOx	12*12	300	Kırsal	7648	7516	424	424
60	NOx	12*12	500	Şehir	7778	500	707	707
60	NOx	12*12	500	Kırsal	8139	8139	707	707
60	NOx	24*24	100	Şehir	13509	9500	360	360
60	NOx	24*24	100	Kırsal	10012	9513	10312	10312
60	NOx	24*24	300	Şehir	13038	9600	424	424
60	NOx	24*24	300	Kırsal	9918	9600	10517	10517
60	NOx	24*24	500	Şehir	13000	9500	707	707
60	NOx	24*24	500	Kırsal	10012	9500	10511	10511

Çizelge C.14 : AERMOD Modeli ile kırsal ve kentsel alanlarda 60 metre baca yüksekliği için farklı çalışma alanlarında maksimum NO₂ konsantrasyonunun kaynaktan uzaklığı.

AERMOD Model Programı Kullanımı								
Çalışma alanı ve baca yüksekliği özellikleri					Maksimum Konsantrasyonun Kaynaktan Uzaklığı (m)			
Baca Yüksekliği	Kirletici	Çalışma Alanı (km x km)	Grid Boyutu (m)	Arazi Tipi	1 saat	24 saat	Aylık	Yıllık
120	NO _x	6*6	100	Şehir	761	948	640	640
120	NO _x	6*6	100	Kırsal	2193	721	721	721
120	NO _x	6*6	300	Şehir	670	948	670	670
120	NO _x	6*6	300	Kırsal	2284	670	670	670
120	NO _x	6*6	500	Şehir	707	707	707	707
120	NO _x	6*6	500	Kırsal	2236	1581	707	707
120	NO _x	12*12	100	Şehir	761	948	640	640
120	NO _x	12*12	100	Kırsal	5299	1166	721	721
120	NO _x	12*12	300	Şehir	670	948	670	670
120	NO _x	12*12	300	Kırsal	2284	670	670	670
120	NO _x	12*12	500	Şehir	707	707	707	707
120	NO _x	12*12	500	Kırsal	2236	1581	3041	3041
120	NO _x	24*24	100	Şehir	10707	10500	640	640
120	NO _x	24*24	100	Kırsal	10704	10500	15556	15556
120	NO _x	24*24	300	Şehir	10800	10500	670	670
120	NO _x	24*24	300	Kırsal	18000	10500	15556	15556
120	NO _x	24*24	500	Şehir	10500	10500	707	707
120	NO _x	24*24	500	Kırsal	13729	10500	15945	15945

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Ezgi ERDOĞAN

Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara, 15.01.1988

Adres: İstanbul

E-Posta: ezgierdogan87@hotmail.com

Lisans:İstanbul Üniversitesi

Meslek : Çevre Mühendisi

