

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

KIRSAL ALANLARDA HAVA KALİTESİ
MODELLEMESİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA
(ÇAN-BAYRAMİÇ BÖLGESİ ÖRNEĞİ)

Nesimi ÖZKURT
DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2011

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

KIRSAL ALANLARDA HAVA KALİTESİ
MODELLEMESİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA
(ÇAN-BAYRAMİÇ BÖLGESİ ÖRNEĞİ)

Nesimi ÖZKURT
DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU

GEBZE
2011



**GEBZE YÜKSEK
TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**

**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JÜRİ ONAY FORMU**

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI):

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

ÜYE :

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../..... tarih ve/..... sayılı kararı ile yukarıdaki öğretim elemanlarından oluşmuş jüri tarafından düzenlenen .../.../..... tarihli Tez Savunma Tutanağı neticesinde Doktora öğrencisi Nesimi ÖZKURT'un çalışması GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Yönetim Kurulu .../.../..... tarih ve .../.../... sayılı kararıyla Anabilim Dalında Doktora tezi olarak onaylanmıştır.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

**TEZİN BAŞLIĞI : KIRSAL ALANLARDA HAVA KALİTESİ
MODELLEMESİ ÜZERİNE ARAŞTIRMA (ÇAN-
BAYRAMIÇ BÖLGESİ ÖRNEĞİ)**

YAZAR ADI : NESİMİ ÖZKURT

Türkiye’de pek çok sanayileşmiş yerleşim bölgesine ait hava kalitesi izleme çalışmalarıyla birlikte, emisyon envanteri çalışmalarına temel oluşturması sebebiyle bazı kirleticiler için modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kaynak çeşitliliğinin olduğu ve kirletici yüklerinin oldukça yoğun olduğu sanayi ile iç içe geçmiş yerleşim bölgelerinde hava kalitesi izleme çalışmaları, mevcut durumun saptanıp iyileştirilmesine yönelik çözümlerin geliştirilmesinde fayda sağlamaktadır. Bununla birlikte, henüz sanayi sektörünün yoğunluk taşımadığı ve düzensiz kentleşmenin de olmadığı ya da göreceli olarak yapılaşma oranının daha az olduğu bölgelerde, mevcut hava kalitesinin tespiti, geleceğe yönelik planlamalar için bir yönetim modelinin geliştirilmesi de çok önemlidir.

Çan-Bayramiç bölgesinde yer alan kaynakların çevre hava kalitesine etkilerinin belirlenmesine yönelik bir hava kalitesi yönetim modeli, kaynak-alıcı etkileşimi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Konumu itibarıyla hassas bir alan olan çalışma alanında yer alan 18 Mart Çan Termik Santrali ile birlikte Çanakkale Seramik sanayi tesisleriyle Çan ve Bayramiç yerleşim yerlerinden açığa çıkan kirleticiler tespit edilmiş, emisyon yükleri hesaplanmış ve dağılımları modelleme çalışmasıyla belirlenmiştir. Kaynaklarda açığa çıkan kirleticilerden en etkin yüke sahip olmaları ve uzun yıllar süresince ekonomik izleme kriterleri gözetilerek (pasif difüzyon örnekleyicileriyle) kükürt dioksit (SO₂) ve azot dioksit (NO₂) gaz kirleticileri incelenmiştir.

Söz konusu kirleticiler araştırma alanında on ayrı izleme istasyonunda aylık olarak üç yıl süresince ölçülmüştür. Ayrıca, çalışma alanında yer alan kirletici kaynaklardan aynı kirleticilerin emisyon yükleri hesaplanmıştır. Elde edilen tüm veriler analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Modellemede uluslararası kabul görmüş CALMET ile Lagrangien kararsız hal kabarık duman (non steady state puff) dağılım modeli olan CALPUFF kullanılmıştır. SO₂ ve NO₂ gazları için, CALPUFF dağılım modeli ile uzun erişimli alanda seçilen alıcı ortam noktalarındaki aylık ve yıllık konsantrasyonlar belirlenmiştir.

Çalışma alanında uygulanan modelin kalibrasyonu için istatistiksel parametrelerden fraksiyonel yanlılık (FB), normalize ortalama kareler hatası (NMSE), korelasyon katsayısı (r), Faktör 2 (FAC2) ve uyumluluk indeksi (d) birlikte kullanılmıştır. Modelin performansını test etmek için, aylık olarak 2006 (kalibrasyon), 2007 ve 2008 (doğrulama) yıllarına ait SO₂ ve NO₂ veri setleri (her iki parametre için ölçüm ve model sonuçları ayrı ayrı) arasındaki ilişki irdelenmiştir. Genel değerlendirme yapabilmek için yıllık tüm veri setleri dikkate alınarak model başarı değerlendirme sonuçları elde edilmiştir.

İstatistiksel parametrelerle yapılan değerlendirme sonucu, Çan-Bayramiç bölgesinde ve kırsal alanda yapılan ölçümlerle model tahminlerinin örtüştüğü ortaya çıkarılmıştır. Genel model performansı irdelendiğinde, tüm istatistik parametreler için sonuçların kabul edilebilir değerlerde bulunduğu, başka bir ifadeyle modelleme çalışmasının başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Model-senaryo yaklaşımlarının Çan-Bayramiç bölgesi gibi kırsal alanlarda, özellikle ülke gündeminde olan Temiz Hava Eylem Planları ve Çevre Düzeni planlamaları kapsamında kullanılabileceği ve hava kalitesi yönetimi perspektifiyle dikkate alınmasının önemi ortaya koyulmuştur. Kırsal alanlarda kirletici emisyonları açısından mevcut durumun tespiti, incelenmesi ve modelleme metodolojisiyle, farklı durum senaryolarına göre yapılacak veri analizleri ve değerlendirmelerinin, endüstriyel ve kentsel planlamalar yapılırken karar verme sisteminin geliştirilmesine de fayda sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç olarak, hava kirliliği dağılımında kullanılan bir matematik modelin, herhangi bir bölgede hava kirliliğini istenilen seviyeye azaltmak, hava kalitesi standartlarının altında tutmak ve kontrol etmek için çeşitli alternatifler, senaryolar ve öneriler geliştirmek adına etkin şekilde kullanılabildiği görülmüştür.

SUMMARY

**TITLE OF THE THESIS : RESEARCH ON AIR QUALITY MODELING
FOR RURAL AREAS (CASE STUDY FOR CAN-
BAYRAMIC ZONE)**
AUTHOR : NESİMİ ÖZKURT

The modeling is thought as a base for emission inventory studies. Therefore, for certain pollutants', it is used together with air quality monitoring for many industrialized and residential areas in Turkey. Air quality monitoring is beneficial to determine existing situation and to develop air quality improving solutions for residential areas which are near industries and have high potential air pollution. However, it is also very important to develop a management model for rural or suburban areas which do not contain so dense industry and unplanned increase in constructional activities.

Air quality management model had been evaluated according to source-receptor interaction, for determination impacts on air quality in Çan-Bayramiç zone. Emission rates of air pollutants sourced from 18 Mart Çan Thermal Power Plant and Çanakkale Ceramic Plant together with residential areas (Çan and Bayramiç counties) were calculated and distribution over the area was defined by dispersion modeling. Sulphur Dioxide (SO₂) and Nitrogen Dioxide (NO₂) were investigated because both were the parameters which have highest emission rate among other pollutants in the zone and it is economical monitoring during long years (with passive diffusive sampler).

SO₂ and NO₂ had been measured as monthly at ten monitoring stations during three years in the research area. Furthermore, the emission rates of these pollutants were calculated in the study area. All data gathered from these activities had been analyzed and evaluated.

In the modeling study, CALMET, which is internationally approved and

CALPUFF, which is a Lagrangien non steady state puff dispersion model were used. Monthly and yearly concentrations were calculated for SO₂ and NO₂ in the 50x35 km² areas of 1x1 km² grids by CALPUFF dispersion model.

For calibration of applied model in study area, fractional bias (FB), normalized mean square error (NMSE), correlation coefficient (r), FAC2 and index of agreement (d) statistical tools were used. For testing model performance, relationship between the monthly data for NO₂ and SO₂ (for each pollutant measured and predicted results separately) of 2006 (calibration), 2007 and 2008 (verification) were evaluated, and then for overall model evaluation, all yearly data were used and performance results were completed.

According to statistical evaluation, model predictions were agreed well with the measurement results in Çan-Bayramiç zone and rural areas. When the general performance of model were investigated, all results calculated for statistical parameters were found in criteria, in other words the modeling study was quite successful.

The model-scenario approach in rural areas such as Can-Bayramic region, especially in our country is on our agenda can be used under the Clean Air Action Plans and Environmental Master planning and the importance of taking into account the perspective of air quality management has been revealed. The current situation in rural areas in terms of pollutant emissions detection, investigation and modeling methodology, data analysis and assessments made by different status scenarios, while industrial and urban planning in the decision-making system will benefit the development is concluded.

In conclusion, a mathematical model in the dispersion of air pollution can be used in the name of a very useful way, to reduce to any desired level of air pollution in a region, to control air pollution with the various alternatives to keep under the limit of standartds, to develop scenarios and recommendations in air quality management studies.

TEŞEKKÜR

Doktora Tez çalışmamın başlangıcından sonuçlanmasına kadar her türlü yardım ve ilgilerini esirgemeyen, yapıcı tutumuyla tez çalışmamda motivasyonumu yüksek düzeyde tutmamı sağlayan, engin mühendislik ve akademisyenlik tecrübelerinden her zaman faydalandığım ve faydalanacağım değerli danışmanım Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU'ya şükranlarımı arz ederim.

Tez izleme süresince vermiş oldukları değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Kadir ALP'e ve Yrd.Doç.Dr. Pınar ERGENEKON'a çok teşekkür ederim.

Deneyisel ve modelleme çalışmalarımın bir kısmının TÜBİTAK MAM altyapısının kullanılarak yapılmasına olanak sağlayan Çevre Enstitüsü Müdürümüz Doç. Dr. Mustafa TIRIS ve Enstitü Müdür Yardımcımız Dr. Ahmet BABAN'a ve başta grup arkadaşlarım Deniz SARI, Nuray AKALIN, Dr.Bilgin HİLMİOĞLU olmak üzere emeği geçen tüm Çevre Enstitüsü personeline ayrı ayrı şükranlarımı sunarım.

Modellemenin kalibrasyonunda ve doğrulama çalışmalarında, “Çan Termik Santralı Hava Kalitesi Ölçüm ve Su Analizleri Projesi” izleme istasyon verilerini kullanma imkânı tanıyan, başta Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü'nden Sayın Handan DÖNMEZ olmak üzere projede emeği geçen tüm kurum arkadaşlarına sonsuz teşekkür ederim. ÇANAKKALE GAZ A.Ş arşivlerinden yararlanmamı sağlayan Sayın İbrahim ÇAKIN'a teşekkür ederim.

Hayatımın tüm aşamalarında sürekli desteklerini hissettiren sevgili babam ve anneme, doktora çalışmamın tüm aşamalarında yılmadan beni teşvik eden ve değerli desteklerini esirgemeyen sevgili eşime ve sevgili oğluma, ayrıca ailemize yeni katılmasına rağmen son bir yılda ona daha az zaman ayırmama katlandığı için sevgili kızıma ve tüm aileme teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. HAVA KALİTESİ DAĞILIM MODELLERİ VE MODEL SEÇİMİ	5
2.1 Model Uygulamalarının Gelişimi ve Önemi	5
2.2 Modellerin Kullanım Alanları	7
2.3 Çeşitli Dağılım Modellerinin Tanıtımı	10
2.3.1. ADMS 3 Modeli	10
2.3.2. AERMOD Modeli	10
2.3.3. DISPERSION 21 Modeli	11
2.3.4. ISC3 Modeli	11
2.3.5. MERCURE Modeli	12
2.3.6. NAME Modeli	12
2.3.7. PUFF-PLUME Modeli	13
2.3.8. RIMPUFF Modeli	13
2.3.9. SAFE AIR Modeli	13
2.4 CALPUFF Dağılım Modellemesi	14
2.4.1. CALMET Modülü	14
2.4.2. CALPUFF Dağılım Modeli	16
2.4.3. CALPOST Modülü	18
3. HAVA KALİTESİ YÖNETİMİNDE MODEL KULLANIMI	19
3.1 Hava Kirliliği	19
3.2 Gelişmekte Olan Ülkelerde Hava Kirliliği Kontrolü	23
3.3 Hava Kalitesi Yönetimi	25
3.3.1. Ülkemizde Hava Kalitesi Yönetimiyle İlişkili Düzenlemeler	30

3.3.1.1.	Çevre düzeni planları	30
3.3.1.2.	Temiz hava planları	31
4.	ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ	34
4.1	Bölgenin Coğrafi Konumu	34
4.2	Yeryüzü Şekilleri	34
4.3	Meteorolojik ve İklimsel Özellikler	35
4.3.1.	Sıcaklık Rejimi	37
4.3.2.	Rüzgâr Yönü ve Hızı	38
4.3.3.	Bulutluluk	41
4.3.4.	Güneşlilik	43
5.	MODELİN UYGULAMASI	46
5.1	Hava Kalitesi İzleme Çalışması	46
5.1.1.	Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemleri	46
5.1.1.1.	Otomatik analizörler	47
5.1.1.2.	Pasif örnekleyiciler	47
5.1.1.3.	Aktif örnekleyiciler	48
5.1.1.4.	Uzaktan algılayıcılar	48
5.1.2.	Araştırma Kapsamında İncelenen Parametrelerin Ölçüm Yöntemleri	48
5.1.2.1.	Kükürt dioksit (SO ₂) ölçüm yöntemleri	48
5.1.2.2.	Azot dioksit (NO ₂) ölçüm yöntemleri	49
5.2	Ölçüm Sonuçları	49
5.3	Hava Kalitesi Modelleme Çalışması	68
5.4	Model Girdileri	69
5.4.1.	Meteorolojik Veriler	69
5.4.2.	Topoğrafya Bilgileri	69
5.4.3.	Kaynak Bilgileri	69
5.5	Model Performans Değerlendirmesi	72
5.5.1.	Model Performansında Kullanılan İstatistik Parametreler	75
5.5.1.1.	Korelasyon	76
5.5.1.2.	Uyumluluk indeksi	77
5.5.1.3.	Fraksiyonel yanlılık	78
5.5.1.4.	Normalize ortalama kareler hatası	78

5.5.1.5.	Faktör 2 (FAC2)	78
5.5.2.	Model Kalibrasyonu ve Doğrulanması	79
5.6	Model Uygulama Senaryoları	103
5.6.1.	Senaryo MS-1 için Modelin Uygulaması	108
5.6.2.	Senaryo MS-2 için Modelin Uygulaması	115
5.6.3.	Senaryo MS-3 için Modelin Uygulaması	123
5.6.4.	Senaryo MS-4 için Modelin Uygulaması	131
5.6.5.	Senaryo PS-1 için Modelin Uygulaması	140
5.6.6.	Senaryo PS-2 için Modelin Uygulaması	146
5.6.7.	Senaryo PS-3 için Modelin Uygulaması	151
5.6.8.	Senaryo PS-4 için Modelin Uygulaması	156
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	163
6.1	Öneriler	170
EK- 1		180
EK- 2		185

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ADMS 3	: Atmospheric Dispersion Modelling System
AERMOD	: American Meteorological Society/Environmental Protection Agency Regulatory Model
CALMET	: Meteorolojik Model
CALPOST	: CALPUFF Modelinde Kullanılan Postprosesor
CALPUFF	: California Puff Dağılım Modeli
CGIAR-CSI	: Consortium for Spatial Information
CO ₂	: Karbon dioksit
EPA	: Environmental Protection Agency
EU	: Avrupa Birliği
FAC2	: Faktör 2
FB	: Fraksiyonel Yanlılık
HKDYY	: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
IA (d)	: Uyumluluk İndeksi
ISC3	: Industrial Source Complex Dağılım Modeli
NAME	: Numerical Atmospheric Dispersion Modeling Environment
NMSE	: Normalize Ortalama Kareler Hatası (Normalized Mean Square Error)
NO ₂	: Azot dioksit
NO _x	: Azotoksitler
PM ₁₀	: Aerodinamik çapı 10 µm'den küçük partiküler madde
POPs	: Kalıcı Organik Kirleticiler
r	: Korelasyon Katsayısı
RAINS	: Meteorolojik bir model
RIMPUFF	: Danish Rimpuff and Eulerian Accidental Release Model
SAFE AIR	: Simulation of Air pollution From Emissions Above Inhomogeneous Regions Modeli
SO ₂	: Kükürt dioksit
SRTM	: Shuttle Radar Topographic Mission
TEA	: Trietanolamin
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

UNDP	: United Nations Development Program
US	: Amerika Birleşik Devletleri
UV	: Ultraviyole Işın
UVS	: Uzun Vadeli Sınır Değer
VOC	: Uçucu Organik Bileşikler
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Atmosferdeki kirleticiler ve etkileri	21
3.2. Hava Kalitesi Yönetimi Şeması	29
4.1. Çalışma alanı Çan-Bayramiç bölgesinin konumu	34
4.2. Meteoroloji istasyonları ortalama sıcaklık değerleri	37
4.3. Bandırma İstasyonu Rüzgârgülü	39
4.4. Çanakkale İstasyonu Rüzgârgülü	40
4.5. Tekirdağ İstasyonu Rüzgârgülü	40
4.6. Gönen İstasyonu Rüzgârgülü	41
4.7. Meteoroloji istasyonları ortalama bulutluluk değerleri	42
4.8. Meteoroloji istasyonları ortalama güneşlilik değerleri	44
5.1. Pasif Örnekleyici Tüpü ve bileşenleri	51
5.2. Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Görüntüsü (8 No'lu)	51
5.3. Ölçüm istasyonları ve yıllık (2006) SO ₂ dağılımının gösterimi	72
5.4. Çalışma alanında yıllık SO ₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği	73
5.5. Ölçüm istasyonları ve yıllık (2006) NO ₂ dağılımının gösterimi	74
5.6. Çalışma alanında yıllık NO ₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği	75
5.7. SO ₂ için 2006 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri	85
5.8. NO ₂ için 2006 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri	88
5.9. SO ₂ için 2007 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri	91
5.10. NO ₂ için 2007 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri	94
5.11. SO ₂ için 2008 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri	97
5.12. NO ₂ için 2008 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri	100
5.13. Senaryo MS-1'e göre Aralık ayı SO ₂ dağılım grafiği	111
5.14. Senaryo MS-1'e göre Aralık ayı NO ₂ dağılım grafiği	112

5.15. Senaryo MS-1'e göre Haziran ayı SO ₂ dağılım grafiği	113
5.16. Senaryo MS-1'e göre Haziran ayı NO ₂ dağılım grafiği	114
5.17. Senaryo MS-2'ye göre Aralık ayı SO ₂ dağılım grafiği	119
5.18. Senaryo MS-2'ye göre Aralık ayı NO ₂ dağılım grafiği	120
5.19. Senaryo MS-2'ye göre Haziran ayı SO ₂ dağılım grafiği	121
5.20. Senaryo MS-2'ye göre Haziran ayı NO ₂ dağılım grafiği	122
5.21. Senaryo MS-3'e göre Aralık ayı SO ₂ dağılım grafiği	127
5.22. Senaryo MS-3'e göre Aralık ayı NO ₂ dağılım grafiği	128
5.23. Senaryo MS-3'e göre Haziran ayı SO ₂ dağılım grafiği	129
5.24. Senaryo MS-3'e göre Haziran ayı NO ₂ dağılım grafiği	130
5.25. Senaryo MS-4'e göre Aralık ayı SO ₂ dağılım grafiği	135
5.26. Senaryo MS-4'e göre Aralık ayı NO ₂ dağılım grafiği	136
5.27. Senaryo MS-4'e göre Haziran ayı SO ₂ dağılım grafiği	137
5.28. Senaryo MS-4'e göre Haziran ayı NO ₂ dağılım grafiği	138
5.29. Senaryo PS-1'e göre oluşan SO ₂ dağılım grafiği	144
5.30. Senaryo PS-1'e göre oluşan NO ₂ dağılım grafiği	145
5.31. Senaryo PS-2'ye göre oluşan SO ₂ dağılım grafiği	149
5.32. Senaryo PS-2'ye göre oluşan NO ₂ dağılım grafiği	150
5.33. Senaryo PS-3'e göre oluşan SO ₂ dağılım grafiği	154
5.34. Senaryo PS-3'e göre oluşan NO ₂ dağılım grafiği	155
5.35. Senaryo PS-4'e göre oluşan SO ₂ dağılım grafiği	160
5.36. Senaryo PS-4'e göre oluşan NO ₂ dağılım grafiği	161

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Hava kirliliği nedeni ile yaşanan bazı önemli facialar	20
3.2. SO ₂ ve NO ₂ için HKDYY, EU, US ve WHO Sınır Değerleri	27
4.1. Meteoroloji istasyonlarında ölçülen ortalama sıcaklıklar	37
4.2. Meteoroloji istasyonları ortalama bulutluluk değerleri	42
4.3. Meteoroloji istasyonları ortalama güneşlilik değerleri	44
5.1. Hava kalitesi izleme istasyonları bilgileri	50
5.2. 2006 yılı aylık SO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	52
5.3. 2007 yılı aylık SO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	53
5.4. 2008 yılı aylık SO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	54
5.5. 1 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	56
5.6. 2 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	56
5.7. 3 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	56
5.8. 4 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	57
5.9. 5 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	57
5.10. 6 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	57
5.11. 7 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	58
5.12. 8 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	58
5.13. 9 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	58
5.14. 10 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO ₂ sonuçları (µg/m ³)	59
5.15. 2006 yılı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	60
5.16. 2007 yılı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	61
5.17. 2008 yılı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	62
5.18. 1 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	64
5.19. 2 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	64

5.20. 3 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	64
5.21. 4 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	65
5.22. 5 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	65
5.23. 6 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	65
5.24. 7 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	66
5.25. 8 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	66
5.26. 9 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	66
5.27. 10 No'lu istasyonda yıllara bağı aylık NO ₂ ölçüm sonuçları (µg/m ³)	67
5.28. Çan ve Bayramiç ilçelerinde kullanılan yakıt emisyon faktörleri	71
5.29. Alan kaynaklardan açığa çıkan emisyon verileri	71
5.30. Nokta kaynak emisyon verileri	71
5.31. SO ₂ için (2006 yılı) model kalibrasyonu değerleri-µg/m ³	83
5.32. NO ₂ için (2006 yılı) model kalibrasyonu değerleri-µg/m ³	86
5.33. SO ₂ için (2007 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m ³	89
5.34. NO ₂ için (2007 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m ³	92
5.35. SO ₂ için (2008 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m ³	95
5.36. NO ₂ için (2008 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m ³	98
5.37. Model kalibrasyon ve doğrulamada istatistik parametre sonuçları	101
5.38. Model kalibrasyon ve doğrulamasının performans göstergeleri	102
5.39. Kullanılan nüfus sayım bilgileri ve projeksiyonlar	106
5.40. SO ₂ ve NO ₂ için HKDYY'de verilen 2010 yılı sınır değerleri	106
5.41. Mevcut durum model senaryo matrisi	107
5.42. Planlamalar için model senaryo matrisi	107
5.43. MS-1 Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	108
5.44. Senaryo MS-1'e göre hesaplanan aylık SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	109
5.45. Senaryo MS-1'e göre hesaplanan aylık NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	110

5.46. MS-2 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	116
5.47. Senaryo MS-2'ye göre hesaplanan aylık SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	117
5.48. Senaryo MS-2'ye göre hesaplanan aylık NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	118
5.49. MS-3 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	124
5.50. Senaryo MS-3'e göre hesaplanan aylık SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	125
5.51. Senaryo MS-3'e göre hesaplanan aylık NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	126
5.52. MS-4 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	132
5.53. Senaryo MS-4'e göre hesaplanan aylık SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	133
5.54. Senaryo MS-4'e göre hesaplanan aylık NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	134
5.55. SO ₂ ve NO ₂ için hedef (2014) sınır değerleri	140
5.56. PS-1 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	141
5.57. Senaryo PS-1'e göre SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	142
5.58. Senaryo PS-1'e göre NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	143
5.59. PS-2 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	146
5.60. Senaryo PS-2'ye göre SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	147
5.61. Senaryo PS-2'ye göre NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	148
5.62. PS-3 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	151
5.63. Senaryo PS-3'e göre SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	152
5.64. Senaryo PS-3'e göre NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	153
5.65. PS-4 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri	157
5.66. Senaryo PS-4'e göre SO ₂ (µg/m ³) sonuçları	158
5.67. Senaryo PS-4'e göre NO ₂ (µg/m ³) sonuçları	159
6.1. MS-4 kapsamında SO ₂ için doygunluk hesabı sonuçları	165
6.2. MS-4 kapsamında NO ₂ için doygunluk hesabı sonuçları	166
6.3. PS senaryoları kapsamında SO ₂ için doygunluk hesabı sonuçları	168
6.4. PS senaryoları kapsamında NO ₂ için doygunluk hesabı sonuçları	169

1. GİRİŞ

Uygulanan yasal düzenlemelere, endüstriyel emisyonların kontrolüne, bazı kimyasal maddelerin kullanımının yasaklanmasına ve hava kalitesi standartlarında yapılan iyileştirmelere rağmen hava kirlenmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliği; kutuplarda buz kütlelerinin erimesine, tekrarlayan ve çok şiddetli fırtınalara, fotokimyasal sis (smog) oluşumuna, stratosferde ozon seviyesinin azalmasına neden olmaya devam etmektedir.

Emisyonlar insan faaliyetleri, endüstriyel prosesler, yanma gibi çeşitli faaliyetler sonucu meydana gelmektedir. Hızlı kentleşme sonucu artan nüfus ve buna bağlı olarak fosil yakıtların kullanımındaki artış, hava kirliliği emisyonlarının artmasına ve hava kalitesi yönetiminin zorlaşmasına neden olmaktadır.

Hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalar, genellikle belirli kirleticilerin zamana ve mekâna bağlı olarak çevrede yol açtıkları kirletici konsantrasyonları ve birikimleri arasındaki ilişkilerin nicelik ve nitelik yönünden incelenmesine yoğunlaşmıştır. Kaynak ve alıcı ortamdaki kirletici konsantrasyonlarının araştırılması, yoğun saha ve laboratuvar çalışmaları ile birlikte kirleticilerin atmosferde yayılmasını ve değişmesini belirlemeyi amaçlayan hava kalitesi matematik modellerinin geliştirilmesini gerektirmiştir.

Hava kirleticilerin zararlı etkilerini en aza indirmek için hava kalitesi yönetimi önemlidir. Hava kalitesi yönetim stratejileri genellikle, hava kalitesi izleme, emisyon envanteri hazırlama ve kontrol stratejilerinin belirlenmesini de kapsayan bir dizi prosesten oluşmaktadır [Molina and Molina, 2004]. Uygun hava kalitesi yönetim planları için, farklı kaynaklardan açığa çıkan kirliliğin tespiti ve kirleticilerin çevre havasına etkilerinin incelenmesi önem taşımaktadır [Bhanarkar et al., 2005].

Kirleticilerin zamanda ve mekânda dağılımının uzun süreli olarak ve sürekli izlenmesi, yüksek maliyet ve deneysel zorluklardan dolayı her zaman uygun olmamaktadır. Bu nedenle, hava kalitesinin belirlenmesi için matematik modellerin kullanılması gereklidir [Krishma et al., 2005]. Farklı şehirlerde, örneğin Delhi’de [Singh et al., 1990; Goyal and Krishna, 2002; Goyal et al., 2003] ve Agra’da [Goyal

et al., 1994] çeşitli kirleticilerin dağılımlarını hesaplamak için, Gaussian temelli hava kalitesi modelleri kullanılmıştır. Modellerin doğruluğu, emisyon verilerinin doğruluğu, meteorolojik verilerin temsili ve kalitesini de içeren çok sayıda faktöre bağlıdır.

Bir modelin doğruluğu ve uygulanabilirliği, model sonuçlarının ölçüm sonuçlarıyla istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılması ile test edilmelidir [Sivacoumar and Thanasasekaran, 1999]. Literatürdeki çok sayıda çalışmada, farklı kirleticiler için, model sonuçları çeşitli istasyonlardaki hava kalitesi ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır [Sivacoumar and Thanasasekaran, 1999; Polydoras et al., 1998; Karppinen et al., 2000; Lorber et al., 2000; An et al., 2001; Kousa et al., 2001; Sivacoumar et al., 2001; Elbir, 2003]. Gronskei et al. (1993) SO₂ ve NO_x verileriyle zamana bağlı sonlu-farklar modeliyle, ölçüm sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Veriler beş ölçüm istasyonundan alınmıştır. Modelle hesaplanan saatlik konsantrasyonların, iki kısa dönem ölçüm sonuçlarıyla zayıf bir korelasyona sahip olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, daha uzun süreli NO_x konsantrasyon verilerindeki değişimin, model sonuçlarıyla çok daha iyi örtüştüğü aynı çalışma kapsamında gözlenmiştir.

Hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalar, genellikle belirli kirletici emisyonları ile bu emisyonların zaman ve mekâna bağlı olarak çevrede yol açtıkları kirletici konsantrasyonları ve birikimleri arasındaki ilişkilerin nicelik ve nitelik bakımından incelenmesine yoğunlaşmıştır. Kaynak ve alıcı ortamdaki kirletici konsantrasyonlarının araştırılması, yoğun saha ve laboratuvar çalışmaları ile birlikte kirleticilerin atmosferde yayılmasını ve değişmesini belirlemeyi amaçlayan hava kalitesi matematik modellerinin geliştirilmesini de kapsar.

Hava kalitesi yönetiminde modelleme çalışması, kirletici kaynakların çevrede meydana getirebileceği etkilerin belirlenmesi, yer seviyesinde oluşacak kirletici konsantrasyonların hesabı ve bu verilerden hareketle kaynaklara getirilecek kısıtlamalar, emisyon standartlarının ve arıtma sistemlerinin şekillendirilmesi, bir bölge veya kentte emisyon kısıtlamalarının planlanması, acil durum planlarının hazırlanması gibi hava kirlenmesi kontrolündeki bütün temel uygulamalara esas teşkil eder.

Türkiye’de yoğun şehirleşme, şehirler için yanlış yer seçimi, motorlu taşıt sayısının artması, düzensiz sanayileşme, kalitesiz yakıt kullanımı, topoğrafik ve meteorolojik şartlar vb. nedenlerden dolayı büyük şehirlerimizde özellikle kış aylarında hava kirliliği artmaktadır. Daha sağlıklı ve kaliteli bir çevrede yaşanması için, hava kirliliğinin azaltılması, hava kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi yönünde ülkemizde de çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Hava kalitesi açısından mevcut durumun belirlenmesi, mevzuatın etkin uygulanması ve AB limit değerlerine uyum sağlanması amacıyla, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından, Nisan 2010 tarihinde “Temiz Hava Eylem Planı” hazırlanmıştır. Ayrıca, Kasım 2008 tarihinde “Çevre Düzeni Planlarına Dair Yönetmelik” yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğe göre, bölge ve havza bazında 1/50.000-1/100.000 ölçekteki çevre düzeni planlarının hazırlanması gerekmektedir. Çevre düzeni planları, ülkemizin sahip olduğu doğal, tarihi ve kültürel zenginliğin korunması temelinde hazırlanmalıdır. Kalkınma planları ve varsa bölge planları temel alınarak, ekonomik kararlarla ekolojik kararların bir arada düşünülmesi gereklidir. Sonuçta, genel arazi kullanım kararları ile bunlara ilişkin strateji ve politikaları oluşturmak ve çevre kirliliğini önlemek amacıyla nazım ve uygulama imar planlarına esas teşkil etmesi öngörülmektedir.

Ülke genelinde pek çok sanayileşmiş yerleşim bölgesine ait hava kalitesi izleme çalışmalarıyla birlikte, emisyon envanteri çalışmalarına temel oluşturması sebebiyle bazı kirleticiler için modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kaynak çeşitliliği ve kirletici yüklerinin oldukça yoğun olduğu sanayi ile iç içe geçmiş yerleşim bölgelerinde hava kalitesi izleme çalışmaları, mevcut durumun saptanması ve iyileştirmeye yönelik çözümlerin geliştirilmesi için gereklidir. Ancak, henüz sanayi sektörünün yoğunluk taşımadığı ve düzensiz kentleşmenin de olmadığı ya da yapılaşma oranının göreceli olarak daha az olduğu alanlarda, mevcut hava kalitesinin tespiti, geleceğe yönelik planlamalar için bir stratejinin geliştirilmesi de çok önemlidir.

Bu çalışmada, Çan-Bayramiç bölgesinde yer alan kaynakların çevre hava kalitesine etkilerinin belirlenmesine yönelik bir hava kalitesi yönetim modeli, kaynak-alıcı ortam etkileşimi çerçevesinde değerlendirilmiştir. Konumu itibarıyla hassas bir alan olan Çan ve Bayramiç arasında yer alan 18 Mart Çan Termik Santrali ile birlikte Çan’da yer alan Çanakkale Seramik sanayi tesisinden ve yerleşim

birimlerinden açığa çıkan kirleticiler tespit edilmiş, emisyon yükleri hesaplanmış ve dağılımları CALPUFF modeli kullanılarak belirlenmiştir.

Kaynaklardan açığa çıkan kirleticilerden, en büyük yük değerine sahip olmaları ve uzun yıllar süresince ekonomik izleme kriterleri gözetilerek kükürt dioksit (SO_2) ve azot dioksit (NO_2) gaz kirleticileri incelenmiştir. Söz konusu kirleticiler, TÜBİTAK MAM Çevre Enstitüsü bünyesinde yürütülmüş olan “Çan Termik Santralı Hava Kalitesi Ölçümleri ve Su Analizleri Projesi” kapsamında on ayrı izleme istasyonunda aylık olarak üç yıl süreyle ölçülmüştür. Projede, sahada hava kalitesi ölçümleri ve modelleme çalışmaları yapılmıştır. Ayrıca, çalışma alanında yer alan kirletici kaynaklardan aynı kirleticilerin emisyon yükleri hesaplanmıştır. Elde edilen tüm veriler, farklı senaryolara göre analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Çalışma aşağıda belirtilen hususların tespitini amaçlamaktadır;

- 1) Çan-Bayramiç bölgesinde SO_2 ve NO_2 konsantrasyonlarının CALPUFF matematik modeli ile hesaplanması,
- 2) Ölçüm çalışmaları kapsamında, yakın çevrede yer alan yerleşim birimleri ve uzun mesafede Kaz Dağları milli parkının, etkilenme boyutlarının araştırılmasına yönelik, 2006-2008 yılları arasında aylık olarak belirlenen sabit izleme istasyonlarında SO_2 ve NO_2 parametrelerinin ölçülmesi,
- 3) Veri setlerinin doğrulamalarını yapmak üzere istatistik yöntemler kullanılarak model ve ölçüm sonuçlarının karşılaştırılması ve modelin kalibrasyonu ve doğrulamasının tamamlanması,
- 4) Çan-Bayramiç bölgesinde, farklı senaryolara bağlı olarak kirliliğin zamanda ve mekânda değişiminin belirlenmesi,
- 5) Senaryo sonuçlarının irdelenerek, bölge için en uygun yeni yerleşim alanı ve yakıt kullanım sistemi alternatiflerinin araştırılması,
- 6) SO_2 ve NO_2 parametrelerinin, 2014 yılında öngörülen sınır değerlere göre değerlendirilmesi ve sınır değerleri sağlayacak şekilde gerekli planlamanın yapılması.

2. HAVA KALİTESİ DAĞILIM MODELLERİ VE MODEL SEÇİMİ

2.1 Model Uygulamalarının Gelişimi ve Önemi

Çevrenin korunması ve sürdürülebilir kalkınma için, toplumsal bilincin hızlı bir şekilde artması, son yıllarda gelişen daha doğru etki değerlendirme çalışmaları üzerine artan politik baskılara dayanmaktadır. Bu konu atmosferik çevre özelinde ele alındığında, daha iyi ve daha güvenilir modellerin talebini ifade etmektedir. İşte bu talebin gelişim periyodunda donanım altyapısında devrim denilebilecek gelişmeler yer almış ve böylece bilim camiası, geniş katılımlı uluslar arası araştırma programlarında model geliştirme çalışmalarını ivmelendirmiştir.

Geleneksel hava kirliliği problemlerini, izole edilmiş kaynakların çevresinde yer aldığı varsayılan kirliliğin sebep olduğu yerel ölçekli problemler oluşturuyordu. Günümüzde ise, çevre politikası küresel ölçekteki problemlere geniş yer vermektedir (Küresel ısınma, ozon tabakasının delinmesi vb.). Atmosferik çevreyle ilgili olan diğer önemli politika konuları, asit yağmuru, şehirlerdeki hava kirliliği ve hava toksinleri problemleridir.

Son yıllarda dağılım modelleri, hava kalitesinin belirlenmesi çalışmalarında çok farklı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Hava kirlenmesi modelleri bir kaynaktan atmosfere verilen kirleticilerin atmosferik koşullara ve verecekleri reaksiyonlara bağlı olarak nasıl dağıldığını belirlemeyi amaçlayan matematik modellerdir. Bu modeller bir kirletici kaynağın çevrede meydana getirebileceği etkilerin belirlenmesi, yer seviyesinde oluşacak kirletici konsantrasyonlarının hesabı ve bu verilerden hareketle kaynaklara getirilecek kısıtlamaları, örneğin baca yüksekliklerinin belirlenmesi, emisyon standartlarının ve arıtma sistemlerinin şekillendirilmesi, bir bölge veya kentte emisyon kısıtlamalarının planlanması, acil durum planlarının yapılması gibi hava kirlenmesi kontrolündeki bütün temel uygulamalara esas teşkil eder. Bu sebeple, dağılım modellemesi büyük önem taşımaktadır [Ocak, 2004].

Model, herhangi bir bölgede çeşitli emisyon kaynakları ve meteorolojik şartlara göre, gerçek kirletici konsantrasyonlarını tahmin etmek için geliştirilen ve çeşitli varsayımlardan hareketle basitleştirilen matematik ifadedir. Hava kalitesi modellemesinde istatistiksel yaklaşımlar, meteorolojik modüller, matematik modeller gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Frekans dağılımı analizleri, çok değişkenli regresyon modelleri, interpolasyon ve grafik teknikleri gibi yöntemler, değişik istatistiksel yaklaşımlardır. Bu modeller atmosferdeki değişkenler için basitleştirilmiş fiziksel ve kimyasal kabuller ile atmosferde ölçülen verilere dayanılarak kurulur. Hava kirliliği tahminlerinde en çok kullanılan istatistiksel yaklaşım çoklu regresyondur.

Meteorolojik modüller yerel, bölgesel ve küresel meteorolojik olayları anlamaya ve hava kirliliği matematik modelleri için gerekli meteorolojik verileri sağlamaya yarar.

Matematik model, kirleticilerin atmosferde difüzyonu ve taşınmasını ifade eden modeldir. Matematik modeller iyi kurgulandığı takdirde kaynak ve alıcı ortam ilişkilerinin belirlenmesinde oldukça başarılı sonuçlar verebilmektedir [Zannetti, 1998]. Matematik dağılım modelleri, model yaklaşımlarının en karmaşık olanıdır ve dağılım mekanizmasının en detaylı tanımının yapıldığı model tipidir. Günümüzde dağılım modeli kullanılarak yapılan hava kalitesi modelleme çalışmalarında EPA (Environmental Protection Agency) tarafından kabul görmüş modeller tercih edilmektedir [Hao et al., 2000]. Yarıçapı 50 kilometreden fazla olan bir bölgenin modellenmesinde kararsız hal Langrangien kabarık duman (puff) dağılım modeli olan CALPUFF, EPA tarafından önerilmektedir [EPA, 1995].

Hava kalitesi değerlendirmelerinde matematik modellerin pratik kullanımında amaçların iyi belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu nedenle, amaca en uygun modelin seçimi veya oluşturulması, aşağıdakilerin irdelenmesini gerektirir:

- Kullanılacak model yardımıyla ne tür sonuçlar elde edilebilir? (Niteliksel yaklaşım)
- Elde edilen bu sonuçların doğruluk derecesi nedir? (Niceliksel yaklaşım)

Bir modelin uygulanabilirliğinin ve karakteristiklerinin anlaşılmasına ilaveten model sonuçlarının doğruluğunun tanımlanmasına yönelik bir yaklaşım da aşağıdaki içeriği kapsamalıdır:

- Girdi verilerinin elde edilebilirliği ve doğruluğu
- Model kabulleri ve parametrelerdeki belirsizlikler
- Model sonuçlarının gerçeği yansıtıp yansıtmadığının sorgulanması metodolojisi

2.2 Modellerin Kullanım Alanları

Modellerin kullanımları ile ilgili, farklı amaçlara yönelik, bilimsel olarak birçok çalışma yapılmıştır. Modern hava kirliliği modelleri, geleneksel birincil kirleticilerle (SO_2 , CO , NO_x ve VOC) ilgilenir. Ancak mevcut ihtiyaçlar doğrultusunda modellerin ağır metaller ve kalıcı organik kirleticileri (POPs) de içermek üzere geliştirilmesi gerekmektedir. Partikül madde konsantrasyonlarının (PM_{10}) modellenmesi, güncel model gelişimleri içinde en önemli yeri almaktadır. Model uygulamaları dört ana grupta tanımlanabilir ve bunların gerekliliklerine aşağıda kısaca değinilmiştir.

1. Yasal gereklilikler: Model sonuçları emisyon izinlerinin verilmesi ve yeni inşa edilecek sanayi tesisleri ya da otoyollar gibi başlıca kirletici kaynakların Çevresel Etki Değerlendirmesi raporlarında kullanılabilirler. Genel olarak, bu tür uygulama alanındaki modeller, yüksek konsantrasyonlu kaynakların yerel olarak dağılımını incelemek ve uzun vadeli ortalama konsantrasyonların, hava kalitesi yönetmeliklerindeki limitlerle karşılaştırmasını yapmak üzere kullanılmaktadır. Söz konusu yönetmelikler çerçevesinde yer alan kirletici parametrelerin (örn. SO_2 , NO_2 , askıdaki partiküller, ağır metaller ve organikler gibi zehirli maddeler) çoğu modellenebilmektedir. Ayrıca, Avrupa Birliği Hava Kalitesi Direktifleri'ne göre kirletici konsantrasyonları limit değerlere yaklaştığında veya aştığında, üye ülkeler tarafından değerlendirilerek raporlanmalıdır.

2. Yönetim desteği: Hava kalitesi değerlendirme çalışmaları, ileride hazırlanacak olan emisyon envanterleri ve ölçüm programları için önemli bir rol oynamaktadır. Sıklıkla, idari destek, modeller tarafından belirlenen kirliliğin azaltılması sonucu için etkili olabilir. Modeller çeşitli senaryolar için çalıştırılıp elde edilen sonuçlar, karar mercilerine gelecek planlamalarda yol gösterebilir. Bu bağlamda ayrıca, atmosferik modellerin, entegre bir yaklaşım ile diğer alanlar için olan (örn, toprak, su kirlilik dağılım modelleri) modellerle kombinasyon içinde kullanılmaları da giderek önem kazanmaktadır.
3. Kamu bilgilendirme: Kamunun bilgilendirilmesinde modellerin rolü giderek artmaktadır. Kamuya hava kalitesi bilgilerinin direkt (on-line) iletilmesi ve muhtemel tepe (peak) derişimlerinin görülebilmesi için, hava kalitesi tahmin modellerine ihtiyaç vardır.
4. Bilimsel Araştırma: Araştırma için, başlıca amaçlar arasında, dinamik etkilerin tanımlanması ve hava kirleticilerinin yer aldığı karmaşık kimyasal süreçlerin simülasyonu yer almaktadır. Bu amaca yönelik modellerin uygulanması için çok yüksek hesaplama altyapısı olan bilgisayarlar gerektiğinden, çok yakın zamana kadar, bu tür modeller pratik uygulamalarda kullanılmamıştır.

Modeller çok farklı temellerde sınıflandırılabilirler: Örneğin, fiziksel kavramları esas alarak, yerel ölçekte, bileşen parametrenin çeşidine göre bu ayırma yapılabilir. Atmosferde hava kirleticilerinin taşınımı ve dağılımını açıklayan modeller birçok şekilde sınıflandırılabilirler. Sınıflandırma;

- Kullanım alanı ölçeği temelinde (küresel, kıtasal, bölgesel, yerel),
- Taşınım eşitliklerinin kullanılması temelinde (Eulerian, Lagrangian modelleri),
- Çeşitli dönüşüm proseslerinin yer alması temelinde (Kimyasal prosesler, yaş ve kuru birikim) yapılabilmektedir.

Ayrıca modeller aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

1. Plume-rise modelleri: Bacadan çıkan gazın dikey yer değiştirmesinin hesaplanması temelindedir ve bu ilk yayılma aşamasındaki gazın genel davranışını ele alarak hesaplamalar yapılır.
2. Gaussian modelleri: En yaygın olarak kullanılan hava kirliliği dağılım modelidir. Bu model, alıcı ortamda, kirletici konsantrasyonunun, hem yatay hem de dikey ekseninde, bağımsız Gaussian dağılımına sahip olduğu temeline dayanır.
3. Yarı ampirik modeller: Bu sınıf çoğunlukla pratik uygulamalar için geliştirilmiş birkaç tip modeli içerir. Kutu (Box) modelleri bu tür modellere en iyi örnektir.
4. Eulerian modelleri: Hava kirleticilerinin taşınımının, atmosferik difüzyon eşitliğinin sayısal çözümü yardımıyla ifade edilmesi temelindedir. Örneğin, kirleticinin kütle korunumu için eşitlik (Eulerian yaklaşımı).
5. Lagrangian modelleri: Eulerian modellerine alternatif bir yaklaşım olarak, Lagrangian yaklaşımı anlık akış içindeki akışkan elementleri tanımlar. Lagrangian modelleri, seçilen bir fiziksel parametrenin dinamiklerinin belirli sayıdaki parçacıklarla gösterilmesi temelindedir.
6. Kimyasal modeller: Çok sayıda hava kirliliği modeli, kimyasal dönüşümün hesaplanması için modüller içerir. Bu modüllerin karmaşıklığı, basit birinci derece reaksiyonlardan kompleks fotokimyasal reaksiyonlara kadar değişkenlik aralığına sahiptir.
7. Alıcı ortam modelleri: Alıcı ortam modelleri, dağılım modellerinin tersine, alıcı bir ortamda gözlemlenen derişimlerden yola çıkar ve örnekleme noktasında gözlemlenen derişimleri arar. Bu işlem, kirletici kaynak ve alıcı materyallerin bilinen kimyasal derişimleri temel alınarak yapılır. Alıcı ortam modeli, kütle-dengesi eşitliklerine dayanır.
8. Stokastik modeller: Hava kalitesi ve atmosferik ölçümlerin birbirleriyle ilişkilerini ve periyotlarını, eğilimlerini analiz etmek için, yarı ampirik ve istatistiksel tekniklerin kullanılması temelindedir [Özkurt ve ark., 2002].

2.3 Çeşitli Dağılım Modellerinin Tanıtımı

2.3.1. ADMS 3 Modeli

ADMS 3 (Atmospheric Dispersion Modelling System) nokta, çizgi, hacim ve alan kaynaklardan açığa çıkan hava kirletici konsantrasyonları hesaplayan ileri bir atmosferik dağılım modelidir. İngiltere’de Cambridge Çevresel Araştırma Danışmanları (CERC), İngiliz Meteoroloji Ofisi, National Power firması ve Surrey Üniversitesi işbirliği ile geliştirilmiştir.

Model, bina çökeltmesi mekanizması etkileri, topoğrafya etkileri, kıyı etkileri, yağ birikim, kuru birikim, kimyasal reaksiyonlar, radyoaktif bozunma, mesafeye bağlı dumanın yükselmesi, çok kısa zaman aralığından yıllık baza kadar konsantrasyonların ortalamalarının alınmasına yönelik algoritmaları kapsamaktadır. Sistem aynı zamanda meteorolojik veri girişi için bir ön işlemci içermektedir.

Model kısa süreli duman salımlarını da simüle etme özelliğine sahiptir. Atmosferik türbülansı, sınır tabaka ve Monin-Obukhov uzunluğu ile karakterize etmektedir. En fazla 100 nokta emisyon kaynağı için model çalıştırılabilmektedir. 6 çizgi, alan veya hacim kaynak için ve bir çizgi kaynak için modelin çalıştırılması mümkündür. Modelin performansı çeşitli ölçüm verileriyle değerlendirilmiştir [Hanna et al., 2001].

2.3.2. AERMOD Modeli

AERMOD atmosferik dağılım modeli Amerikan Meteoroloji Birliği (AMS) ve EPA Model Komitesi işbirliği ile 1991 yılında ilk olarak geliştirilmiştir. 2000 yılında EPA tarafından hem basit hem de karmaşık kaynak alanları için kullanılabileceği önerilmiştir. 2005 yılında, EPA AERMOD modelini resmi olarak benimsemiştir.

Model girdi dosyalarında, nokta, alan ve hacim kaynaklar, kirleticilerin kuru ve yağ birikimi, yatayda ve dikeydeki dağılım özellikleri, basit ve karmaşık kaynak alanları, bina etkileri, meteorolojik verilerin ölçüldüğü yükseklik bilgisi, rüzgar

profilleri, türbülans ve sıcaklık gibi bazı parametreler yer almaktadır [Prater and Midgley, 2006].

AERMOD model sistemi üç modülden oluşan bütünleşik bir model sistemidir. Sanayi tesislerinden açığa çıkan hava kirleticilerin kısa mesafede (en fazla 50 km) dağılımı için tasarlanmış bir kararlı hal dağılım modelidir. Yer istasyonları ve radyosonda istasyonlarından alınan meteorolojik verileri işlemek için bir veri işlemcisi (AERMET) içermektedir. Ayrıca, uygulama alanı özellikleri ile hava kirliliği arasındaki fiziksel ilişkiyi irdelemek üzere bir alan ön işlemcisi (AERMAP) model sisteminin kapsamındadır [Brode, 2006].

2.3.3. DISPERSION 21 Modeli

İsviçre Meteoroloji ve Hidroloji Enstitüsü (SMHI) hava kalitesi araştırma birimi tarafından geliştirilmiş yerel ölçekte bir hava kirliliği dağılım modelidir. Bu model İsviçre’de yerel ve bölgesel çevre ajansları, çeşitli sanayiciler, danışmanlık firmaları ve eğitimsel amaçlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Model kapsamında, çoklu nokta kaynaklar, alan ve hacim kaynaklar, topoğrafya özellikleri, bina etkileri, meteorolojik veriler ve cadde kanyon modülü gibi bilgilerin işlenmesine yönelik algoritmalar yer almaktadır [MDS, 2010].

2.3.4. ISC3 Modeli

Çok geniş kaynak çeşitliliği olan bir sanayi kompleksinden açığa çıkan kirletici konsantrasyonlarını değerlendirmek için kullanılan bir Gauss dağılım modelidir. Bu model, partikül maddelerin çökmesi, bina etkisi, nokta, alan, çizgi ve hacim kaynaklar, mesafeye bağlı kirleticilerin taşınımı, sınırlı topoğrafik alan tanımı gibi bilgilerin kullanıldığı algoritmaları içermektedir [EPA, 1995].

Kaynaktan 50 km mesafeye kadar kirleticilerin 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.

2.3.5. MERCURE Modeli

Fransız “Electric de France” Ulusal Hidrolik Laboratuvarı tarafından geliştirilmiş ve “ARIA Technologies” tarafından dağıtımı yapılan bir atmosferik dağılım modelidir [Buty et al., 1988]. Daha önce hazırlanmış olan ESTET yazılımının geliştirilmesi ile yeni bir model olarak kullanıma sunulmuştur. Daha sonra, ARIA firması tarafından, MERCURE modeline bir modül entegre edilerek endüstriyel risk değerlendirmelerinde kullanılmak üzere ARIA RISK yazılımı üretilmiştir.

Mercure modeli, özellikle yerel veya kent ölçeğinde hava kirleticilerin dağılımında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Sürekli ya da kesikli emisyon açığa çıkarmalarına göre nokta veya çizgi kaynaklarının girdi bilgilerinde tanımlanmaları, model çıktılarında konsantrasyonun veya yağ/kuru birikimin hesaplaması ve kirleticilerin seyrelmelerini dikkate alması modelin özellikleri arasında yer almaktadır.

2.3.6. NAME Modeli

NAME atmosferik dağılım modeli ilk olarak Çernobil kazasından sonra 1986 yılında İngiltere Meteoroloji Ofisi tarafından geliştirilmiştir. Model ilk geliştirildiğinde radyoaktif gazların yayılımını ve birikimini hesaplamak için kullanılmıştır. Günümüzde genel amaçlı dağılım modeli olarak da kullanılmaktadır. Modelin güncel sürümünün ismi NAME III (Numerical Atmospheric dispersion Modeling Environment) kısa mesafelerden küresel ölçeğe kadar kullanılabilen bir Lagrangien hava kirliliği dağılım modelidir. Model, İngiltere meteoroloji ofisinin “Unified National Weather Prediction Model” isimli meteoroloji modelinin çıktısı olan üç boyutlu meteorolojik veri setinden de faydalanabilmektedir. Gerektiğinde model kullanılarak, kirleticiler parsellerinin 3 boyutlu yörüngeleri de oluşturulmaktadır [MOSAC, 2004].

Model, kirleticilerin dağılımı, yağ birikim, kuru birikim, bina etkileri gibi çıktı parametrelerini hesaplayabilmektedir. Aynı zamanda, kirleticilerin kaynağını tespit etmeye yönelik geri yörünge haritalarını da çıkarabilme özelliğine sahiptir.

2.3.7. PUFF-PLUME Modeli

Pasifik Kuzeybatı Ulusal Laboratuvarı (PNNL) tarafından 1970'lerde geliştirilmiş bir dağılım modelidir. İlk olarak Amerika Birleşik Devletleri Enerji Departmanı Savannah'da acil durumdaki atmosferik salınımları tespit için birincil model olarak kullanmıştır.

Gauss atmosferik taşınımıyla kimyasal dağılımına olanak sağlayan model kapsamında, yaş ve kuru birikim, gerçek zamanlı meteorolojik gözlemler ve tahmin girdileri gibi parametrelerle kabarık duman (kesikli) ve sürekli emisyon dağılım modülleri kullanılarak zamana ve mekana bağlı kirlilik dağılımları hesaplanabilmektedir [OFCM, 2010].

2.3.8. RIMPUFF Modeli

Danimarka Ulusal Sürdürülebilir Enerji Laboratuvarı tarafından geliştirilmiş yerel ölçekli bir dağılım modelidir. Kimyasal, nükleer, biyolojik ve radyolojik emisyonların dağılımına acil müdahale edebilmek amacıyla acil yönetim kurumlarının kullandıkları bir modeldir. Avrupa ulusal acil müdahale merkezlerinde, nükleer kazaların etkilerini izlemek, kimyasal gaz salımlarının ve bazı virüslerin havada yayılımlarını hesaplamak için kullanılmaktadır.

RIMPUFF, duman difüzyonu, yaş ve kuru birikim ve gama doz radyasyonu gibi parametrelerle ilgili bilgileri kullanan bir model altyapısına sahiptir. Kaynaktan 1000 km mesafeye kadar dağılımları hesaplayabilmektedir [DTU, 2010].

2.3.9. SAFE AIR Modeli

SAFE AIR, Genova Üniversitesi Fizik Bölümü tarafından geliştirilmiş bir modeldir. İlk sürümü 1996 yılında kullanılmaya başlanmıştır. Güncel II. Sürümü ise 2003 yılında kullanıma alınmıştır ve Windows ile Unix işletim sistemlerinin her ikisinde de çalışabilmektedir. Nokta, çizgi, hacim ya da alan kaynaklardan açığa çıkan hava kirleticilerin konsantrasyon dağılımlarını hesaplamak için kullanılan ileri bir atmosferik dağılım modelidir. SAFE modeli üç kısımdan oluşmuştur: Rüzgar alanlarını hesaplayan WINDS isimli bir meteorolojik ön işlemci, atmosferik

parametreleri hesaplayan ABLE meteorolojik ön işlemcisi ve kirletici dağılımını hesaplayan bir çok kaynaklı Lagrangien modeli P6. Model Avrupa Çevre Ajansı'na ve İtalyan Çevre Koruma Ajansı'na çevrimiçi bilgi aktarmak üzere Model Dokümantasyon Sistemine sahiptir [Canepa et al., 2000].

Model, kirletici hareketi üzerine bina etkilerini, topoğrafik alan etkilerini, kirleticilerin yaş ve kuru birikim özelliklerini, mesafeye bağlı kirletici taşınım fonksiyonunu, ortalama konsantrasyon zamanı gibi bilgilerle ilgili algoritmaları içermektedir.

2.4 CALPUFF Dağılım Modellemesi

CALPUFF, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından tavsiye edilen [EPA, 2010] ve günümüze kadar geliştirilmiş olan bu tür modeller arasında en karmaşık olanlarından 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. 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.

2.4.1. CALMET Modülü

CALMET rüzgâr alanı modülleri ve mikrometeorolojik modüllere sahiptir ve EPA onaylıdır. Uzun erişimli (100-500 km) amaçla olduğu kadar kısa erişimli (10-50 km) amaçlarla da kullanılabilir. Sınırsız sayıda yer ve üst hava istasyonuna ait gözlemleri girdi olarak alabilir. Hızı 1 m/s'den az olan rüzgârları da hesaplamalarda kullanır. Çıktı olarak çalışma alanının çeşitli yükseklik seviyelerindeki saatlik-karelere bölünmüş üç boyutlu rüzgâr alanları ile yine saatlik-karelere bölünmüş

kararlılık sınıfı, sürtünme hızı, Monin-Obukhov uzunluğu, karışım yüksekliği, konvektif hız skalası ve yağış oranı gibi mikrometeorolojik alanlarını verir. CALMET, veri işleme prosesinde herhangi bir yükselti için rüzgâr hızı, rüzgâr yönü veya sıcaklık verisi girilirse dahi, eksik verilerin yerini enterpolasyon yaparak doldurabilmektedir [İm, 2003]. Modülün çıktı dosyası CALPUFF dağılım modelinde meteorolojik ve jeofiziksel girdi olarak yer alır.

Girdiler

Modül dört kategoride toplanan yüzey meteorolojik verileri, radyosonda verileri, su üstü gözlemleri ve jeofiziksel verileri girdi olarak kullanır.

1) Yüzey meteorolojik verileri

- a) Rüzgâr hızı
- b) Rüzgâr yönü
- c) Sıcaklık
- d) Bulutluluk
- e) Bulut yüksekliği
- f) Bağıl nem

2) Radyosonda Verileri

- a) Rüzgâr hızı
- b) Rüzgâr yönü
- c) Sıcaklık
- d) Basınç
- e) Ölçüm yüksekliği

3) Su Üstü Gözlemleri (Opsiyonel)

- a) Deniz suyu sıcaklığı
- b) Hava sıcaklığı
- c) Bağıl nem
- d) Su üstü karışım yüksekliği
- e) Rüzgâr hızı
- f) Rüzgâr yönü
- g) Basınç

4) Jeofiziksel Veriler

- a) Arazi yüksekliği
- b) Toprak kullanım kategorileri
- c) Yüzey pürüzlülük uzunluğu
- d) Albedo
- e) Bowen oranı
- f) Toprak ısı akı sabiti
- g) Antrapojenik ısı akısı
- h) Bitkisel alan indeksi

Su üstü gözlem verileri opsiyoneldir ve kullanılmadığı takdirde model bu bölgeler için en yakın yer istasyonu verilerini kullanır.

2.4.2. CALPUFF Dağılım Modeli

CALPUFF pek çok farklı durum için çeşitli algoritmalar kullanır. Kabarık duman (puff) ve Slug olmak üzere iki farklı dağılım algoritması kullanmasının yanı sıra, dağılım sürecinde etkili; bina çökeltmesi mekanizması, kısmi hüzme nüfuzu, geçişsel hüzme yükselmesi, kimyasal dönüşüm, kuru ve yaş birikim ile kirletici uzaklaşması, su üstü taşınımı, kıyı etkileşim etkileri gibi durumların algoritmalarını da seçenekli olarak kullanıcıya uygulatma fırsatı tanır.

Meteorolojik modülle aynı ızgara sistemini paylaşır; fakat model, aynı ızgara sisteminde istenilen alt ızgara sistemlerini kullanma şansı vererek, hesaplama alanını küçültebilir. Model, nokta, çizgisel, alan ve hacim kaynaklar için kullanılabilir. Tüm bu kaynaklar için sabit ya da değışken emisyon oranlarını kabul eder.

Araştırmada çalışma alanının karakteristik özellikleri, kaynakların niteliğine bağlı olarak kirleticilerin uzun mesafeli taşınımı ve arazi kullanımı etkilerinin değerdendirilebilmesi amacıyla CALPUFF modeli kullanılmıştır. Ayrıca, CALPUFF modelinin tercih edilmesinde aşğıdaki avantajları bir arada içermesi etkili olmuştur.

-Kirleticilerin uzun mesafeli taşınımına imkân vermesi

- Farklı arazi kullanım şekillerinin etkilerine bağlı değişen zamansal ve mekânsal akış alanları
- Kaynakların bulunduğu coğrafyaya yakın konumdaki kıyısıal etkiler
- Kirleticilerin su üstü taşınımının değerlendirilmesi
- Sakin rüzgârlar ve durgunluk koşullarının değerlendirilmesi
- Kabarık duman özelliğine etki açısından değişken rüzgâr yönlerini dikkate alması
- İkincil kirleticili oluşumuna yönelik algoritmaları içermesi

CALPUFF iki tür dağılım eşitliği kullanır. Bu durum yakın ve uzak erişim modellemelerinde uygun olan eşitliği seçme şansı verir. Çalışmada “Kabarık Duman Eşitliği” kullanılmıştır.

Kabarık Duman Eşitliği

CALPUFF kirleticili emisyonlarını Gaussian olarak dağılan hüzme değil sürekli olarak salınan, birbirini takip eden kabarık dumanlar şeklinde ele alır. Her bir kabarık dumanın dağılımı Gaussian olarak düşünülür ve konsantrasyonlar her bir kabarık dumanın bir alıcı noktasından geçerken yaptığı katkıya dayandırılır [Scire et al., 2000]. Eğer birim zaman basamağı içinde “n” tane kabarık duman atılırsa her bir duman paketinin taşıdığı kirleticili kütleli toplam emisyon kütleli 1/n’i kadardır. Her bir kabarık duman örnekleme adımı denen belli zaman aralıklarında dondurulur ve bu esnada o noktadaki alıcı ortama yaptığı konsantrasyon katkısı hesaplanır. Daha sonra hareketine izin verilir ta ki bir sonraki örnekleme adımına kadar. Bir alıcı noktadaki toplam konsantrasyon o noktadan geçmiş tüm kabarık dumanların temel zaman basamağı içinde her bir örnekleme adımında yaptıkları katkının toplamına eşittir. Özetle bu model, daha çok kaynaktan oldukça uzak mesafelerdeki konsantrasyon değerlerinin hesabı için daha elverişlidir. Herhangi bir alıcı noktadaki konsantrasyonlar için kullanılan temel eşitlik Eşitlik 2.1’de verilmiştir [EPA, 1995].

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp \left[-d_a^2/(2\sigma_x^2) \right] \exp \left[-d_c^2/(2\sigma_y^2) \right] \quad (2.1)$$

Burada,

C = Herhangi bir alıcı noktadaki konsantrasyon (g/m³)

Q = Kabarık dumandaki kirleticili kütleli (g)

σ_x = Rüzgar yönündeki standart Gaussian dağılım sapması (m)

σ_y = Rüzgara dik yöndeki standart Gaussian dağılım sapması (m)

d_a = Rüzgar yönünde kabarık duman merkezinden alıcı noktasına olan uzaklık (m)

d_c = Rüzgâra dik yönde kabarık duman merkezinden alıcı noktasına olan uzaklık (m)

g = Gaussian eşitliğin düşey terimi (1/m)

He = Kabarık duman merkezinin üzerindeki etkin yükseklik (m)

h = Karışım tabakası yüksekliği (m)

Gaussian eşitliğin düşey teriminin formülasyonu Eşitlik 2.2’de verilmiştir.

$$g = \frac{2}{(2\pi)^{1/2} \sigma_z} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \exp [-(He + 2nh)^2 / (2\sigma_z^2)] \quad (2.2)$$

Arazi Etkileri

CALPUFF, hiçbir arazi etki değerlendirmesi yapmamak da dâhil olmak üzere birkaç tane seçenek sunar. Bunlardan, bu çalışmada da tercih edilen arazi ayarlaması, baca yüksekliğini aşan arazi yüksekliklerini baca yüksekliğine indirir. Bir diğeri, kararlılık sınıflarına göre değişik katsayılar kullanan kısmi hüzme yörünge metodudur. Bu metod kararsız saatler için 0,5 gibi bir yörünge katsayısı kullanır ve bu, hüzme yüksekliğini aşan arazi durumlarında hüzmenin orijinal yüksekliğinin yarısı kadar yükseleceği anlamına gelir. Kararlı saatlerde ise daha küçük katsayılar kullanır. Son olarak basit CALPUFF metodu seçenekler arasında sunulur. Bu metotta, kabarık dumanın (puff) yer seviyesinden olan yüksekliğinden ziyade, düşey boyutu modifiye edilir.

2.4.3. CALPOST Modülü

CALPUFF çıktılarını, konsantrasyon, kuru birikim veya yağ birikim ortalamalarını 1 saatlik, 3 saatlik, 24 saatlik ya da çalışma uzunluğu kullanıcı tarafından belirlenen özel zaman dilimlerinde belli bir dosyaya listeler. Ayrıca aynı zaman dilimlerinde tüm çıktıların çizim dosyalarını hazırlar.

3. HAVA KALİTESİ YÖNETİMİNDE MODEL KULLANIMI

3.1 Hava Kirliliği

Çevremizdeki, atmosfer, hidrosfer, biyosfer ve litosfer mükemmel bir denge halindedir. Hava ve yerküre arasında yağış, yer üstü ve yer altı su akımları, buharlaşma gibi pek çok değişik süreç neticesinde 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 ortamdaki arıtılmasının mümkün olmaması ve kısa sürede geniş alanlara yayılarak büyük kitleleri etkilemesi gibi özelliklerinden dolayı özel bir öneme sahiptir [Borrego et al., 2002].

Yüzyıllardır, hava kirliliği kent sakinleri için problem olmuştur. Hava kirliliğinin ilk göstergeleri görece soğuk bir iklime sahip olan ve ısınma amacıyla düşük kaliteli kömürler kullanan Kuzey Avrupa’da ortaya çıkmıştır. Bunun sonucu, yüksek kükürt dioksit (SO₂) ve tozlara maruz kalınması ile zaman zaman ciddi sağlık sorunları gözlenmiştir. Yanma gazlarının azaltılmasına yönelik ilk faaliyetler İngiltere’de başlamıştır. Bu konuda alınmış parlamento kararlarının tarihi 13 ve 14. yüzyıllara kadar uzanmaktadır. Endüstri devrimi ise insanoğluna değişik süreçlerden kaynaklanan çok daha büyük noktasal kaynak kavramını tanıtmıştır. Bunlar içinde en önemlisi enerji üretimi amacı ile kömür yakılmasıdır ki önemli miktarda SO₂ ve toz yayılımına neden olmaktadır [Lave and Seskin, 1977].

Kömürün hiç bir önlem alınmaksızın yakılması, gerek küçük ve gerekse büyük boyutlu işletmelerde 20. yüzyıla kadar sürmüştür. Yüksek baca kullanımı kirlilikten kaçınmanın tek yolu olarak seçilmiş ve atmosfer aşırı miktardaki SO₂ ve toz ile yüklenmiştir. Bunun sonucu olarak belli sıcaklık ve basınç koşulları altında oluşan durgun hava koşullarında bu kirlleticiler yere çökerek pek çok facialar yaşanmasına neden olmuştur [Cochran et al., 1992]. Hava kirliliği nedeni ile yaşanan facialardan

bazıları ve nedenleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu facialardan en korkunç olanı beş gün içinde yaklaşık 4000 kişinin ölümü ile sonuçlanan Londra faciasıdır. Bu olay İngiltere’de ve diğer ülkelerde hava kirliliğine karşı çok daha sıkı kurallar konmasına neden olmuş ve böylece modern hava kalitesi yönetiminin tarihi başlamıştır.

Çizelge 3.1. Hava kirliliği nedeni ile yaşanan bazı önemli facialar

Bölge	Tarih	Kirletici	Ölü Sayısı
Londra, İngiltere	1873	SO ₂	650
Londra, İngiltere	1880	SO ₂	1176
Meuse Vadisi, Belçika	1930	SO ₂ (100 mg/m ³)	63
Donora, ABD	1948	SO ₂ (5 mg/m ³)	20
Londra, İngiltere	1948	SO ₂ (toz)	700
Poza Rica, Meksika	1950	H ₂ S	22
Londra, İngiltere	1952	SO ₂ (toz, 4 mg/m ³)	4000
Londra, İngiltere	1955	SO ₂ (toz, 2 mg/m ³)	1000
New York, ABD	1966	SO ₂ (toz)	168

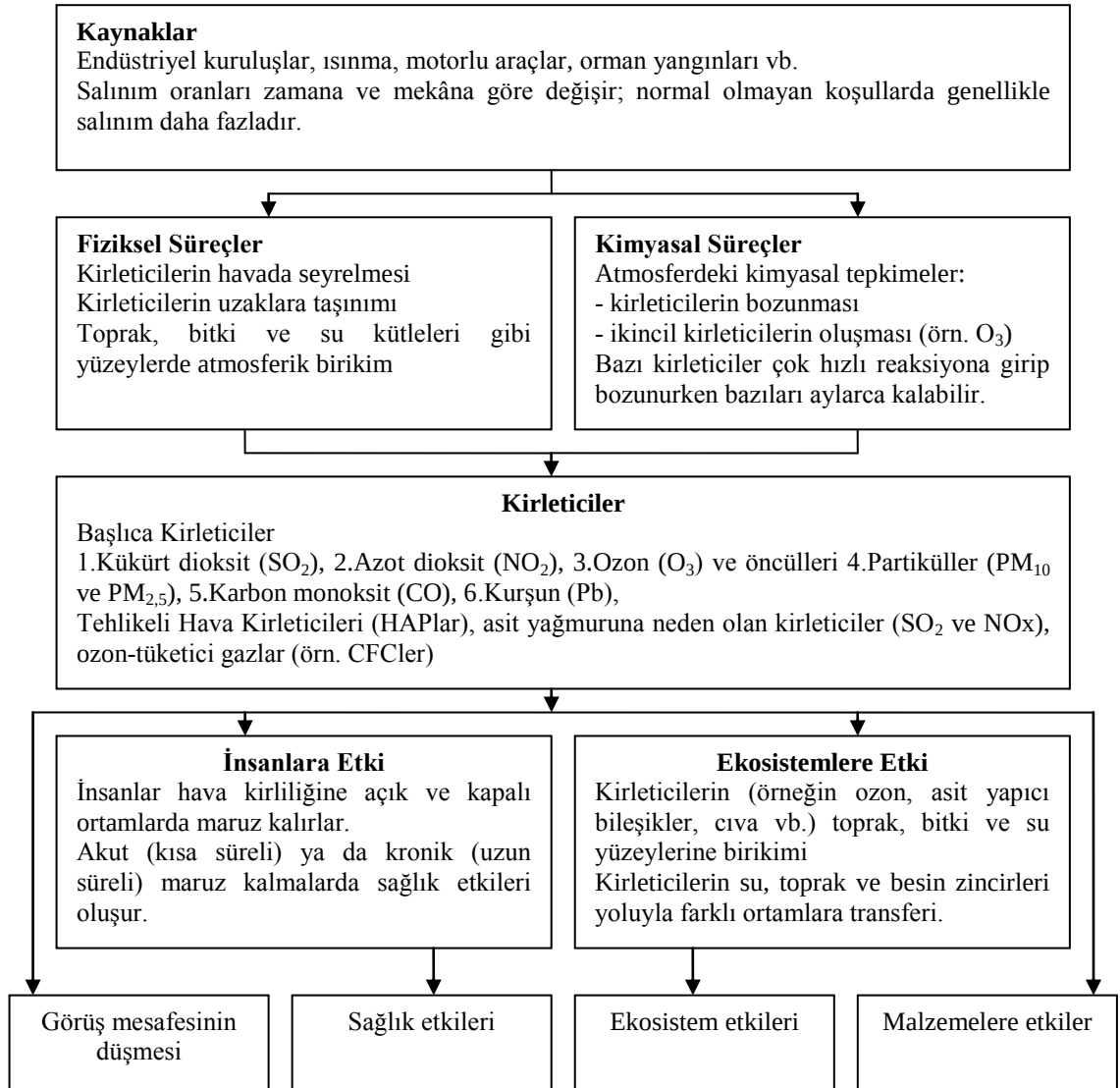
Zamanla hava kirleticilerine pek çok yeni parametreler (çeşitli endüstrilerden kaynaklanan zehirli gazlar) eklenmesine rağmen kömür hala hava kirlenmesindeki önemli rolünü korumaktadır. Ayrıca, son otuz yılda motorlu taşıt trafiğinden kaynaklanan hava kirlenmesi de hızlı bir artış göstermiştir. Bu artış, endüstrileşmiş ülkelerde dört-beş kat iken, gelişmekte olan ülkelere on katına kadar çıkmaktadır [World Bank, 1992].

Hava kirliliğinin insan, ekosistem, binalar ve tarihi eserler üzerindeki etkileri uzun süredir bilinmektedir. Günümüzde, atmosferik dağılım, kimyasal tepkimeler ve birikim konusunda yapılan çalışmalar sonucu hava kirliliğinin etkileri daha da iyi anlaşılmaktadır. Bu durum, hava kalitesinin önemini daha iyi anlaşılır hale getirmiştir [Dockery et al., 1993; Bascom et al., 1996; Lippmann et al., 1998].

Hava kirliliği ile ilgili yapılan çalışmalar, genellikle belirli kirletici emisyonları ile bu emisyonların zaman ve mekâna bağlı olarak çevrede yol açtıkları kirletici konsantrasyonları ve birikimleri arasındaki ilişkilerin nicelik ve nitelik bakımından incelenmesine yoğunlaşmıştır. Kaynak ve alıcı ortamdaki kirletici konsantrasyonlarının araştırılması, yoğun saha ve laboratuvar çalışmaları ile birlikte kirleticilerin atmosferde yayılmasını ve değişmesini belirlemeyi amaçlayan hava

kalitesi matematik modellerinin içinde değerlendirmeye tabi tutulmasını kapsar (Şekil 3.1).

Hava kirleticileri genel olarak kaynaklarına göre sınıflandırılırlar: atmosfere doğrudan salınan kirleticiler *birincil kirleticiler*; atmosferdeki kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşanlar ise *ikincil kirleticiler* olarak adlandırılır [Godish, 1997].



Şekil 3.1. Atmosferdeki kirleticiler ve etkileri

Şehir atmosferinde azot dioksit, yanma prosesi bir yan ürünü olan ve aynı zamanda her yerde rastlanan bir kirleticidir. Azot dioksitin havadaki

konsantrasyonları birkaç ppb değerinden yüzlerce ppb değerlerine kadar değişmektedir [Heal et al., 1999].

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. Bazı koşullarda, birincil kirleticilerin emisyonlarının azaltılması ile ikincil kirleticilerin havadaki konsantrasyonlarının düşürülmesi arasında doğrudan bir ilişki yoktur.

Kirleticilerin kaynaklarından yüzlerce hatta binlerce kilometre uzaklıktaki alıcı ortamlara ulaşması mümkündür. Bu ulaşım, rüzgâr başta olmak üzere diğer meteorolojik faktörler ve topoğrafik koşullara bağlı olarak değişir. Kirleticiler yer yüzeyine ulaşmadan önce atmosferde çeşitli fiziksel ve kimyasal değişime uğrarlar.

Hava kirleticilerinin taşınması 4 ayrı grupta incelenebilir [Memon, 2000]

- 1) Yakın mesafe taşınım: Kaynaktan çıkan kirleticinin bina çökeltmesi mekanizması (building downwash) nedeniyle aynı bölge içinde kalması. Özellikle yüksek binalar arasında yer alan kaynaktan çıkan kirletici bina yüksekliğinin sebep olduğu durgun atmosferden dolayı ancak yakın mesafeye taşınabilir.
- 2) Kısa mesafe taşınımı: Kirleticinin kaynağından maksimum 10 km uzaklıktaki mesafeye kadar taşınımı. Birincil kirleticilerin yer seviyesindeki maksimum konsantrasyonu genellikle bu mesafede meydana gelir.
- 3) Orta mesafe taşınım: Kaynaktan 10 km-100 km arası mesafelere taşınımı. Bu mesafelere kirleticilerin taşınımı sırasında kimyasal reaksiyonlar ve seyrelme etkindir.
- 4) Uzun mesafeli taşınım: Kirleticinin 100 kilometreden daha uzak mesafelere taşınımı. Taşınım sırasında meteorolojik faktörler ve doğal giderim prosesleriyle seyrelme etkindir.

Günümüzde hava kirliliği araştırmalarına en fazla bütçe ayıran ülkeler aslında çevre kirliliğine en fazla etkisi olan gelişmiş ülkelerdir. Bu durum, sürdürülebilir kalkınmanın gelişmiş ülkelerde bile hala başarılamadığının bir göstergesidir [Onat, 2004].

3.2 Gelişmekte Olan Ülkelerde Hava Kirliliği Kontrolü

Gelişmekte olan ülkelerin şehirleri hem boyut hem de çeşitlilik açısından büyük bir hızla büyümektedirler. Artan araç trafiği, endüstri, evsel ısınma, yemek pişirme ve atık yakılması gibi pek çok etken geniş çaplı hava kirlenmesi için potansiyel tehdit oluşturmaktadır. Ekonomik gelişmenin hızı, emisyon kontrolündeki kaçaklarla birleştiğinde ortaya ciddi hava kirliliği sorunları çıkmaktadır.

Hava kirliliği yönetimi, yerel veya ulusal yasaların, kirlenme seviyelerini ölçecek ve yasaların uygulanmasını sağlayacak kurumların oluşturulmasını gerektirmektedir. Hava kalitesi yönetimi için kentin kirleticisi kaynakları hakkında güvenilir bilgiye sahip olmak vazgeçilmez bir unsur olmaktadır. Bu nedenle, oluşturulacak olan kurumlar gerekli olan bilgileri toplayabilecek, değerlendirebilecek ve geliştirebilecek kapasite ve yapıya sahip olmalıdır. Aynı zamanda hava kirlenmesi kontrolü de uygulanabilir özellikte olmalıdır.

Aşağıdaki faktörler gelişmekte olan ülkelerin hava kirliliği problemlerinin özelliklerini tanımlamaktadır:

- Hâkim kirlilik kaynakları, türleri, kullanılan yakıtın miktarı, türü ve kalitesi
- Emisyonlardan etkilenen yerleşim alanının büyüklüğü, topoğrafyası ve iklimi

Kaynak çeşitliliği ve yakıt kalitesi, emisyon miktarını ve bileşimini belirlemektedir. Şehir büyüklüğü, topoğrafyası ve iklimi ise kirlenme konsantrasyon seviyesinin mesafeye göre değişimini ve ikincil kimyasal tepkimeler sonucu kirleticisi bileşenlerin karakterlerindeki değişimi belirlemektedir. İkincil tepkimelerin karakteri aynı zamanda kaynak çeşitliliğinin de bir fonksiyonudur [Freeman, 1982].

Kukkonen et al. (1999, 2000), Kuzey Avrupa koşullarında ölçüm konsantrasyonlarının meteorolojik şartlara bağlı olarak mevsimsel değişimlerini inceleyen bir çalışma yapmışlardır. Elbir ve ark. (2000)' da Türkiye'de meteorolojik koşulların kirletici konsantrasyonlarına etkilerini yaptıkları çalışmalarında ortaya koymuşlardır. Kirleticilerin dağılımını engelleyen istenmeyen meteorolojik koşulların, örneğin kararlı atmosferde, durgun (düşük rüzgâr hızının olduğu) ve inversiyonun olduğu koşulların hava kirliliğini olumsuz etkilediği bilinmektedir.

Hava kirliliğinin olumsuz etkilerini azaltmak için alınması gereken önlemler, genel olarak kirlilik kaynakları ile etkilenenleri ayırmak, kirletici etkinliği ve kirletici miktarlarını azaltmak ve kirletici emisyonlarını hava kirliliği artımı teknolojileri ile kontrol etmek olarak sıralanabilir. Ancak bu önlemlerin hepsi, tüm kirleticiler ve tüm kirlilik durumları için uygulanamayabilir. Örneğin, sadece yerel bazda sağlık etkileri olabilecek partikül maddeler için kirlilik kaynağının yerini değiştirmek uygun bir strateji olabilir. Özellikle kaynaktan ancak belirli bir uzaklığa gidebilen kirleticilerin yol açtığı hava kirliliğinde, kentsel planlama, bölgelere ayırma ve diğer arazi kullanım düzenlemelerinin önemli etkileri mevcuttur. Ancak benzer önlemler, ağır metaller gibi çevresel ortamlarda yok olmayan ya da uzun süre bozunmadan kalan (kalıcı) kirleticiler ve rüzgârlarla uzaklara taşınarak bölgesel ve küresel ölçekte etkilere yol açan SO₂ ve CO₂ gibi gazlar için yetersiz kalacaktır. Emisyonların azaltılmasında birçok yöntem arasından en uygun olanın seçilmesi, kirlilik kaynağına göre de değişmektedir.

Büyük ölçekli sabit kaynak emisyonlarının etkileri çeşitli faaliyetlerle azaltılabilmektedir. Kaynak için yerleşim bölgelerinin uzağında bir yer seçimi ilk çözüm olabilir. Bununla birlikte, doğal gaz ya da kükürt ve/veya kül oranı düşük yakıtlar kullanılması diğer bir azaltıcı teknik olarak sıralanabilir. Akışkan-yataklı yakma sistemleri ve düşük NO_x brülörleri gibi daha temiz teknolojilere yer verilerek, düzenli bakım ve onarım sağlanarak ve elektrostatik filtreler ya da diğer toz filtreleri gibi uygun gaz arıtım sistemleri kurularak da etkiler azaltılabılır. Trafik emisyonu salınımlarının etkilerini azaltmak için de benzer yöntemler kullanılabilmektedir. Bunlar, araç trafiği yoğun yolların yerleşim alanlarından uzak bölgelerden geçirilmesi, kirlilik bakımından daha temiz yakıtların kullanımının özendirilmesi ve araç bakımlarının düzenli olarak yaptırılması çözümleri olabilir. Daha az kirletici

ulaşım araçlarının (bisiklet, toplu taşıma vb.) seçilmesi, yakıtı daha verimli kullanan arabaların çoğaltılması ve araçlarda katalitik konvertör kullanılmasının yaygınlaştırılması gibi önlemler yardımıyla da etkiler en aza indirilebilir. Ayrıca, trafikte sıklıklağı önlemeyi amaçlayan trafik yönetimi de, trafik emisyonu salınımlarının azaltılmasında önemli bir rol oynayabilmektedir. Evlerden ve diğerküçük ölçekli sabit kaynaklardan yapılan salınımlar ise daha temiz yakıtların kullanımı ile etkin bir şekilde azaltılabilir [Schnelle and Brown, 2002].

3.3 Hava Kalitesi Yönetimi

İnsanoğlunun düzenli bir şekilde gıda ve suya ihtiyaç duymasına rağmen, havaya sürekli ihtiyacı vardır. Havaya ve suya olan ihtiyaçlar bellidir (10–20 m³ hava ve 1–2 litre su). Bütün insanların kabul edilebilir kalitede havaya ve suya serbestçe sahip olmak aynı zamanda temel bir insan hakkıdır [WHO, 2000].

İnsan ve çevresi üzerine etki eden hava kirliliğinin bir göstergesi olan hava kalitesi alıcı tarafından algılanan dış ortam havasının kompozisyonu olarak tanımlanır. Çevre havasında mevcut hava kirlleticilerin artan miktarıyla hava kalitesi azalmaktadır.

“Hava kalitesi yönetimi” belirli bir bölgedeki atmosfere bırakılan ve hava kalitesini doğrudan etkileyen emisyonların canlılara ve çevreye zarar vermeyecek seviyelerde tutulması veya bu seviyelere indirmek için gerekli önlemlerin alınması için yapılan tespit ve iyileştirme çalışmalarının tümüdür.

Ülkemizde, 20. yüzyılın ortalarında başlayan ve özellikle yüzyılın son çeyreğinde yaşanan hızlı sanayileşme, yoğun göç dalgası ve çarpık kentleşme sonucu başta büyükşehirler olmak üzere pek çok yerde çevre kirliliğı büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle kış aylarında evsel ısınma için kalitesiz yakıtların da kullanılması sonucu hava kirliliğı daha yoğun olarak karşımıza çıkmakta, hatta zaman zaman tehlike sınırlarının aşıldığı da gözlenmektedir. Bu nedenle, öncelikle, hava kirliliğı açısından hassas olan bölgelerde olmak üzere hava kalitesi yönetimi çalışmalarının yapılması zorunlu hale gelmiştir.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği [HKDYY, 2008], hassas kirlenme bölgelerinde “Temiz hava planları”nın hazırlanmasını zorunlu kılmaktadır. Ülkemizdeki hava kalitesi dikkate alındığında bir çok ilimizde temiz hava planı ve bu kapsamda da iyi bir emisyon envanteri hazırlanması gerekir. Emisyon envanterlerinin amacı, hava kirletici kaynaklarının belirlenerek bu kaynaklardan atmosfere verilen kirleticilerin miktarlarının saptanmasıdır. Bunun neticesinde, hava kirlenmesi kontrolü ve hava kalitesinin iyileştirilmesi için daha iyi projeler ve çözüm önerilerinin üretilmesi mümkün olabilecektir. Ülkemizde giderek artan hava kirliliği problemlerini çözmek için güvenilir verilere ihtiyaç vardır. Dolayısıyla iyi bir envanter çalışmasına sahip olmadan hava kalitesini iyileştirmek mümkün değildir. Emisyon envanterinde havadaki kirleticilerin ve iklim açısından önemli diğer gazların sebep olduğu emisyonlar kaydedilir.

Hava kalitesi, pek çok teknik ve yönetsel uygulama ile finansal olanaklar arasında uygun olanlarının seçilip bütünleşik bir plan dâhilinde uygulamaya konulması ile iyileştirilebilir. Bu işlemler genel olarak, sürekli-izleme, değerlendirme ve kirliliği azaltıcı projelerin yürürlüğe konulması aşamalarından oluşur. Öncelikle çeşitli türlerdeki kaynakların emisyon envanterlerinin çıkarılması, emisyon yükü ve geleceğe ilişkin projeksiyonların yapılması, kirlilik dağılımına ilişkin olarak atmosferik dağılım modellerinin kullanımı, zaman ve mekana göre kirlilik indeksinin çıkarılması çalışmaları yapılabilir. Emisyonların çevre ve sağlık üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin irdelenmesi, mevcut durumdaki emisyon standartlarının değerlendirilmesi ve gerekiyorsa revize edilmesi çalışmaları iyileştirmeye yönelik diğer uygulamalardandır. Konuyla ilişkili eylem planlarının hazırlanarak tartışılması ve uygun seçeneklerin benimsenmesi, alınacak önlemlerin sağlayacağı yararların tahmini, gerekiyorsa yeni hava kirliliği düzenlemelerinin konulması, ulaşım sektörünün kirliliği minimize edecek şekilde yeniden düzenlenmesi gibi pek çok işlem de hava kalitesi iyileştirme faaliyetleri arasında yer almaktadır.

Bir hava kalitesi yönetimi programı çerçevesinde, mevcut durumun değerlendirilmesi yapılırken ülke koşullarının irdelenmesinin yanı sıra, hava kalitesi yönetimiyle ilgili Avrupa Birliği direktifleri ve diğer uluslararası kriterlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Tipik bir kaynak karışımından (trafik, endüstri, fosil ve biyogenik yakıt yanması, atık yanması vb.) etkilenen bir yerleşim yerinde hava

yüzlerce kirlenici bileşen içerebilmektedir. Bu bileşenlerin pek çoğu uçucu ve gaz formunda olan bileşenlerdir. Araştırma kapsamında incelenen kükürt dioksit ve azot dioksit kirlenitçileri için, HKDYY, Avrupa Birliği [EU, 1999] hava kalitesi sınır değeri, Dünya Sağlık Örgütü tarafından tavsiye edilen hava kalitesi sınır değeri [WHO, 2005] ve Amerika Birleşik Devletleri [US, 2006] hava kalitesi sınır değeri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. SO₂ ve NO₂ için HKDYY, EU, US ve WHO Sınır Değeri

Kirlenici parametre	Ölçüm Ortalaması	Limit Değeri				
		HKDYY, 2010 (µg/m ³)	HKDYY, 2014 (µg/m ³)	EU (µg/m ³)	US (µg/m ³)	WHO (µg/m ³)
Kükürt dioksit (SO ₂)	1 saat	900	900	350	-	-
	24 saat	340	250	125	366	125
	Yıllık	150	60	-	78	50
Azot dioksit (NO ₂)	1 saat	-	-	200	-	200
	24 saat	300	300	-	-	-
	Yıllık	84	60	40	100	40

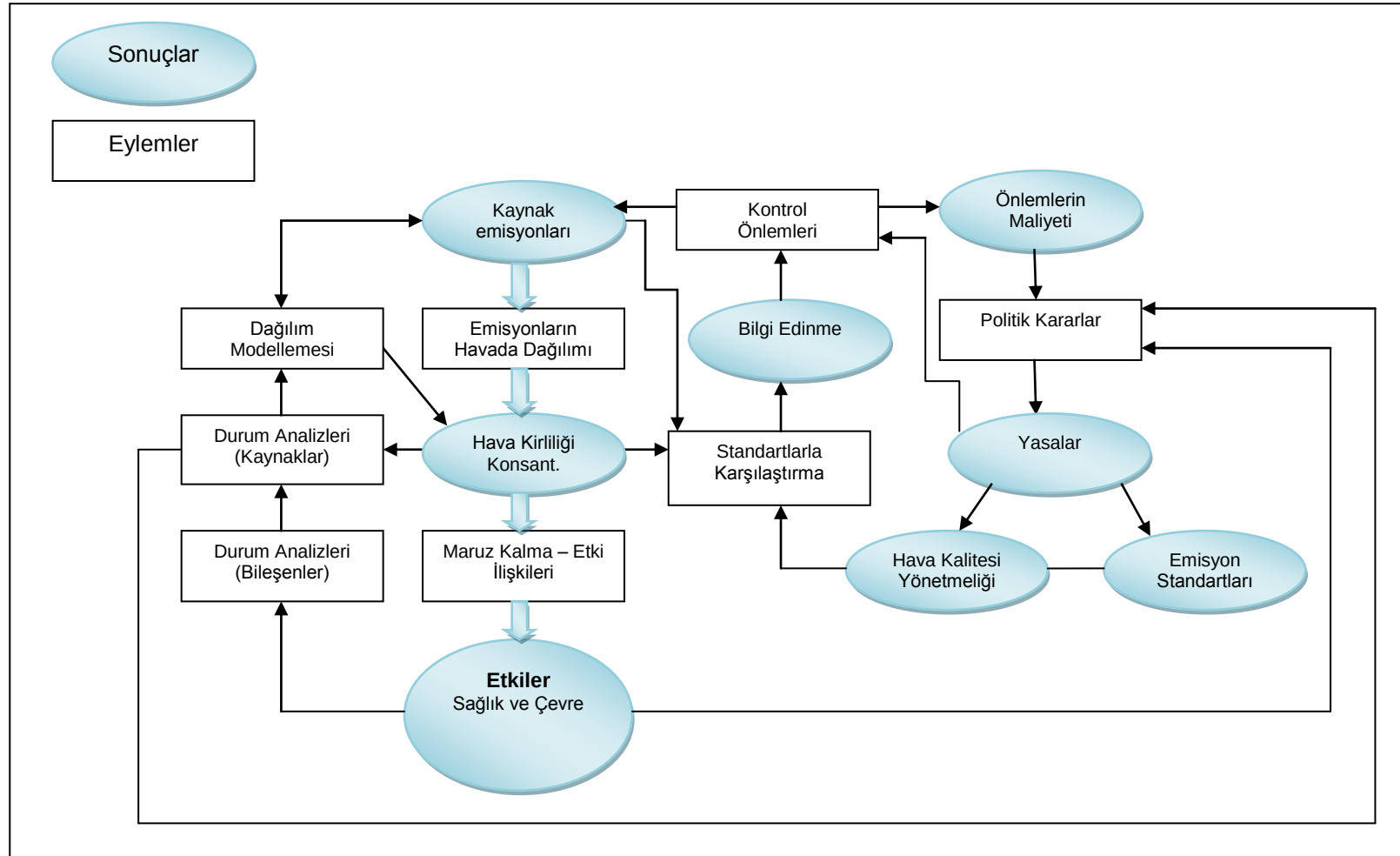
Hava kalitesi yönetiminde önceliklerin doğru bir şekilde belirlenmesi, sürecin işleyişi açısından gereklidir. Bir bölgede çok sayıda kirlenici kaynak bulunduğundan, tek bir sektör üzerine yoğunlaşan bir kirlilik azaltma stratejisinin hava kirliliğinin iyileştirilmesi açısından etkisi sınırlı olmaktadır.

Uygun bir hava kalitesi yönetimi, birçok elemanı içine alan bütünleşik bir yönetim şekli olmalıdır. Bu elemanlar:

- Kirlenitçilere ilişkin bir emisyon envanteri oluşturmak
- Kaynaklardan açığa çıkan emisyonların hava kalitesine etkilerini belirlemek için *sürekli izleme*
- Emisyonların ortam havasında yol açacakları kirlilik düzeylerinin tahmini için *hava dağılım modeli*
- Kirlenitçilerin 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

Bütünleşik bir yaklaşımın, sektörler ve diğer yetkili kurumlar arasında öncelikler ve benimsenecek önlemler üzerinde tanımlanmış bir koordinasyon ve konsensüs, tekil sektörlerdeki çevresel önlem ve performansların kabul edilebilir bir düzeyde geliştirilmesi hakkında bir fikir birliği, bu gelişmeyi destekleyecek enstrüman ve politikaların kabulü ve işletilmesi gereklidir. Ayrıca, endüstriyel sektörler ve yetkili kuruluşlar arasında iletişim ve etkileşimi güçlendirecek ve geliştirecek bir sürekli izleme mekanizmasının kurulması gibi birbiriyle ilişkili birçok konuyu kapsaması gerekir [Godish, 1997]. Bir hava kalitesi yönetim mekanizmasının bileşenleri Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Hava Kalitesi Yönetimi Şeması

[Kaynak: Akalın ve ark., 2005]

3.3.1. Ülkemizde Hava Kalitesi Yönetimiyle İlişkili Düzenlemeler

3.3.1.1. Çevre düzeni planları

Dengeli ve sürekli kalkınma amacına uygun olarak ekonomik kararlarla ekolojik kararların bir arada düşünülmesine imkan veren, rasyonel doğal kaynak kullanımını sağlamak üzere kalkınma planları ve varsa bölge planları temel alınarak yapılan ve tarım, turizm, konut, sanayi, ulaşım vb. genel arazi kullanım kararlarını, politika ve stratejilerini belirleyen, bölge veya havza bazında 1/50.000 veya 1/100.000 ölçekte hazırlanan, plan hükümleri ve plan açıklama raporuyla bütün teşkil eden üst ölçekli fiziki plandır.

Çevre Düzeni Planlarının Niteliği

Kalkınma planları ve varsa bölge planlarını temel alarak rasyonel doğal kaynak kullanımını sağlar.

Kirliliğin oluşmadan önce önlenmesi, sağlıklı çevrenin oluşturulmasına yönelik hedef, ilke, strateji ve politikaları ve bunu sağlayacak süreklilik arz eden arazi kullanım kararlarını belirler.

- Tarihi, kültürel ve doğal çevrenin korunması ve geliştirilmesine yönelik genel hedefleri, ilkeleri, stratejiyi ve politikaları belirler.
- Karar ve hükümleriyle alt ölçekli planları yönlendirir.
- Farklı mesleklerden uzmanların fiili katılımı ile hazırlanır.
- Geri beslemeli sürece sahiptir.
- Karşılaştırılabilir, değerlendirilebilir, sorgulanabilir, geliştirilebilir ve güncellenebilir standart veritabanına sahiptir.

Çevre Düzeni Planlarının Amacı

- Koruma – kullanma dengesinin kurulmasına yönelik politika ve stratejilerin belirlenmesi,
- Çarpık kentleşme ve sanayileşmenin önlenerek kentsel ve kırsal gelişmelerin sağlıklı bir şekilde yönlendirilmesi,

- Tarım arazilerinin amaç dışı kullanımının önlenmesi,
- Hassas alanların (kıyılar, ormanlar, içme ve kullanma suyu havzaları, doğal, kültürel ve tarihsel değerler vb) korunması,
- Alt ölçekli planlara esas olacak politika, strateji ve arazi kullanım kararlarının üretilmesi.

Yasal Çerçeve ve Yetkiler

Çevre ve Orman Bakanlığı, havza veya bölge bazındaki (1/50.000 veya 1/100.000 ölçekli) çevre düzeni planlarında yetkilendirilmiştir.

İl Özel İdareleri ile İl Belediyeleri, İl sınırları dâhilinde çevre düzeni planlarında (1/25.000, 1/50.000, 1/100.000 ölçekli) yetkilendirilmiştir.

Büyükşehir Belediyeleri, Belediye sınırları İl sınırı olan Büyükşehirlerde (İstanbul ve Kocaeli) yetkilendirilmiştir [ÇOB, 2010].

3.3.1.2. Temiz hava planları

Temiz hava planı, gelecekte uyulması gereken hava kalitesi hedeflerine vaktinde ve uzun vadede uyulmasına yönelik uzun vadeli ve erken alınacak önlemleri öngörmektedir. Eylem planı ise bir veya birden fazla korunması gereken uyarı eşiğinin veya sınır değerinin aşılması tehlikesi olduğunda, alınacak kısa vadeli önlemleri öngörmektedir. Eylem planı temiz hava planının bir parçası olabilir.

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

Temiz hava planlarına yönelik ülkemizdeki yasal 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 Yönetmeliği 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. 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 çıkarılmıştır.

HKDYY’nin amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları 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 ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’nin amacı; konut, toplu konut, kooperatif, site, okul, üniversite, hastane, resmi daireler, işyerleri, sosyal dinlenme tesisleri, sanayi ve benzeri yerlerde ısınma amaçlı kullanılan yakma tesislerinden kaynaklanan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halinde dış havaya atılan kirleticilerin hava kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve denetlemektir.

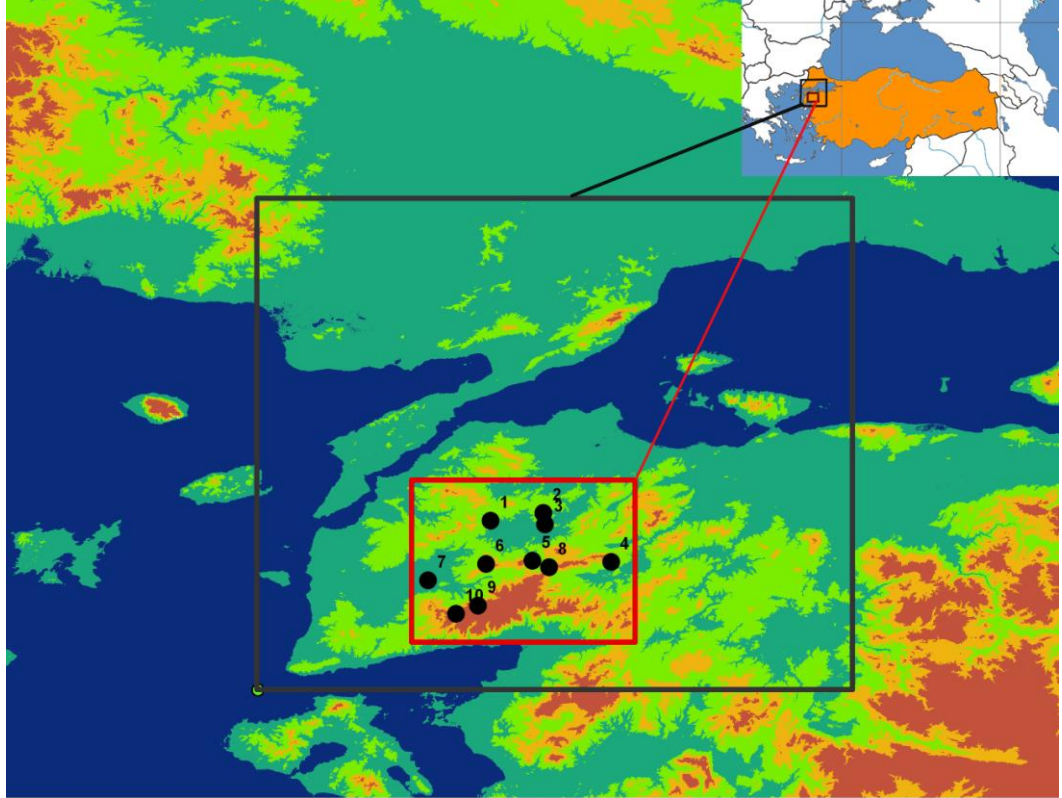
Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği’nin amacı, motorlu kara taşıtlarının egzoz gazlarının yol açtığı hava kirliliğini kontrol altına almak; insanı ve çevresini egzoz emisyonlarından doğacak tehlikelerden korumak; motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz gazı kirleticilerinin ortama verilmesinin önüne geçmek ve ortaya çıkmamasını sağlamak üzere gerekli usul ve esasları belirlemektir.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nin amacı; sanayi ve enerji üretim tesislerinin faaliyeti sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak, insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak, hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır [ÇOB, 2010].

4. ÇALIŞMA ALANI ÖZELLİKLERİ

4.1 Bölgenin Coğrafi Konumu

Biga Yarımadası $26^{\circ}02' 48''$ (Baba Burnu) - $27^{\circ}30'00''$ (Pazarköy) doğu boylamları ile $39^{\circ}27'30''$ - $40^{\circ}27'30''$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Biga Yarımadasının kuzey ve kuzey doğusunda Marmara Denizi, kuzey batısında Çanakkale Boğazı, batısında Ege Denizi, güneyinde Edremit körfezi (Ege denizi) bulunmaktadır. Çan-Bayramiç hattını içine alan çalışma alanı yarımadaanın merkezinde yer almaktadır. Çalışma alanı Şekil 4.1'de harita üzerinde işaretlenmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı Çan-Bayramiç bölgesinin konumu

4.2 Yeryüzü Şekilleri

Biga Yarımadası iki dağlık kütlede oluşmaktadır. Kuzeydeki dağlık kütle "Biga Dağları Kütle", güneydeki dağlık kütle "Kaz Dağları Kütle"dir. İki dağlık

kütle arasında Eski Menderes Vadisi ile Çan Çayı ve Gönen Çayı Vadisi yer almaktadır.

Biga Dağları Kütlesini oluşturan yüksek arazide Kayalı Dağ 879 m, Karadağ 775 m, Ağdağ 815 m, Şap Dağı 764 m, Dede Dağı 721 m, Dumanlı Dağı 733 m üst yükselti seviyesini oluşturmaktadır.

Kaz Dağları Kütlesini oluşturan yüksek arazi ise Baba Dağ 1767 m, Gürgen Dağı 1434 m, Eybek Dağı 1298 m ile Biga Dağlarının arkasında daha yüksek dağlık araziye oluşturmaktadır. Kaz Dağları Edremit körfezine çok dik yamaçlarla inmektedir.

İki dağlık kütle arasında yer alan Çan Çayı ve Gönen Çayı vadileri Marmara Denizi üzerinden gelen kuzey rüzgârlarının arkadaki Kaz Dağlarının dik yamaçlarının etkilenmesine sebep olmaktadır. Biga Yarımadası kuzeye ve batıya doğru alçalan ancak dağlık niteliğini koruyan bir yapıya sahiptir. Düz tarım arazileri Gönen ve Biga tarafında, Kumkale Ovasında ve iki dağlık kütle arasında yer almaktadır. Biga Yarımadasının belirgin karakteri dik yamaçlı ve dağlık arazi olmasıdır.

4.3 Meteorolojik ve İklimsel Özellikler

Biga Yarımadasında kuzeyden ve kuzeydoğudan gelen serin ve nemli rüzgârlar yamaçlar üzerinde yükselmekte veya derin vadiler boyunca dağlık kütlelerin arasına girmektedirler. Marmara Denizi üzerinden gelen serin ve nemli rüzgârlar ile Ege Denizi üzerinden gelen ılık ve nemli rüzgârlar dağlık arazide yamaçların bakısına ve yükseltiye bağlı olarak farklı iklim tiplerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Kıyı kuşağında ılık ve kışları nemli, yazları kurak olan iklim özellikleri, kuzey ve kuzeydoğu bakılı yamaçlarda yükseldikçe soğuk ve kışları karlı iklim tipine kadar değişiklik göstermektedir.

Çanakale ilinin iklimi, ilin konumu itibarıyla geçiş iklimi özellikleri gösterir. Genel karakteriyle Akdeniz iklimi özelliğindedir. Denizden uzaklık ve yükseklik gibi nedenlerle ilin ikliminde bazı farklılaşmalar görülür.

İlin kuzey bölümünde kışın ortalama sıcaklık oldukça düşmektedir. Kuzey rüzgâr ve soğuklarının Balkanlar üzerinden sarkması, bunun önünde il sınırları içinde doğal bir engelin bulunmaması yılın büyük bölümünün rüzgârlı geçmesine yol açmaktadır.

Bölgede yaz ayları genellikle kurak geçmektedir. Bayramiç ilçesinde hâkim rüzgârlar kuzeydoğudan esmektedir. Bu kuzeydoğu rüzgârları Çan Deresi ve kollarının oluşturduğu vadiden, Marmara Denizinin etkisini içerilere taşımaktadır. Marmara Denizi üzerinden gelen nemli hava kütleleri Eğri Karaağaç, Kocakatran Dağları ve Kaz Dağlarına yaslanmakta ve bu dağlık araziden geçerken nemini, bu dağların kuzeye bakan yamaçlarına bırakmaktadır.

Biga Yarımadasında yapılmış çalışmalar sonucu şu sentezlere ulaşılmıştır [Bora, 1999];

- Kuzeye bakan yamaçlar ile güneye bakan yamaçların özellikle sıcaklık değerleri birbirinden belirgin farklar ve gruplaşmalar göstermektedirler.
- Boğaz grubunun, kuzey rüzgârlarını doğrudan alan kuzey grubundan daha sıcak olduğu görülmektedir.
- Eski Menderes Vadisi biraz daha sıcaktır ve daha az yağış almaktadır. Buna karşılık Çan Çayı ve Gönen Çayının yukarı havzaları biraz daha serindir ve daha fazla yağış almaktadır.

Yerel ve bölgesel iklim özellikleri, endüstriyel kaynaklardan atmosfere salınan kirleticilerin yayılmasında önemlidir. Kirleticilerin çevreye olan etkilerini anlamak, kısa ve uzun dönemli meteorolojik faktörlerin etkilediği yerel ve bölgesel iklim koşullarını irdelemek yoluyla mümkündür.

Bu kısımda, çalışma alanına ait meteorolojik koşullar değerlendirilmiştir. Öngörülen araştırma alanı yakınlarında bulunan ve modellemede verileri kullanılan Bandırma, Çanakkale, Gönen ve Tekirdağ Meteoroloji İstasyonları'nın verileri hava kirliliği ile ilişkilerine göre değerlendirilmiştir.

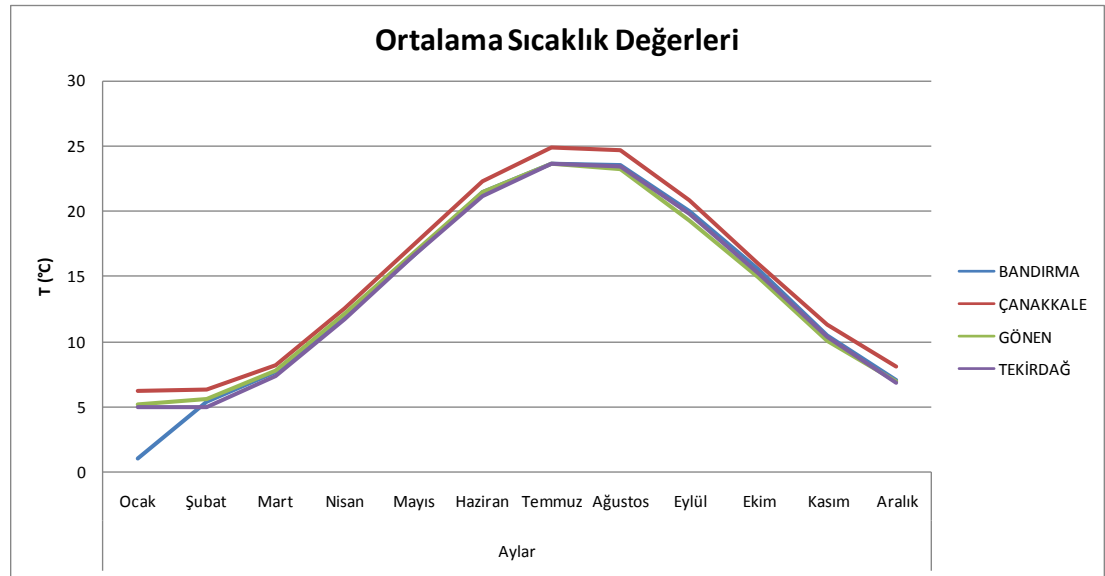
4.3.1. Sıcaklık Rejimi

Sıcaklık inversiyonunun oluşumunda en önemli etken olduğu için kirlilik bakımından önemli parametredir. Ayrıca, özellikle ısınma amaçlı yakıt tüketiminin fazla olduğu kış aylarında, yakıt tüketimi ile sıcaklık arasındaki ters orantı atmosfere salınan kirletici miktarını da etkilemektedir.

Çalışma alanı ve çevresine ait Bandırma, Çanakkale, Gönen ve Tekirdağ istasyonlarına ait 1975-2009 yılları ortalamalarına göre aylık ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Aynı istasyonlar için ortalama sıcaklık değerlerinin seyrini gösteren grafik Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Meteoroloji istasyonlarında ölçülen ortalama sıcaklıklar

İstasyonlar	Aylar (Birim: °C)											
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Bandırma	1,0	5,4	7,6	12,0	16,5	21,4	23,6	23,5	20,0	15,5	10,4	7,0
Çanakkale	6,2	6,3	8,2	12,5	17,4	22,3	24,9	24,7	20,8	16,0	11,3	8,1
Gönen	5,1	5,5	7,7	12,1	16,7	21,4	23,6	23,2	19,2	14,9	10,0	6,9
Tekirdağ	4,9	4,9	7,3	11,7	16,5	21,1	23,6	23,4	19,8	15,2	10,3	6,8



Şekil 4.2. Meteoroloji istasyonları ortalama sıcaklık değerleri

Bandırma meteoroloji istasyonunda 1975-2009 yılları arasındaki 35 yıllık ölçümlerde, aylık ortalama sıcaklık değerleri 1°C (Ocak) ile 23,6°C (Temmuz) arasında değişmektedir. Sıcaklıklar Ocak ayından Temmuz ayına kadar düzenli olarak artmakta ve Ağustos ayından Aralık ayına kadar düzenli olarak azalmaktadır. En soğuk aylar olan Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ortalama sıcaklıklar sırasıyla; 7°C, 1°C ve 5,4°C'dir. En sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos olup, bu aylardaki ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla; 23,6°C ve 23,5°C'dir.

Çanakkale ili meteoroloji istasyonunda 1975-2009 yılları arasındaki 35 yıllık ölçümlerde, aylık ortalama sıcaklık değerleri 6,2°C (Ocak) ile 24,9°C (Temmuz) arasında değişmektedir. Sıcaklıklar Ocak ayından Temmuz ayına kadar düzenli olarak artmakta ve Ağustos ayından Aralık ayına kadar düzenli olarak azalmaktadır. En soğuk aylar olan Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ortalama sıcaklıklar sırasıyla, 8,1°C, 6,2°C ve 6,3°C'dir. En sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos olup, bu aylardaki ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla; 24,9°C ve 24,7°C'dir.

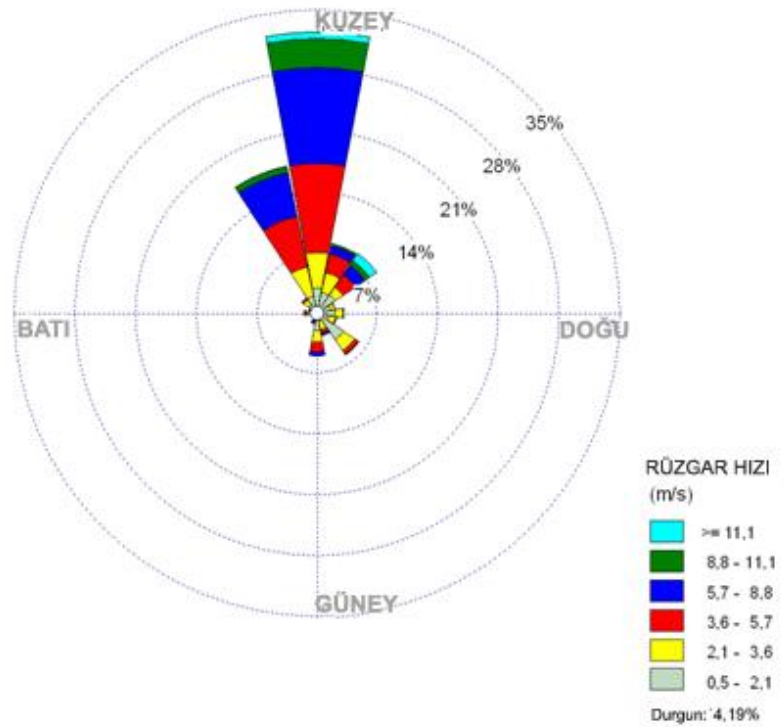
Gönen meteoroloji istasyonunda 1975-2009 yılları arasındaki 35 yıllık ölçümlerde, aylık ortalama sıcaklık değerleri 5,1°C (Ocak) ile 23,6°C (Temmuz) arasında değişmektedir. Sıcaklıklar Ocak ayından Temmuz ayına kadar düzenli olarak artmakta ve Ağustos ayından Aralık ayına kadar düzenli olarak azalmaktadır. En soğuk aylar olan Aralık, Ocak ve Şubat aylarında ortalama sıcaklıklar sırasıyla; 6,9°C, 5,1°C ve 5,5°C'dir. En sıcak aylar ise Temmuz ve Ağustos olup, bu aylardaki ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla; 23,6°C ve 23,2°C'dir.

4.3.2. Rüzgâr Yönü ve Hızı

Rüzgâr atmosferdeki hareketliliğin en baskın parametresi olup, kirletici gazların taşınımı ve seyrelmelerinde etkilidir. Rüzgâr yönünün kirletici konsantrasyonuna etkisi geldiği yöne bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Rüzgâr, temiz hava kütesinin bulunduğu bir yönden esiyorsa kirli bölgedeki kirleticileri seyretebilir. Kirleticilerin dağılımında önemli bir rol oynayan rüzgâr rejimi, model çalışmalarının güvenilir olması açısından önem taşımaktadır. Hâkim rüzgâr yönü, rüzgar gülünde bulunan 16 yönden biri olarak ifade edilmektedir. Çalışma alanında

1975-2009 yılları arasındaki ölçümlere göre, rüzgâr, zamanın büyük kısmı kuzey (K) ile kuzeydoğu (KD) arasından esmektedir.

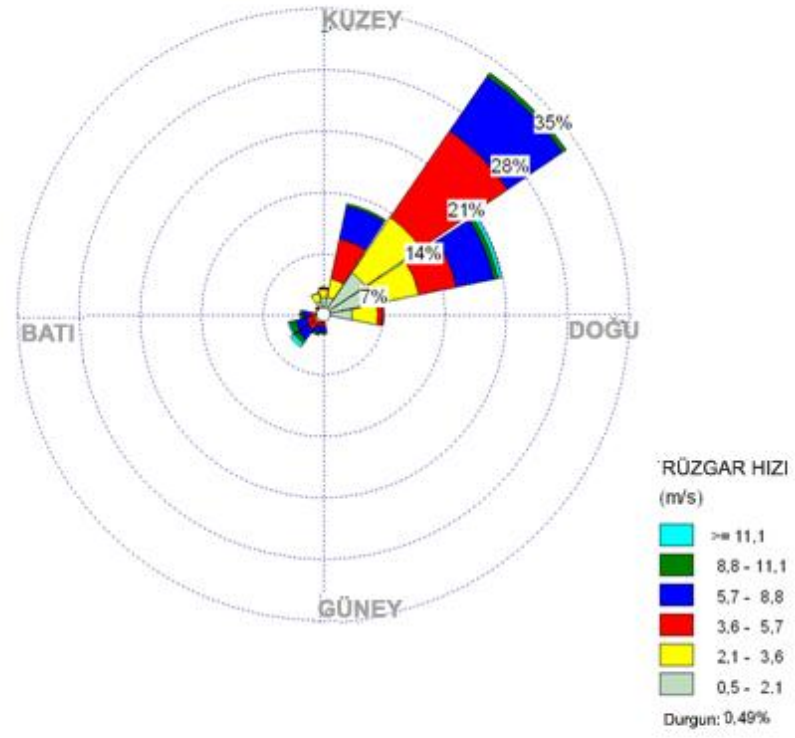
Bölgedeki rüzgâr hız ve yönünün bir yıl içerisinde gösterdiği değişimler, çalışma alanını temsilen modelde kullanılan dört ayrı meteoroloji istasyonu verilerine göre değerlendirilmiştir. Bandırma istasyon rüzgârgülü Şekil 4.3’de, Çanakkale istasyonu rüzgârgülü Şekil 4.4’de, Tekirdağ istasyonu rüzgârgülü Şekil 4.5’de, Gönen istasyonu rüzgârgülü Şekil 4.6’da verilmiştir.



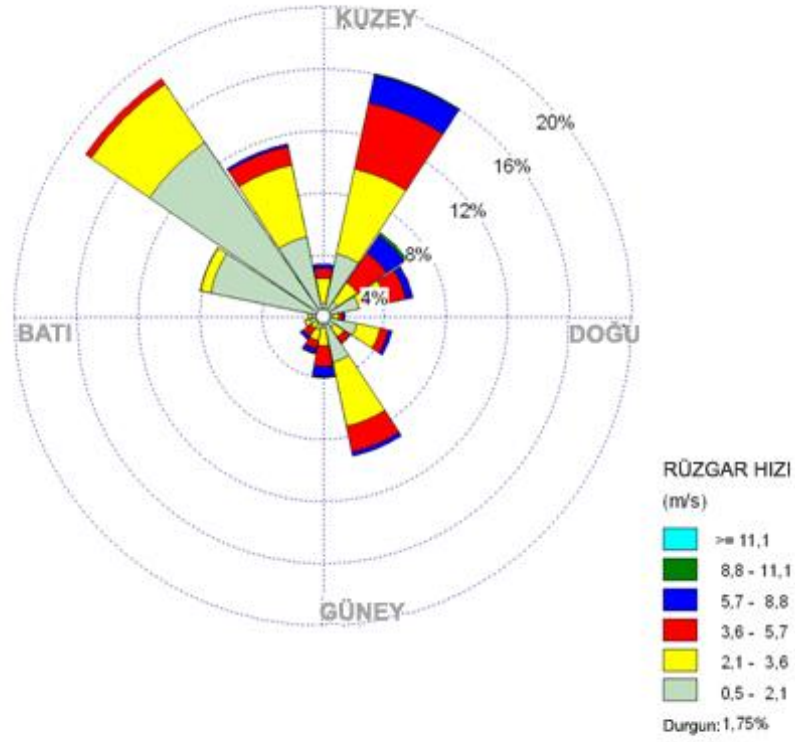
Şekil 4.3. Bandırma İstasyonu Rüzgârgülü

Bandırma istasyonu rüzgârgülü incelendiğinde, hâkim rüzgârların yaklaşık %70'i kuzey yönünden esmektedir. Aynı rüzgârgülünde kuzeyden esen rüzgârların hız aralığının ise ağırlıklı olarak 3,6-11 m/s olarak kaydedildiği görülmektedir.

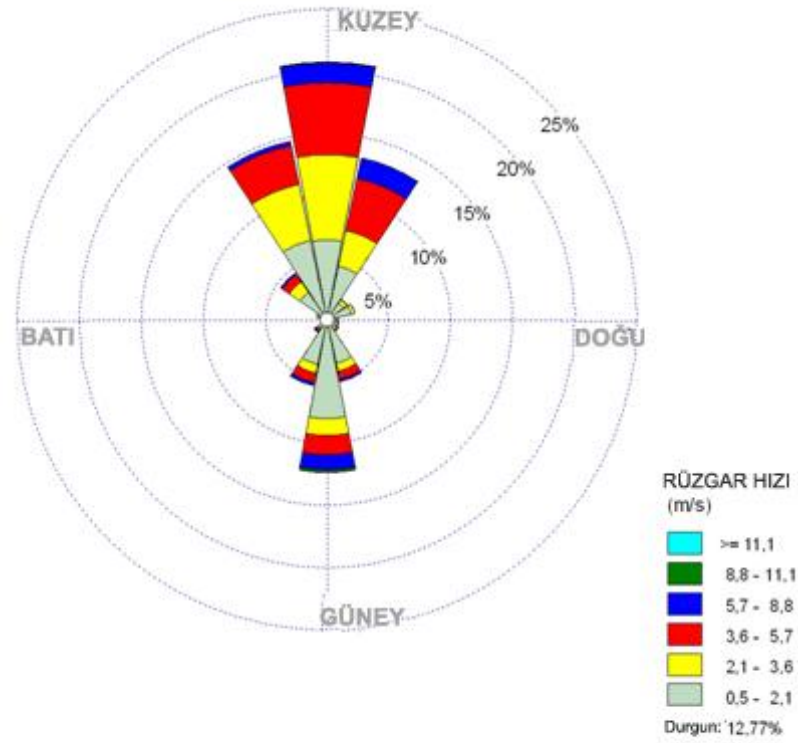
Çanakkale istasyonu rüzgârgülüne göre ise, kuzeydoğulu rüzgârların hâkim olduğu ve yaklaşık %60 oranında kuzeyden esmekte olduğu tespit edilmiştir. Hız dağılımına göre değerlendirme yapıldığında, ağırlıklı olarak 2,1-8,8 m/s aralığında kuzeydoğudan esen rüzgârların varlığı dikkat çekmektedir.



Şekil 4.4. Çanakkale İstasyonu Rüzgârgülü



Şekil 4.5. Tekirdağ İstasyonu Rüzgârgülü



Şekil 4.6. Gönen İstasyonu Rüzgârgülü

Tekirdağ istasyonu rüzgârgülü incelendiğinde ise, hâkim rüzgârların yaklaşık %65'i kuzeybatı-kuzeydoğu yönünden estiği, aynı rüzgârgülünde kuzeybatı-kuzeydoğu yönünden esen rüzgârların hız aralığının ise ağırlıklı olarak 0,5-5,7 m/s olarak kaydedildiği görülmektedir.

Gönen istasyonu rüzgârgülüne göre ise, kuzeybatı-kuzey-kuzeydoğulu rüzgârların hâkim olduğu ve yaklaşık %60 oranında kuzeybatı-kuzey-kuzeydoğu yönünden esmekte olduğu tespit edilmiştir. Hız dağılımına göre değerlendirme yapıldığında ise Tekirdağ istasyonu ile benzer nitelikte, ağırlıklı olarak 0,5-5,7 m/s aralığında kuzeybatı-kuzeydoğu yönünden esen rüzgârların varlığı dikkat çekmektedir.

4.3.3. Bulutluluk

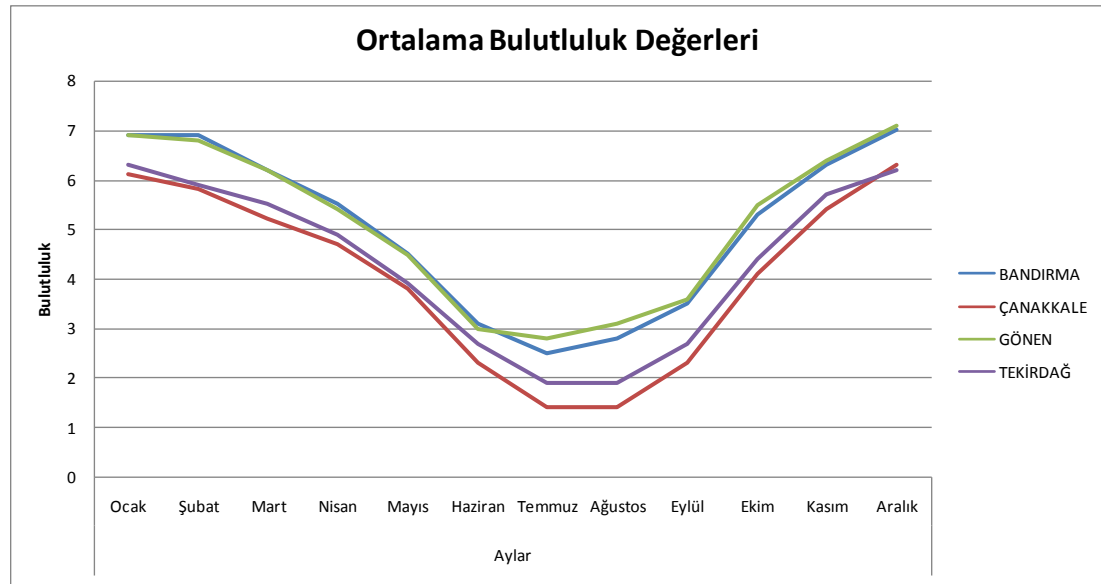
Bu parametrenin tespiti aletsel ölçümlerle yapılamamakta, sadece gözlem ile sonucu ifade edilen bir parametredir. Birimi yoktur. Tamamen kapalı (bulutla kaplı)

hava için “10” ve tamamen açık (bulutsuz) hava için “0” birim olmak üzere kısmen bulutlu hava durumları bulut miktarına göre 0-10 arası bir sayı ile ifade edilmek suretiyle bu parametre belirlenmektedir. Bulutluluk bir açıdan güneşlenmeyi etkileyen durum olduğu için bulut miktarı arttıkça hava sıcaklığında düşme görülmektedir. Aynı zamanda, bulutların yükseklikleri ve türü de çok önemli olduğundan bulutlanmanın hava kirliliğine etkisi daha karmaşık bir hal almaktadır.

Çalışma alanı ve çevresine ait Bandırma, Çanakkale, Gönen ve Tekirdağ istasyonlarına ait 1975-2009 yılları ortalamalarına göre aylık ortalama bulutluluk değerleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur. Aynı istasyonlar için ortalama bulutluluk değerlerinin seyrini gösteren grafik Şekil 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Meteoroloji istasyonları ortalama bulutluluk değerleri

İstasyonlar	Aylar											
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Bandırma	6,9	6,9	6,2	5,5	4,5	3,1	2,5	2,8	3,5	5,3	6,3	7,0
Çanakkale	6,1	5,8	5,2	4,7	3,8	2,3	1,4	1,4	2,3	4,1	5,4	6,3
Gönen	6,9	6,8	6,2	5,4	4,5	3,0	2,8	3,1	3,6	5,5	6,4	7,1
Tekirdağ	6,3	5,9	5,5	4,9	3,9	2,7	1,9	1,9	2,7	4,4	5,7	6,2



Şekil 4.7. Meteoroloji istasyonları ortalama bulutluluk değerleri

Bandırma meteoroloji istasyonu verilerine göre yılda ortalama bulutluluk değerinin en fazla olduğu aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır ve bu aylarda ortalama bulutluluk değerleri sırasıyla; 7, 6,9 ve 6,9'dur. Aynı istasyonda en az bulutluluk değerine rastlanan Ağustos ve Temmuz aylarında ise ortalama bulutluluk değerleri sırasıyla; 2,8 ve 2,5'dir.

Çanakkale meteoroloji istasyonu verilerine göre yılda ortalama bulutluluk değerinin en fazla olduğu aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır ve bu aylarda ortalama bulutluluk değerleri sırasıyla; 6,3, 6,1 ve 5,8'dir. Aynı istasyonda en az bulutluluk değerine rastlanan Ağustos ve Temmuz aylarında ise ortalama bulutluluk değeri her ikisinde de 1,4'dür.

Gönen meteoroloji istasyonu verilerine göre ise, yılda ortalama bulutluluk değerinin en fazla olduğu aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır ve bu aylarda ortalama bulutluluk değerleri sırasıyla; 7,1, 6,9 ve 6,8'dir. Aynı istasyonda en az bulutluluk değerine rastlanan Ağustos ve Temmuz aylarında ise ortalama bulutluluk değerleri sırasıyla; 3,1 ve 2,8'dir.

Çalışma alanında yer alan bir diğer meteoroloji istasyonu olan Tekirdağ istasyonu verilerine göre, yılda ortalama bulutluluk değerinin en fazla olduğu aylar Ocak, Aralık ve Şubat aylarıdır ve bu aylarda ortalama bulutluluk değerleri sırasıyla; 6,3, 6,2 ve 5,9'dur. Aynı istasyonda en az bulutluluk değerine rastlanan Ağustos ve Temmuz aylarında ise ortalama bulutluluk değeri her ikisinde de 1,9'dur.

4.3.4. Güneşlilik

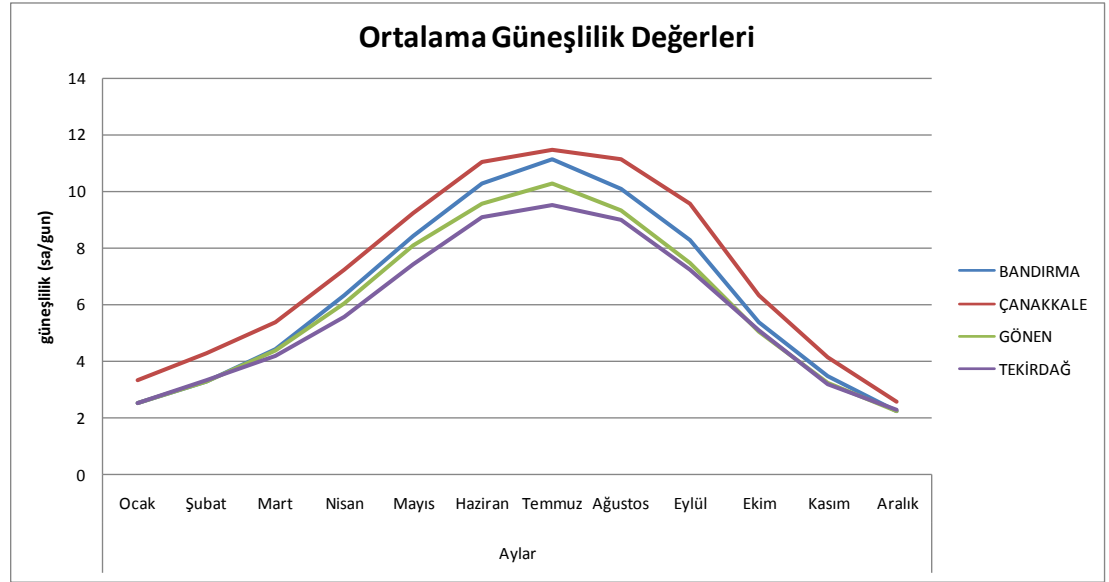
Güneşlenme süresi bir gün boyunca güneşin çıplak olarak gözlemlendiği toplam sürenin saat olarak ifadesidir. Şiddeti ise bu süre boyunca saatlik $\text{Cal/cm}^2/\text{dakika}$ değerlerinin toplamı olarak ifade edilmektedir. Güneşlenme süresi ve enerjisi özellikle kış aylarında ısınma amaçlı yakıt tüketimini azaltıcı etkiye sahip olduğundan dolayı hava kirleticilerinin miktarına da etki eder.

Model çalışma alanında Bandırma, Çanakkale, Gönen ve Tekirdağ istasyonlarına ait 1975-2009 yılları ortalamalarına göre aylık ortalama güneşlilik

değerleri Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Aynı istasyonlar için ortalama güneşlilik değerlerinin seyrini gösteren grafik Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Meteoroloji istasyonları ortalama güneşlilik değerleri

İstasyonlar	Aylar											
	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Bandırma	2,49	3,24	4,42	6,30	8,42	10,24	11,12	10,07	8,24	5,35	3,46	2,21
Çanakkale	3,30	4,27	5,36	7,22	9,25	11,07	11,48	11,15	9,58	6,30	4,13	2,55
Gönen	2,50	3,25	4,36	6,03	8,07	9,53	10,25	9,30	7,43	5,04	3,22	2,22
Tekirdağ	2,52	3,31	4,19	5,55	7,43	9,09	9,50	9,00	7,22	5,06	3,19	2,28



Şekil 4.8. Meteoroloji istasyonları ortalama güneşlilik değerleri

Model çalışma alanında yer alan Bandırma meteoroloji istasyonu verilerine göre yılda ortalama güneşlilik değerlerinin en fazla olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır ve bu aylarda ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 10,24 sa/gün, 11,12 sa/gün ve 10,07 sa/gün'dür. Aynı istasyonda en az güneşlilik değerine rastlanan Ocak ve Aralık aylarında ise ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 2,49 sa/gün ve 2,21 sa/gün'dür.

Çanakkale meteoroloji istasyonu verilerine göre yılda ortalama güneşlilik değerinin en fazla olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır ve bu aylarda ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 11,07 sa/gün, 11,48 sa/gün ve 11,15 sa/gün'dür. Aynı istasyonda en az güneşlilik değerine rastlanan Ocak ve Aralık aylarında ise ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 3,3 sa/gün ve 2,55 sa/gün'dür.

Gönen meteoroloji istasyonu verilerine göre ise, yılda ortalama güneşlilik değerinin en fazla olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır ve bu aylarda ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 9,53 sa/gün, 10,25 sa/gün ve 9,3 sa/gün'dür. Aynı istasyonda en az güneşlilik değerine rastlanan Ocak ve Aralık aylarında ise ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 2,5 sa/gün ve 2,22 sa/gün'dür.

Çalışma alanında yer alan bir diğer meteoroloji istasyonu olan Tekirdağ istasyonu verilerine göre, yılda ortalama güneşlilik değerinin en fazla olduğu aylar Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarıdır ve bu aylarda ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 9,09 sa/gün, 9,5 sa/gün ve 9 sa/gün'dür. Aynı istasyonda en az güneşlilik değerine rastlanan Ocak ve Aralık aylarında ise ortalama güneşlilik değerleri sırasıyla; 2,52 sa/gün ve 2,28 sa/gün'dür.

5. MODELİN UYGULAMASI

Model uygulama çalışması, veri toplanması ve kirletici yüklerinin hesaplanması, sahada ölçüm çalışmaları ve laboratuvar analizleri, verilerin istatistik araçlarla değerlendirilmesi olmak üzere birkaç aşamada tamamlanmıştır. Kirletici yüklerinin hesaplanması aşamasında, birkaç farklı yol izlenmiştir. Bölgede yer alan tesislerin emisyon raporundan emisyon değerleri alınmıştır. Sektör bazında literatürde yer alan emisyon faktörleriyle yakıt kullanım bilgileri kullanılarak emisyonlar hesaplanmıştır. Yerleşim yerlerinde, kullanılan yakıt bilgileri, emisyon faktörleriyle birlikte kullanılarak, evsel ısınma kaynaklı kirletici yükleri hesaplanmıştır.

5.1 Hava Kalitesi İzleme Çalışması

Hava kalitesi ile ilgili model çalışmalarıyla birlikte ölçümlerin ele alındığı birçok çalışmada uygun bir yöntem olarak pasif difüzyon örnekleyicileri kullanılmaktadır. Pasif difüzyon örnekleme, yerel ve bölgesel ölçekte hava kirleticilerini izlemek için kullanılan ekonomik bir yöntemdir. Bu örnekleyiciler; ölçümlerin konumsal dağılımını artırmada, izleme noktalarının değerlendirilmesinde ve veri bütünlüğünün artışı sağlamada kullanılırlar [Carmichael et al., 2003]. Daha ekonomik ve alıcı ortam atmosferindeki eser gaz konsantrasyonlarını saptamada verimli bir yöntem olmasından dolayı tercih edilir [Ayers et al., 1998].

İzleme çalışmalarında Palmes tipi difüzyon örnekleyicileri kullanılmıştır. Kullanılan örnekleyiciler, İngiltere'den Gradko Environmental Ltd. firmasından sağlanmıştır. Örnekleyicilerin analizleri Gradko Environmental Ltd. firması laboratuvarlarında yapılmıştır.

5.1.1. Hava Kalitesi Ölçüm Yöntemleri

Hava kalitesi izleme çalışmaları; kirlilik kaynakları ve dağılımını belirlemek, uygun kontrol stratejilerinin geliştirilmesi ve bu stratejilerin etkinliğini kontrol etmek amaçlarından biri veya hepsi için yapılır.

Hava kalitesi izleme metotları; otomatik online analizörler, pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler ve uzaktan algılayıcılar olmak üzere 4 ana grupta toplanabilir.

5.1.1.1. Otomatik analizörler

Bu cihazlar, gaz halindeki kirleticilerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinden yararlanarak sürekli ölçülmesini sağlar. Örneklenen hava, ya gazın optik özelliğine göre doğrudan reaksiyon hücresine girer ya da kimyasal ışıma veya floresans ışığı üreterek kimyasal reaksiyon oluşur. Işık detektörü, ölçülecek kirleticinin konsantrasyonu ile orantılı olarak elektriksel bir sinyal oluşturur.

5.1.1.2. Pasif örnekleyiciler

Çeşitli kirletici gazlar için kullanılan pasif örnekleyiciler; gaz ve buhar halindeki kirletici numunelerini, atmosferdeki statik bir tabaka içinden difüzyon veya bir membran içinden permeasyon gibi fiziksel bir işlemle, atmosferden hız kontrollü olarak alabilen cihaz olarak tanımlanır. Ancak burada, havanın örnekleyici içinden aktif bir hareketle geçmesi gerekmez. Bu ölçüm sonuçları, meteorolojik koşullara kuvvetle bağlıdır. Modern anlamda difüzyon tipi pasif örnekleyiciler, Palmes ve Gunninson tarafından; permeasyon/difüzyon tipi örnekleyiciler ise Reiszner ve West tarafından geliştirilmiştir [Yeşilyurt ve Akcan, 2001].

Pasif difüzyon örnekleyici tüp boyutları üretici spesifikasyonlarına göre farklılık gösterebilir, bu sebepten örnekleme hızı ve buna bağlı olarak hava miktarı hesaplanırken sahada örnekleme yapılan tüp boyutları kullanılmalıdır. Örneklenen hava miktarı aynı zamanda gazın difüzyon katsayısına da bağlıdır [Massman, 1998].

Cox (2003) çalışmasında, bir pasif örnekleyicide, Fick's Kanunu'na göre, atmosferden örneklenen gazın örnek hacim üzerinden tüpün içine nüfuz ederek kimyasal bir absorbantta tutulmasını açıklamıştır. Bu süreçte, difüzyon yolu uzunluğu ve örnekleyicinin iç kesit alanı, basit bir difüzyon tüpü örnekleyicisi içinde gazın absorblanma oranını kontrol etmektedir. Fick Kanunu'nun örnekleyici gaz tutma üzerine uygulanması Krupa and Legge (2000) tarafından da açıklanmıştır.

5.1.1.3. Aktif örnekleyiciler

Bu örnekleyiciler, hava numunesinin bir pompa aracılığı ile kimyasal veya fiziksel bir ortamdan geçirilebilmesi için elektrik enerjisine ihtiyaç duyarlar. Örneklenen hava hacminin yüksek olması hassasiyeti artırır. Şöyle ki günlük ortalama ölçümler elde edilebilir. Geniş çapta kullanılan aktif örnekleyiciler, SO₂ için asidimetrik yöntem, havada asılı partikül madde için OECD filtre yöntemi, toplam veya solunabilir partiküller için US EPA gravimetrik yüksek hacimli (High-Volume) örneklemeye yöntemleridir [Yeşilyurt ve Akcan, 2001].

5.1.1.4. Uzaktan algılayıcılar

Uzaktan algılayıcılar belirli bir hat boyunca (normal olarak >100m) çok bileşenli ölçümlerin yapılmasına olanak sağlar. Mobil sistemler kullanılarak, çeşitli tekniklerle alan içinde üç boyutlu kirletici konsantrasyon haritaları oluşturulabilir.

Uzaktan algılayıcılar, kaynak yakınındaki araştırmalar ve atmosferdeki dikey ölçümler için faydalıdır (troposferik ve stratosferik ozon dağılımı gibi). Ancak, mevcut ticari gelişim içinde, bu cihazlar hem çok pahalı (>200.000 \$) hem de çok karmaşıktır. Ayrıca verilerin geçerliliği, kalite güvenilirliği ve kalibrasyonu konusunda ciddi problemler vardır [Yeşilyurt ve Akcan, 2001].

5.1.2. Araştırma Kapsamında İncelenen Parametrelerin Ölçüm Yöntemleri

5.1.2.1. Kükürt dioksit (SO₂) ölçüm yöntemleri

Kükürt dioksit parametresi için amaca bağlı olarak otomatik analizörler ve pasif örnekleyicilerin kullanımı yaygındır.

Otomatik analizörle ölçüm yönteminin esası, SO₂ moleküllerince UV ışınının (Zn-hollow katod lambası kullanılır) absorblanması ve bir dalga boyunda uyarılmasıdır. Sonra daha düşük bir enerji seviyesinde, farklı dalga boyunda UV

vererek bozunmasıdır. Buradaki fluoresans ışığın şiddeti SO_2 konsantrasyonu ile orantılıdır.

Kükürt dioksit pasif örnekleyici tüpleri, absorbant olarak potasyum karbonatın ve glikol karışımının kullanıldığı örnekleyicilerdir. Paslanmaz çelik gözenekli diskler, tüpün birleştirilmeden önce potasyum karbonat ve glikol çözeltilerine daldırılarak doyurulmuştur.

5.1.2.2. Azot dioksit (NO_2) ölçüm yöntemleri

Çoğu araç egzozları ve yakma sistemlerinden kaynaklı azotoksitlerin ölçülmesinde yaygın olarak otomatik analizör sistemleri ve pasif örnekleyiciler kullanılırlar.

Azotoksitlerin otomatik analizörle tayini kimyasal ışımaya (kemilüminesans) esasına dayanır. Havada azot monoksit, ozonla reaksiyona girdiği zaman, uyarılma aşamasında, azot dioksitin normal formu ve uyarılmış formu oluşur. Uyarılmış azot dioksit, yer seviyesine döndüğü zaman, ışıma (kemilüminesans) yayar. Azot monoksit konsantrasyonu, bu ışımaya yoğunluğu ölçülerek tayin edilebilir. Eğer hava örneği, bir dönüştürücüden geçirilerek, azot dioksit azot monoksite dönüştürülürse; azot oksitlerinin (azot dioksit ve azot monoksit) konsantrasyonu, bu ışımaya yoğunluğu ölçülerek tayin edilebilir. Örneklem havasındaki azot dioksit konsantrasyonu, iki ölçüm arasındaki farktan hesaplanarak bulunur.

Azot dioksit için geniş çapta kullanılan pasif örnekleyici, Palmes tüpü olarak adlandırılan ve absorblayıcı olarak trietanolaminin (TEA) kullanıldığı difüzyon tipi örnekleyicidir. Paslanmaz çelik gözenekli diskler, tüpün birleştirmeden önce TEA ve aseton çözeltilerine daldırılarak veya birleştirilmiş tüpün içine bu çözeltilerden az miktarda enjekte edilmesi suretiyle, absorblayıcı çözelti ile doyurulmuştur.

5.2 Ölçüm Sonuçları

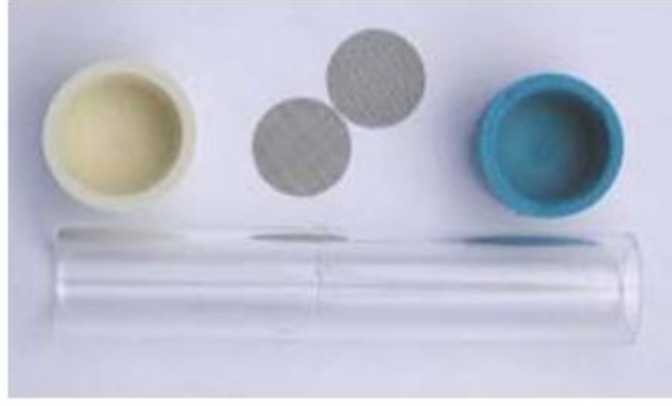
Biga yarımadası içerisinde Çan ve Bayramiç ilçeleriyle birlikte Kaz Dağları'nı da içine alan çalışma alanında 2006-2008 yılları arasında 10 (on) ayrı istasyonda

hava kalitesi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 2004 yılından itibaren kükürt dioksit ve azot dioksit ölçümleri aylık sürelerde pasif difüzyon örnekleyicileriyle yapılarak tamamlanmıştır. Sahada izleme yapılan istasyonların konumları ile ilgili bilgiler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Hava kalitesi izleme istasyonları bilgileri

İstasyon No	Konumu	Koordinatlar	Rakım
1	Kocaağaçlı mevkii (Kumarlar köyü üstü)	N 40° 01’ 58.8” E026° 49’ 56.9”	256 m
2	Mallıköy (Tepeüstü, futbol sahası kenarı)	N 40° 03’ 42.4” E027° 01’ 47.1”	323 m
3	Çan Şehir Merkezi (Hükümet binası üstü)	N 40° 01’ 75.6” E 027° 02’ 91.5”	102 m
4	Hamdibey köyü üstü (Ahiler-Namazgah yolu üzeri, Baraj üstü)	N 39° 52’ 44.0” E027° 17’ 03.0”	553 m
5	Kızılelma köyü (Tepeüstü)	N 39° 53’ 03.4” E026° 59’ 19.6”	423 m
6	Osmaniye köyü	N 39° 52’ 15.1” E026° 48’ 56.0”	666 m
7	Bayramiç (TEDAŞ İşl.Md.lüğü arazisi)	N 39° 48’ 38.7” E026° 35’ 51.9”	115 m
8	Katran Dağı (Küçük katran, Beşyol çeşmesi altı)	N 39° 51’ 31.2” E027° 03’ 03.1”	713 m
9	Kaz Dağları (Yosunlu çeşme mevkii)	N 39° 42’ 56.2” E026° 47’ 64.1”	1150 m
10	Kaz Dağları (Fatmaoluk-Oğullukız arası-Daloba ve Beşir köyleri üzeri, 153 Bölme sınırı)	N 39° 41’ 62.6” E026° 42’ 08.1”	763 m

Ölçümlerde kullanılan pasif örnekleyici tüpü Şekil 5.1 ve örnek bir hava kalitesi ölçüm istasyonu (8 No’lu) Şekil 5.2’de verilmiştir. 2006-2008 yılları arasında 10 ayrı istasyonda aylık periyotlarda gerçekleştirilen SO₂ parametresi ölçüm sonuçları sırasıyla, Çizelge 5.2, Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Pasif Örnekleyici Tüpü ve bileşenleri



Şekil 5.2. Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Görüntüsü (8 No'lu)

Çizelge 5.2. 2006 yılı aylık SO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

İstasyon No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	11,53	1,18	2,17	1,35	2,79	1,52	1,52	2,48	2,73	3,59	67,76	4,03
2	16,15	5,58	5,56	5,41	8,81	2,54	2,54	8,51	4,41	5,29	21,91	15,85
3	186,82	184,20	219,16	42,79	19,15	1,69	1,69	10,19	6,40	38,90	140,85	226,07
4	13,84	2,20	1,45	1,52	3,56	0,68	0,68	2,88	1,15	2,11	10,84	21,75
5	11,07	2,54	1,21	1,01	3,88	0,85	0,85	2,78	1,60	10,99	8,19	5,27
6	2,54	26,72	0,97	2,20	3,83	2,20	2,20	5,41	4,87	3,17	10,70	8,98
7	44,05	21,65	23,20	8,63	4,41	1,86	1,86	10,92	4,14	19,45	26,67	33,76
8	0,76	18,10	0,72	0,34	3,14	0,85	0,85	3,57	1,62	2,11	9,06	5,05
9	0,76	11,67	1,45	0,51	3,11	2,54	2,54	1,29	0,75	1,48	8,39	1,52
10	0,85	18,77	1,21	0,68	4,41	0,85	0,85	2,22	1,24	1,90	8,47	4,66

Çizelge 5.3. 2007 yılı aylık SO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

İstasyon No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	4,11	6,92	2,84	2,69	2,19	3,88	3,56	7,04	5,96	4,45	14,30	11,25
2	10,77	10,99	7,43	6,93	5,49	6,49	7,51	10,64	5,37	12,09	30,65	11,02
3	375,56	201,92	120,88	49,01	11,09	9,88	11,52	12,60	12,39	152,00	376,34	324,08
4	6,54	5,00	3,48	2,72	2,37	3,83	3,82	5,89	3,70	3,33	16,48	7,59
5	6,18	4,83	3,12	2,83	5,40	3,86	4,86	6,38	4,47	3,86	9,71	10,75
6	7,11	8,39	5,60	4,23	3,45	9,44	11,63	12,77	6,89	4,77	17,87	17,48
7	24,36	30,47	15,27	8,91	3,67	8,84	10,73	10,97	9,65	14,09	49,23	81,29
8	4,64	4,09	3,08	2,12	1,49	3,96	3,97	6,22	6,23	2,80	15,44	65,01
9	3,68	1,95	3,57	3,74	1,47	3,78	3,13	5,07	2,41	2,14	7,19	1,77
10	5,11	4,11	3,40	2,19	3,13	4,95	0,88	5,40	3,43	1,84	15,09	8,11

Çizelge 5.4. 2008 yılı aylık SO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

İstasyon No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	7,23	11,12	2,85	4,11	2,71	9,99	4,15	2,91	3,38	5,72	21,55	2,53
2	15,95	17,16	15,40	10,15	12,94	3,82	10,02	4,55	8,14	5,85	17,61	9,31
3	402,96	361,48	140,73	34,16	2,76	4,53	14,36	8,54	8,93	76,15	230,96	176,64
4	5,90	1,69	2,90	3,14	5,60	1,04	4,82	3,56	3,28	4,55	4,38	12,47
5	5,68	2,90	3,81	5,44	8,17	5,66	6,78	5,38	3,88	5,07	5,24	3,91
6	9,59	3,62	3,72	12,00	17,03	3,10	13,54	15,49	9,96	10,28	8,92	19,29
7	58,74	25,85	20,80	10,40	2,61	3,78	2,37	15,91	9,63	20,05	26,40	45,56
8	5,07	2,90	1,99	3,75	3,72	6,83	4,62	5,11	1,98	2,77	2,00	3,31
9	3,17	2,17	7,78	2,97	10,69	6,78	3,56	2,88	2,10	3,04	3,48	1,48
10	3,65	1,45	3,84	4,33	2,53	6,39	5,36	3,02	3,45	4,06	5,55	1,67

Çalışma alanında yer alan 1 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.5’de, 2 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.6’da, 3 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.7’de, 4 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.8’de, 5 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.9’da, 6 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.10’da, 7 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.11’de, 8 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.12’de, 9 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.13’de ve 10 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık SO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.14’de verilmiştir.

2006-2008 yılları arasında 10 ayrı istasyonda aylık bazda gerçekleştirilen NO₂ ölçüm sonuçları sırasıyla, Çizelge 5.15, Çizelge 5.16 ve Çizelge 5.17’ de verilmiştir.

Çizelge 5.5. 1 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	11,53	1,18	2,17	1,35	2,79	1,52	1,52	2,48	2,73	3,59	67,76	4,03
2007	4,11	6,92	2,84	2,69	2,19	3,88	3,56	7,04	5,96	4,45	14,30	11,25
2008	7,23	11,12	2,85	4,11	2,71	9,99	4,15	2,91	3,38	5,72	21,55	2,53

Çizelge 5.6. 2 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	16,15	5,58	5,56	5,41	8,81	2,54	2,54	8,51	4,41	5,29	21,91	15,85
2007	10,77	10,99	7,43	6,93	5,49	6,49	7,51	10,64	5,37	12,09	30,65	11,02
2008	15,95	17,16	15,40	10,15	12,94	3,82	10,02	4,55	8,14	5,85	17,61	9,31

Çizelge 5.7. 3 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	186,82	184,20	219,16	42,79	19,15	1,69	1,69	10,19	6,40	38,90	140,85	226,07
2007	375,56	201,92	120,88	49,01	11,09	9,88	11,52	12,60	12,39	152,00	376,34	324,08
2008	402,96	361,48	140,73	34,16	2,76	4,53	14,36	8,54	8,93	76,15	230,96	176,64

Çizelge 5.8. 4 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	13,84	2,20	1,45	1,52	3,56	0,68	0,68	2,88	1,15	2,11	10,84	21,75
2007	6,54	5,00	3,48	2,72	2,37	3,83	3,82	5,89	3,70	3,33	16,48	7,59
2008	5,90	1,69	2,90	3,14	5,60	1,04	4,82	3,56	3,28	4,55	4,38	12,47

Çizelge 5.9. 5 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	11,07	2,54	1,21	1,01	3,88	0,85	0,85	2,78	1,60	10,99	8,19	5,27
2007	6,18	4,83	3,12	2,83	5,40	3,86	4,86	6,38	4,47	3,86	9,71	10,75
2008	5,68	2,90	3,81	5,44	8,17	5,66	6,78	5,38	3,88	5,07	5,24	3,91

Çizelge 5.10. 6 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	2,54	26,72	0,97	2,20	3,83	2,20	2,20	5,41	4,87	3,17	10,70	8,98
2007	7,11	8,39	5,60	4,23	3,45	9,44	11,63	12,77	6,89	4,77	17,87	17,48
2008	9,59	3,62	3,72	12,00	17,03	3,10	13,54	15,49	9,96	10,28	8,92	19,29

Çizelge 5.11. 7 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	44,05	21,65	23,20	8,63	4,41	1,86	1,86	10,92	4,14	19,45	26,67	33,76
2007	24,36	30,47	15,27	8,91	3,67	8,84	10,73	10,97	9,65	14,09	49,23	81,29
2008	58,74	25,85	20,80	10,40	2,61	3,78	2,37	15,91	9,63	20,05	26,40	45,56

Çizelge 5.12. 8 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	0,76	18,10	0,72	0,34	3,14	0,85	0,85	3,57	1,62	2,11	9,06	5,05
2007	4,64	4,09	3,08	2,12	1,49	3,96	3,97	6,22	6,23	2,80	15,44	65,01
2008	5,07	2,90	1,99	3,75	3,72	6,83	4,62	5,11	1,98	2,77	2,00	3,31

Çizelge 5.13. 9 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	0,76	11,67	1,45	0,51	3,11	2,54	2,54	1,29	0,75	1,48	8,39	1,52
2007	3,68	1,95	3,57	3,74	1,47	3,78	3,13	5,07	2,41	2,14	7,19	1,77
2008	3,17	2,17	7,78	2,97	10,69	6,78	3,56	2,88	2,10	3,04	3,48	1,48

Çizelge 5.14. 10 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık SO₂ sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	0,85	18,77	1,21	0,68	4,41	0,85	0,85	2,22	1,24	1,90	8,47	4,66
2007	5,11	4,11	3,40	2,19	3,13	4,95	0,88	5,40	3,43	1,84	15,09	8,11
2008	3,65	1,45	3,84	4,33	2,53	6,39	5,36	3,02	3,45	4,06	5,55	1,67

Çizelge 5.15. 2006 yılı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

İstasyon No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	4,11	4,30	2,97	2,61	3,52	2,40	2,40	3,86	4,63	4,04	5,77	3,75
2	10,70	8,54	9,92	7,44	14,72	3,50	3,50	12,06	11,20	8,55	16,59	14,75
3	38,45	41,47	36,79	16,86	29,81	8,97	8,97	20,99	21,62	18,10	32,55	38,65
4	3,74	2,97	3,20	3,03	3,68	3,60	3,60	4,12	5,26	4,37	5,34	3,68
5	3,59	3,13	2,97	2,39	3,15	2,35	2,35	3,01	2,84	3,45	3,66	3,66
6	1,95	6,10	2,27	3,78	4,64	3,96	3,96	3,81	4,58	4,24	4,90	3,57
7	11,55	11,51	7,42	7,07	8,58	6,00	6,00	7,61	9,99	9,61	12,11	13,34
8	1,60	4,30	3,20	4,57	2,56	2,24	2,24	2,64	2,68	2,72	2,39	2,39
9	1,19	2,70	1,48	1,17	1,60	1,46	1,46	0,90	1,31	2,05	1,35	1,23
10	1,17	2,51	1,95	1,75	2,29	2,03	2,03	2,01	2,52	2,65	2,55	2,16

Çizelge 5.16. 2007 yılı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

İstasyon No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	2,74	4,71	2,74	(*)	3,40	3,23	4,35	4,35	4,52	12,52	5,35	7,06
2	9,33	12,54	11,23	12,77	11,07	9,81	9,91	12,08	9,50	12,71	15,60	11,06
3	36,98	35,94	28,40	25,94	20,88	21,31	20,98	2,35	20,85	34,68	40,13	33,87
4	2,95	4,66	3,67	2,82	3,64	3,43	5,03	5,48	4,57	5,52	6,26	7,65
5	2,06	3,62	2,41	2,28	1,98	2,53	3,34	3,84	3,54	3,65	3,16	6,01
6	2,47	4,41	2,83	2,69	2,81	3,80	4,88	4,96	4,82	3,79	3,47	6,13
7	8,99	10,81	8,40	6,99	5,89	7,17	7,98	7,57	8,22	10,36	13,56	15,90
8	1,92	3,02	1,90	1,41	2,02	2,06	2,66	3,07	2,79	2,64	2,89	4,91
9	1,65	1,20	1,58	0,81	0,95	1,00	1,35	1,94	1,40	1,63	1,73	1,45
10	2,61	2,73	1,86	1,28	3,96	1,74	2,08	2,76	2,19	2,64	2,79	2,68

(*): Numune tüpleri sahada kaybolmuştur.

Çizelge 5.17. 2008 yılı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

İstasyon No	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1	4,77	3,09	29,84	2,85	3,25	15,46	4,05	3,89	2,95	6,46	4,81	4,68
2	12,11	9,64	10,04	9,87	10,59	8,50	7,20	6,65	4,94	9,15	10,83	9,57
3	31,30	34,73	3,72	24,60	18,07	3,81	14,55	10,17	12,07	28,88	32,01	28,53
4	4,70	3,99	2,85	3,84	3,27	5,20	4,15	3,52	4,22	5,64	5,04	5,20
5	3,74	2,18	2,02	2,39	2,50	2,32	2,63	2,63	2,32	5,13	3,16	3,85
6	3,61	2,64	2,11	3,00	3,56	7,73	4,99	4,82	4,63	5,64	3,29	4,74
7	7,04	6,93	7,04	6,33	6,86	9,80	7,31	8,40	3,53	10,36	11,68	13,04
8	1,53	2,34	1,90	1,82	2,07	1,64	2,22	2,05	1,99	3,29	2,37	3,08
9	1,63	1,51	1,11	1,21	1,25	1,02	1,18	0,97	0,86	1,61	1,11	1,56
10	2,10	1,73	1,72	1,60	1,98	2,59	2,06	1,86	1,53	2,85	1,97	2,70

Çan-Bayramiç bölgesi kırsalında yürütülen araştırma çalışması kapsamında 2006-2008 yılları arasında 10 ayrı istasyonda NO₂ ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde elde edilen uzun yıllar sonuçları istasyonlar bazında düzenlenmiştir.

Düzenlemeler çerçevesinde, 1 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.18’de verilmiştir. 2 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.19’da verilmiştir. 3 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.20’de verilmiştir. 4 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.21’de verilmiştir. 5 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.22’de verilmiştir. 6 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.23’de verilmiştir. 7 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçlar Çizelge 5.24’de verilmiştir. 8 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.25’de verilmiştir. 9 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.26’da verilmiştir. 10 numaralı hava kalitesi izleme istasyonunda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları Çizelge 5.27’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. 1 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	4,11	4,30	2,97	2,61	3,52	2,40	2,40	3,86	4,63	4,04	5,77	3,75
2007	2,74	4,71	2,74	(*)	3,40	3,23	4,35	4,35	4,52	12,52	5,35	7,06
2008	4,77	3,09	29,84	2,85	3,25	15,46	4,05	3,89	2,95	6,46	4,81	4,68

Çizelge 5.19. 2 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	10,70	8,54	9,92	7,44	14,72	3,50	3,50	12,06	11,20	8,55	16,59	14,75
2007	9,33	12,54	11,23	12,77	11,07	9,81	9,91	12,08	9,50	12,71	15,60	11,06
2008	12,11	9,64	10,04	9,87	10,59	8,50	7,20	6,65	4,94	9,15	10,83	9,57

Çizelge 5.20. 3 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	38,45	41,47	36,79	16,86	29,81	8,97	8,97	20,99	21,62	18,10	32,55	38,65
2007	36,98	35,94	28,40	25,94	20,88	21,31	20,98	2,35	20,85	34,68	40,13	33,87
2008	31,30	34,73	3,72	24,60	18,07	3,81	14,55	10,17	12,07	28,88	32,01	28,53

Çizelge 5.21. 4 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	3,74	2,97	3,20	3,03	3,68	3,60	3,60	4,12	5,26	4,37	5,34	3,68
2007	2,95	4,66	3,67	2,82	3,64	3,43	5,03	5,48	4,57	5,52	6,26	7,65
2008	4,70	3,99	2,85	3,84	3,27	5,20	4,15	3,52	4,22	5,64	5,04	5,20

Çizelge 5.22. 5 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	3,59	3,13	2,97	2,39	3,15	2,35	2,35	3,01	2,84	3,45	3,66	3,66
2007	2,06	3,62	2,41	2,28	1,98	2,53	3,34	3,84	3,54	3,65	3,16	6,01
2008	3,74	2,18	2,02	2,39	2,50	2,32	2,63	2,63	2,32	5,13	3,16	3,85

Çizelge 5.23. 6 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	1,95	6,10	2,27	3,78	4,64	3,96	3,96	3,81	4,58	4,24	4,90	3,57
2007	2,47	4,41	2,83	2,69	2,81	3,80	4,88	4,96	4,82	3,79	3,47	6,13
2008	3,61	2,64	2,11	3,00	3,56	7,73	4,99	4,82	4,63	5,64	3,29	4,74

Çizelge 5.24. 7 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	11,55	11,51	7,42	7,07	8,58	6,00	6,00	7,61	9,99	9,61	12,11	13,34
2007	8,99	10,81	8,40	6,99	5,89	7,17	7,98	7,57	8,22	10,36	13,56	15,90
2008	7,04	6,93	7,04	6,33	6,86	9,80	7,31	8,40	3,53	10,36	11,68	13,04

Çizelge 5.25. 8 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	1,60	4,30	3,20	4,57	2,56	2,24	2,24	2,64	2,68	2,72	2,39	2,39
2007	1,92	3,02	1,90	1,41	2,02	2,06	2,66	3,07	2,79	2,64	2,89	4,91
2008	1,53	2,34	1,90	1,82	2,07	1,64	2,22	2,05	1,99	3,29	2,37	3,08

Çizelge 5.26. 9 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	1,19	2,70	1,48	1,17	1,60	1,46	1,46	0,90	1,31	2,05	1,35	1,23
2007	1,65	1,20	1,58	0,81	0,95	1,00	1,35	1,94	1,40	1,63	1,73	1,45
2008	1,63	1,51	1,11	1,21	1,25	1,02	1,18	0,97	0,86	1,61	1,11	1,56

Çizelge 5.27. 10 No'lu istasyonda yıllara bağlı aylık NO₂ ölçüm sonuçları (µg/m³)

Yıllar	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
2006	1,17	2,51	1,95	1,75	2,29	2,03	2,03	2,01	2,52	2,65	2,55	2,16
2007	2,61	2,73	1,86	1,28	3,96	1,74	2,08	2,76	2,19	2,64	2,79	2,68
2008	2,10	1,73	1,72	1,60	1,98	2,59	2,06	1,86	1,53	2,85	1,97	2,70

5.3 Hava Kalitesi Modelleme Çalışması

Hava kalitesi modellemesi, bir bölgede çeşitli mevcut kaynaklarla birlikte yeni kurulacak tesislerden açığa çıkan emisyonların da önlenmesi ve kontrol stratejilerinin oluşturulmasına yönelik olarak hava kirliliği etki değerlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır.

Hava kalitesi modelleri, girdiler ve çıktılardan oluşur. Girdi elamanları arasında, kirletici kaynak emisyon miktarları, meteorolojik veriler ve atmosferdeki mekanizmalar da dikkate alınacaksa atmosfer kimyası ile ilgili veriler bulunur. Bu veriler kullanılarak matematiksel ifadelerle kirleticilerin atmosferde taşınım ve dağılımı veya kimyasal ve fiziksel dönüşümleri ve uzaklaştırılma prosesleri model yardımıyla simüle edilir. Modelin çıktı parametresi ise belli bir zaman aralığı için, belirli alıcı noktalardaki kirletici konsantrasyonlarıdır [Ertürk, 1993].

Bu araştırmada kırsal alan olarak seçimi yapılan Çan-Bayramiç bölgesinde, incelenen kirleticiler açısından en büyük katkıya sahip kaynaklara bağlı olarak, bölgenin topoğrafyası ve meteorolojik özellikleri de dikkate alınarak uzun erişimli etki alanı belirlenmiştir. Modellemede uluslararası kabul görmüş meteorolojik bir modül olan CALMET, Lagrangien kararsız hal kabarık duman (non steady state puff) dağılım modeli olan CALPUFF kullanılmıştır.

Modelleme çalışmasında bölgede yer alan meteoroloji istasyonlarını kapsayan uzun erişimli bir alanda ($200 \times 200 \text{ km}^2$) CALMET ve incelenen kaynakları ve alıcı ortam noktalarını kapsayan $1 \times 1 \text{ km}^2$ 'lik gridlerle belirlenen $50 \times 35 \text{ km}^2$ 'lik alanda CALPUFF dağılım modeli kullanılmış, SO_2 ve NO_2 gazları için aylık ve yıllık konsantrasyonlar belirlenmiştir.

5.4 Model Girdileri

5.4.1. Meteorolojik Veriler

Modellemede, aşağıda özellikleri belirtilen istasyon verileri kullanılmıştır. İstasyonlar ve istasyon çeşitlerine göre kullanılan bilgiler aşağıda sıralanmıştır.

İklimsel gözlemler yapan yer istasyonları

(Gönen, Çanakkale, Tekirdağ, Bandırma)

Saatlik rüzgâr yönü ve hızı, sıcaklık, bulutluluk, bulut yüksekliği, basınç, bağıl nem

Deniz gözlemleri yapan istasyon

(Çanakkale)

Saatlik hava sıcaklığı, deniz suyu sıcaklığı, bağıl nem, deniz yüzeyi karışma yüksekliği, rüzgâr yönü ve hızı, basınç

Radiosonde istasyonu

(İstanbul)

Basınç, ölçüm yüksekliği, sıcaklık, rüzgâr yönü ve hızı

5.4.2. Topoğrafya Bilgileri

Çalışma alanına ait yükselti verileri NASA'nın ürettiği "Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) 90m Digital Elevation Data" dosyasından Consortium for Spatial Information (CGIAR-CSI) web sayfasından alınmıştır.

5.4.3. Kaynak Bilgileri

Bacalardan açığa 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. Yerleşim yerlerinde ısınma amaçlı kullanılan yakıt yanması sonucu emisyonlar oluşmaktadır. Söz konusu emisyonların alanlara bağlı hesaplanmasından dolayı, yerleşim yerleri modelde alan kaynak olarak tanımlanmaktadır.

Çan-Bayramiç bölgesinde Kaz Dağlarını da kapsayacak alanda yer alan sanayi tesisleri ve yerleşim birimlerinden kaynaklanan kükürt dioksit ve azot dioksitin dağılımları modellenmiştir.

Modelleme çalışmasında, araç egzoz emisyonlarının, çalışma alanında yer alan 18 Mart Çan Termik Santrali ve Çanakkale Seramik sanayi tesisleri ile Çan ve Bayramiç yerleşim birimlerinden açığa çıkan SO_2 ve NO_2 emisyonlarıyla kıyaslandığında (Örn.: toplam NO_2 kütsel debisinin yaklaşık %1'i) ihmal edilebileceği kabul edilmiştir.

Model çalışmasında, Çan merkezi ile köylerinde yaşayan 9590 hanenin 8943'ünün göreceli olarak kükürt içeriği daha yüksek linyit kömürü kullandığı, Çanakkale Gaz [Çanakkale Gaz, 2010] firmasından edinilen bilgiler doğrultusunda 647 hanenin ise doğalgaz kullandığı bilgilerine göre kirletici yükleri hesaplanmıştır. Bayramiç ilçesi için ise 4430 hanenin tamamının ısınma amaçlı olarak göreceli kükürt içeriği daha düşük olan Ege Linyit İşletmelerine ait yıkanmış (lavvarlanmış) kömür kullandığı bilgisi doğrultusunda SO_2 ve NO_2 kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Dağılım modellemesinde kullanılan yakıtlar için emisyon faktörleri Çizelge 5.28' de verilmiştir. Her iki kömür cinsi için kullanılan emisyon faktörleri USEPA kaynaklarından alınmıştır [USEPA, 2010]. Yerleşim yerlerinden açığa çıkan SO_2 ve NO_2 parametreleri için toplam kirlilik yükleri Çizelge 5.29'da verilmiştir.

Model çalışma bölgesinde, yerleşim alanları dışında dikkate alınması gereken diğer önemli kaynaklar ise 18 Mart Çan Termik Santrali ve Çanakkale Seramik tesisidir. Çan Termik Santrali'nden kaynaklanan toplam kirletici katkıları için, hazırlanmış emisyon raporundan alınan kükürt dioksit ve azot dioksit emisyon değerleri kullanılmış ve bu değerler Çizelge 5.30'da verilmiştir. Çanakkale Seramik Fabrikalarında ise tüm tesislerde yakıt olarak doğalgazın kullanıldığı bilgisi ile hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Çanakkale seramik tesisinde toplam 4.380.000 $\text{m}^3/\text{yıl}$ doğalgaz tüketimi Çanakkale Gaz arşivlerinden edinilen bilgiler ile hesaplamalarda yer almıştır. Nokta kaynak olarak modelde tanımlanan Çanakkale Seramik Fabrikası için emisyon hesaplamaları doğalgaz emisyon faktörleri kullanılarak yapılmıştır.

Çan ve Bayramiç ilçelerinde, kömür kaynaklı SO₂ hesaplamaları için 13,96S (g/kg) değeri kullanılmıştır. Kömür kaynaklı NO₂ için ise 1,33 g/kg emisyon faktörü değeri kullanılmıştır. Çan linyitinde kükürt değeri %3,45 [İlgar, 2008], Soma kömüründe %0,72 [Boylu ve Ateşok, 2004] alınmıştır. Aşağıda örnek olarak Çan ilçesinde ısınmadan kaynaklanan SO₂ emisyon yükü hesaplama aşamaları verilmiştir. Diğer tüm kaynaklar ve aynı zamanda NO₂ parametresi için emisyon yükü hesaplamaları da aynı aşamalarla elde edilmiştir.

Kömür kaynaklı SO₂ emisyon faktörü:

$$EF_{\text{kömür}}(\text{SO}_2) = 13,96 \text{ g/kg} \times 3,445(\% \text{ kükürt oranı}) = 48,09 \text{ g/kg}$$

$$\text{Emisyon yükü} = \text{Yakıt tüketimi} \times \text{Emisyon faktörü}$$

$$\text{SO}_{2\text{kömür}} = (40070 \text{ ton/5ay} \times 48,09 \text{ g/kg} \times 1\text{kg}/1000\text{g}) = 1927 \text{ ton/5ay}$$

$$\text{SO}_{2\text{doğalgaz}} = (323500 \text{ m}^3/5\text{ay} \times 0,02 \text{ g/m}^3 \times 1\text{ton}/1000000\text{g}) = 0,00647 \text{ ton/5ay}$$

Çan ilçesinde alan kaynaklardan açığa çıkan toplam SO₂ aşağıda hesaplanmıştır.

$$\text{SO}_{2\text{toplam}} = (\text{SO}_{2\text{kömür}} + \text{SO}_{2\text{doğalgaz}}) \times (1000000\text{g/ton}) / (151\text{gün}/5\text{ay}) / (24\text{saat}/\text{gün}) / (60\text{dk}/\text{saat}) \times (60\text{sn}/\text{dk}) = 147,7 \text{ g/s}$$

Çizelge 5.28. Yerleşim yerlerindeki yakıt kullanılan için emisyon faktörleri [USEPA, 2010]

Yakıt	Birim	SO ₂	NO ₂
Çan linyiti	g/kg	48,09	1,33
Soma kömürü	g/kg	10,89	1,33
Doğalgaz	g/m ³	0,02	1,85

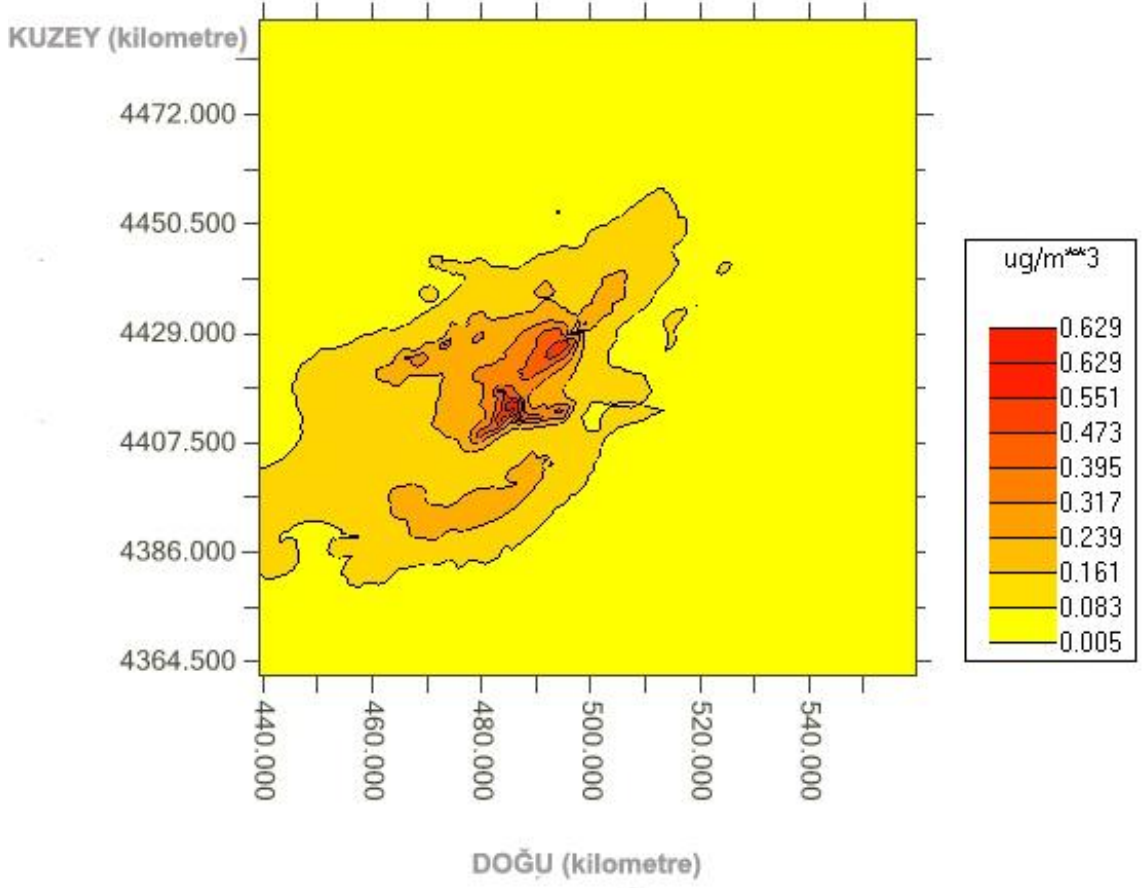
Çizelge 5.29. Alan kaynaklardan açığa çıkan emisyon verileri

Alan kaynak	Birim	SO ₂	NO ₂
Çan yerleşimi	g/s	147,72	4,13
Bayramiç yerleşimi	g/s	16,57	2,02

Çizelge 5.30. Nokta kaynak emisyon verileri

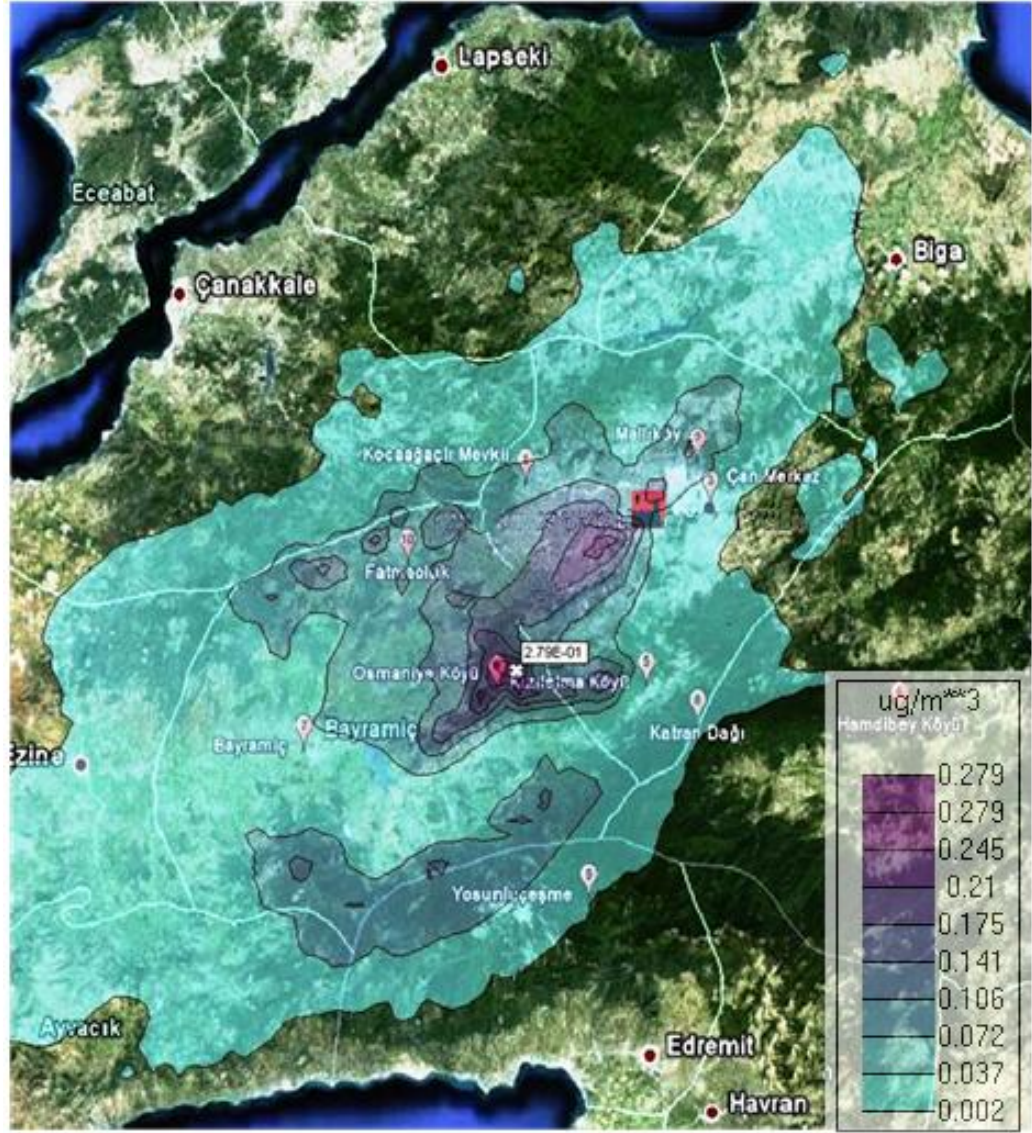
Kaynaklar	Emisyonlar (g/s)	
	SO ₂	NO ₂
Çan Termik Santrali	94,81	28,15
Çanakkale Seramik	2,78	256,94

Aynı yılda SO₂ parametresinin çalışma alanındaki koordinatlara dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği Şekil 5.4’de verilmiştir.



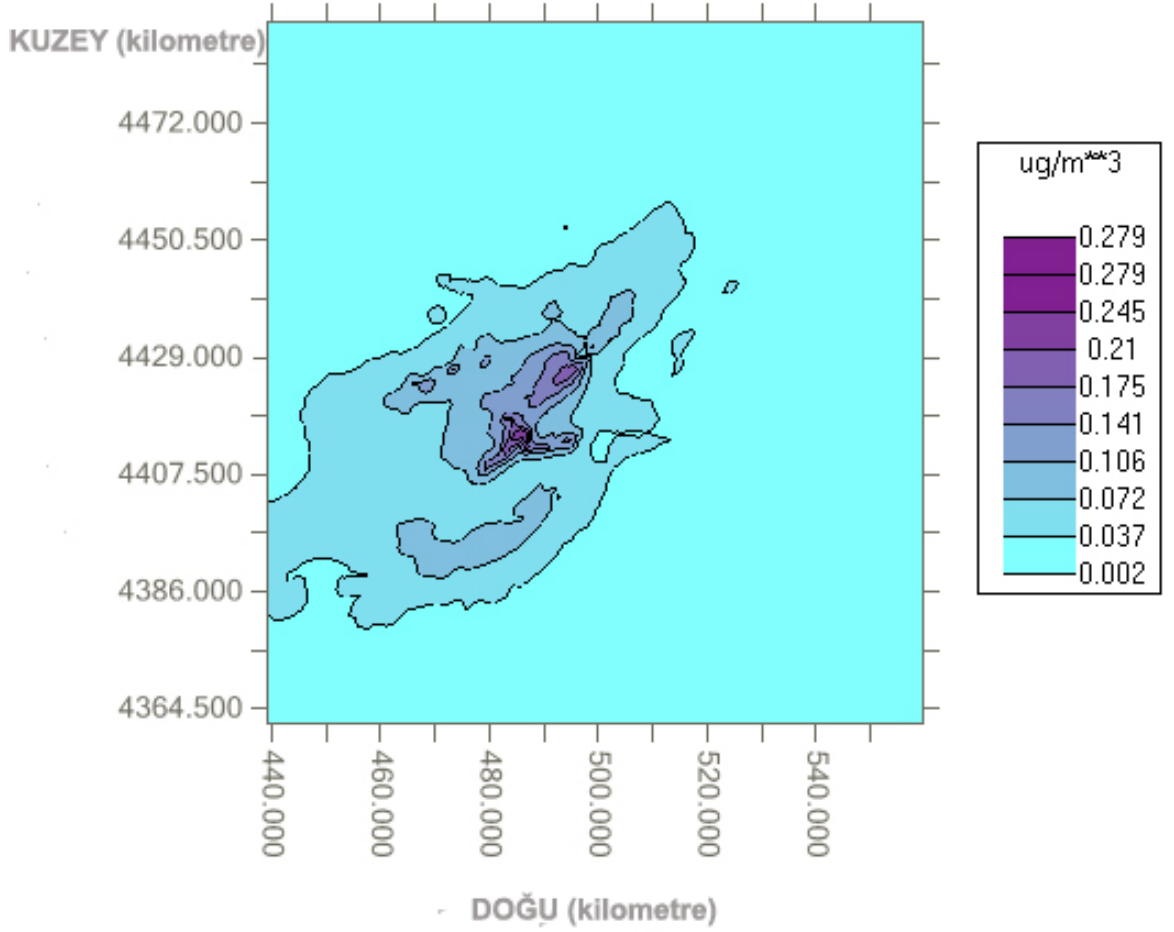
Şekil 5.4. Çalışma alanında yıllık SO₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği

Çalışma alanı haritası üzerinde NO₂ ölçüm istasyonları ve temsili olarak 2006 yılı verilerine göre hesaplanan NO₂ parametresinin model çalışma alanındaki grid alanı üzerindeki koordinatlara dağılımının grafiği Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5. Ölçüm istasyonları ve 2006 yılına ait NO₂ dağılımının gösterimi

NO₂ parametresinin çalışma alanındaki koordinatlara dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği Şekil 5.6’da sunulmuştur.



Şekil 5.6. Çalışma alanında yıllık NO₂ dağılımının iki boyutlu gösterim grafiği

5.5.1. Model Performansında Kullanılan İstatistik Parametreler

Dağılım modellerinin değerlendirilmesi için yaygın olarak kullanılan istatistiksel parametreler fraksiyonel yanlılık (FB), normalize ortalama kareler hatası (NMSE), korelasyon katsayısı (r), fraksiyonel varyans (FS), Faktör 2 (FAC2)'dir [Hanna S.R., 1988]. Model performans değerlendirmesinde uyumluluk indeksi (IA) de dikkate alınan istatistik parametrelerden birisidir. Uyumluluk indeksi 0-1 arasında değer almaktadır. IA=1 mükemmel uyumu göstermektedir [Karppinen A. et al., 2000].

Çalışma alanında uygulanan modelin kalibrasyonu için istatistiksel parametrelerden fraksiyonel yanlılık, normalize ortalama kareler hatası, korelasyon katsayısı, Faktör 2 (FAC2) ve uyumluluk indeksi birlikte kullanılmıştır.

İstatistik değerlendirmede bazı basit kabuller yapılmıştır. Bunlar;

- Yerleşim yerlerinde evsel ısınma amaçlı (bölgesel farklılıklar olmakla birlikte) sadece belirtilen yakıt cinslerinin kullanıldığı varsayılmış ve bu durumda iki kirletici için hesaplamalar yapılmıştır
- Doğrulama süreci iki seviyede geliştirilmiştir
 - 1-Model ve ölçüm verilerinin aynı zaman aralığına getirilmesi için aylık ortalama değerlerinin hesaplanması
 - 2-Her ölçüm istasyonu koordinatı için aylık ortalama konsantrasyonların istatistik yöntemlerle değerlendirilmesi
- İncelenmek üzere yakıt kaynaklı kirleticiler olan SO₂ ve NO₂ parametreleri seçilmiştir

Modelin performansını test etmek için, aylık olarak 2006 (kalibrasyon), 2007 ve 2008 (doğrulama) yılları SO₂ ve NO₂ veri setleri (her iki parametre için ölçüm ve model sonuçları ayrı ayrı) arasındaki ilişki irdelenmiş, ayrıca daha sonra genel değerlendirme yapabilmek için yıllık tüm veri setleri dikkate alınarak başarı değerlendirme sonuçları elde edilmiştir.

5.5.1.1. Korelasyon

Çan-Bayramiç bölgesinde ölçüm verileriyle model çıktılarının karşılaştırılmasında kullanılan ve iki veri serisi arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon çalışmasında, hesaplanan korelasyon katsayısının formülü Eşitlik 5.1’de verilmiştir.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - O)(P_i - P)}{\sqrt{(O_i - O)^2 (P_i - P)^2}} \quad (5.1)$$

Burada, “N” veri sayısını, “P_i” modelleme ile hesaplanan sonuçları, “O_i” ölçüm konsantrasyonlarını, “O” ölçümlerin ortalamasını ve “P” model sonuçlarının ortalamasını ifade etmektedir.

Korelasyon katsayısı +1.0 (maksimum uyumlu) ile -1.0 (maksimum uyumsuz) arasında değişmektedir.

Çalışma alanında modelin kalibrasyonu için 2006 yılı SO₂ ve NO₂ verileriyle CALPUFF modeli çalıştırılmıştır. Ayrıca, aynı yıl için on ayrı istasyon koordinatında gerçekleştirilen hava kalitesi ölçüm sonuçları elde edilmiştir. İki ayrı veri seti arasındaki uyum mertebesini test için aşağıda sıralanan istatistik parametreler hesaplanmıştır. 2006 yılında 10 istasyonun 12 aylık verileriyle toplamda 120 adet veriden oluşan iki veri seti karşılaştırılmıştır. Ancak her ay için ayrı ayrı değerlendirme yapılarak zamana bağlı veri setleri arasındaki ilişki irdelenmiştir.

Araştırmanın ikinci aşamasında kalibrasyonu sağlanan modelin doğrulama çalışmasını gerçekleştirmek üzere farklı zaman dilimlerindeki ölçüm verileri kullanılmıştır. Model, 2007 ve 2008 yılı verileriyle çalıştırılmış ve bu yıllara ait on adet istasyonda ölçümleri yapılmış olan SO₂ ve NO₂ sonuçları kullanılmıştır. 10 istasyonda her yıl için 120 adet olmak üzere toplamda 240 adet veriden oluşan ölçüm sonuçlarıyla model çıktıları arasındaki ilişki istatistik parametrelerle değerlendirilmiştir.

5.5.1.2. Uyumluluk indeksi

Model çalışmasının performansını kontrol etmek üzere çalışmada kullanılan diğer bir istatistik araç ise uyumluluk indeksi olarak karşımıza çıkmaktadır. Modelleme sonuçları ve ölçüm çalışmalarından elde edilen sonuçların uyumluluğunu test etmek için kullanılan uyumluluk indeksi parametresinin formülü Eşitlik 5.2’de verilmiştir.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (|P_i - O| + |O_i - O|)^2} \quad (5.2)$$

Uyumluluk indeksi 0,0 (teorik minimum) ile 1,0 (ölçüm serisi ve model serisi arasında mükemmel örtüşme vardır) arasında değişmektedir.

5.5.1.3. Fraksiyonel yanlılık

Performans kontrolünde kullanılan bir diğer araç fraksiyonel yanlılık parametresidir. Yanlılık gözlem ve tahmin değerleri arasındaki hesap farkının ortalama hata olarak ifadesidir. Fraksiyonel yanlılık ise, normalleştirilmiş yanlılıktır. Bu çalışmada model sonuçları hesaplanan değerleri, ölçüm sonuçları da gözlem değerlerini karşılamaktadır. Fraksiyonel yanlılık parametresinin formülü Eşitlik 5.3’de verilmiştir.

$$FB = 2 \left[\frac{\overline{O_i} - \overline{P_i}}{\overline{O_i} + \overline{P_i}} \right] \quad (5.3)$$

Fraksiyonel yanlılık $-2 \leq FB \leq 2$ arasında değişmektedir. $FB=0$ durumunda model tahminleri ile ölçüm değerleri arasında mükemmel bir uyum vardır. $-0,5 \leq FB \leq 0,5$ aralığında ise model tahminleri kabul edilebilir.

5.5.1.4. Normalize ortalama kareler hatası

Model çalışmalarında sonuçların kabul kriterlerini belirlemede kullanılan diğer önemli bir istatistik parametre ise normalize ortalama kareler hatasıdır. Normalize ortalama kareler hatası verilerin dağılımını göstermektedir. Küçük NMSE değerleri daha iyi model performansını göstermektedir. NMSE parametresinin formülü Eşitlik 5.4’de verilmiştir.

$$NMSE = \left[\frac{\overline{(O_i - P_i)^2}}{\overline{O_i} \cdot \overline{P_i}} \right] \quad (5.4)$$

NMSE, $0 \leq NMSE \leq \infty$ arasında değişmektedir. $FB=0$ ideal durumu model tahminleri ile ölçüm değerleri arasında mükemmel bir uyumu göstermektedir. $NMSE \leq 0,5$ durumunda ise model tahminleri kabul edilebilir.

5.5.1.5. Faktör 2 (FAC2)

Araştırmanın model aşamasında elde edilen sonuçların değerlendirmesinde ayrıca Faktör 2 analizi kullanılmıştır. Faktör 2 içinde verilerin fraksiyonu olarak ifade edilir. Verilerin fraksiyonu, $0,5 \leq (P_i/O_i) \leq 1$ arasında, FAC ise $0 \leq FAC2 \leq 1$

arasındadır. $FAC=1$, tüm verilerin 0,5-1 fraksiyon aralığına düştüğü, $FAC=0$ verilerin hiçbirinin bu aralığa düşmediğini gösterir. $FAC2 \geq 0,8$ olduğunda model kabul edilebilir.

5.5.2. Model Kalibrasyonu ve Doğrulanması

Model performansı çok sayıda faktöre bağlı olduğundan, bir modelin uygulanabilirliğini tespit etmek için belirlenmiş direkt bir teknik bulunmamaktadır. Model performansını etkileyen faktörler girdi verileri, model kurgulama parametreleri ve model algoritmasıdır. Bunların yanı sıra, model performansı kirletici konsantrasyonlarının değerlendirildikleri zaman dilimine ve sonuçlarıyla karşılaştırma yapılan ölçüm istasyonlarının konumlarına da bağlıdır [Silva, 2008].

Model performansı değerlendirme çalışmalarında, alıcı ortamlarda yapılan ölçüm sonuçlarına göre, bir modelin kalibrasyonu ve doğrulanması yapılabilir. Modelin kullanılabilmesi, saha ölçümleriyle değerlendirme sonuçlarına bağlıdır. Genellikle iki ayrı saha veri setine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan birincisi kalibrasyon için diğeri modelin farklı durumlarda (farklı zaman periyodu olabilir veya farklı yerler için olabilir) doğrulama çalışmasını yapmak için gereklidir. Model kalibrasyonu, model sonuçları ile saha ölçümleri arasındaki karşılaştırmayı içermektedir. Model katsayıları ve hız sabitleri için literatürde sunulan veriler veya laboratuvar çalışmalarından elde edilen bilgiler kullanılmaktadır. Model çalıştırıldıktan sonra, model sonuçları ile ilgili hava kirletici için saha ölçümleri arasında, istatistiksel bir karşılaştırma yapılır. Eğer hata oranları kabul edilebilir tolerans aralığı içindeyse modelin kalibrasyonu düşünülür. Eğer hata payı kabul edilemeyecek sınırlarda ise, modele ait çeşitli girdi verileri, kabul edilebilir aralığı sağlamak için sistematik olarak kontrol edilir. Modeli doğrulamak için de, model sonuçları ile (ikinci set) saha ölçüm sonuçları arasında istatistiksel karşılaştırma yapmak gerekmektedir. Ancak doğrulama çalışmasında model formülasyonundaki girdi bilgileri değiştirilemez. Bu işlem, modelin kabul edilebilir şekilde çalışmasına ilişkin güven sağlamaktadır. Performans kriterleri oldukça basit olabildiği gibi daha kompleks de olabilmektedir [Schnoor L., 1996].

Doğrulama sürecinde aynı meteorolojik koşulların varlığı, aynı coğrafi temelin kullanıldığı ve aynı koordinatlardaki noktalarda değerlendirme yapıldığından emin olunmalıdır.

Modelleme sonuçlarının toplam belirsizlikleri, modelin formülündeki hatalardan, girdi verilerindeki hatalardan ve atmosferdeki stokastik proseslerden kaynaklanan belirsizlikler olmak üzere üç kısımda irdelenmek mümkündür [Hanna, 1988]. İlk belirsizlik daha gerçekçi fiziksel yaklaşımlar ve daha etkili algoritmaların kullanımıyla azaltılabilir. İkinci belirsizlik, daha gelişmiş ölçüm tekniklerinin kullanılması ve daha doğru sonuçların alınmasıyla elimine edilebilir. Ancak, atmosferik stokastik (türbülans gibi) değişimler elimine edilemez. Bu yüzden, toplam model belirsizliklerinin ve sonuçların anlamlı şekillerde sunulmasını değerlendirmek için pratik metodolojiler geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır [Dabberdt and Miller, 2000].

Objektif olarak model sonuçlarını değerlendirmek için birçok farklı istatistiksel performans parametresi hesaplanmaktadır. Bunlar, model tahminleri ile gerçek (ölçüm) değerler arasındaki sapmalar esas alınarak hesaplanmaktadır. Model değerlendirilmesinde önemli bir ifade, uyumluluğun tanımlanmasıdır. Bunun için korelasyon katsayısı (r) ve uyumluluk indeksi (d) hesaplanır. Bu değerlerin 1'e yakınlığı iyi bir model seçilip çalıştırıldığını, başka bir deyişle modellemenin anlamlılığını ifade eder [Nunnari et al., 2004].

Willmott (1981) çalışmasında, model çıktıları ile ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasında çeşitli istatistik parametrelerin uygulanabileceğini belirtmiştir. Çalışmasında veri analizinde sadece korelasyon katsayısının kullanılmasının yetersiz kaldığını göstermiştir. Bu tür karşılaştırmalar için alternatif değerlendirme tekniklerinin birlikte kullanılmasını tavsiye etmektedir.

Sivacoumar and Thanasekaran (1999) çalışmalarında, model uygulamasıyla elde ettikleri sonuçları test etmek için model performans değerlendirmesinin önemine değinmişlerdir. Çalışmada model performansı, ölçüm verileri ve modelleme sonucunda bulunan çıktılar ile karşılaştırılmıştır.

Karppinen et al. (2000) 1993 yılında Helsinki metropolünde ölçülen azot oksit konsantrasyonlarıyla model sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Kentsel bir alanda, iki ayrı ölçüm istasyonundan alınan saatlik NO₂ değerleri karşılaştırılmıştır. İki adet istasyonda, model sonuçlarının ölçümlerle daha iyi örtüştüğünü ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada, model sistemiyle NO₂ konsantrasyonlarının başarıyla hesaplandığı belirtilmiştir.

Başka bir çalışmada, CALPUFF model sistemi kullanılarak petrol endüstrisinden kaynaklanan SO₂'nin taşınımı ve dağılımı zamana ve mekana göre hesaplanmıştır. Yapılan değerlendirmede model sonuçlarıyla ölçüm sonuçlarının uyumluluğu değerlendirilmiştir. CALPUFF model sonuçları ölçüm değerlerinden daha yüksek seviyelerde bulunmakla birlikte, modelin performansının iyi olduğu ifade edilmiştir [Villasenor, 2003].

Literatürde model performansının değerlendirilmesine yönelik yapılmış olan çeşitli çalışmalar kapsamında, farklı konumlardaki ölçüm istasyonlarında elde edilen sonuçlarla model çıktıları karşılaştırılmıştır. İki veri seti arasında yapılan karşılaştırmada, korelasyon katsayısının 1'e yakın değerlerde hesaplanması sonucundan dolayı modelleme çalışması başarılı olarak nitelenmiştir [Karppinen et al., 1999, Sivacoumar et al., 2001, Elbir, 2003].

Araştırma kapsamında öncelikle, kullanılacak modelin kalibrasyonu ve ardından da doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Model kalibrasyonu için, SO₂ ve NO₂ parametrelerinin, 10 ayrı koordinat için 2006 yılına ait aylık ölçüm sonuçlarından faydalanılmıştır. Modelleme çalışmasının kalibrasyonunda kullanılan 2006 yılına ait aylık SO₂ ölçüm sonuçları ve aynı yıl için model sonuçları birlikte Çizelge 5.31'de verilmiştir. Aynı yıl için NO₂ parametresine ait karşılaştırmalı aylık ölçüm ve modelleme sonuçları Çizelge 5.32'de verilmiştir. SO₂ için 2006 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri Şekil 5.7'de ve NO₂ için 2006 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri ise Şekil 5.8'de verilmiştir.

Kalibrasyon çalışmaları sonrası ikinci adım olarak model doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Doğrulama çalışmalarında, modelin farklı zamanlardaki performansının tespiti amacıyla, iki ayrı yılda gerçekleştirilmiş aylık

ölçüm sonuçlarından faydalanılmıştır. Her iki parametrenin doğrulama çalışması için 2007 yılı ve 2008 yılı ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Modelleme çalışmasının doğrulamasında kullanılan 2007 yılına ait aylık SO₂ ölçüm sonuçları ve aynı yıl için model sonuçları Çizelge 5.33’de verilmiştir. Aynı yıl için NO₂ parametresine ait karşılaştırmalı aylık ölçüm ve modelleme sonuçları Çizelge 5.34’de verilmiştir. SO₂ için 2007 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri Şekil 5.9’da ve NO₂ için 2007 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri ise Şekil 5.10’da verilmiştir. Doğrulamada ikinci farklı yılı temsilen kullanılan 2008 yılına ait aylık SO₂ ölçüm sonuçları ve aynı yıl için model sonuçları Çizelge 5.35’de verilmiştir. Aynı yıl için NO₂ parametresine ait karşılaştırmalı aylık ölçüm ve modelleme sonuçları Çizelge 5.36’da verilmiştir. SO₂ için 2008 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri Şekil 5.11’de ve NO₂ için 2008 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri ise Şekil 5.12’de verilmiştir.

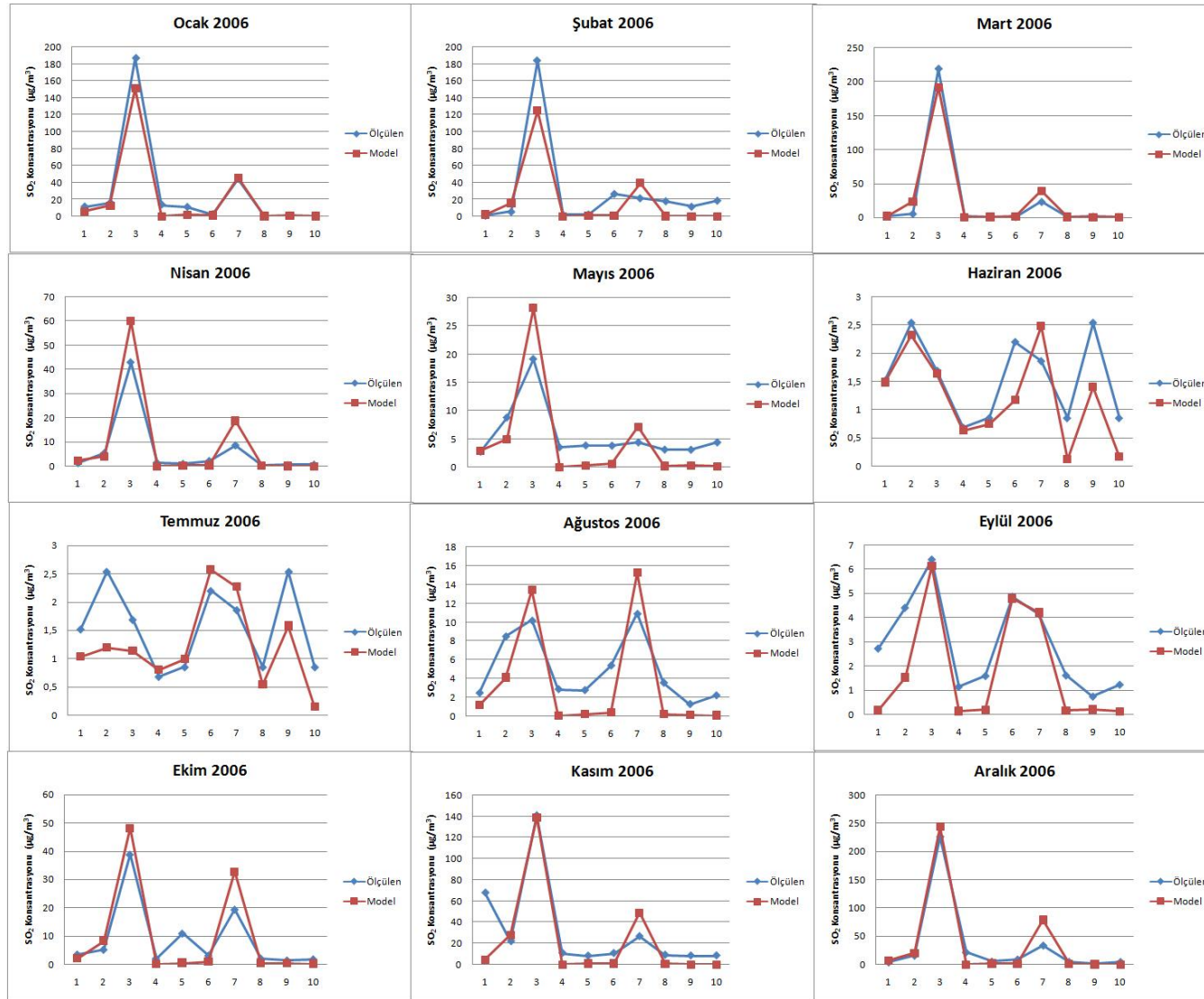
Model kalibrasyon ve doğrulamasında kullanılan istatistik parametreler ve aylık bazda değerlendirme sonuçları Çizelge 5.37’de, modelin genel performans değerlendirmesini içeren istatistik parametrelerin sonuçları ise Çizelge 5.38’de verilmiştir.

Çizelge 5.31. SO₂ için (2006 yılı) model kalibrasyonu değerleri- $\mu\text{g}/\text{m}^3$

İstasyon No	Ocak 2006		Şubat 2006		Mart 2006		Nisan 2006		Mayıs 2006		Haziran 2006	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	11,53	5,61	1,18	2,30	2,17	1,95	1,35	2,33	2,79	2,97	1,52	1,48
2	16,15	12,71	5,58	16,01	5,56	23,13	5,41	4,05	8,81	5,00	2,54	2,32
3	186,82	150,81	184,20	124,50	219,16	191,70	42,79	59,93	19,15	28,17	1,69	1,64
4	13,84	0,11	2,20	0,11	1,45	0,15	1,52	0,06	3,56	0,06	0,68	0,64
5	11,07	1,99	2,54	0,64	1,21	0,68	1,01	0,42	3,88	0,34	0,85	0,75
6	2,54	1,25	26,72	0,78	0,97	0,96	2,20	0,47	3,83	0,63	2,20	1,17
7	44,05	45,67	21,65	39,43	23,20	38,95	8,63	18,77	4,41	7,16	1,86	2,47
8	0,76	0,56	18,10	0,41	0,72	0,41	0,34	0,25	3,14	0,24	0,85	0,13
9	0,76	0,62	11,67	0,14	1,45	0,17	0,51	0,20	3,11	0,34	2,54	1,40
10	0,85	0,36	18,77	0,10	1,21	0,14	0,68	0,10	4,41	0,18	0,85	0,16

Çizelge 5.31. SO₂ için (2006 yılı) model kalibrasyonu değerleri- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Devam)

İstasyon No	Temmuz 2006		Ağustos 2006		Eylül 2006		Ekim 2006		Kasım 2006		Aralık 2006	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	1,52	1,04	2,48	1,20	2,73	0,17	3,59	2,09	67,76	4,61	4,03	7,62
2	2,54	1,20	8,51	4,11	4,41	1,52	5,29	8,32	21,91	27,94	15,85	20,70
3	1,69	1,13	10,19	13,45	6,40	6,12	38,90	48,22	140,85	138,80	226,07	243,70
4	0,68	0,80	2,88	0,06	1,15	0,13	2,11	0,07	10,84	0,19	21,75	0,31
5	0,85	0,99	2,78	0,20	1,60	0,19	10,99	0,44	8,19	1,18	5,27	1,98
6	2,20	2,58	5,41	0,43	4,87	4,79	3,17	0,84	10,70	1,10	8,98	1,96
7	1,86	2,28	10,92	15,27	4,14	4,21	19,45	32,70	26,67	48,70	33,76	79,43
8	0,85	0,54	3,57	0,23	1,62	0,15	2,11	0,28	9,06	0,77	5,05	1,14
9	2,54	1,58	1,29	0,15	0,75	0,20	1,48	0,28	8,39	0,30	1,52	0,70
10	0,85	0,15	2,22	0,09	1,24	0,12	1,90	0,18	8,47	0,20	4,66	0,46



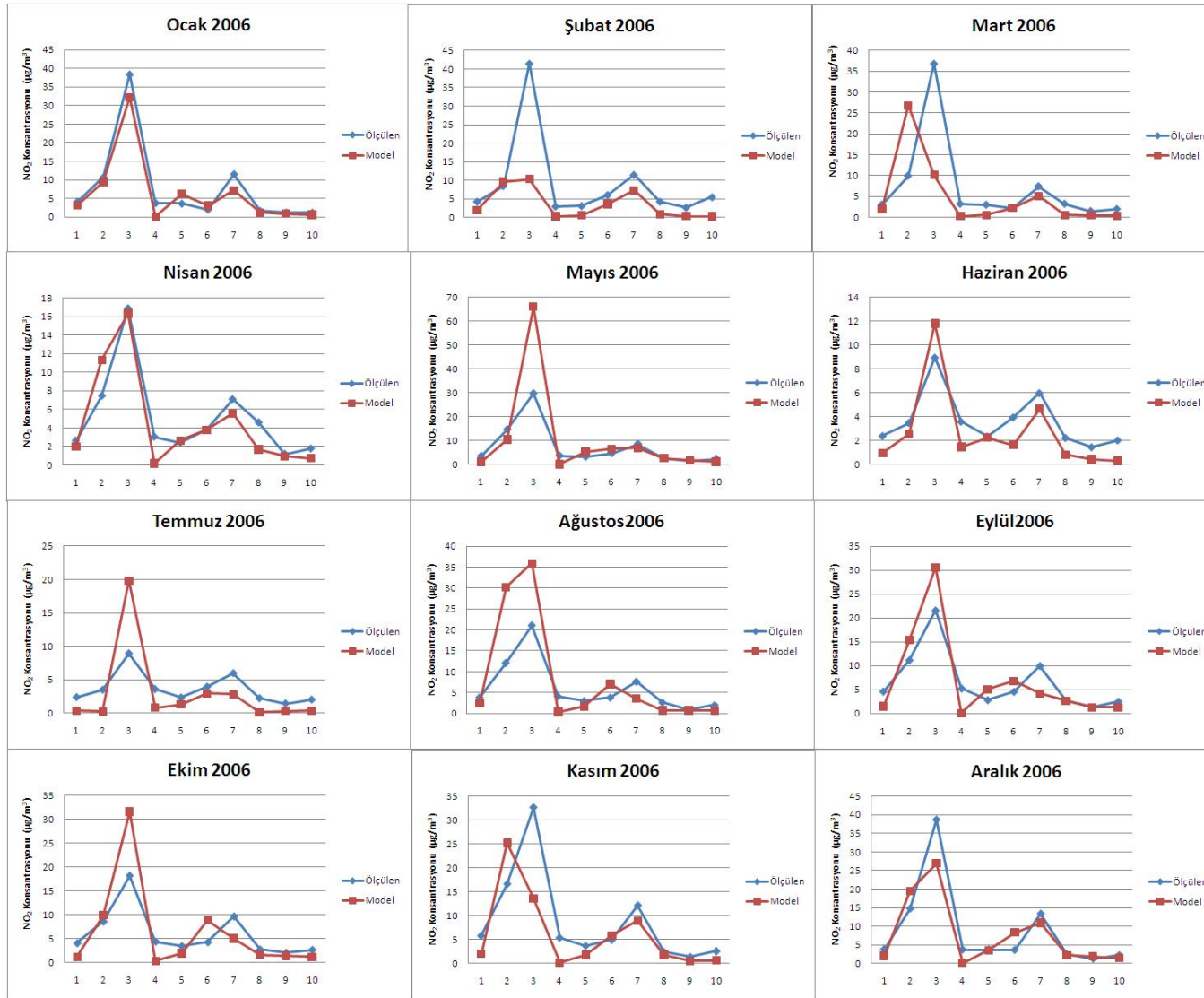
Şekil 5.7. SO₂ için 2006 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri

Çizelge 5.32. NO₂ için (2006 yılı) model kalibrasyonu değerleri- $\mu\text{g}/\text{m}^3$

İstasyon No	Ocak 2006		Şubat 2006		Mart 2006		Nisan 2006		Mayıs 2006		Haziran 2006	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	4,11	3,20	4,30	2,01	2,97	1,99	2,61	2,01	3,52	1,20	2,40	0,95
2	10,70	9,37	8,54	9,59	9,92	26,79	7,44	11,33	14,72	10,52	3,50	2,55
3	38,45	32,25	41,47	10,35	36,79	10,18	16,86	16,33	29,81	66,09	8,97	11,82
4	3,74	0,05	2,97	0,32	3,20	0,28	3,03	0,16	3,68	0,19	3,60	1,47
5	3,59	6,18	3,13	0,58	2,97	0,57	2,39	2,64	3,15	5,31	2,35	2,25
6	1,95	3,01	6,10	3,62	2,27	2,27	3,78	3,79	4,64	6,59	3,96	1,63
7	11,55	7,17	11,51	7,27	7,42	5,12	7,07	5,56	8,58	6,92	6,00	4,66
8	1,60	1,20	4,30	0,90	3,20	0,53	4,57	1,67	2,56	2,72	2,24	0,83
9	1,19	0,92	2,70	0,37	1,48	0,47	1,17	0,96	1,60	1,75	1,46	0,43
10	1,17	0,57	5,51	0,28	1,95	0,39	1,75	0,73	2,29	1,19	2,03	0,29

Çizelge 5.32. NO₂ için (2006 yılı) model kalibrasyonu değerleri- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Devam)

İstasyon No	Temmuz 2006		Ağustos 2006		Eylül 2006		Ekim 2006		Kasım 2006		Aralık 2006	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	2,40	0,38	3,86	2,41	4,63	1,52	4,04	1,12	5,77	1,91	3,75	2,05
2	3,50	0,25	12,06	30,23	11,20	15,32	8,55	9,90	16,59	25,13	14,75	19,49
3	8,97	19,84	20,99	35,90	21,62	30,60	18,10	31,52	32,55	13,52	38,65	26,97
4	3,60	0,84	4,12	0,33	5,26	0,06	4,37	0,30	5,34	0,10	3,68	0,10
5	2,35	1,30	3,01	1,72	2,84	5,07	3,45	1,86	3,66	1,67	3,66	3,53
6	3,96	2,98	3,81	7,04	4,58	6,79	4,24	8,86	4,90	5,76	3,57	8,34
7	6,00	2,83	7,61	3,50	9,99	4,17	9,61	5,01	12,11	8,90	13,34	10,94
8	2,24	0,14	2,64	0,70	2,68	2,63	2,72	1,61	2,39	1,70	2,39	2,17
9	1,46	0,35	0,90	0,70	1,31	1,25	2,05	1,38	1,35	0,45	1,23	1,93
10	2,03	0,38	2,01	0,64	2,52	1,24	2,65	1,15	2,55	0,53	2,16	1,46



Şekil 5.8. NO₂ için 2006 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri

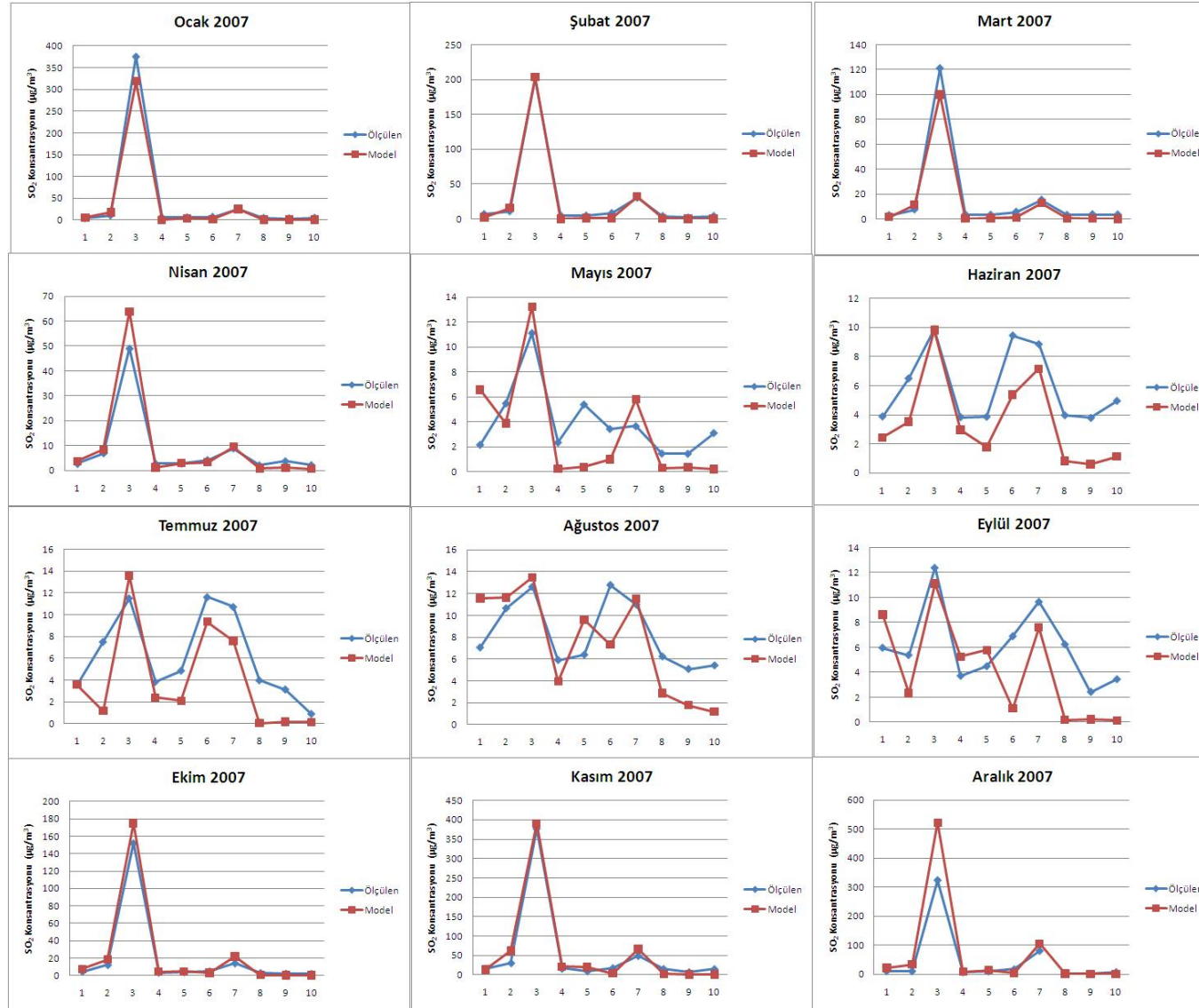
Çizelge 5.33. SO₂ için (2007 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m³

İstasyon No	Ocak 2007		Şubat 2007		Mart 2007		Nisan 2007		Mayıs 2007		Haziran 2007	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	4,11	6,07	6,92	2,42	2,84	1,64	2,69	3,73	2,19	6,57	3,88	2,43
2	10,77	17,54	10,99	15,55	7,43	11,34	6,93	8,31	5,49	3,88	6,49	3,52
3	375,60	318,61	201,90	203,58	120,90	99,97	49,01	63,78	11,09	13,25	9,88	9,81
4	6,54	0,22	5,00	0,20	3,48	0,18	2,72	1,18	2,37	0,25	3,83	2,96
5	6,18	4,02	4,83	1,04	3,12	0,58	2,83	2,96	5,40	0,40	3,86	1,79
6	7,11	2,39	8,39	1,32	5,60	1,17	4,23	3,28	3,45	1,00	9,44	5,38
7	24,36	25,00	30,47	32,19	15,27	12,78	8,91	9,50	3,67	5,82	8,84	7,16
8	4,64	1,08	4,09	0,67	3,08	0,38	2,12	0,83	1,49	0,30	3,96	0,82
9	3,68	0,91	1,95	0,22	3,57	0,15	3,74	1,12	1,47	0,36	3,78	0,61
10	5,11	0,58	4,11	0,16	3,40	0,12	2,19	0,65	3,13	0,21	4,95	1,12

Çizelge 5.33. SO₂ için (2007 yılı) model doğrulaması değerleri- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Devam)

İstasyon No	Temmuz 2007		Ağustos 2007		Eylül 2007		Ekim 2007		Kasım 2007		Aralık 2007	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	3,56	3,58	7,04	11,56	5,96	8,62	4,45	7,44	14,30	13,18	11,25	21,14
2	7,51	1,19	10,64	11,63	5,37	2,32	12,09	18,62	30,65	61,76	11,02	34,09
3	11,52	13,55	12,60	13,48	12,39	11,10	152,00	174,90	376,30	390,72	324,10	521,45
4	3,82	2,40	5,89	3,94	3,70	5,26	3,33	4,27	16,48	20,79	7,59	8,66
5	4,86	2,10	6,38	9,60	4,47	5,78	3,86	4,70	9,71	19,86	10,75	13,78
6	11,63	9,34	12,77	7,32	6,89	1,11	4,77	3,03	17,87	3,09	17,48	5,12
7	10,73	7,61	10,97	11,50	9,65	7,59	14,09	21,98	49,23	65,74	81,29	105,39
8	3,97	0,05	6,22	2,86	6,23	0,19	2,80	0,67	15,44	1,92	(*)	2,18
9	3,13	0,18	5,07	1,77	2,41	0,23	2,14	0,48	7,19	0,61	1,77	1,16
10	0,88	0,17	5,40	1,18	3,43	0,15	1,84	0,37	15,09	0,46	8,11	0,86

(*) : Numune tüpleri sahada kaybolmuştur.



Şekil 5.9. SO₂ için 2007 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri

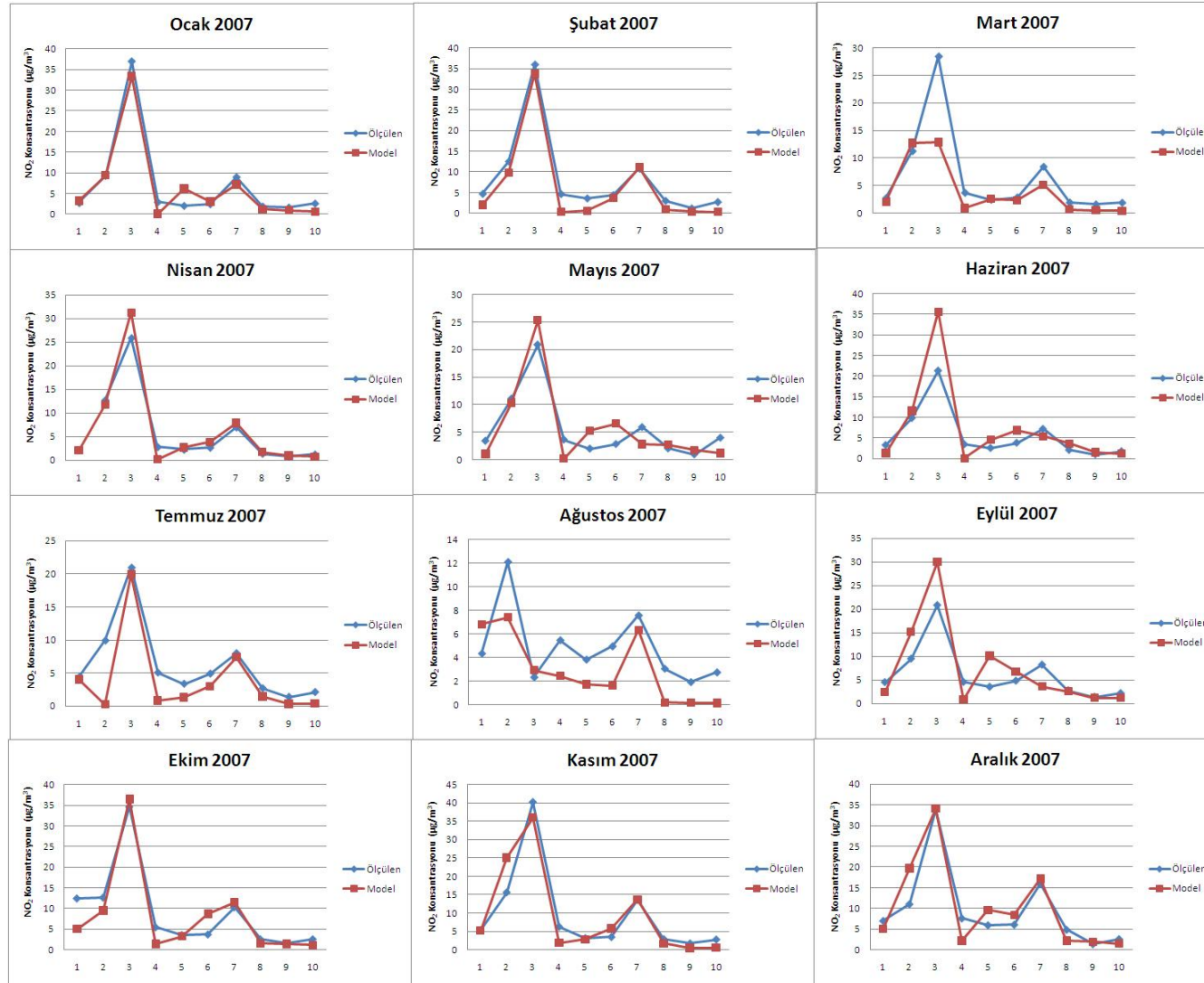
Çizelge 5.34. NO₂ için (2007 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m³

İstasyon No	Ocak 2007		Şubat 2007		Mart 2007		Nisan 2007		Mayıs 2007		Haziran 2007	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	2,74	3,19	4,71	2,02	2,74	2,00	(*)	2,08	3,40	1,04	3,23	1,37
2	9,33	9,42	12,54	9,76	11,23	12,70	12,77	11,74	11,07	10,30	9,81	11,59
3	36,98	33,35	35,94	33,74	28,40	12,85	25,94	31,25	20,88	25,34	21,31	35,60
4	2,95	0,05	4,66	0,32	3,67	0,86	2,82	0,17	3,64	0,19	3,43	0,12
5	2,06	6,20	3,62	0,60	2,41	2,58	2,28	2,71	1,98	5,30	2,53	4,57
6	2,47	3,02	4,41	3,63	2,83	2,29	2,69	3,85	2,81	6,58	3,80	6,86
7	8,99	7,17	10,81	11,17	8,40	5,14	6,99	7,90	5,89	2,82	7,17	5,44
8	1,92	1,21	3,02	0,91	1,90	0,64	1,41	1,70	2,02	2,72	2,06	3,67
9	1,65	0,92	1,20	0,37	1,58	0,48	0,81	0,97	0,95	1,75	1,00	1,55
10	2,61	0,57	2,73	0,28	1,86	0,39	1,28	0,74	3,96	1,19	1,74	1,19

(*): Numune tüpleri sahada kaybolmuştur.

Çizelge 5.34. NO₂ için (2007 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m³(Devam)

İstasyon No	Temmuz 2007		Ağustos 2007		Eylül 2007		Ekim 2007		Kasım 2007		Aralık 2007	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	4,35	4,03	4,35	6,82	4,52	2,45	12,52	5,02	5,35	5,22	7,06	5,08
2	9,91	0,27	12,08	7,43	9,50	15,19	12,71	9,51	15,60	25,10	11,06	19,67
3	20,98	19,93	2,35	2,94	20,85	30,05	34,68	36,50	40,13	36,03	33,87	34,06
4	5,03	0,84	5,48	2,45	4,57	0,85	5,52	1,43	6,26	1,89	7,65	2,21
5	3,34	1,31	3,84	1,74	3,54	10,16	3,65	3,28	3,16	2,85	6,01	9,60
6	4,88	2,99	4,96	1,64	4,82	6,82	3,79	8,68	3,47	5,79	6,13	8,45
7	7,98	7,41	7,57	6,35	8,22	3,64	10,36	11,45	13,56	13,71	15,90	17,14
8	2,66	1,43	3,07	0,20	2,79	2,63	2,64	1,58	2,89	1,72	4,91	2,20
9	1,35	0,35	1,94	0,19	1,40	1,24	1,63	1,40	1,73	0,46	1,45	1,94
10	2,08	0,39	2,76	0,16	2,19	1,24	2,64	1,14	2,79	0,53	2,68	1,47



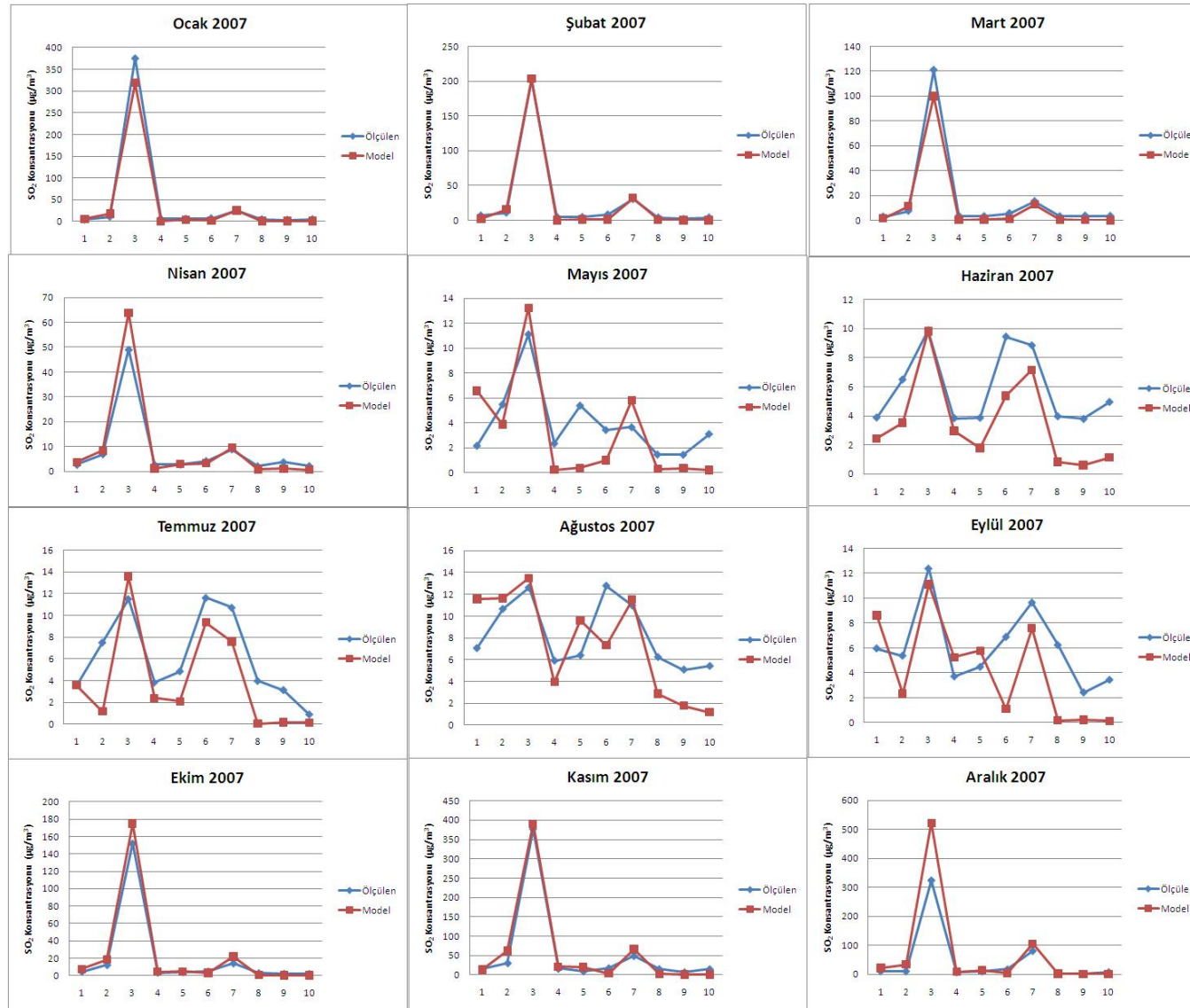
Şekil 5.10. NO₂ için 2007 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri

Çizelge 5.35. SO₂ için (2008 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m³

İstasyon No	Ocak 2008		Şubat 2008		Mart 2008		Nisan 2008		Mayıs 2008		Haziran 2008	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	7,23	6,17	11,12	5,36	2,85	1,96	4,11	5,27	2,71	4,86	9,99	7,22
2	15,95	16,42	17,16	14,62	15,40	12,32	10,15	7,68	12,94	8,63	3,82	3,16
3	402,96	368,25	361,48	280,50	140,73	123,36	34,16	63,48	2,76	3,13	4,53	4,83
4	5,90	2,34	1,69	0,85	2,90	1,39	3,14	0,20	5,60	4,28	1,04	0,93
5	5,68	4,57	2,90	1,52	3,81	0,83	5,44	0,69	8,17	3,64	5,66	2,16
6	9,59	5,49	3,62	2,28	3,72	2,14	12,00	2,23	17,03	12,33	3,10	2,23
7	58,74	36,55	25,85	19,40	20,80	18,35	10,40	13,41	2,61	4,73	3,78	3,85
8	5,07	2,03	2,90	0,79	1,99	0,55	3,75	0,62	3,72	0,73	6,83	2,13
9	3,17	0,92	2,17	1,45	7,78	1,67	2,97	0,33	10,69	3,52	6,78	3,25
10	3,65	1,12	1,45	2,43	3,84	0,14	4,33	0,43	2,53	0,25	6,39	3,94

Çizelge 5.35. SO₂ için (2008 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m³ (Devam)

İstasyon No	Temmuz 2008		Ağustos 2008		Eylül 2008		Ekim 2007		Kasım 2008		Aralık 2008	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	4,15	3,52	2,91	1,56	3,38	2,63	5,72	7,44	21,55	13,18	2,53	2,16
2	10,02	7,33	4,55	3,16	8,14	6,23	5,85	8,63	17,61	41,23	9,31	14,55
3	14,36	5,55	8,54	11,74	8,93	11,10	76,15	104,27	230,96	290,23	176,64	221,33
4	4,82	4,54	3,56	3,94	3,28	5,26	4,55	4,27	4,38	3,93	12,47	8,66
5	6,78	5,22	5,38	9,83	3,88	5,78	5,07	4,70	5,24	9,59	3,91	5,78
6	13,54	8,23	15,49	5,24	9,96	2,11	10,28	3,03	8,92	3,09	19,29	5,12
7	2,37	3,37	15,91	12,05	9,63	7,59	20,05	21,98	26,40	35,21	45,56	65,24
8	4,62	0,36	5,11	0,86	1,98	0,19	2,77	6,65	2,00	1,92	3,31	2,18
9	3,56	1,63	2,88	1,57	2,10	0,23	3,04	0,48	3,48	0,91	1,48	1,16
10	5,36	0,91	3,02	0,12	3,45	0,15	4,06	0,37	5,55	1,26	1,67	0,86



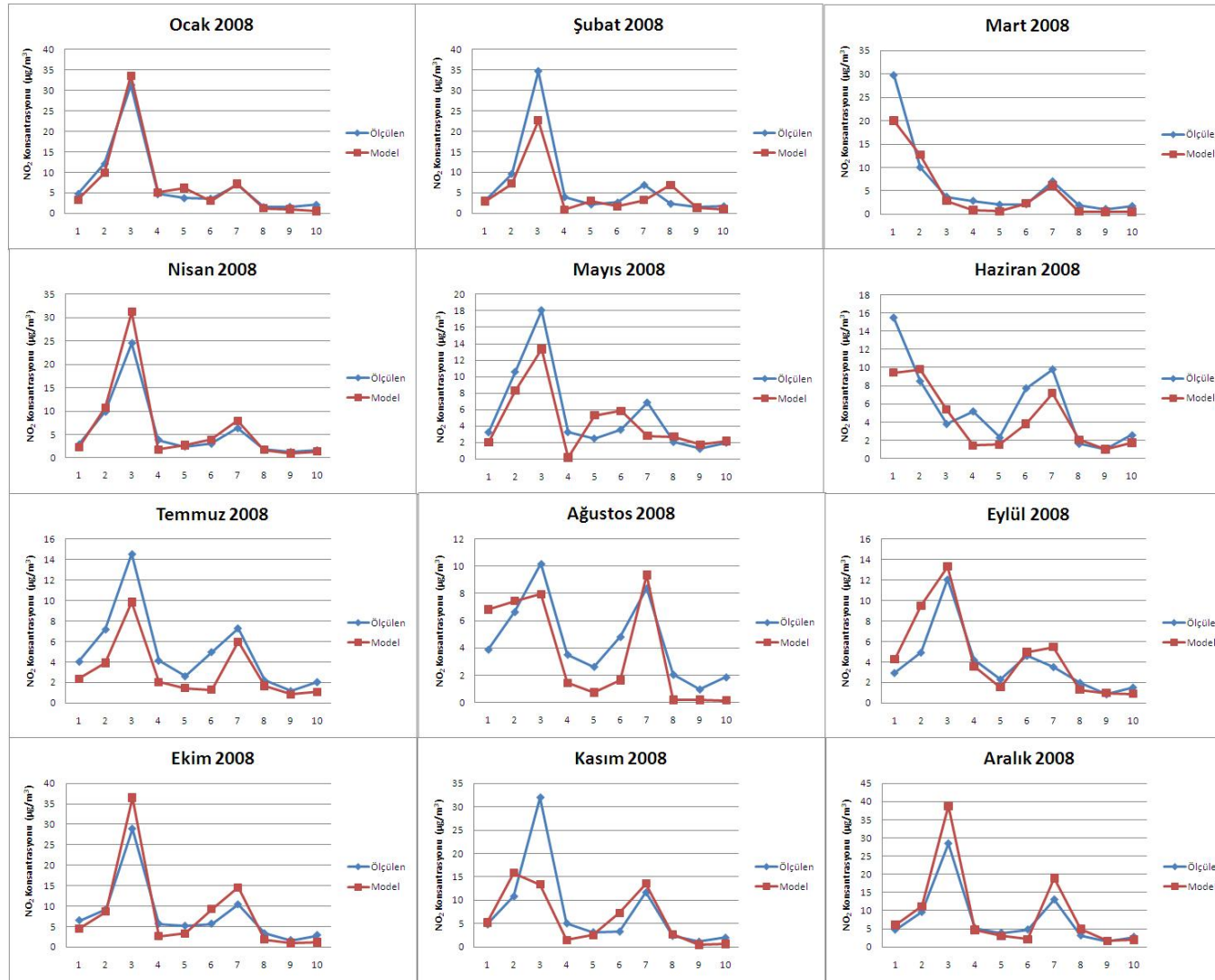
Şekil 5.11. SO_2 için 2008 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri

Çizelge 5.36. NO₂ için (2008 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m³

İstasyon No	Ocak 2008		Şubat 2008		Mart 2008		Nisan 2008		Mayıs 2008		Haziran 2008	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	4,77	3,29	3,09	2,91	29,84	20,01	2,85	2,23	3,25	2,04	15,46	13,43
2	12,11	9,84	9,64	9,42	10,04	12,71	9,87	10,74	10,59	10,30	8,50	9,81
3	31,30	33,64	34,73	28,77	3,72	2,85	24,60	31,25	18,07	15,34	3,81	5,38
4	4,70	5,12	3,99	0,86	2,85	0,86	3,84	1,75	3,27	0,19	5,20	1,43
5	3,74	6,20	2,18	0,60	2,02	0,59	2,39	2,71	2,50	5,30	2,32	1,53
6	3,61	3,02	2,64	3,63	2,11	2,29	3,00	3,85	3,56	5,85	7,73	3,80
7	7,04	7,17	6,93	8,17	7,04	6,14	6,33	7,90	6,86	2,82	9,80	7,17
8	1,53	1,21	2,34	0,91	1,90	0,54	1,82	1,70	2,07	2,72	1,64	2,06
9	1,63	0,92	1,51	0,37	1,11	0,48	1,21	0,97	1,25	1,75	1,02	1,00
10	2,10	0,57	1,73	0,97	1,72	0,49	1,60	1,37	1,98	2,18	2,59	1,74

Çizelge 5.36. NO₂ için (2008 yılı) model doğrulaması değerleri-µg/m³(Devam)

İstasyon No	Temmuz 2008		Ağustos 2008		Eylül 2008		Ekim 2008		Kasım 2008		Aralık 2008	
	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model	Ölçüm	Model
1	4,05	2,35	3,89	6,82	2,95	4,25	6,46	4,50	4,81	5,22	4,68	6,06
2	7,20	3,91	6,65	7,43	4,94	9,50	9,15	8,65	10,83	15,82	9,57	11,13
3	14,55	8,98	10,17	7,94	12,07	13,34	28,88	36,50	32,01	13,38	28,53	38,72
4	4,15	2,03	3,52	1,45	4,22	3,57	5,64	2,65	5,04	1,48	5,20	4,65
5	2,63	1,44	2,63	0,74	2,32	1,54	5,13	3,28	3,16	2,52	3,85	3,01
6	4,99	1,28	4,82	1,64	4,63	4,95	5,64	9,24	3,29	7,29	4,74	2,13
7	7,31	5,98	8,40	9,35	3,53	5,46	10,36	14,52	11,68	13,56	13,04	18,90
8	2,22	0,66	2,05	0,20	1,99	1,29	3,29	1,80	2,37	2,72	3,08	4,91
9	1,18	0,84	0,97	0,19	0,86	0,96	1,61	0,93	1,11	0,46	1,56	1,68
10	2,06	1,08	1,86	0,16	1,53	0,89	2,85	1,14	1,97	0,64	2,70	1,98



Şekil 5.12. NO₂ için 2008 yılına ait aylık model ve ölçüm sonuçları grafikleri

Çizelge 5.37. Model kalibrasyon ve doğrulamada istatistik parametre sonuçları

Aylar	İstatistik parametre	SO ₂			NO ₂		
		2006	2007	2008	2006	2007	2008
Ocak	d	0,98	0,99	1,00	0,98	0,99	0,99
	r	0,99	1,00	1,00	0,98	0,98	0,99
	FB	0,27	0,17	0,15	0,20	0,10	0,02
	FAC2	1,31	1,19	1,17	1,22	1,10	1,02
	NMSE	0,05	0,03	0,01	0,06	0,03	0,02
Şubat	d	0,93	1,00	0,98	0,97	0,98	0,98
	r	0,95	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99
	FB	0,45	0,08	0,27	0,40	0,28	0,19
	FAC2	1,59	1,08	1,31	1,50	1,33	1,22
	NMSE	0,23	0,00	0,07	0,08	0,04	0,05
Mart	d	0,99	0,99	0,99	0,96	0,83	0,95
	r	0,99	1,00	1,00	0,99	0,87	0,95
	FB	0,00	0,27	0,22	0,39	0,48	0,28
	FAC2	1,00	1,31	1,25	1,49	1,63	1,33
	NMSE	0,03	0,04	0,02	0,11	0,47	0,15
Nisan	d	0,97	0,98	0,86	0,96	0,99	0,98
	r	1,00	1,00	0,96	0,93	0,99	0,99
	FB	-0,17	-0,11	-0,04	0,11	-0,07	-0,08
	FAC2	0,84	0,90	0,96	1,12	0,93	0,92
	NMSE	0,11	0,07	0,42	0,08	0,04	0,06
Mayıs	d	0,90	0,83	0,81	0,93	0,95	0,94
	r	0,95	0,76	0,81	0,96	0,93	0,90
	FB	0,23	0,21	0,39	-0,10	-0,01	0,10
	FAC2	1,27	1,24	1,49	0,90	0,99	1,10
	NMSE	0,27	0,37	0,31	0,19	0,12	0,11
Haziran	d	0,82	0,79	0,71	0,90	0,90	0,93
	r	0,76	0,90	0,70	0,95	0,96	0,90
	FB	0,25	0,49	0,43	0,30	-0,25	0,20
	FAC2	1,28	1,65	1,54	1,36	0,78	1,23
	NMSE	0,17	0,26	0,31	0,18	0,25	0,11
Temmuz	d	0,78	0,86	0,68	0,88	0,91	0,86
	r	0,68	0,87	0,74	0,93	0,89	0,97
	FB	0,24	0,42	0,52	0,49	0,47	0,49
	FAC2	1,27	1,53	1,71	1,65	1,61	1,65
	NMSE	0,19	0,24	0,44	0,23	0,24	0,25
Ağustos	d	0,87	0,79	0,77	0,89	0,77	0,90
	r	0,90	0,70	0,64	0,97	0,76	0,87
	FB	0,35	0,10	0,29	-0,15	0,47	0,22
	FAC2	1,43	1,11	1,35	0,86	1,62	1,25
	NMSE	0,31	0,15	0,39	0,30	0,35	0,16
Eylül	d	0,88	0,74	0,77	0,92	0,90	0,94
	r	0,91	0,68	0,63	0,92	0,91	0,92
	FB	0,49	0,35	0,28	-0,03	-0,17	-0,16
	FAC2	1,64	1,43	1,33	0,97	0,84	0,85
	NMSE	0,25	0,34	0,34	0,19	0,23	0,10
Ekim	d	0,95	0,99	0,97	0,86	0,97	0,96
	r	0,95	1,00	0,99	0,92	0,95	0,98
	FB	-0,05	-0,16	-0,16	-0,05	0,12	-0,05
	FAC2	0,95	0,85	0,85	0,95	1,13	0,95
	NMSE	0,16	0,02	0,10	0,34	0,07	0,08
Kasım	d	0,93	1,00	0,98	0,80	0,97	0,77
	r	0,88	0,99	1,00	0,72	0,95	0,71
	FB	0,33	-0,05	-0,20	0,34	0,02	0,19
	FAC2	1,40	0,96	0,81	1,41	1,02	1,21
	NMSE	0,23	0,01	0,06	0,47	0,07	0,49
Aralık	d	0,98	0,93	0,98	0,94	0,96	0,96
	r	0,98	1,00	0,99	0,93	0,93	0,99
	FB	-0,09	-0,41	-0,17	0,12	-0,05	-0,19
	FAC2	0,91	0,66	0,84	1,13	0,95	0,83
	NMSE	0,05	0,23	0,06	0,13	0,07	0,10

Çizelge 5.38. Model kalibrasyon ve doğrulamasının performans göstergeleri

Genel Model Performans Göstergeleri	İstatistik parametre	SO ₂			NO ₂		
		2006	2007	2008	2006	2007	2008
	d	0,91	0,91	0,87	0,93	0,93	0,93
	r	0,91	0,91	0,88	0,92	0,93	0,93
	FB	0,18	0,12	0,17	0,17	0,12	0,11
	FAC2	1,23	1,16	1,22	1,21	1,16	1,14
	NMSE	0,17	0,15	0,21	0,20	0,16	0,14

Çizelge 5.38 incelendiğinde, SO₂ kirleticisi için modelde uyumluluğun tanımlanmasına yönelik hesaplanan Uyumluluk İndeksi (d) ve Korelasyon Katsayısı (r) 2006 yılında her ikisi için de 0,91 bulunmuştur. 2007 yılında da aynı parametreler (uyumluluk indeksi ve korelasyon katsayısı) 0,91 olarak hesaplanmıştır. Modelin farklı zaman aralığındaki performansının tespitine yönelik değerlendirilen 2008 yılında ise uyumluluk indeksi 0,87 ve korelasyon katsayısı da 0,88 olarak hesaplanmıştır. 2006 yılı değerlendirmesinde her iki parametrenin de 1'e yakın bulunması SO₂ kirleticisi için modelin kalibrasyonunun başarıyla tamamlandığının göstergesidir. 2007 ve 2008 yıllarında aynı iki istatistik parametrenin yine 1'e yakın bulunması ise modelin doğrulamasının çok iyi olduğunu göstermekte, başka bir ifadeyle modelleme çalışmasının başarılı olduğunu ifade etmektedir.

SO₂ kirleticisi için, elde edilen Fraksiyonel Yanlılık, 2006 yılında 0,18, 2007'de 0,12 ve 2008'de 0,17 olarak "0" a çok yakın değerler hesaplanması, yine modelin başarılı olduğunun bir başka göstergesidir.

2006, 2007 ve 2008 yıllarında, SO₂ kirleticisi için hesaplanan FAC2 değerlerinin sırasıyla 1,23, 1,16 ve 1,22 bulunması modelin kabul edilebilir (FAC2 ≥ 0,8 ise kabul edilebilir) ve dolayısıyla başarılı olduğunun ispatlarındandır.

Model tahminlerinin kabul edilebilirliğini değerlendirmek için kullanılan NMSE değerlerine göre ise, SO₂ kirleticisi için, 2006, 2007 ve 2008 yıllarında

hesaplanan değerlerin sırasıyla, 0,17, 0,15 ve 0,21 bulunması model tahminlerinin kabul edilebilir ($NMSE \leq 0,5$ ise kabul edilebilir) olduğunu ifade etmekle birlikte modelin başarılı olduğunun da göstergesidir.

Aynı çizelge NO_2 için incelendiğinde, modelde uyumluluğun tanımlanmasına yönelik 2006 yılı için hesaplanan Uyumluluk İndeksi (d) 0,93 ve Korelasyon Katsayısı (r) 0,92 bulunmuştur. 2007 yılında aynı parametrelerin (uyumluluk indeksi ve korelasyon katsayısı) her ikisi de 0,93 olarak hesaplanmıştır. Modelin farklı zaman aralığındaki performansının tespitine yönelik değerlendirilen 2008 yılında ise uyumluluk indeksi ve korelasyon katsayısının her ikisi 0,93 olarak hesaplanmıştır. 2006 yılı değerlendirmesinde her iki parametrenin de 1'e yakın bulunması NO_2 kirleticisi için modelin kalibrasyonunun başarıyla tamamlandığının göstergesidir. 2007 ve 2008 yıllarında iki istatistik parametrenin 1'e yakın bulunması ise modelin doğrulamasının çok iyi olduğunu göstermekte, başka bir ifadeyle modelleme çalışmasının başarılı olduğunu ifade etmektedir.

NO_2 kirleticisi için, elde edilen Fraksiyonel Yanlılık, 2006 yılında 0,17, 2007'de 0,12 ve 2008'de 0,11 olarak "0" a çok yakın değerler hesaplanması yine modelin başarılı olduğunun bir başka göstergesidir.

2006, 2007 ve 2008 yıllarında, NO_2 kirleticisi için hesaplanan FAC2 değerlerinin sırasıyla 1,21, 1,16 ve 1,14 bulunması modelin kabul edilebilir ($FAC2 \geq 0,8$ ise kabul edilebilir) ve dolayısıyla başarılı olduğunun ispatlarındandır.

Model tahminlerinin kabul edilebilirliğini değerlendirmek için kullanılan NMSE değerlerine göre ise, NO_2 kirleticisi için, 2006, 2007 ve 2008 yıllarında hesaplanan değerlerin sırasıyla, 0,20, 0,16 ve 0,14 bulunması model tahminlerinin kabul edilebilir ($NMSE \leq 0,5$ ise kabul edilebilir) olduğunu ifade etmekle birlikte modelin başarılı olduğunun da göstergesidir.

5.6 Model Uygulama Senaryoları

Hava kalitesinin kontrolü için, mevcut hava kalitesi sınır değerlerini sağlamak üzere alternatif çözüm senaryoları oluşturmak gerekmektedir. Yapılacak iyileştirme ve

çözüm senaryoları, birincil ve ikincil hava kirletici konsantrasyonlarını, sağlık açısından belirlenmiş normların aşağısına indirmeyi ya da hava kalitesi normlarının aşılabacağı zamanları minimuma indirmeyi gerektirmektedir. Hava kalitesi kontrol programları, uzun süreli veya kısa süreli olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bu kontrol programlarına ulaşmak için uygulanan stratejiler birbirinden farklıdır. Kontrol programlarının, her biri diğerini tamamlayıcı özelliktedir. Uzun vadeli kontrol (aylar-yıllar olan süreçleri içerir), genellikle büyük ölçekli bölgeler için (kentsel ölçekten-küresel ölçeğe) uygulanır. Kontrol programı, belirli bir periyot ve ölçekte salınan kirleticilerin, toplam miktarını azaltma stratejilerini uygulamayı içermektedir. Uzun vadeli kontrol planlarının tipik faaliyetlerinden bazıları aşağıdaki gibidir:

- A. Belli yakıtların veya maddelerin kısmen veya tamamen değiştirilmesi
- B. Emisyon kontrolü (filtreleme veya katalizleme) ve yeni üretim teknolojilerine geçiş
- C. Belli bölgelerde endüstriyel tesislerin ya tamamen kapatılması veya yer değiştirilmesi

Tüm kontrol stratejileri, hava kirletici konsantrasyonlarını sağlıklı normlar altına taşıyacak gerekli emisyon hızı azaltma bilgileri, belli şartlar için uygulanır. Bu bilgi dağılım modelleri ile gerçekleştirilen tahminler vasıtasıyla belirlenmektedir.

Kısa vadeli kontrol (saat- günler), küçük ölçekli(yerel ölçekten-kent ölçeğine) durumlar için, kirleticilerin birikimine yol açan (inversiyon, sakin hava şartları) durumlar için uygulanır. Acil kirletici emisyonlarının azaltılması için, bazı endüstrilerin tamamen durdurulması, termal enerji santrallerinde yakıt değişimi kısa vadeli kontrol stratejileri arasındadır. Yakıt değişimi esnasında, kömür veya fuel-oil, daha az SO₂ veya NO_x yayan doğal gaz ile değiştirilebilmektedir. Atmosferik stabilize esnasında, en tipik kısa vadeli kontrol stratejisi emisyon yüklerinin belirlenmesi veya en azından her endüstriyel kaynak için limitlerin belirlenmesini içermektedir [Flagan and Seinfeld 1988].

Özellikle kış mevsiminde çeşitli kirleticilere bağlı kirliliğin yaşandığı günler için, kirletici dağılımı CALMET/CALPUFF modelleme sistemi kullanılarak çalışılmıştır. Sözkonusu çalışmada, modelleme için evsel ısınma, motorlu araçlar ve endüstri kaynaklı detaylı emisyon envanteri verisi kullanılmıştır. En yüksek

konsantrasyonların, evsel ısınmanın maksimum olduğu gece saatlerinde olduğu elde edilmiştir. Model tahminleri, kentsel alan etrafında izlenen, yer seviyesi partikül madde (PM) değerlerine yakın değerler üretmiştir. Emisyon azaltma için, dikkate alınan kontrol senaryoları; 1.Açık ocakların kullanımının yasaklanması, 2.Kömür yakan tüm altyapıların yasaklanması, 3.Hem açık ocakların hem de kömür yakan altyapıların yasaklanması şeklinde sıralanmıştır. Bu kontrol senaryoları sırasıyla uygulandığında, PM kirliliğinin yaşandığı günlerde, konsantrasyonlarda sırasıyla, %42, %31, %52'lik azalmalar tespit edilmiştir [Barna and Gimson, 2002].

Araştırma kapsamında, Çan ve Bayramiç ilçelerini içine alan bölgede, hava kalitesini iyileştirmek amacıyla çeşitli kontrol senaryoları uygulanmıştır. Özellikle kirletici kaynakların aylık ortalama ve yıllık katkılarını irdelemeye yönelik alternatif senaryolara göre model çalıştırılmıştır. Kontrol senaryoları, alıcı ortamdaki NO₂ ve SO₂ konsantrasyonlarını azaltacak uygulamalar olarak düşünülmüştür. Çan ve Bayramiç yerleşim birimlerinde, alan kaynakları temsilen seçilen koordinatlarda ısınmadan kaynaklanan kirliliğin azaltılması için, kullanılan linyit kömürüne alternatif olarak, doğalgaz kullanılması öngörülmüştür. Ayrıca, diğer kritik kaynakların hava kirleticiler açısından bireysel katkılarının belirlenmesine yönelik alternatif senaryolar da çalışılmıştır.

Mevcut durumda, kaynakların NO₂ ve SO₂ kirlilik yüklerine katkılarının belirlenmesi amacıyla üç ayrı senaryo için model çalıştırılmıştır. Bunlarla birlikte, insan sağlığı açısından HKDYY'de belirtilen uzun vadeli sınır değerleri sağlamak üzere, Çan ilçesinde linyit kömüründen doğalgaz kullanımına asgari geçiş oranının bulunması üzerine diğer bir senaryo için model çalıştırılmıştır.

Planlamalar kapsamında 2014 yılı nüfus projeksiyonu için azalan hızlı geometrik artış yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre, zamana karşı nüfusun artış hızının azalacağı ve grafik üzerinde bir "s" eğrisi oluşturacağı varsayılmaktadır. 1975-2009 yılları arası nüfus sayım verileri [TÜİK, 2010] kullanılarak Çan ve Bayramiç ilçeleri için 2014 yılı nüfus hesapları yapılmıştır. Hesaplama kullanılan ilçe nüfus bilgileri (kentsel) ve tahmin edilen 2014 yılı nüfusları Çizelge 5.39'da verilmiştir. Çalışma alanındaki kaynakların mevcut durumda hava kalitesine etkilerine göre belirlenen alternatif senaryolar matrisi Çizelge 5.41'de verilmiştir.

2014 yılından sonra, doğalgaz altyapısının Çan yerleşim yerinin tamamına yaygınlaştırılması ve Bayramiç yerleşim yerine de kurulması temelinde doğalgaz kullanım sistemlerine bağlı alternatif senaryolar için model çalıştırılmıştır. Gelecekte, yeni yerleşim yerlerinde yakıt kullanım sistemi seçimine bağlı doğalgaz kullanımı alternatif senaryoları matrisi Çizelge 5.42’de verilmiştir.

Çizelge 5.39. Kullanılan nüfus sayım bilgileri ve projeksiyonlar

İlçe	1975	1980	1985	1990	2000	2007	2008	2009	2014
Çan	11797	15137	19549	23855	28878	29172	28835	28769	31363
Bayramiç	6385	7854	8639	10156	11988	13134	13211	13290	14488

Çan ve Bayramiç ilçe merkezlerini de içine alan çalışma alanında kirletici kaynakların katkılarının değerlendirilmesine yönelik çeşitli kombinasyonlar tanımlanmış ve uygulanmıştır. Yerleşim yerlerinde, 2010 yılı nüfus ve yakıt kullanım verileri kullanılarak özellikle kış aylarında ısınmadan kaynaklanan kirleticilerin katkıları değerlendirilmiştir. Senaryo kapsamında, 18 Mart Çan Termik Santrali ve Çanakkale Seramik tesisinden açığa çıkan kirleticilerin aylık ve mevsimsel zaman farklılıklarına göre katkıları incelenmiştir. Model çalışma alanında, belirlenen alıcı ortam koordinatlarında SO₂ ve NO₂ parametrelerinin zamana ve mekâna bağlı değişimleri hesaplanmıştır.

Mevcut durumda, NO₂ ve SO₂ kirleticileri için kaynakların katkılarının belirlenmesi amacıyla üç ayrı senaryo çalışılmıştır. Bunlarla birlikte, insan sağlığı açısından HKDYY’de belirtilen uzun vadeli sınır değerlerinin aşılmaması koşulunu sağlamak üzere, Çan ilçesinde linyit kömüründen doğalgaza optimum geçiş oranının bulunması üzerine dördüncü senaryo kurgulanmış ve belirlenen alıcı ortamlardaki sonuçları değerlendirilmiştir. NO₂ ve SO₂ kirleticileri için HKDYY’de 2010 yılı için tanımlanan uzun vadeli sınır değerler Çizelge 5.40’da verilmiştir.

Çizelge 5.40.SO₂ ve NO₂ için HKDYY’de verilen 2010 yılı sınır değerleri

Parametre	HKDYY 2010 UVS Değeri (µg/m³)
SO ₂	150
NO ₂	84

5.6.1. Senaryo MS-1 için Modelin Uygulaması

Yerleşim birimlerinde doğalgaz ve linyitin birlikte kullanılması ve 18 Mart Çan Termik Santrali'nin aktif olması senaryosu

Çan ve Bayramiç ilçelerinde, 2010 yılı nüfuslarına göre aynı yıl için aylık yakıt tüketimine bağlı emisyonların açığa çıktığı, 18 Mart Çan Termik Santrali'nin çalıştığı ve Çanakkale Seramik tesisinin aktif olmadığı durumda, model çalışma alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımlarının aylık ve yıllık olarak belirlenmesi üzerine senaryo kurgulanmıştır. Senaryo kapsamında, Çan ilçesi yerleşim yerlerinde ısınma amaçlı linyit kullanımı ile birlikte kısmi olarak bazı mahallelerde doğalgaz kullanımına ilişkin yakıt tüketim bilgilerine yönelik ilgili emisyon faktörleri kullanılarak SO₂ ve NO₂ için ayrı ayrı kirletici yükleri hesaplanmıştır. Senaryoda, diğer bir kaynak olarak sadece 18 Mart Çan Termik Santrali'nin yıllık çalışma koşullarına bağlı olarak açığa çıkardığı SO₂ ve NO₂ miktarları da hesaplanmıştır. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.43'de verilmiştir.

Çizelge 5.43. MS-1 Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar	SO₂ toplam katkısı (g/s)	NO₂ toplam katkısı (g/s)
Çan yerleşim alanları	51,08	4,39
Bayramiç yerleşim alanları	19,83	2,42
18 Mart Çan Termik Santrali	94,81	28,15
Çanakkale Seramik	Yok	Yok

Senaryo MS-1'e göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ katkı değerleri Çizelge 5.44'de verilmiştir. Aynı senaryoya göre, toplam NO₂ katkı değerleri Çizelge 5.45'de verilmiştir. Her iki çizelgedeki sonuçların HKDYY'de kirleticilere göre 2010 yılı için verilmiş UVS sınırını sağlamama durumu kırmızı renkli dolgu ile gösterilmiştir. Çalışma alanında Senaryo MS-1'e göre, kış aylarını temsilen Aralık ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.13'de, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.14'de verilmiştir. Aynı senaryo kapsamında, yaz aylarını temsilen Haziran ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.15'de, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.44. Senaryo MS-1'e göre hesaplanan aylık SO₂ (µg/m³) sonuçları

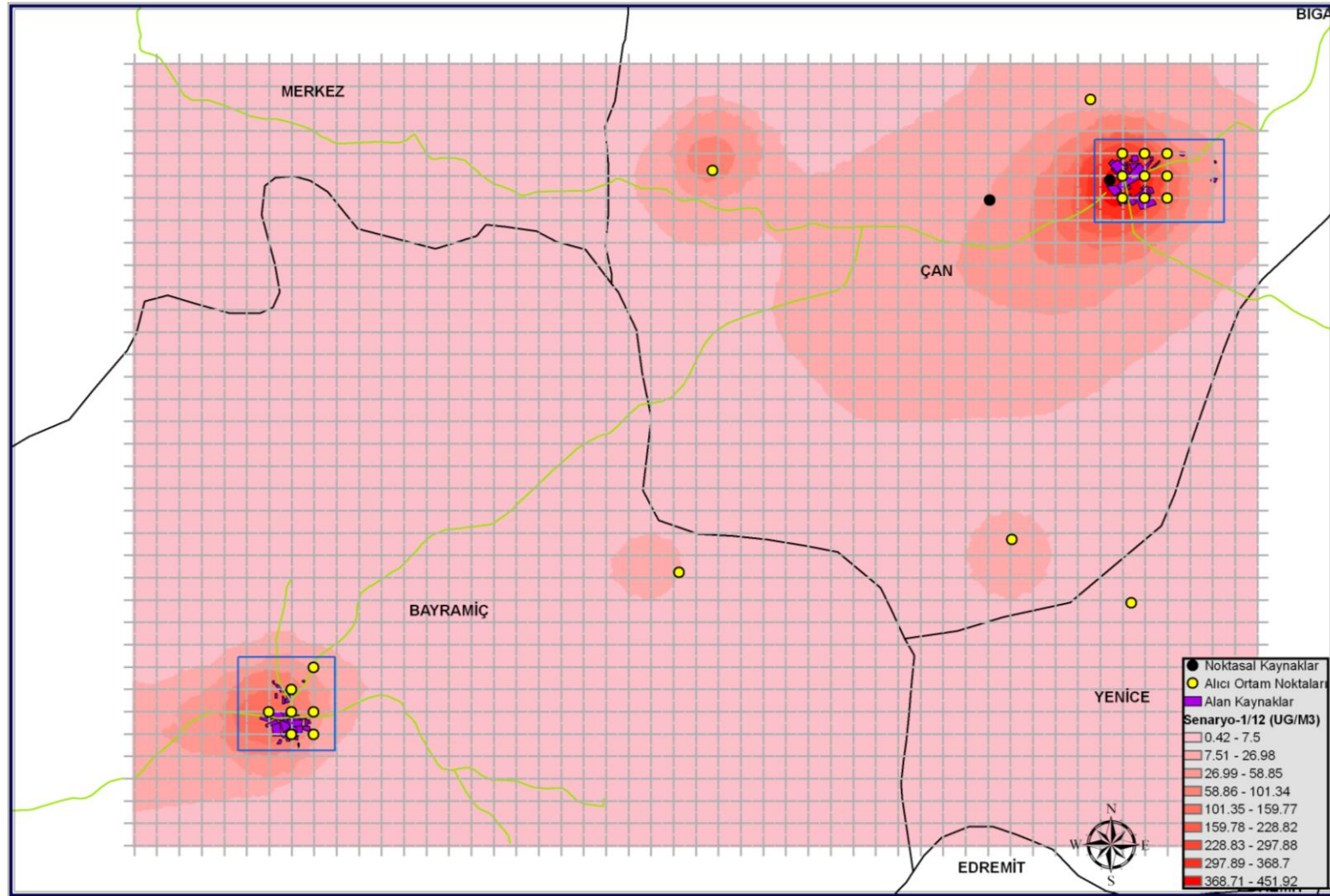
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	57,56	80,97	92,24	0,01	0,11	0,12	0,00	0,10	0,01	0,07	112,00	79,00
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	114,50	157,58	188,84	0,02	0,14	0,15	0,00	0,13	0,01	0,08	280,00	161,00
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	247,60	327,84	332,64	0,04	0,17	0,16	0,00	0,19	0,01	0,10	563,00	372,00
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	105,62	117,26	104,49	0,002	0,09	0,10	0,00	0,07	0,01	0,06	105,00	123,00
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	183,17	217,61	188,77	0,003	0,10	0,12	0,00	0,08	0,01	0,07	263,00	276,00
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	939,18	989,98	809,56	0,007	0,12	0,15	0,00	0,11	0,01	0,09	1342,00	1454,00
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	86,88	71,83	84,51	0,003	0,06	0,10	0,00	0,07	0,02	0,05	88,00	116,00
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	215,52	203,59	163,99	0,002	0,07	0,11	0,00	0,07	0,02	0,06	256,00	374,00
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	314,62	312,79	228,80	0,002	0,08	0,12	0,00	0,08	0,02	0,07	362,00	495,00
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	218,85	231,99	198,73	0,07	0,11	0,14	0,29	0,11	0,10	0,06	300,00	349,00
BM-2 (466.952, 4407.182)	80,65	85,94	93,83	0,07	0,11	0,15	0,29	0,11	0,11	0,06	105,00	115,00
BM-3 (467.952, 4407.182)	27,00	28,70	35,01	0,07	0,12	0,16	0,29	0,10	0,12	0,06	23,00	25,00
BM-4 (466.952, 4406.182)	49,11	41,51	51,59	0,06	0,12	0,15	0,28	0,10	0,11	0,06	64,00	90,00
BM-5 (467.952, 4406.182)	13,00	8,80	14,90	0,06	0,12	0,16	0,27	0,09	0,12	0,06	11,00	17,00
BM-6 (466.952, 4408.182)	108,11	115,86	119,63	0,08	0,12	0,15	0,29	0,12	0,11	0,06	157,00	155,00
BM-7 (467.952, 4409.182)	6,60	9,50	11,10	0,09	0,13	0,16	0,32	0,13	0,12	0,07	18,00	11,00
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	19,87	27,29	35,79	0,27	0,33	0,14	0,001	0,26	0,04	0,16	47,96	32,32
KA-2 (499.040, 4414.913)	25,04	26,70	22,49	0,05	0,12	0,12	0,03	0,06	0,08	0,07	38,72	38,32
KA-3 (484.226, 4413.440)	2,56	3,02	2,41	0,16	0,52	0,44	0,52	0,24	0,48	0,42	2,16	3,45
KA-4 (485.706, 4431.433)	37,40	38,49	21,76	0,19	0,18	0,15	0,05	0,29	0,09	0,08	56,95	94,30
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,80	0,67	0,55	0,05	0,11	0,06	0,01	0,14	0,07	0,05	1,37	1,67

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları : 2010 UVS(150)'i aşan değerler

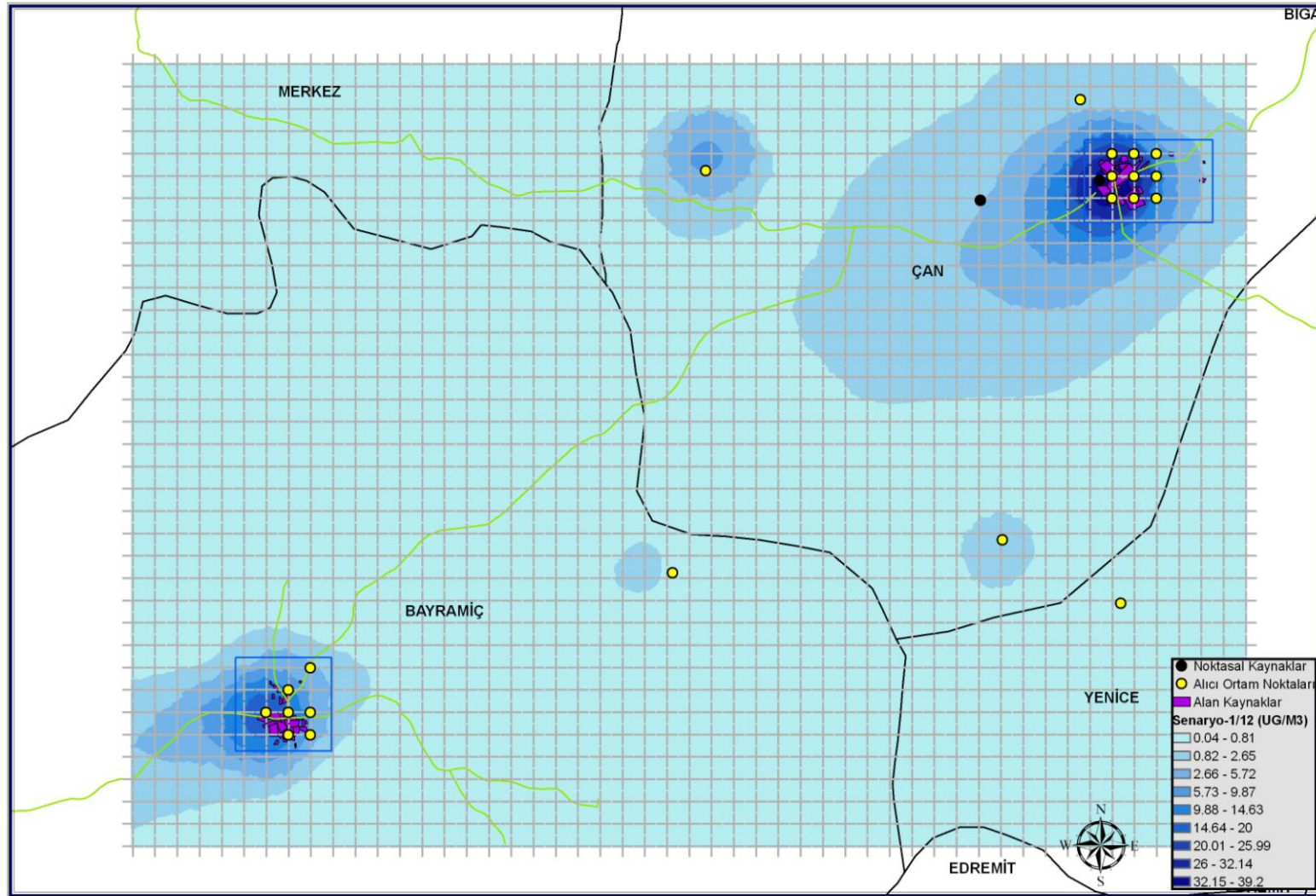
Çizelge 5.45. Senaryo MS-1'e göre hesaplanan aylık NO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	5,02	7,06	8,07	0,0034	0,03	0,03	0,0001	0,02	0,003	0,02	9,80	6,90
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	9,99	13,74	16,48	0,0076	0,04	0,04	0,0001	0,03	0,0036	0,02	24,40	14,00
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	21,59	28,58	29,01	0,01	0,05	0,04	0,0001	0,05	0,0044	0,03	49,10	32,40
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	9,21	10,23	9,12	0,0007	0,02	0,02	0,0001	0,02	0,004	0,01	9,20	10,70
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	15,97	18,97	16,47	0,0010	0,03	0,03	0,0001	0,02	0,0043	0,02	22,90	24,00
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	81,56	86,29	70,58	0,0021	0,03	0,04	0,0001	0,03	0,0052	0,02	117,00	126,80
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	7,58	6,27	7,38	0,0009	0,01	0,02	0,0001	0,02	0,0055	0,01	7,70	10,10
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	18,79	17,75	14,31	0,0007	0,01	0,03	0,0001	0,02	0,0055	0,01	22,30	32,60
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	27,43	27,27	19,96	0,0007	0,02	0,03	0,0002	0,02	0,0063	0,02	31,50	43,20
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	27,86	29,54	25,31	0,02	0,03	0,04	0,08	0,03	0,03	0,01	38,20	44,40
BM-2 (466.952, 4407.182)	10,24	10,92	11,94	0,02	0,03	0,04	0,08	0,03	0,03	0,01	13,40	14,60
BM-3 (467.952, 4407.182)	3,39	3,62	4,45	0,02	0,03	0,04	0,08	0,03	0,03	0,01	2,90	3,10
BM-4 (466.952, 4406.182)	6,21	5,26	6,56	0,01	0,03	0,04	0,08	0,02	0,03	0,01	8,10	11,40
BM-5 (467.952, 4406.182)	1,60	1,09	1,88	0,01	0,03	0,04	0,08	0,02	0,03	0,01	1,40	2,20
BM-6 (466.952, 4408.182)	13,74	14,73	15,23	0,02	0,03	0,04	0,08	0,03	0,03	0,01	20,00	19,70
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,79	1,17	1,40	0,02	0,03	0,04	0,09	0,03	0,03	0,02	2,30	1,30
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	1,75	2,43	3,26	0,08	0,09	0,04	0,002	0,07	0,01	0,04	4,19	2,84
KA-2 (499.040, 4414.913)	2,19	2,33	1,97	0,02	0,03	0,03	0,0087	0,01	0,02	0,01	3,38	3,35
KA-3 (484.226, 4413.440)	0,26	0,28	0,24	0,05	0,15	0,01	0,15	0,07	0,14	0,12	0,21	0,34
KA-4 (485.706, 4431.433)	3,29	3,39	1,92	0,05	0,05	0,04	0,01	0,08	0,02	0,02	4,98	8,25
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,08	0,06	0,06	0,02	0,03	0,01	0,0029	0,04	0,02	0,01	0,12	0,15

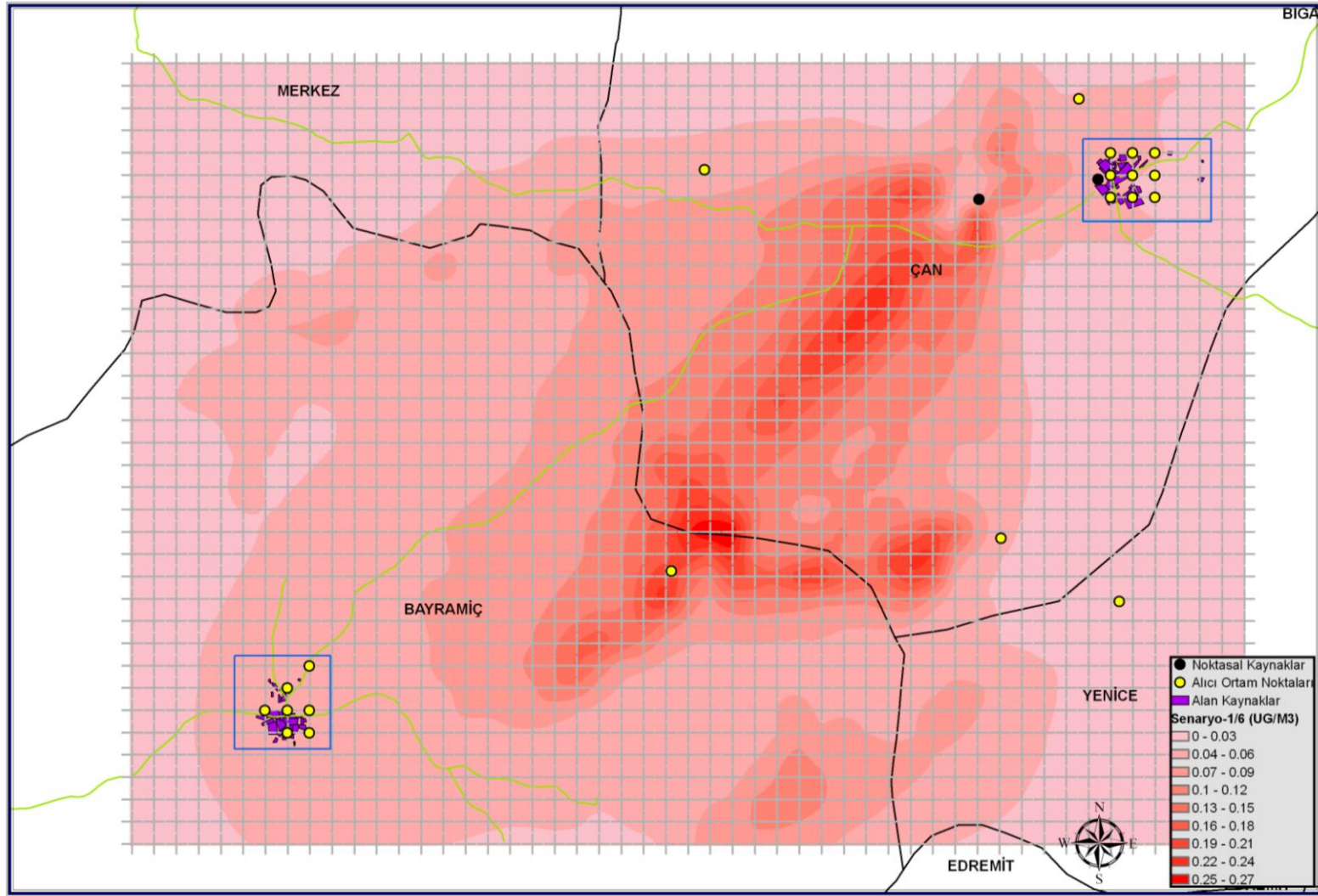
¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları ■: 2010 UVS(84)'i aşan değerler



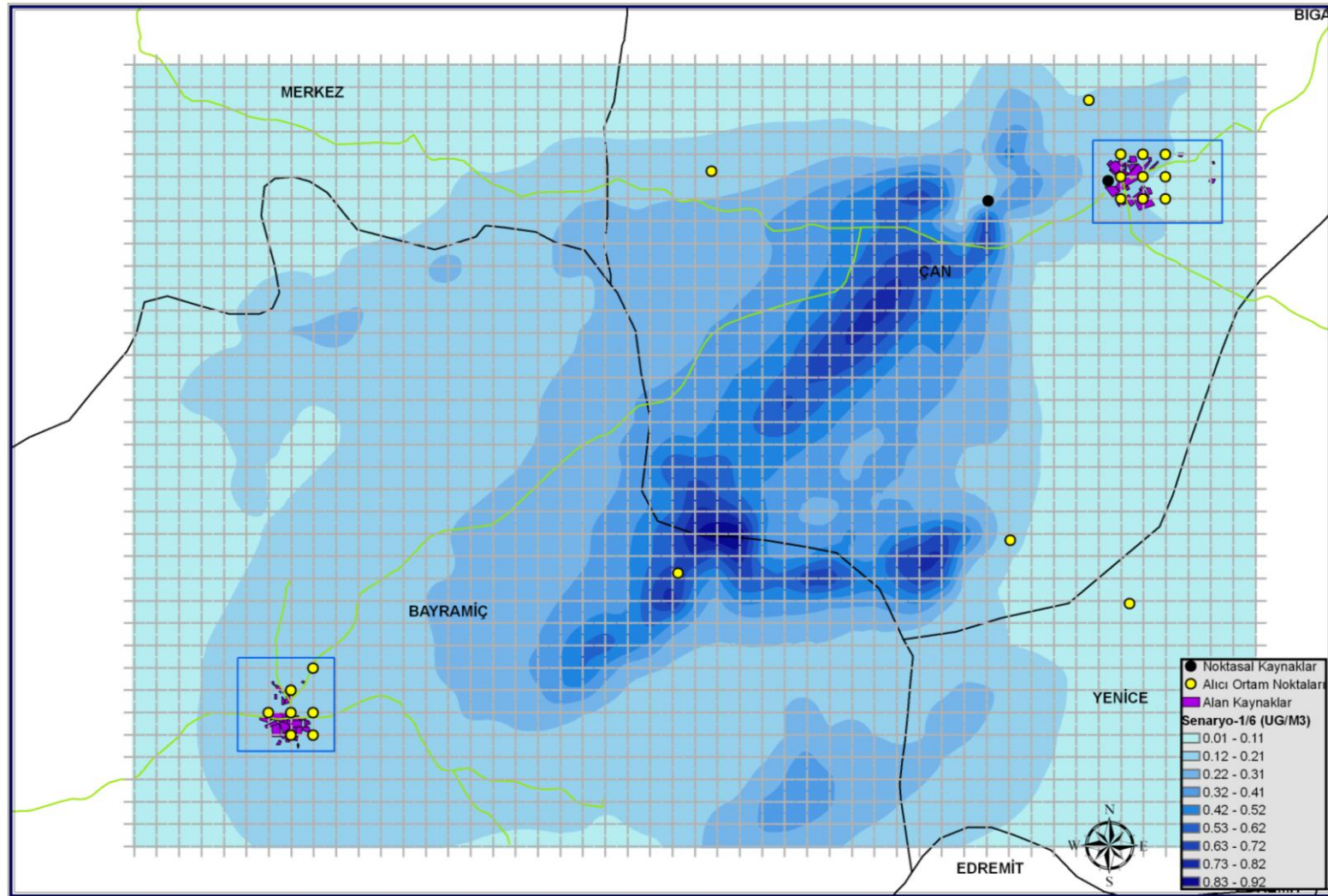
Şekil 5.13.Senaryo MS-1'e göre Aralık ayı SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.14. Senaryo MS-1'e göre Aralık ayı NO_2 dağılım grafiği



Şekil 5.15. Senaryo MS-1'e göre Haziran ayı SO_2 dağılım grafiği



Şekil 5.16.Senaryo MS-1'e göre Haziran ayı NO₂ dağılım grafiği

Yerleşim yerlerinde doğalgaz ve linyitin birlikte kullanılması ve 18 Mart Çan Termik Santrali'nin çalıştığı kabulüyle, kırsal alanlarda ve ilçe merkezlerinde alan kaynakları temsil eden alıcı noktalarda, 2010 yılı için aylık sonuçlar hesaplanmıştır.

Senaryo MS-1 kapsamında elde edilen sonuçlar için yapılan değerlendirmede, Çan ilçe merkezini temsilen seçilen ÇM-2 noktasında, HKDYY'de 2010 yılı için SO₂ parametresine yönelik belirlenmiş UVS değerinin (150 µg/m³) Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında aşıldığı tespit edilmiştir. Aynı senaryo kapsamında ÇM-3, ÇM-5, ÇM-6, ÇM-8, ÇM-9 noktaları ile Bayramiç ilçe merkezini temsilen seçilen BM-1 noktasında, Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında model sonuçlarının, 2010 yılında SO₂ için verilen UVS sınırının üzerinde olduğu belirlenmiştir.

2010 yılında NO₂ parametresi için HKDYY'de verilen UVS (84 µg/m³) sınırına göre, MS-1 senaryosu sonuçları değerlendirildiğinde, sadece Çan ilçe merkezinde yer alan ÇM-6 noktasında, Şubat, Kasım ve Aralık aylarındaki model sonuçlarının sınır değeri aştığı tespit edilmiştir.

5.6.2. Senaryo MS-2 için Modelin Uygulaması

Yerleşim birimlerinde doğalgaz ve linyitin birlikte kullanılması ve Çanakkale Seramik tesisinin aktif olması senaryosu

Çan ve Bayramiç ilçelerinde, 2010 yılı nüfuslarına göre aynı yıl için aylık yakıt tüketimine bağlı emisyonların açığa çıktığı ve Çanakkale Seramik tesisinin çalıştığı durumda, çalışma alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımlarının 2010 yılı için aylık bazda belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Çan ilçesi yerleşim yerlerinde ısınma amaçlı linyit kullanımı ile birlikte kısmi olarak bazı mahallelerde doğalgaz kullanımına ilişkin yakıt tüketim bilgileri elde edilmiş ve emisyon faktörleri kullanılarak SO₂ ve NO₂ için ayrı ayrı kirletici yükleri hesaplanmıştır. Senaryoda, diğer bir kaynak olarak sadece Çanakkale Seramik fabrikası tesisinin yıllık çalışma koşullarına bağlı olarak açığa çıkardığı SO₂ ve NO₂ miktarları da hesaplanmıştır. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.46'da verilmiştir.

Çizelge 5.46. MS-2 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar	SO₂ toplam katkısı (g/s)	NO₂ toplam katkısı (g/s)
Çan yerleşim alanları	51,08	4,39
Bayramiç yerleşim alanları	19,83	2,42
18 Mart Çan Termik Santrali	Yok	Yok
Çanakkale Seramik	2,78	256,944

Senaryo MS-2'ye göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ katkı değerleri Çizelge 5.47'de verilmiştir. Aynı senaryoya göre, toplam NO₂ katkı değerleri Çizelge 5.48'de verilmiştir.

Çalışma alanında Senaryo MS-2'ye göre, kış aylarını temsilen Aralık ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.17'de, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.18'de verilmiştir. Aynı senaryo kapsamında, yaz aylarını temsilen Haziran ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.19'da, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.20'de verilmiştir.

Çizelge 5.47. Senaryo MS-2'ye göre hesaplanan aylık SO₂ (µg/m³) sonuçları

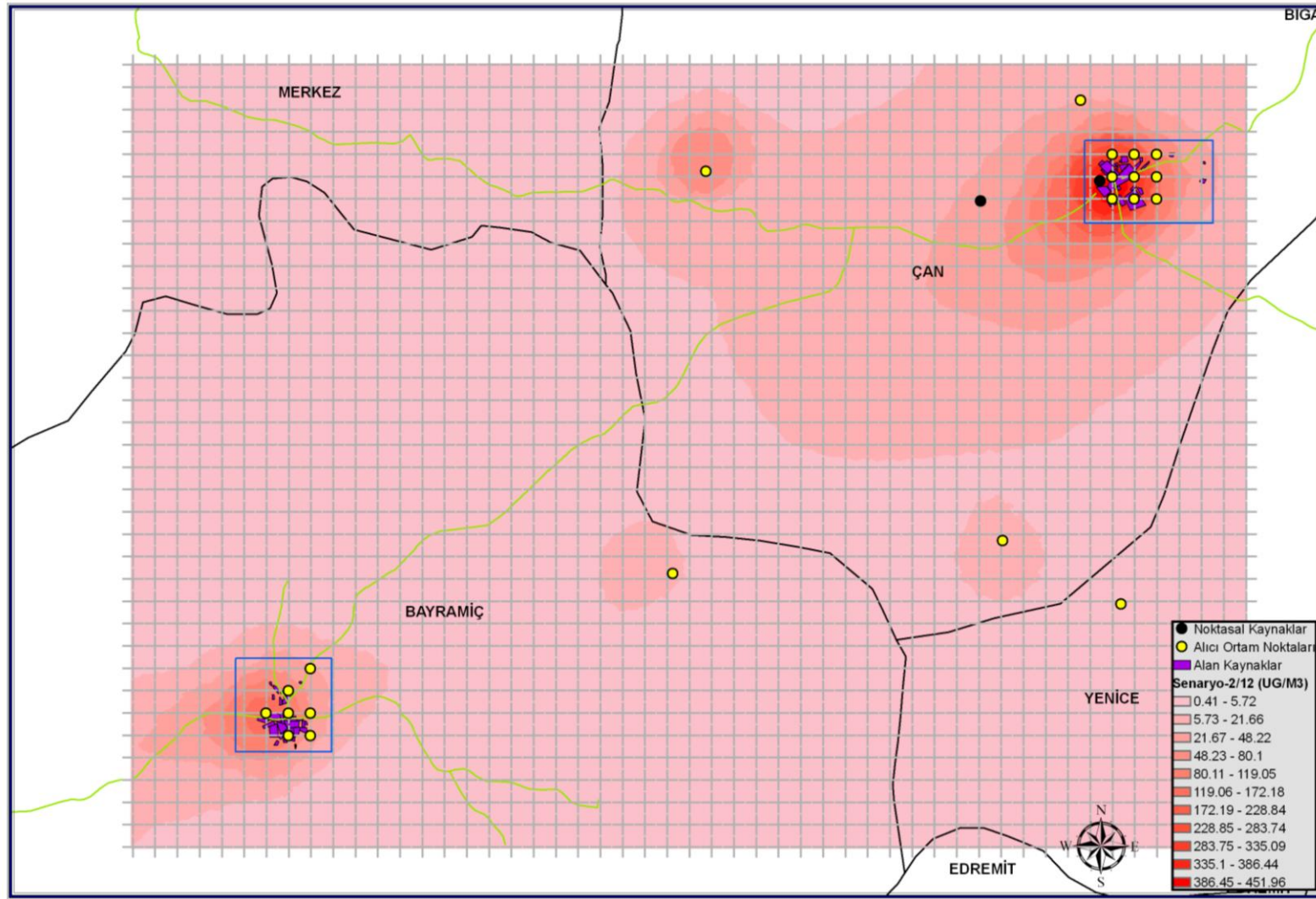
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	57,60	81,00	92,40	0,04	0,08	0,08	0,003	0,08	0,01	0,04	112,00	79,00
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	114,50	157,60	189,00	0,27	0,22	0,16	0,005	0,27	0,02	0,12	280,00	161,00
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	247,70	328,30	333,20	0,13	0,28	0,13	0,008	0,38	0,10	0,16	563,00	372,00
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	105,60	117,30	104,50	0,0099	0,04	0,05	0,003	0,05	0,02	0,03	105,00	123,00
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	183,20	217,60	188,70	0,01	0,05	0,08	0,004	0,07	0,02	0,04	263,00	276,00
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	939,20	990,00	809,50	0,03	0,18	0,27	0,01	0,36	0,05	0,08	1342,00	1454,00
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	86,90	71,90	84,50	0,05	0,07	0,03	0,006	0,09	0,03	0,04	89,00	116,00
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	215,50	203,60	164,00	0,01	0,04	0,06	0,005	0,07	0,01	0,02	256,00	374,00
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	314,60	312,80	228,80	0,01	0,02	0,05	0,01	0,05	0,03	0,02	362,00	495,00
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	218,80	232,00	198,70	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	300,00	349,00
BM-2 (466.952, 4407.182)	80,60	85,90	93,80	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	105,00	115,00
BM-3 (467.952, 4407.182)	27,00	28,70	35,00	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	23,00	25,00
BM-4 (466.952, 4406.182)	49,10	41,50	51,60	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02	64,00	90,00
BM-5 (467.952, 4406.182)	13,00	8,80	14,90	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	11,00	17,00
BM-6 (466.952, 4408.182)	108,10	115,90	119,60	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	157,00	155,00
BM-7 (467.952, 4409.182)	6,60	9,50	11,10	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	18,00	11,00
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	19,86	27,16	35,42	0,11	0,09	0,11	0,01	0,30	0,14	0,08	48,15	32,40
KA-2 (499.040, 4414.913)	25,08	26,70	22,45	0,06	0,12	0,10	0,06	0,02	0,10	0,03	38,72	38,35
KA-3 (484.226, 4413.440)	2,45	3,00	2,32	0,03	0,06	0,07	0,13	0,07	0,07	0,09	2,14	3,36
KA-4 (485.706, 4431.433)	37,32	38,37	21,65	0,01	0,005	0,01	0,0040	0,02	0,01	0,0080	56,89	94,16
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,79	0,66	0,48	0,01	0,02	0,03	0,0067	0,007	0,02	0,01	1,36	1,64

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları ■: 2010 UVS(150)'i aşan değerler

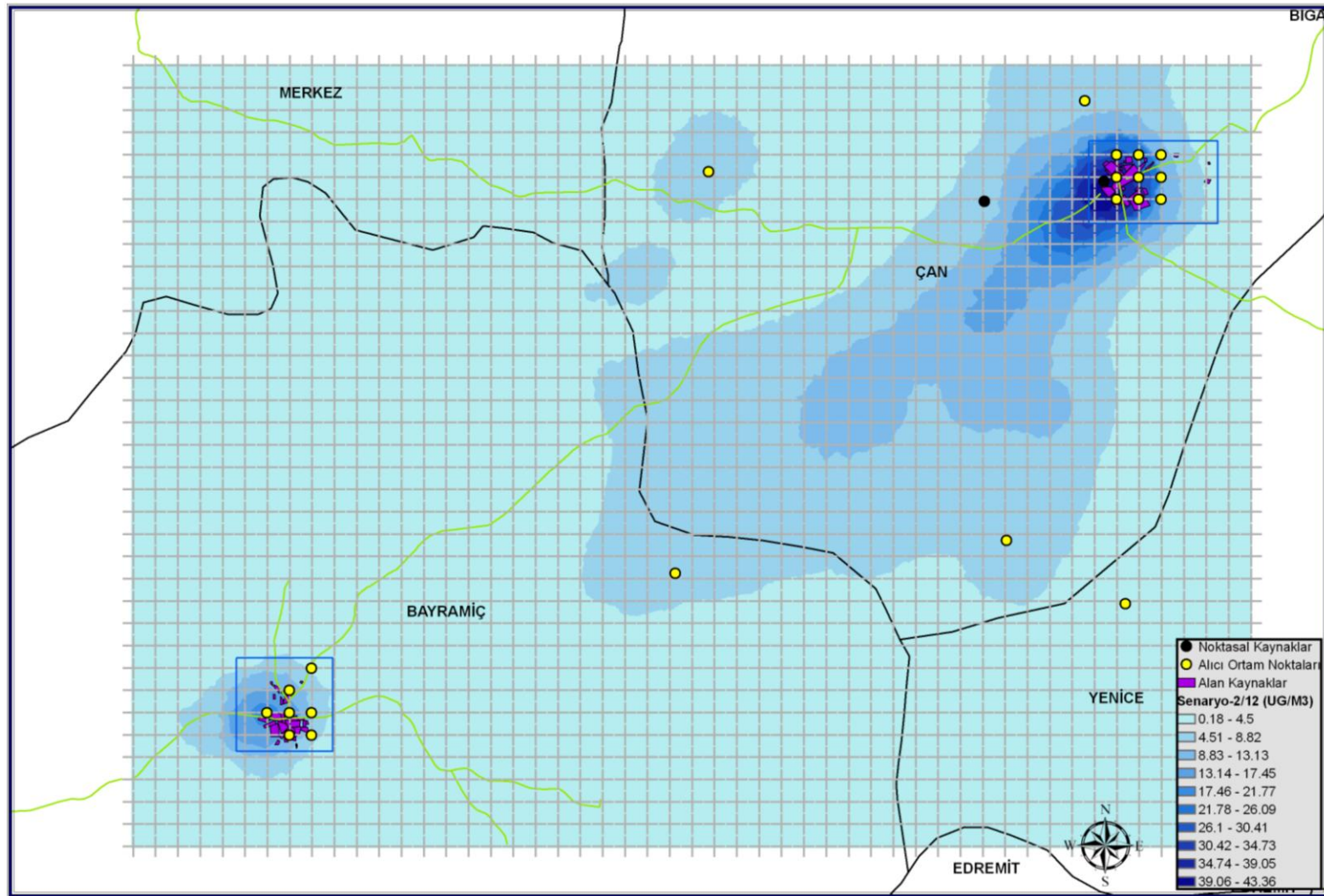
Çizelge 5.48. Senaryo MS-2'ye göre hesaplanan aylık NO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	7,29	8,59	11,01	2,70	4,67	4,86	0,15	4,78	0,66	2,51	12,10	8,40
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	12,99	18,74	30,12	15,38	12,93	9,06	0,26	15,50	1,23	7,02	28,40	16,30
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	28,69	56,91	63,71	7,61	15,90	7,83	0,43	21,68	6,11	9,23	56,50	37,40
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	9,82	11,40	11,29	0,56	2,47	2,89	0,18	2,90	1,49	1,74	10,50	12,10
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	16,85	19,71	18,56	0,67	2,94	4,62	0,25	4,26	1,33	2,37	24,20	25,40
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	83,37	86,87	73,49	2,12	10,68	15,43	0,71	20,40	2,81	4,55	118,50	128,60
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	8,84	8,80	9,46	2,86	4,49	2,20	0,31	5,43	2,21	2,53	10,60	13,30
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	19,89	18,16	15,47	1,01	2,64	3,43	0,31	4,37	0,90	1,67	23,70	35,00
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	28,71	27,36	20,91	0,82	1,59	3,38	0,63	2,90	1,72	1,65	32,80	45,20
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	28,44	30,52	25,78	0,99	0,60	0,74	1,28	1,02	1,38	1,03	39,40	45,50
BM-2 (466.952, 4407.182)	10,83	11,91	12,42	1,04	0,67	0,82	1,50	1,10	1,52	1,14	14,70	15,80
BM-3 (467.952, 4407.182)	3,98	4,60	4,94	1,09	0,75	0,91	1,75	1,18	1,65	1,26	4,30	4,40
BM-4 (466.952, 4406.182)	6,74	6,14	7,01	1,00	0,72	0,86	1,74	1,12	1,59	1,18	9,40	12,70
BM-5 (467.952, 4406.182)	2,14	2,00	2,36	1,07	0,82	0,98	2,02	1,24	1,75	1,32	2,90	3,50
BM-6 (466.952, 4408.182)	14,41	15,87	15,76	1,10	0,62	0,80	1,25	1,12	1,44	1,1	21,20	20,80
BM-7 (467.952, 4409.182)	1,61	2,56	2,04	1,30	0,68	0,91	1,23	1,31	1,58	1,22	3,60	2,60
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	6,95	7,31	18,45	6,38	5,27	6,44	0,67	17,24	8,01	5,06	18,25	13,44
KA-2 (499.040, 4414.913)	7,21	2,98	2,38	3,83	7,32	6,01	3,56	1,62	6,08	1,88	5,01	8,95
KA-3 (484.226, 4413.440)	2,00	2,40	1,50	2,21	3,85	4,07	7,77	4,18	4,01	5,11	3,63	5,26
KA-4 (485.706, 4431.433)	5,04	4,42	2,90	1,05	0,47	0,63	0,22	1,21	0,72	0,45	5,94	9,17
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,73	0,48	0,26	0,88	1,47	2,15	0,38	0,26	1,52	0,87	1,10	1,33

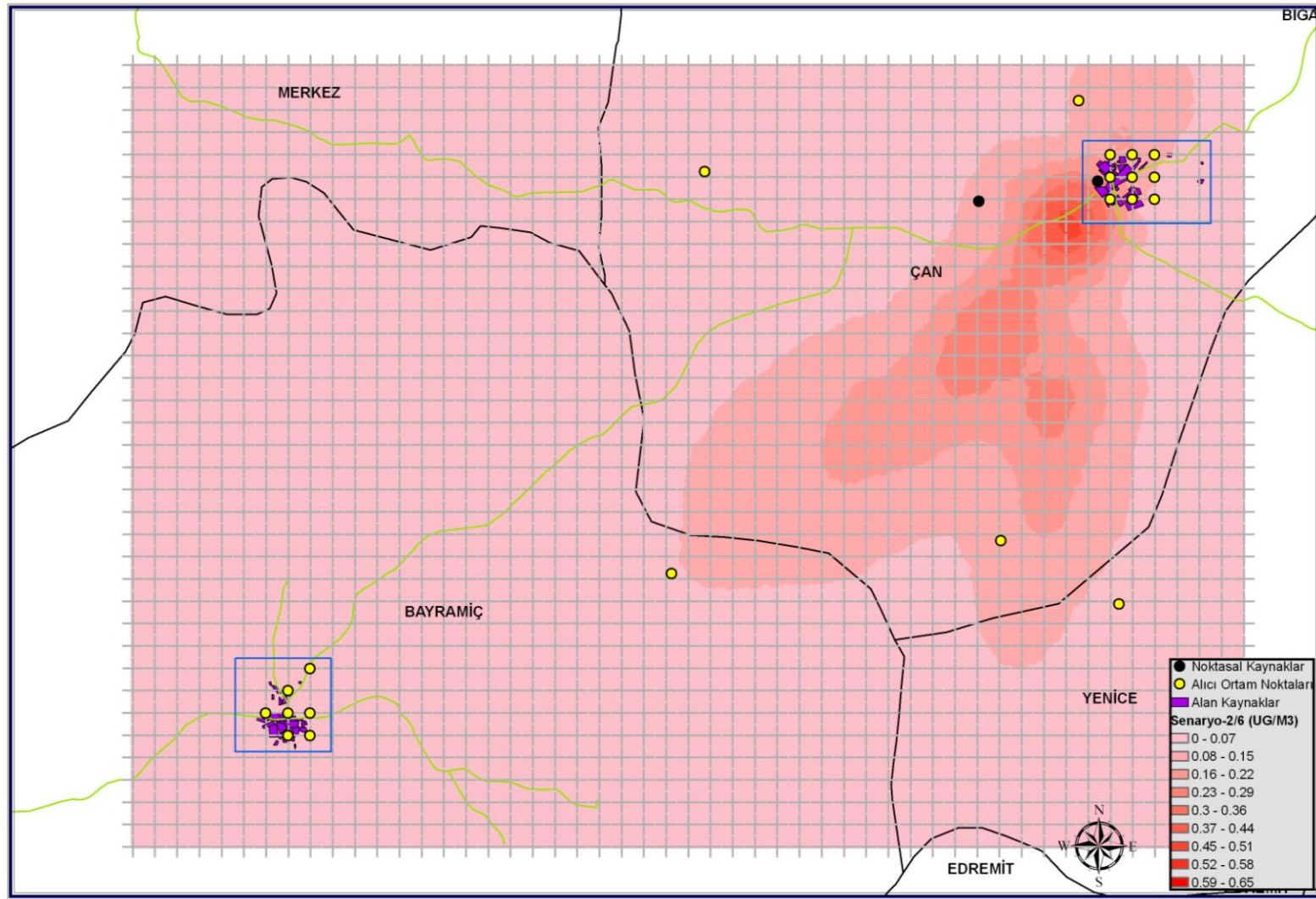
¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları ■: 2010 UVS(84)'i aşan değerler



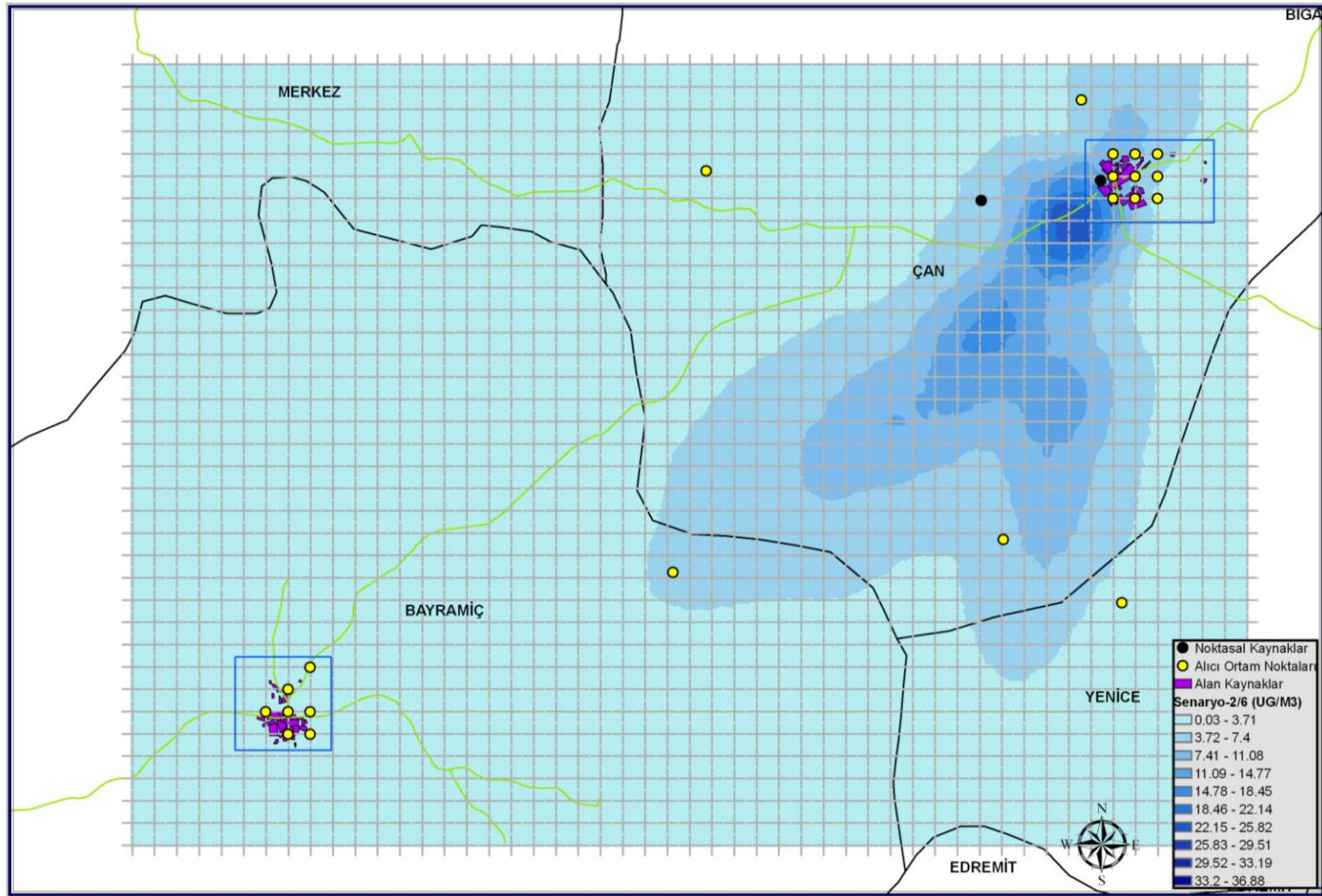
Şekil 5.17.Senaryo MS-2'ye göre Aralık ayı SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.18. Senaryo MS-2'ye göre Aralık ayı NO_2 dağılım grafiği



Şekil 5.19. Senaryo MS-2'ye göre Haziran ayı SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.20.Senaryo MS-2'ye göre Haziran ayı NO_2 dağılım grafiği

Yerleşim yerlerinde doğalgaz ve linyitin birlikte kullanılması Çanakkale Seramik tesisinin çalışır durumda olması koşullarına göre, kırsal alanlarda ve ilçe merkezlerinde belirlenen temsili alıcı noktalarda, 2010 yılı için aylık sonuçlar hesaplanmıştır.

MS-2 senaryosu sonuçları için değerlendirme yapılmıştır. HKDYY'de 2010 yılı için SO₂ parametresine yönelik belirlenmiş UVS değerinin (150 µg/m³) bu senaryo sonuçları için de Çan ilçe merkezinde alan kaynakları temsilen seçilen ÇM-2 noktasında, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında aşıldığı tespit edilmiştir. Aynı senaryo kapsamında ÇM-3, ÇM-5, ÇM-6, ÇM-8, ÇM-9 noktaları ile Bayramiç ilçe merkezini temsilen seçilen BM-1 noktasında ise, Ocak, Şubat, Mart, Kasım ve Aralık aylarında elde edilen model sonuçlarının da, önceki senaryoya benzer şekilde 2010 yılında SO₂ için verilen UVS sınırının üzerinde olduğu belirlenmiştir.

HKDYY'de 2010 yılında NO₂ parametresi için verilen UVS (84 µg/m³) sınırına göre, MS-2 senaryosu sonuçları değerlendirildiğinde, MS-1 senaryosuna benzer şekilde, sadece Çan ilçe merkezini temsil eden ÇM-6 noktasında, Şubat, Kasım ve Aralık aylarındaki model sonuçlarının sınır değerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

5.6.3. Senaryo MS-3 için Modelin Uygulaması

Çanakkale Seramik tesisinin ve 18 Mart Çan Termik Santrali'nin aktif olması senaryosu

18 Mart Çan Termik Santrali'nin ve Çanakkale Seramik tesisinin faaliyette olduğu, Çan ve Bayramiç ilçelerinde yakıt tüketiminin olmadığı varsayıldığında, çalışma alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımlarının 2010 yılı için aylık bazda belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, 18 Mart Çan Termik Santrali'nin ve Çanakkale Seramik tesisinin yıllık çalışma koşullarına bağlı olarak açığa çıkardığı SO₂ ve NO₂ miktarları hesaplanmıştır. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.49'da verilmiştir.

Çizelge 5.49. MS-3 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar	SO₂ toplam katkısı (g/s)	NO₂ toplam katkısı (g/s)
Çan yerleşim alanları	Yok	Yok
Bayramiç yerleşim alanları	Yok	Yok
18 Mart Çan Termik Santrali	94,81	28,15
Çanakkale Seramik	2,78	256,944

Senaryo MS-3'e göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ katkı değerleri Çizelge 5.50'de verilmiştir. Aynı senaryoya göre, toplam NO₂ katkı değerleri Çizelge 5.51'de verilmiştir.

Çalışma alanında Senaryo MS-3'e göre, kış aylarını temsilen Aralık ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.21'de, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.22'de verilmiştir. Aynı senaryo kapsamında, yaz aylarını temsilen Haziran ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.23'de, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.24'de verilmiştir.

Çizelge 5.50. Senaryo MS-3'e göre hesaplanan aylık SO₂ (µg/m³) sonuçları

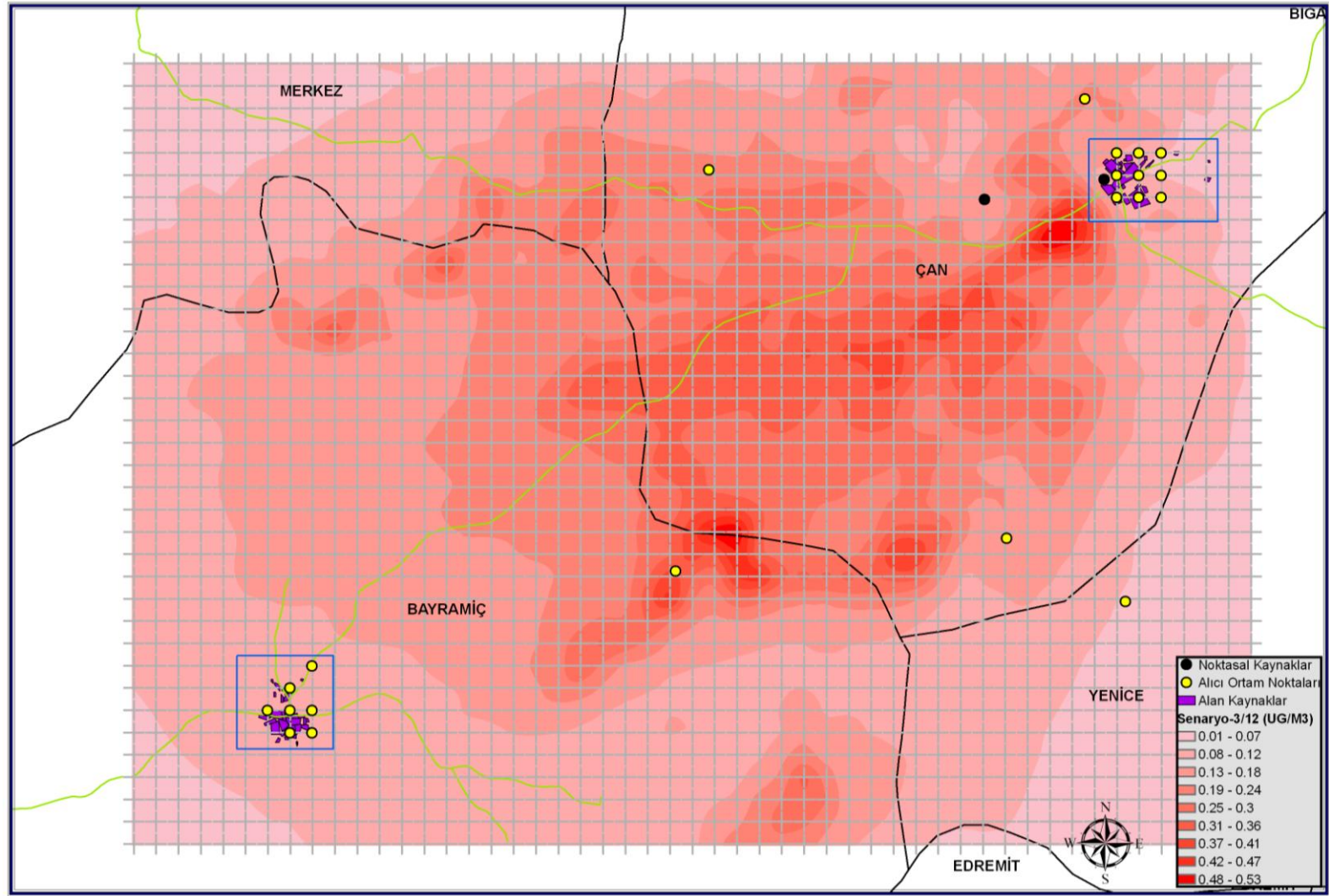
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	0,06	0,04	0,11	0,59	0,19	0,20	0,003	0,18	0,02	0,11	0,07	0,06
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	0,07	0,11	0,31	2,98	0,36	0,30	0,005	0,40	0,03	0,20	0,10	0,08
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	0,15	0,53	0,70	1,82	0,45	0,30	0,008	0,57	0,12	0,26	0,16	0,13
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	0,03	0,03	0,09	0,12	0,13	0,14	0,003	0,12	0,04	0,09	0,05	0,06
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	0,03	0,02	0,10	0,15	0,15	0,19	0,005	0,15	0,03	0,11	0,05	0,06
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	0,05	0,03	0,12	0,44	0,31	0,41	0,01	0,47	0,06	0,16	0,05	0,08
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	0,04	0,06	0,07	0,53	0,14	0,13	0,006	0,17	0,05	0,09	0,08	0,10
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	0,03	0,02	0,06	0,20	0,11	0,16	0,006	0,15	0,03	0,09	0,05	0,09
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	0,04	0,01	0,06	0,16	0,10	0,18	0,01	0,13	0,05	0,10	0,05	0,08
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,03	0,04	0,05	0,87	0,12	0,15	0,30	0,12	0,12	0,07	0,07	0,09
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,03	0,04	0,05	0,88	0,13	0,16	0,31	0,12	0,13	0,08	0,07	0,09
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,03	0,04	0,05	0,88	0,13	0,17	0,31	0,12	0,14	0,08	0,07	0,09
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,03	0,04	0,04	0,80	0,12	0,16	0,30	0,11	0,13	0,08	0,07	0,08
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,03	0,04	0,05	0,81	0,13	0,17	0,30	0,11	0,14	0,08	0,07	0,09
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,03	0,04	0,05	0,97	0,13	0,16	0,31	0,13	0,13	0,08	0,08	0,09
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,04	0,05	0,06	1,09	0,14	0,17	0,33	0,15	0,14	0,09	0,09	0,10
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	0,18	0,30	0,90	0,38	0,42	0,25	0,01	0,56	0,18	0,24	0,30	0,29
KA-2 (499.040, 4414.913)	0,13	0,01	0,05	0,12	0,25	0,23	0,09	0,08	0,18	0,09	0,04	0,15
KA-3 (484.226, 4413.440)	0,17	0,08	0,13	0,20	0,58	0,51	0,66	0,31	0,55	0,51	0,13	0,25
KA-4 (485.706, 4431.433)	0,14	0,15	0,14	0,20	0,18	0,16	0,05	0,30	0,10	0,08	0,09	0,17
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,04	0,01	0,06	0,06	0,13	0,09	0,01	0,14	0,10	0,06	0,04	0,06

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

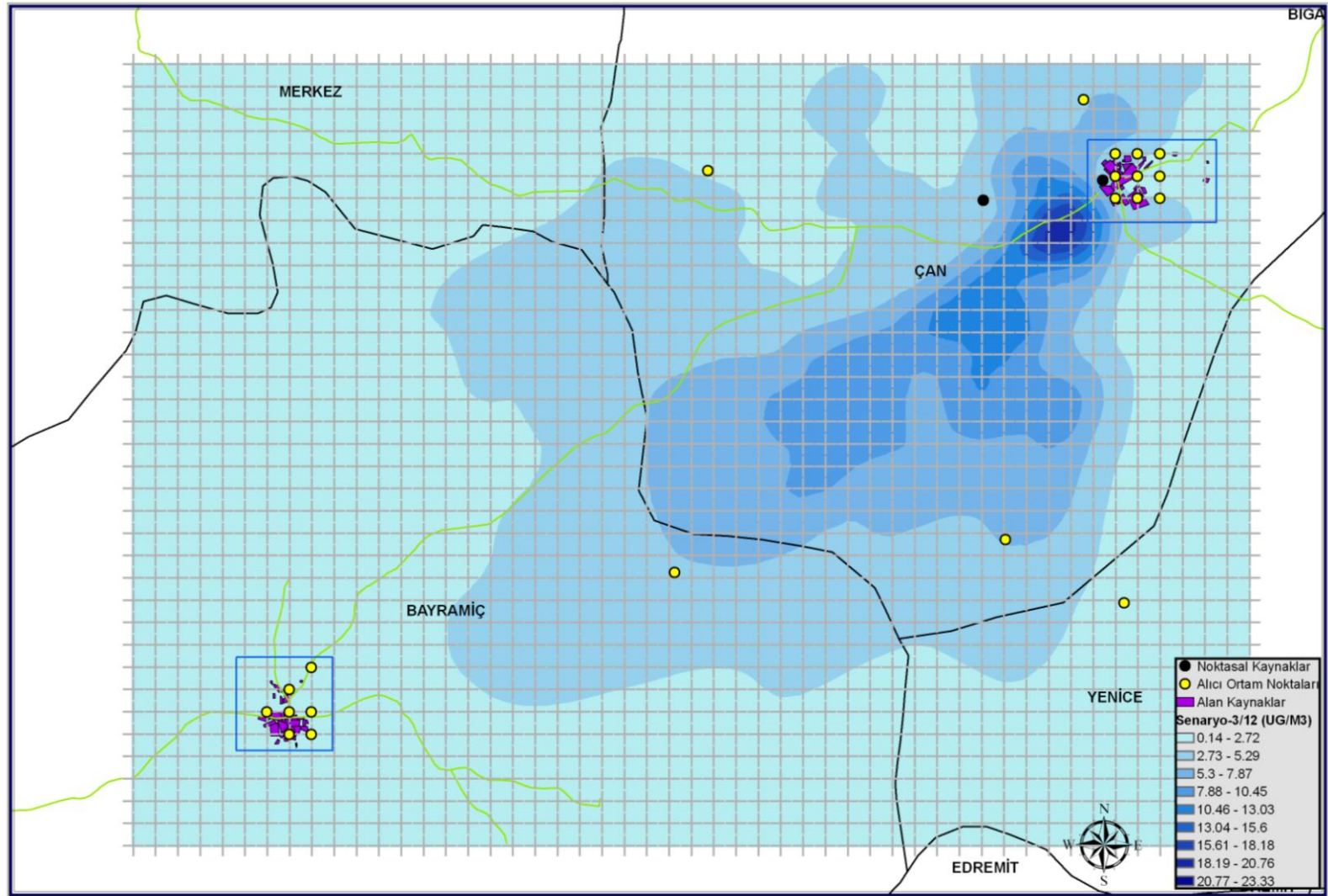
Çizelge 5.51. Senaryo MS-3'e göre hesaplanan aylık NO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	2,28	1,53	2,98	2,70	4,70	4,90	0,15	4,81	0,67	2,53	2,31	1,53
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	3,02	5,01	13,68	15,39	12,98	9,10	0,26	15,53	1,23	7,04	4,05	2,29
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	7,12	28,35	34,75	7,63	15,95	7,87	0,43	21,74	6,11	9,26	7,40	4,99
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	0,62	1,18	2,20	0,56	2,50	2,92	0,18	2,92	1,49	1,76	1,33	1,39
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	0,89	0,75	2,13	0,67	2,97	4,66	0,25	4,29	1,33	2,39	1,26	1,38
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	1,53	0,60	2,96	2,12	10,71	15,47	0,71	20,43	2,82	4,57	1,54	1,87
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	1,28	2,55	2,11	2,86	4,51	2,23	0,31	5,45	2,21	2,55	2,90	3,20
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	1,11	0,42	1,19	1,01	2,66	3,46	0,31	4,39	0,90	1,69	1,38	2,45
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	1,29	0,10	0,98	0,82	1,61	3,41	0,63	2,93	1,73	1,67	1,31	2,08
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,60	1,00	0,50	1,01	0,63	0,78	1,36	1,06	1,41	1,05	1,20	1,13
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,60	1,01	0,51	1,07	0,71	0,87	1,59	1,13	1,55	1,16	1,31	1,24
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,60	1,00	0,52	1,11	0,79	0,96	1,84	1,21	1,69	1,28	1,41	1,35
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,54	0,90	0,47	1,02	0,76	0,90	1,82	1,15	1,62	1,20	1,35	1,28
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,56	0,92	0,50	1,09	0,86	1,02	2,10	1,27	1,78	1,34	1,47	1,43
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,69	1,15	0,56	1,13	0,66	0,85	1,34	1,15	1,48	1,12	1,25	1,20
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,83	1,40	0,67	1,32	0,72	0,96	1,32	1,35	1,61	1,24	1,37	1,36
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	5,25	5,01	15,57	6,46	5,37	6,48	0,67	17,32	8,02	5,10	14,12	10,66
KA-2 (499.040, 4414.913)	5,04	0,65	0,43	3,84	7,35	6,05	3,57	1,63	6,11	1,90	1,64	5,63
KA-3 (484.226, 4413.440)	1,82	2,15	1,32	2,26	4,00	4,20	7,93	4,25	4,16	5,23	3,47	5,02
KA-4 (485.706, 4431.433)	1,82	1,12	1,05	1,10	0,53	0,68	0,24	1,29	0,75	0,47	1,00	1,01
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,67	0,43	0,23	0,90	1,50	2,16	0,38	0,30	1,54	0,88	0,99	1,20

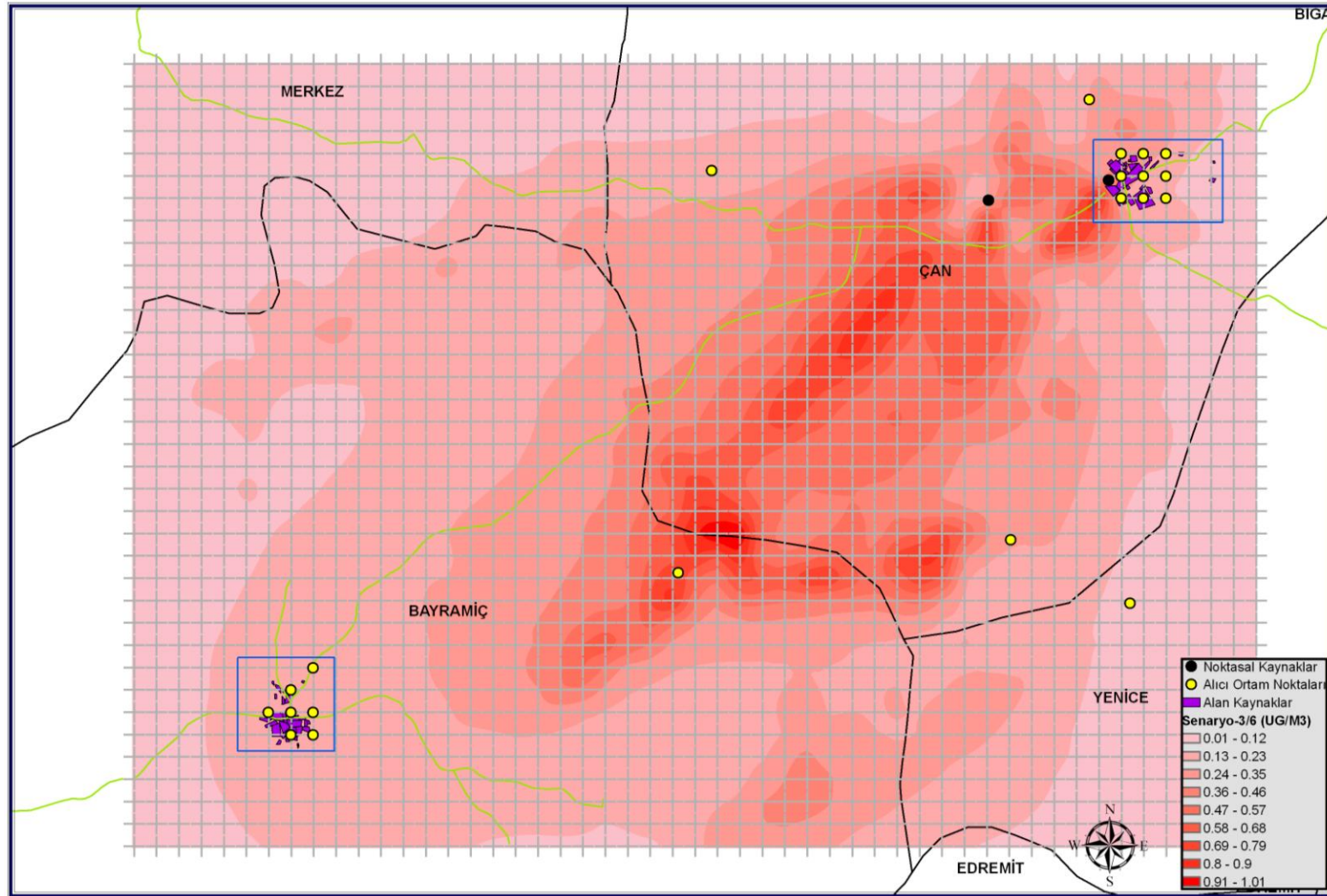
¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları



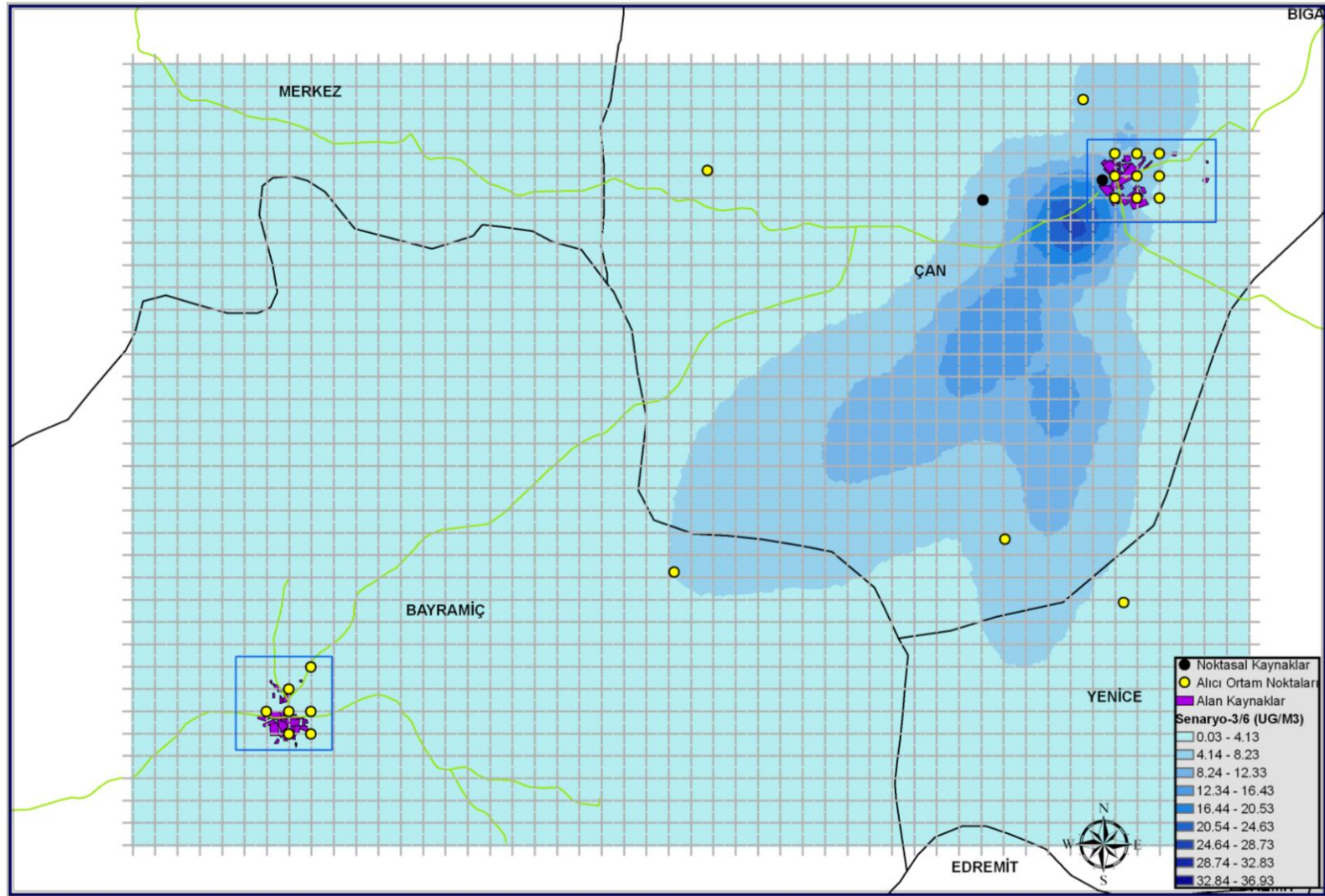
Şekil 5.21.Senaryo MS-3'e göre Aralık ayı SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.22. Senaryo MS-3'e göre Aralık ayı NO_2 dağılım grafiği



Şekil 5.23. Senaryo MS-3'e göre Haziran ayı SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.24.Senaryo MS-3'e göre Haziran ayı NO₂ dağılım grafiği

18 Mart Çan Termik Santrali ve Çanakkale Seramik tesisinin çalışır durumda olması koşullarına göre, kırsal alanlarda ve ilçe merkezlerinde belirlenen temsili alıcı noktalarda, 2010 yılı için aylık sonuçlar hesaplanmıştır.

HKDYY'de 2010 yılı için SO₂ parametresine yönelik belirlenmiş UVS değerine (150 µg/m³) göre MS-3 senaryosunde hesaplanan değerler değerlendirilmiştir. Senaryo MS-3 sonuçları incelendiğinde, kırsal alanları temsilen seçilen 5 noktada, Çan ilçe merkezini temsilen seçilen 9 noktada ve Bayramiç ilçe merkezini temsilen seçilen 7 noktanın hiçbirisinde, 2010 yılında SO₂ için verilen UVS sınırlarının aşılmadığı belirlenmiştir.

HKDYY'de 2010 yılında NO₂ parametresi için verilen UVS (84 µg/m³) sınırına göre MS-3 senaryosu sonuçları değerlendirildiğinde, aynı şekilde, belirlenmiş hiçbir alıcı ortam noktasında, verilen UVS sınırının aşılmadığı tespit edilmiştir.

5.6.4. Senaryo MS-4 için Modelin Uygulaması

Çanakkale Seramik tesisinin ve 18 Mart Çan Termik Santrali'nin aktif olması ve yerleşim yerlerinde HKKDY sınırlarının sağlanması için doğalgaz ve linyitin birlikte kullanılması senaryosu

18 Mart Çan Termik Santrali'nin ve Çanakkale Seramik tesisinin faaliyette olduğu, Çan ve Bayramiç'de, HKKDY 2010 yılı NO₂ ve SO₂ sınır değerlerinin sağlanması için gerekli yakıt değişim (linyitten doğalgaza geçiş) oranlarının belirlendiği durumda, çalışma alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımlarının 2010 yılı için aylık bazda belirlenmesine yönelik senaryo çalışılmıştır. Bu kapsamda, 18 Mart Çan Termik Santrali'nin ve Çanakkale Seramik tesisinin yıllık çalışma koşullarına bağlı olarak açığa çıkardığı SO₂ ve NO₂ miktarları hesaplanmıştır. Çan ve Bayramiç ilçelerinde, ısınma amaçlı linyit kullanımı (%15) ile birlikte kısmi olarak doğalgaz kullanımına (%85) ilişkin yakıt tüketimine geçildiği kabulüyle, emisyon faktörleri kullanılarak SO₂ ve NO₂ için toplam emisyon yükleri hesaplanmıştır. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.52'de verilmiştir.

Çizelge 5.52. MS-4 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar	SO₂ toplam katkısı (g/s)	NO₂ toplam katkısı (g/s)
Çan yerleşim alanları	9,70	1,82
Bayramiç yerleşim alanları	2,98	0,84
18 Mart Çan Termik Santrali	94,81	28,15
Çanakkale Seramik	2,78	256,944

Senaryo MS-4'e göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ katkı değerleri Çizelge 5.53'de verilmiştir. Aynı senaryoya göre, toplam NO₂ katkı değerleri Çizelge 5.54'de verilmiştir. Çalışma alanında Senaryo MS-4'e göre, kış aylarını temsilen Aralık ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.25'de, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.26'da verilmiştir. Aynı senaryo kapsamında, yaz aylarını temsilen Haziran ayında SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.27'de, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.28'de verilmiştir.

Çizelge 5.53. Senaryo MS-4'e göre hesaplanan aylık SO₂ (µg/m³) sonuçları

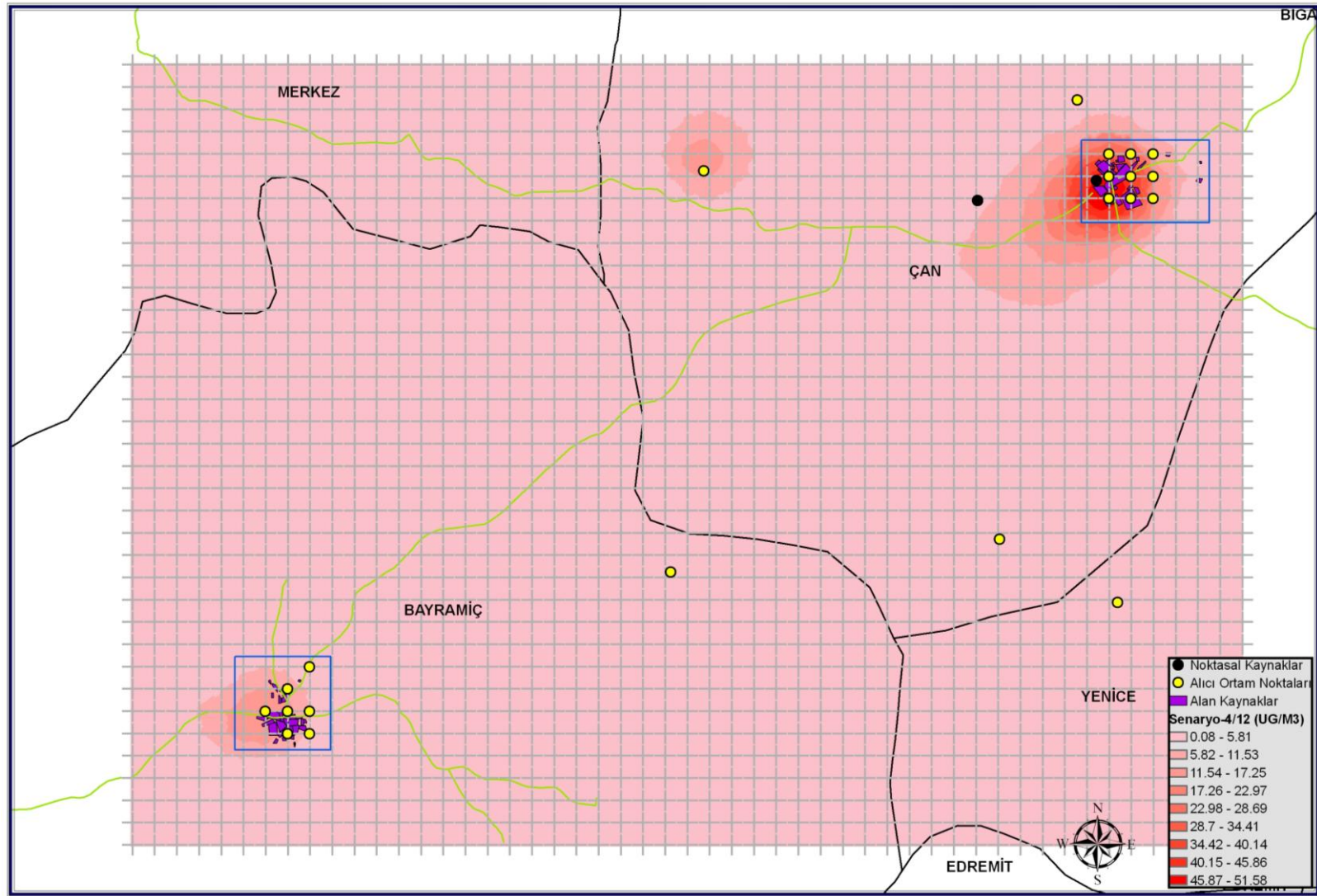
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	6,50	10,52	13,16	0,06	0,19	0,21	0,003	0,18	0,022	0,11	13,40	8,50
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	11,74	17,65	22,27	0,29	0,37	0,31	0,005	0,40	0,034	0,21	30,70	15,20
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	23,29	32,71	34,94	0,18	0,45	0,30	0,008	0,57	0,12	0,27	55,30	31,80
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	12,94	14,60	14,51	0,01	0,13	0,15	0,003	0,12	0,04	0,09	13,50	14,30
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	28,84	30,84	30,81	0,02	0,15	0,20	0,005	0,16	0,038	0,11	40,10	40,00
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	90,80	93,88	81,88	0,04	0,31	0,42	0,013	0,47	0,067	0,17	12,64	136,40
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	9,41	8,19	9,41	0,05	0,14	0,14	0,006	0,17	0,057	0,09	10,30	11,60
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	42,01	40,00	35,62	0,02	0,11	0,17	0,006	0,15	0,034	0,09	52,40	66,70
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	46,78	44,48	34,66	0,02	0,10	0,18	0,012	0,14	0,052	0,10	59,50	75,50
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	25,22	26,38	23,62	0,09	0,12	0,15	0,31	0,13	0,13	0,08	34,80	40,00
BM-2 (466.952, 4407.182)	10,78	11,46	12,44	0,09	0,13	0,16	0,32	0,13	0,14	0,08	14,60	16,10
BM-3 (467.952, 4407.182)	3,59	3,74	4,60	0,09	0,14	0,17	0,32	0,13	0,14	0,08	34,00	3,60
BM-4 (466.952, 4406.182)	5,57	4,64	5,62	0,08	0,13	0,16	0,31	0,11	0,14	0,08	7,30	10,30
BM-5 (467.952, 4406.182)	1,45	1,03	1,63	0,08	0,14	0,17	0,31	0,12	0,15	0,09	1,40	2,10
BM-6 (466.952, 4408.182)	10,17	10,94	11,59	0,10	0,13	0,16	0,32	0,14	0,14	0,08	15,70	14,70
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,92	1,31	1,42	0,11	0,14	0,18	0,34	0,16	0,15	0,09	2,50	1,50
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	3,28	4,32	6,52	0,0038	0,042	0,025	0,01	0,57	0,18	0,24	7,66	5,26
KA-2 (499.040, 4414.913)	4,82	5,02	4,27	0,0012	0,025	0,023	0,09	0,08	0,18	0,10	7,32	7,33
KA-3 (484.226, 4413.440)	0,62	0,63	0,55	0,0021	0,058	0,052	0,67	0,32	0,55	0,51	0,52	0,86
KA-4 (485.706, 4431.433)	7,14	7,35	4,20	0,0021	0,018	0,016	0,06	0,31	0,10	0,09	10,77	17,80
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,19	0,13	0,16	0,0007	0,013	0,009	0,02	0,14	0,10	0,06	0,29	0,35

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

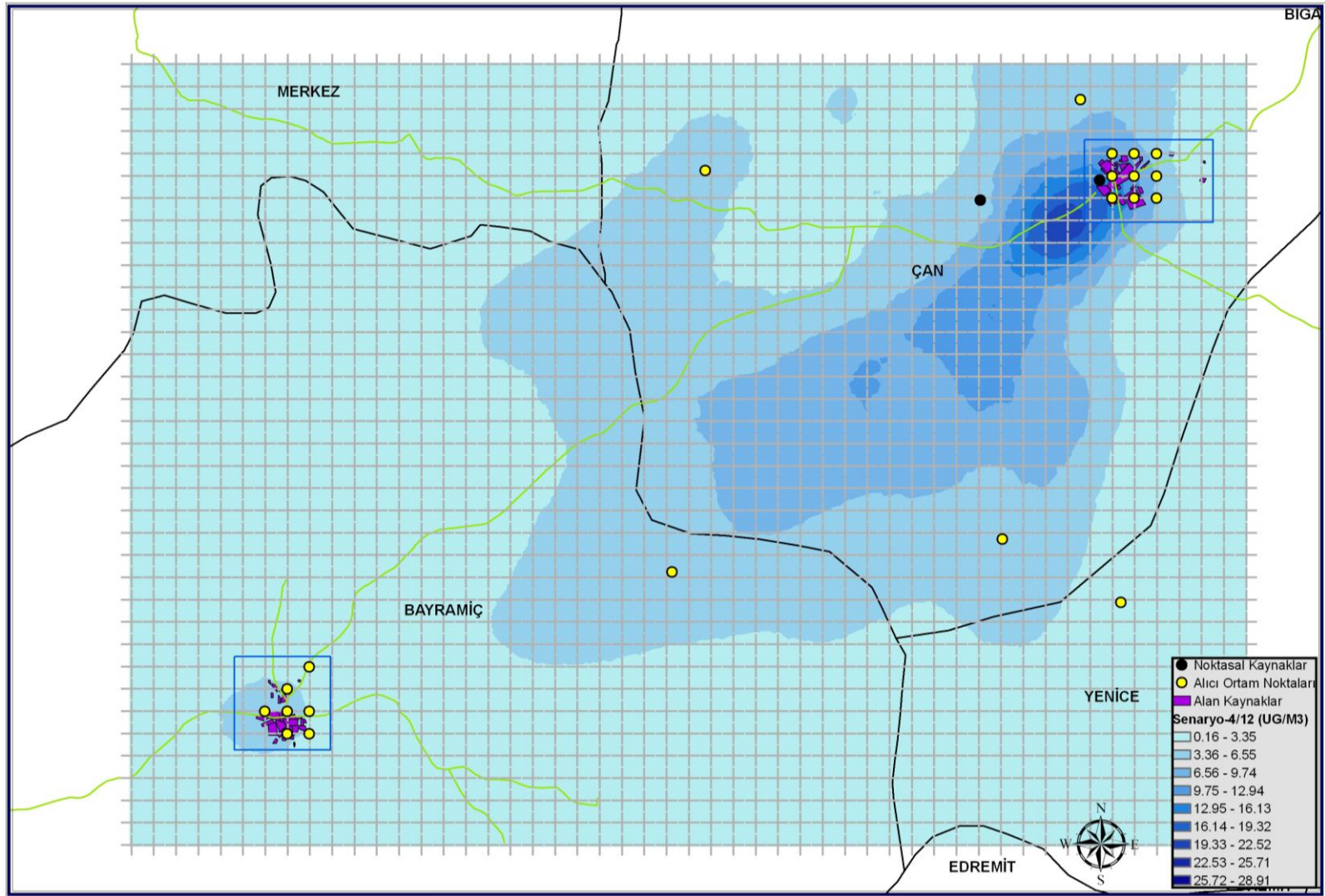
Çizelge 5.54. Senaryo MS-4'e göre hesaplanan aylık NO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	3,54	3,58	5,52	2,70	4,70	4,90	0,15	4,81	0,67	2,53	4,92	3,17
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	5,29	8,43	17,97	15,39	12,98	9,10	0,26	15,53	1,23	7,04	10,02	5,25
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	11,64	34,63	41,43	7,63	15,95	7,87	0,43	21,74	6,11	9,26	18,15	11,17
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	3,14	4,02	5,02	0,56	2,50	2,92	0,18	2,92	1,49	1,76	3,95	4,17
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	6,51	6,76	8,13	0,67	2,97	4,66	0,25	4,29	1,33	2,39	9,08	9,17
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	19,24	18,91	18,91	2,12	10,71	15,47	0,71	20,43	2,82	4,57	26,19	28,47
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	3,11	4,13	3,93	2,86	4,51	2,23	0,31	5,45	2,21	2,21	4,90	5,44
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	9,30	8,22	8,13	1,01	2,66	3,46	0,31	4,39	0,90	2,55	11,60	15,44
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	10,41	8,78	7,73	0,82	1,61	3,41	0,63	2,93	1,73	1,69	12,92	16,79
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	7,30	8,01	6,77	1,01	0,63	0,78	1,36	1,06	1,41	1,05	10,43	11,75
BM-2 (466.952, 4407.182)	3,45	4,04	3,80	1,07	0,71	0,87	1,59	1,13	1,55	1,16	5,15	5,48
BM-3 (467.952, 4407.182)	1,53	1,97	1,73	1,11	0,79	0,96	1,84	1,21	1,69	1,28	2,28	2,26
BM-4 (466.952, 4406.182)	2,00	2,12	1,95	1,02	0,76	0,90	1,82	1,15	1,62	1,20	3,26	3,99
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,09	1,17	0,09	1,09	0,86	1,02	2,10	1,27	1,78	1,34	1,81	1,94
BM-6 (466.952, 4408.182)	3,37	4,04	3,63	1,13	0,66	0,85	1,34	1,15	1,48	1,12	5,41	5,08
BM-7 (467.952, 4409.182)	1,05	1,72	1,02	1,32	0,72	0,96	1,32	1,35	1,61	1,24	2,00	1,70
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	5,86	5,80	16,67	6,47	5,37	6,48	0,68	17,32	8,02	5,11	15,56	11,63
KA-2 (499.040, 4414.913)	5,95	1,64	1,26	3,84	7,35	6,05	3,58	1,64	6,11	1,90	3,06	7,03
KA-3 (484.226, 4413.440)	1,92	2,26	1,41	2,26	4,01	4,20	7,94	4,25	4,16	5,24	3,55	5,14
KA-4 (485.706, 4431.433)	3,19	2,52	1,85	1,11	0,53	0,68	0,24	1,29	0,75	0,47	3,09	4,46
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,70	0,45	0,26	0,90	1,50	2,17	0,38	0,30	1,55	0,89	1,04	1,26

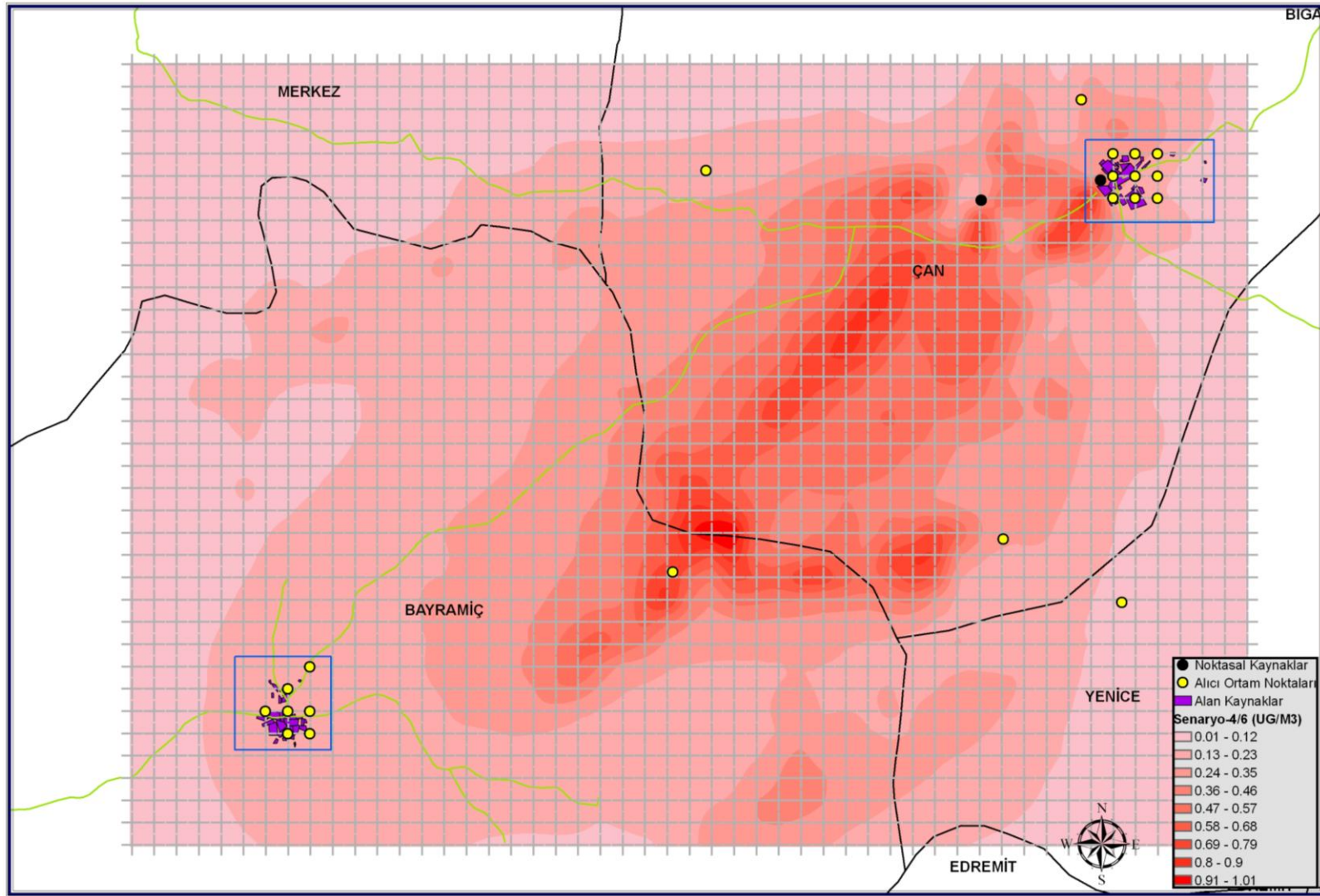
¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları



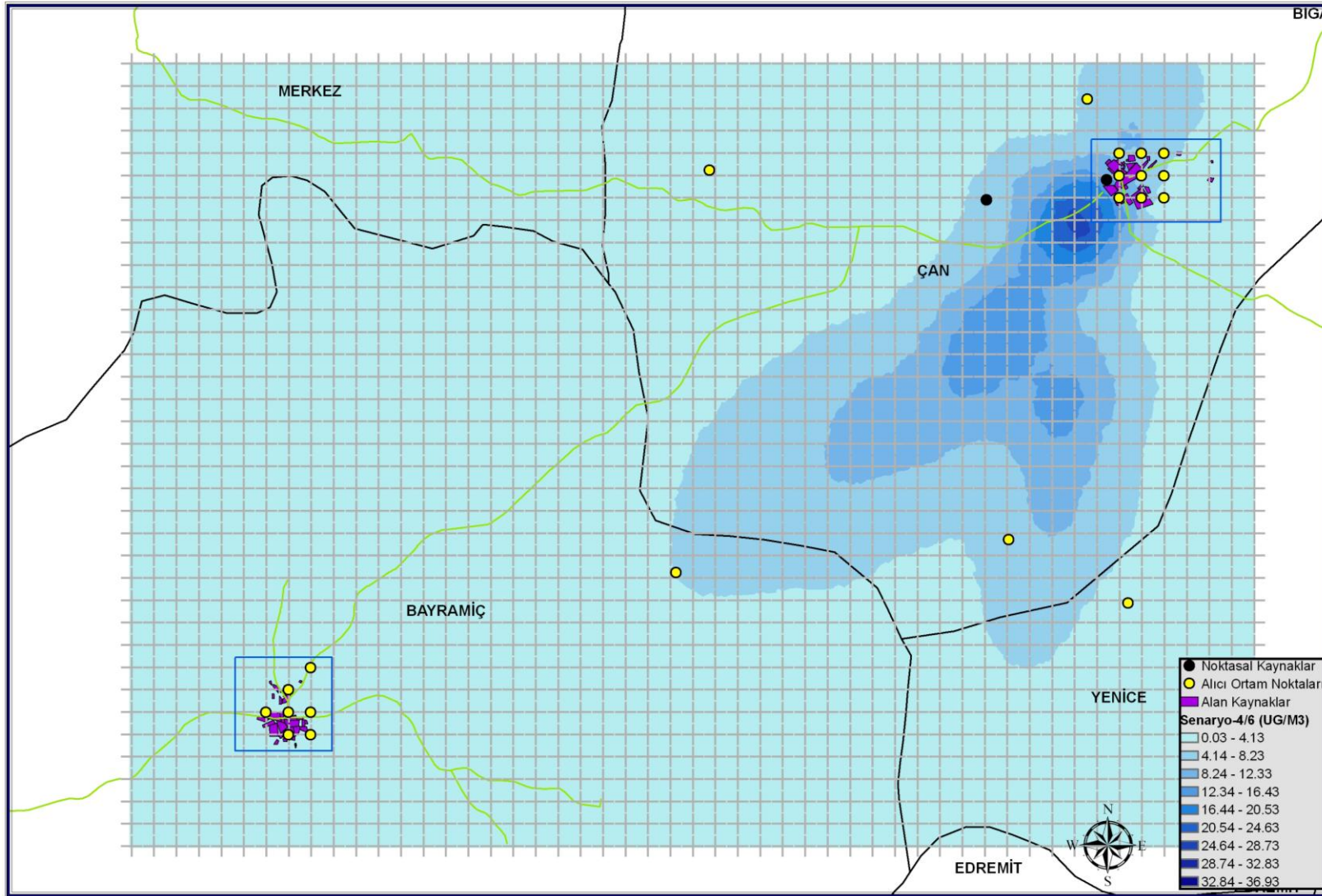
Şekil 5.25.Senaryo MS-4'e göre Aralık ayı SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.26. Senaryo MS-4'e göre Aralık ayı NO_2 dağılım grafiği



Şekil 5.27. Senaryo MS-4'e göre Haziran ayı SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.28.Senaryo MS-4'e göre Haziran ayı NO_2 dağılım grafiği

18 Mart Çan Termik Santrali'nin ve Çanakkale Seramik tesisinin faaliyette olduğu, Çan ve Bayramiç'de, HKDYY 2010 yılı NO₂ ve SO₂ UVS değerlerinin sağlanması için ısınma amaçlı linyit kullanımı (%15) ile birlikte, kısmi olarak doğalgaz kullanımına (%85) geçildiği kabulüyle, kırsal alanlarda ve ilçe merkezlerinde belirlenen temsili alıcı noktalarda, 2010 yılı için aylık sonuçlar hesaplanmıştır.

Senaryo MS-4 sonuçları incelendiğinde, kırsal alanları temsilen seçilen 5 noktada, Çan ilçe merkezini temsilen seçilen 9 noktada ve Bayramiç ilçe merkezini temsilen seçilen 7 noktanın tamamında hesaplanan sonuçların, HKDYY'de (2010) SO₂ ve NO₂ için verilen UVS değerlerini sağladığı ortaya koyulmuştur.

Mevcut durum senaryolarında elde edilen sonuçların değerlendirilmesiyle ortaya çıkan ihtiyaçlar ve doğalgaz dağıtım altyapısının genişletilmesine paralel olarak, kentsel gelişim sürecinde doğalgaz kullanım sistemlerine bağlı çeşitli senaryolar tanımlanmış ve uygulanmıştır.

HKDYY'de sınır değerlerin 2014 yılına kadar kademeli olarak azalacağı ve 2014'den sonra değişmeyeceği (AB sınır değerleriyle örtüşmesi amaçlandığından) belirtildiğinden gelecekteki planlamalar için 2014 yılı baz alınmıştır. Senaryoların modellenmesinde yerleşim yeri dışındaki kaynakların katkılarının aynı olduğu kabul edilmiştir. Yerleşim birimlerinde, 2010 nüfuslarının bireysel olarak doğalgaz kullandıkları, 2010 ile 2014 yılları arasında yerleşim birimlerindeki nüfus artışı (2014 nüfusundan 2010 nüfusu çıkarılarak elde edilen) için bireysel veya merkezi sistem üzerinden doğalgaz kullanım alternatifleri senaryolarda değerlendirilmiştir. Çan ve Bayramiç ilçeleri için, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından Türkiye genelinde 2000-2030 yılları için belirlenen nüfus artış hızı kullanılarak, 2014 yılı nüfus projeksiyonu yapılmıştır [UNDP, 2010]. Merkezi sistemde doğalgaz kullanımı durumunda, baca yüksekliğinin 50 m olması (15 katlı binalardan oluşan toplu konut bölgesi planlandığı kabul edilerek) ve Çan ve Bayramiç ilçelerinde iki ayrı alternatif yeni yerleşim yeri planlandığı (nazım imar planlarından) kabulüyle senaryolara göre model çalıştırılmıştır. Planlamalar için alternatif senaryolar uygulanması sonucunda, belirlenen alıcı ortam koordinatlarında

SO₂ ve NO₂ parametrelerinin zamana ve mekâna bağlı değişimleri model kullanılarak hesaplanmıştır.

Çan ve Bayramiç ilçe merkezlerinde, mevcut durumu irdelemek ve kaynakların mevcut durumunun katkılarını tespit için çalışılan senaryo sonuçlarından yola çıkılarak, geleceğe yönelik planlamalar yakıt olarak doğalgaz alternatifinin kullanılması temeli üzerine inşa edilmiştir. Yerleşim yerlerinde doğalgaz dağıtım altyapısının genişletilmesinin doğalgaz kullanımına geçişte etken olacağı, ayrıca nazım imar planlarında yeni yerleşimler için ayrılan alanlarda, alternatifli olarak bireysel kombi sistemi veya merkezi ısıtma sisteminin kullanılmasına bağlı senaryolar uygulanmış ve değerlendirilmiştir. Tüm planlama senaryolarında mevcut olan 18 Mart Çan Termik Santrali ve Çanakkale Seramik tesisinin kapasitelerini artırmadan çalıştığı ve yeni hiçbir nokta kaynağın çalışma alanına ilave edilmediği kabulü yapılmıştır. Senaryo sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan, HKDYY'de SO₂ ve NO₂ için 2014 yılı hedef UVS değerleri Çizelge 5.55'de verilmiştir.

Çizelge 5.55.SO₂ ve NO₂ için hedef (2014) sınır değerleri

Parametre	HKDYY 2014 UVS Değeri (µg/m ³)
SO ₂	60
NO ₂	60

5.6.5. Senaryo PS-1 için Modelin Uygulaması

Mevcut ve yeni yerleşim birimlerinde bireysel doğalgaz kullanılması senaryosu

Çan ve Bayramiç ilçelerinin her ikisinde de 2010 ve 2014 nüfuslarının tamamının, ilçelerde öngörülen yeni yerleşim alanlarını (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) da kapsayacak şekilde ve bireysel olarak doğalgaz kullanması durumunda, çalışma alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımları yıllık bazda belirlenmiştir. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.56'da verilmiştir.

Çizelge 5.56. PS-1 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar		SO₂ (g/s)	NO₂ (g/s)
18 Mart Çan Termik Santrali		94,81	28,15
Çanakkale Seramik		2,78	256,94
Çan (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,02	1,30
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Çan (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,001	0,08
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Bayramiç (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,007	0,60
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Bayramiç (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,001	0,04
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok

Senaryo PS-1'e göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ katkı değerleri Çizelge 5.57'de verilmiştir. Aynı senaryoya göre, toplam NO₂ katkı değerleri Çizelge 5.58'de verilmiştir.

Çizelge 5.57. Senaryo PS-1'e göre SO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	SO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	0,10
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	0,11
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	0,11
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	0,07
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	0,08
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	0,09
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	0,07
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	0,08
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	0,08
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,10
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,13
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,16
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,12
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,15
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,13
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,19
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	0,38
KA-2 (499.040, 4414.913)	0,14
KA-3 (484.226, 4413.440)	0,36
KA-4 (485.706, 4431.433)	0,19
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,09

¹. Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

². Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³. Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çizelge 5.58. Senaryo PS-1'e göre NO₂ (µg/m³) sonuçları

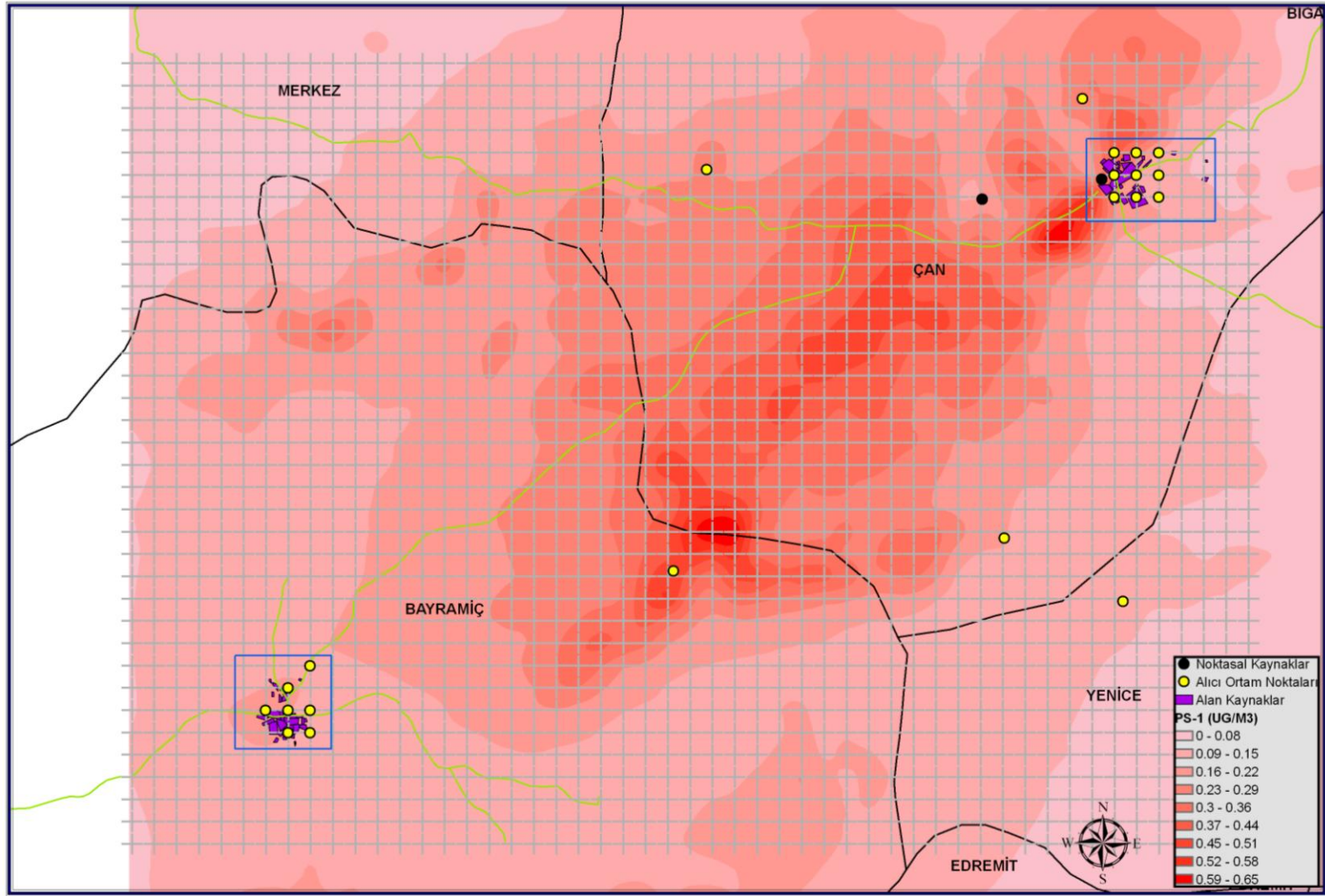
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	NO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	1,36
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	1,53
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	1,96
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	1,28
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	1,43
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	1,77
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	1,18
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	1,34
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	1,64
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,52
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,54
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,56
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,49
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,51
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,59
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,67
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	9,61
KA-2 (499.040, 4414.913)	4,12
KA-3 (484.226, 4413.440)	4,04
KA-4 (485.706, 4431.433)	1,86
KA-5 (504.350, 4412.072)	1,05

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

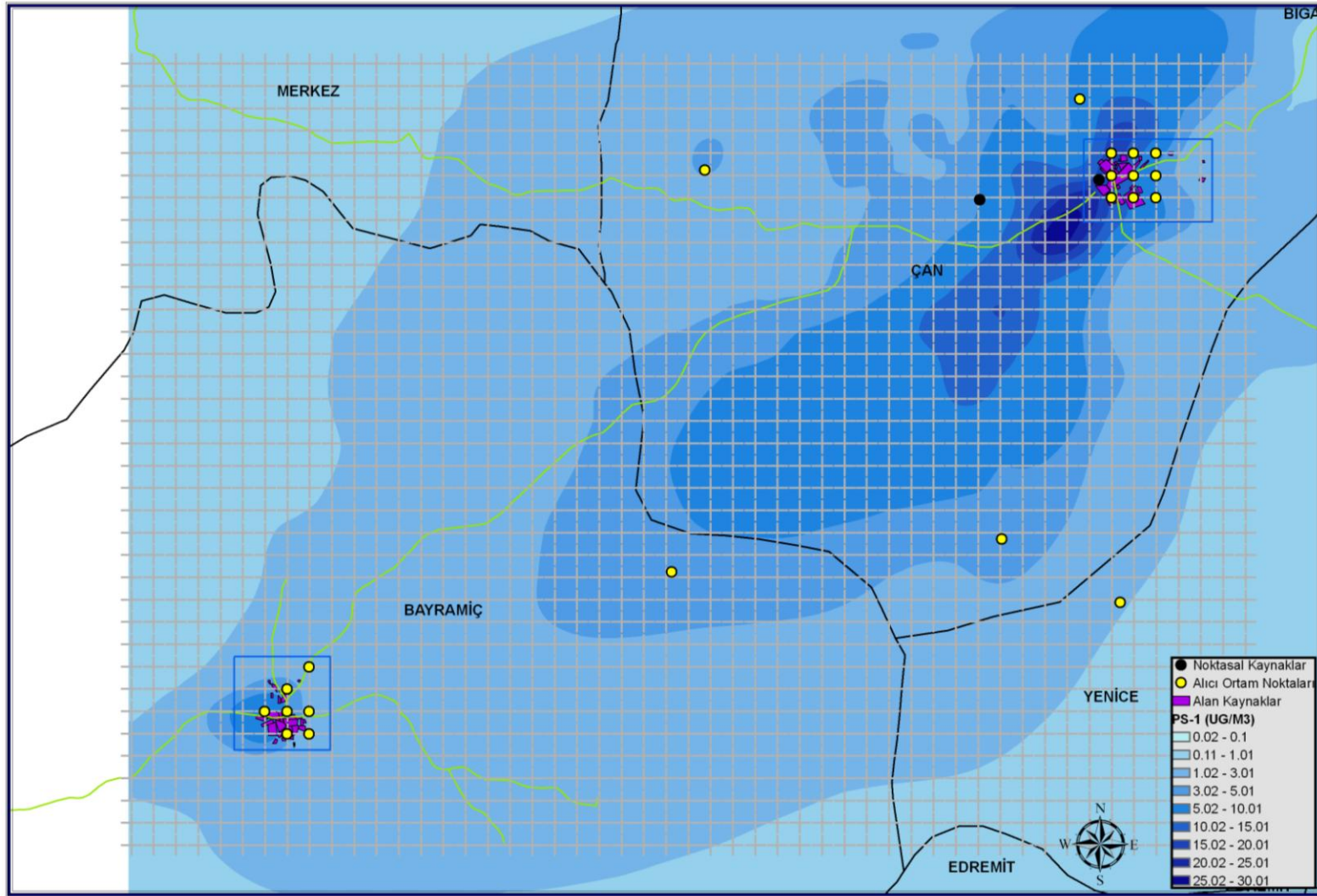
²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çalışma alanında Senaryo PS-1'e göre oluşan SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.29'da, aynı senaryo kapsamında, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.30'da verilmiştir.



Şekil 5.29. Senaryo PS-1'e göre oluşan SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.30. Senaryo PS-1'e göre oluşan NO₂ dağılım grafiği

Çan ve Bayramiç ilçelerinde hem mevcut 2010 nüfuslarının hem de 2014 yılında hesaplanan nüfus artışı ile eklenecek nüfuslarının tamamının bireysel olarak doğalgaz kullanmaları durumunda, belirlenen alıcı ortamlarda NO₂ ve SO₂ sonuçları hesaplanmıştır.

Planlamalar için ilk alternatif olan Senaryo PS-1 sonuçlarına göre, Çan ilçe merkezini temsilen seçilen 9 alıcı ortam noktasında, Bayramiç ilçe merkezini temsilen seçilen 7 ve kırsal alanları temsilen seçilen 5 alıcı ortam noktasının tamamında, HKDYY’de 2014 yılında SO₂ ve NO₂ için verilen UVS sınırlarının sağlandığı belirlenmiştir.

5.6.6. Senaryo PS-2 için Modelin Uygulaması

Mevcut yerleşimlerde bireysel doğalgaz ve yeni yerleşim yerleri için merkezi sistemde doğalgaz kullanılması senaryosu

Çan ve Bayramiç ilçelerinin her ikisinde de, 2010 nüfuslarının bireysel olarak doğalgaz kullanması, 2014 ile 2010 yılları arasındaki nüfus artışının tamamının, ilçelerde öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve merkezi sistemde doğalgaz kullanması durumunda, çalışma alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımlarının yıllık bazda belirlenmesi üzerine modelleme yapılmıştır. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.59’da verilmiştir.

Çizelge 5.59. PS-2 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar		SO ₂ (g/s)	NO ₂ (g/s)
18 Mart Çan Termik Santrali		94,81	28,15
Çanakkale Seramik		2,78	256,94
Çan mevcut yerleşim (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,02	1,30
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Çan yeni yerleşim (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	Yok	Yok
	merkezi sistem doğalgaz	0,0009	0,084
Bayramiç mevcut yerleşim (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,007	0,600
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Bayramiç yeni yerleşim (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	Yok	Yok
	merkezi sistem doğalgaz	0,001	0,039

Senaryo PS-2'ye göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ değerleri Çizelge 5.60'da verilmiştir. Aynı senaryoya göre hesaplanan, toplam NO₂ değerleri ise Çizelge 5.61'de verilmiştir.

Çizelge 5.60. Senaryo PS-2'ye göre SO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	SO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	0,11
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	0,11
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	0,11
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	0,08
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	0,08
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	0,09
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	0,07
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	0,08
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	0,08
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,10
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,13
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,16
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,12
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,15
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,13
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,18
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	0,38
KA-2 (499.040, 4414.913)	0,15
KA-3 (484.226, 4413.440)	0,36
KA-4 (485.706, 4431.433)	0,19
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,09

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çizelge 5.61. Senaryo PS-2'ye göre NO₂ (µg/m³) sonuçları

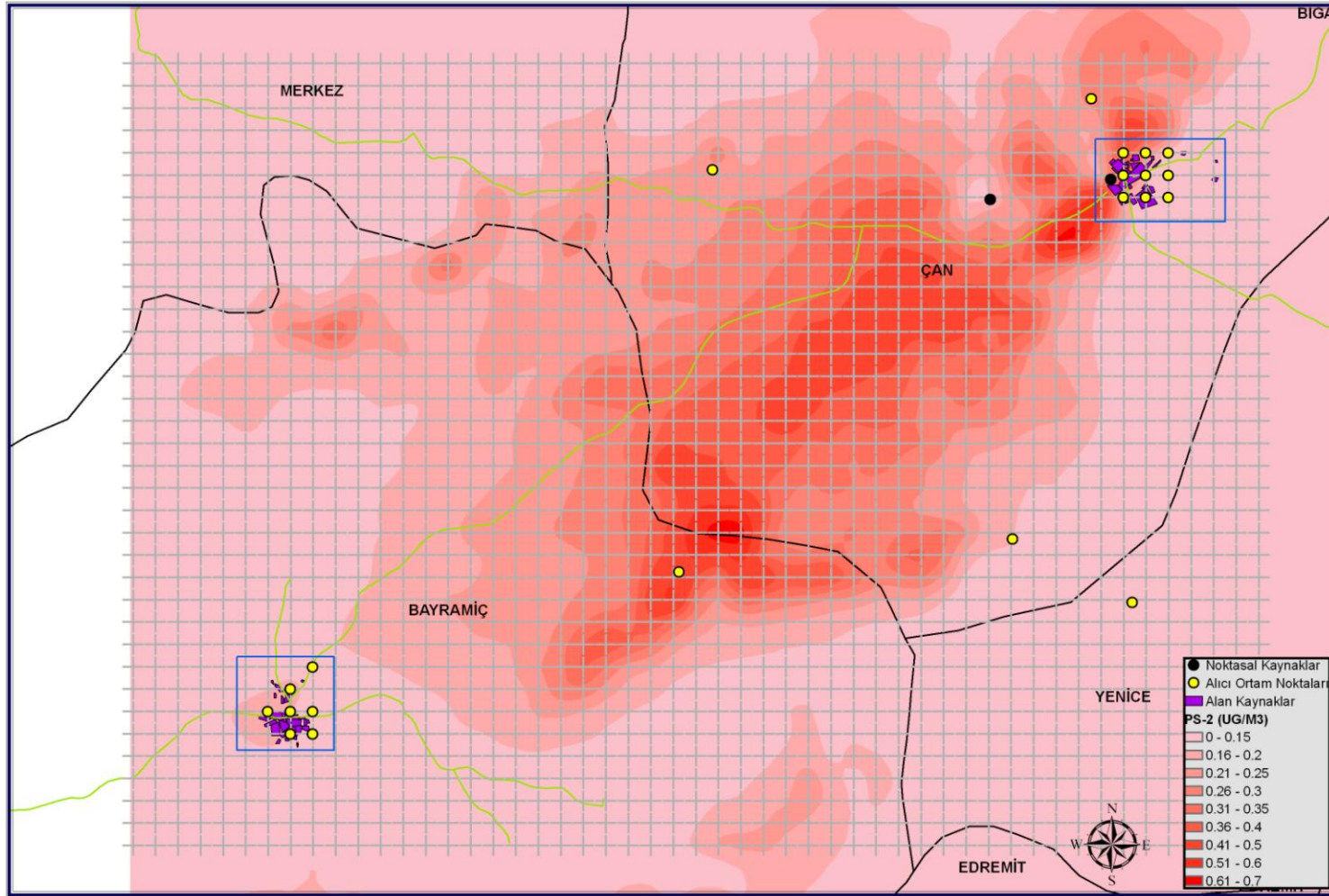
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	NO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	1,35
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	1,53
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	1,95
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	1,27
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	1,43
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	1,76
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	1,18
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	1,33
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	1,63
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,52
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,54
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,56
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,49
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,51
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,59
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,67
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	9,59
KA-2 (499.040, 4414.913)	4,12
KA-3 (484.226, 4413.440)	4,03
KA-4 (485.706, 4431.433)	1,86
KA-5 (504.350, 4412.072)	1,05

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

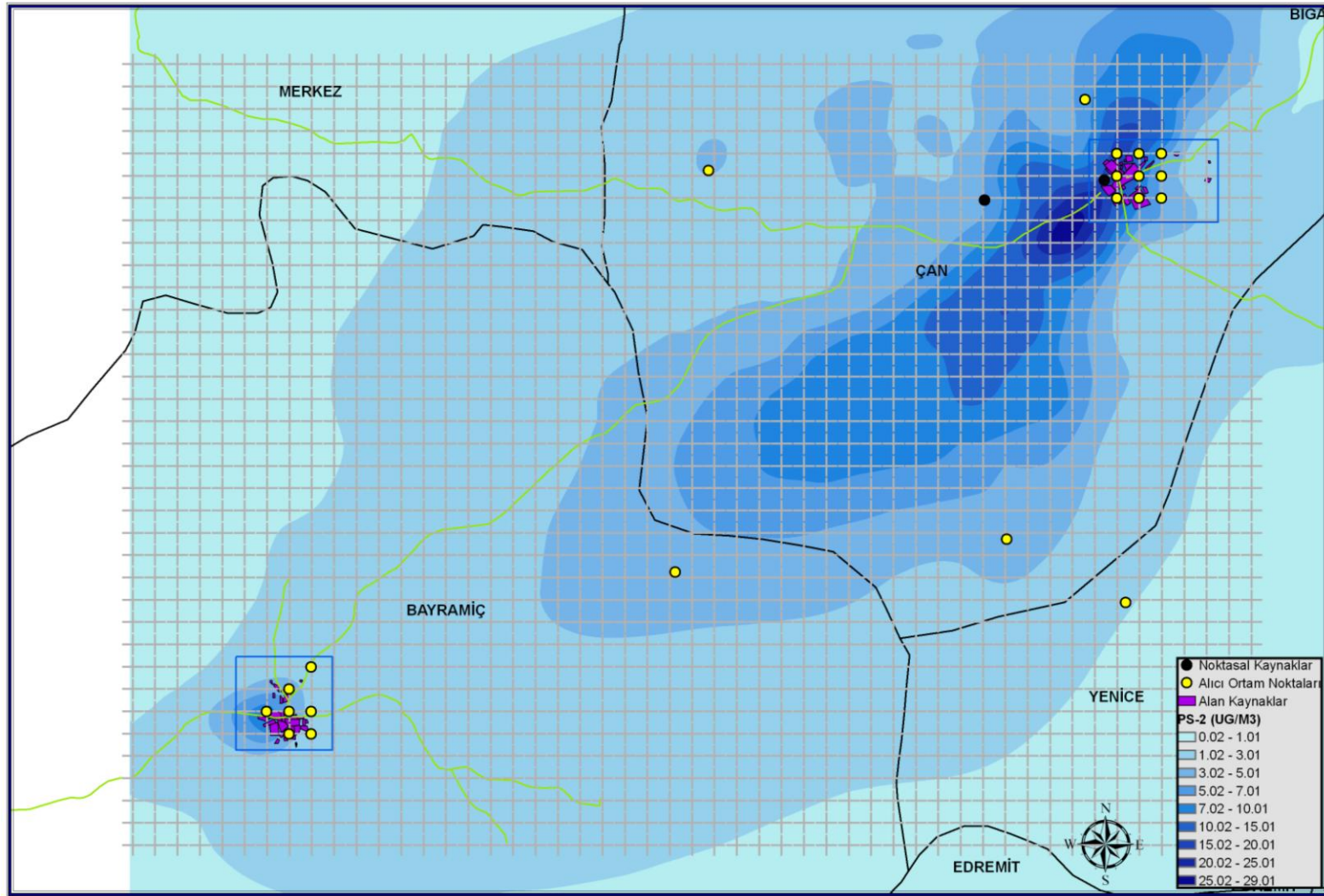
²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çalışma alanında Senaryo PS-2'ye göre oluşan SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.31'de, aynı senaryo kapsamında, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.32'de verilmiştir.



Şekil 5.31. Senaryo PS-2'ye göre oluşan SO_2 dağılım grafiği



Şekil 5.32. Senaryo PS-2'ye göre oluşan NO_2 dağılım grafiği

Mevcut yerleşim yerlerinde 2010 nüfuslarıyla hâlihazırda bireysel olarak doğalgaz kullanıldığı, 2014 ile 2010 arasındaki artış nüfuslarının tamamının, ilçelerde öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve merkezi sistem üzerinden doğalgaz kullandığı şartlarda, model alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımları yıllık bazda hesaplanmıştır.

HKDYY’de 2014 yılında NO₂ ve SO₂ parametreleri için hedeflenen sınır değerlere göre PS-2 senaryosu sonuçları değerlendirildiğinde, belirlenmiş hiçbir alıcı ortam noktasında, ilgili sınırların aşılmadığı tespit edilmiştir.

5.6.7. Senaryo PS-3 için Modelin Uygulaması

Mevcut yerleşimlerde, Çan’da yeni yerleşim yerlerinde bireysel doğalgaz ve Bayramiç’de yeni yerleşim yerlerinde merkezi doğalgaz kullanılması senaryosu

Her iki ilçede de 2010 nüfuslarının mevcut alanlarda bireysel olarak doğalgaz kullanması, Çan ilçesinde, 2014 ile 2010 yılları arasındaki nüfus artışının öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve bireysel olarak doğalgaz kullanması, Bayramiç ilçesinde, 2014 ile 2010 yılları arasındaki nüfus artışının öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve merkezi sistemde doğalgaz kullanması durumunda, model alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımlarının yıllık bazda belirlenmesi senaryosudur. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.62’de verilmiştir.

Çizelge 5.62. PS-3 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar		SO ₂ (g/s)	NO ₂ (g/s)
18 Mart Çan Termik Santrali		94,81	28,15
Çanakkale Seramik		2,78	256,94
Çan mevcut yerleşim (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,014	1,30
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Çan yeni yerleşim (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,001	0,082
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Bayramiç mevcut yerleşim (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,006	0,562
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Bayramiç yeni yerleşim (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	Yok	Yok
	merkezi sistem doğalgaz	0,0042	0,039

Senaryo PS-3'e göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ değerleri Çizelge 5.63'de verilmiştir. Aynı senaryoya göre hesaplanan, toplam NO₂ değerleri Çizelge 5.64'de verilmiştir.

Çizelge 5.63. Senaryo PS-3'e göre SO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	SO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	0,11
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	0,11
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	0,11
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	0,08
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	0,08
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	0,09
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	0,07
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	0,08
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	0,08
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,10
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,13
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,16
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,12
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,15
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,13
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,19
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	0,38
KA-2 (499.040, 4414.913)	0,14
KA-3 (484.226, 4413.440)	0,36
KA-4 (485.706, 4431.433)	0,19
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,09

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çizelge 5.64. Senaryo PS-3'e göre NO₂ (µg/m³) sonuçları

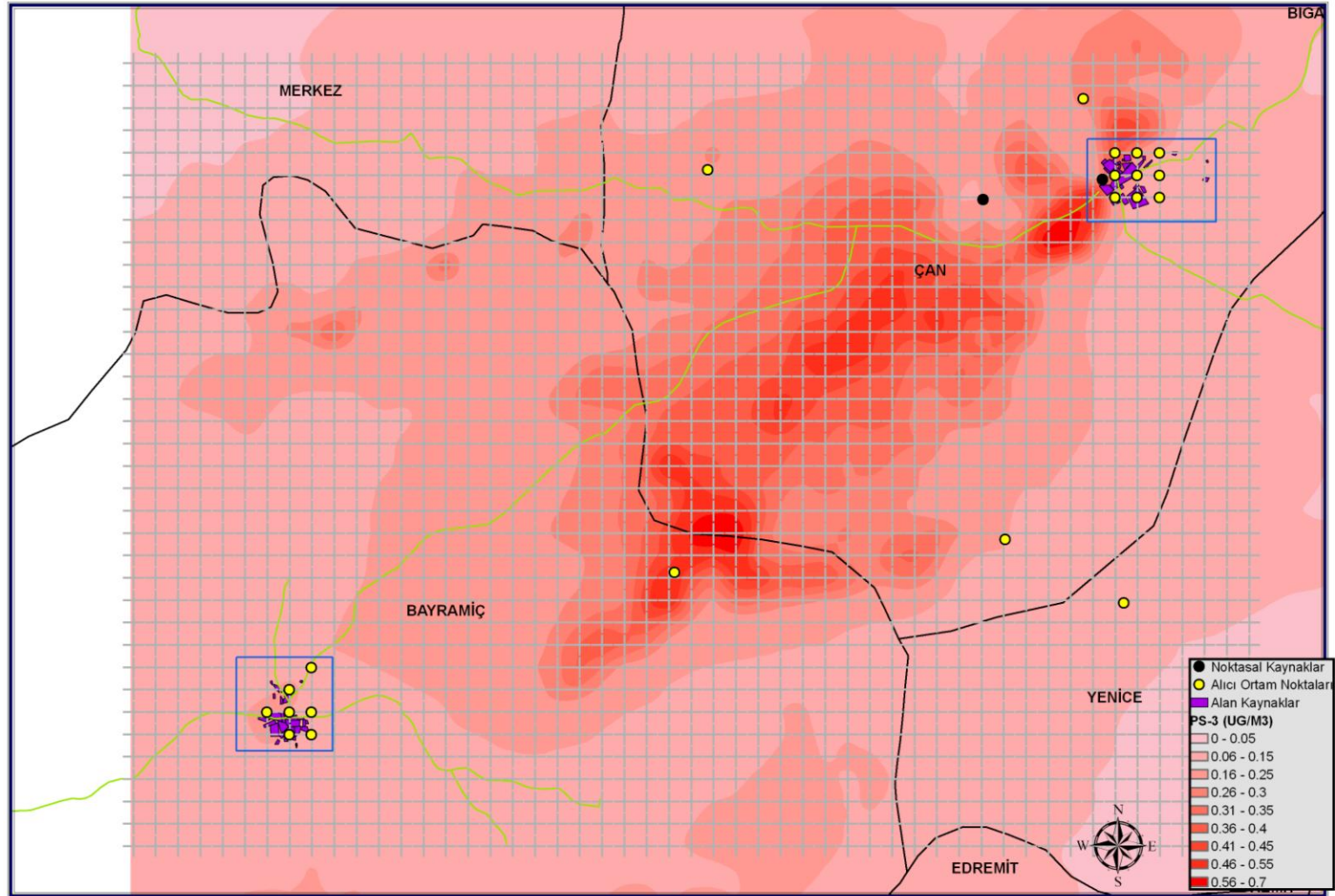
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	NO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	1,36
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	1,53
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	1,96
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	1,28
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	1,43
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	1,77
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	1,18
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	1,34
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	1,64
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,52
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,54
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,56
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,49
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,51
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,59
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,67
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	9,61
KA-2 (499.040, 4414.913)	4,12
KA-3 (484.226, 4413.440)	4,04
KA-4 (485.706, 4431.433)	1,86
KA-5 (504.350, 4412.072)	1,05

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

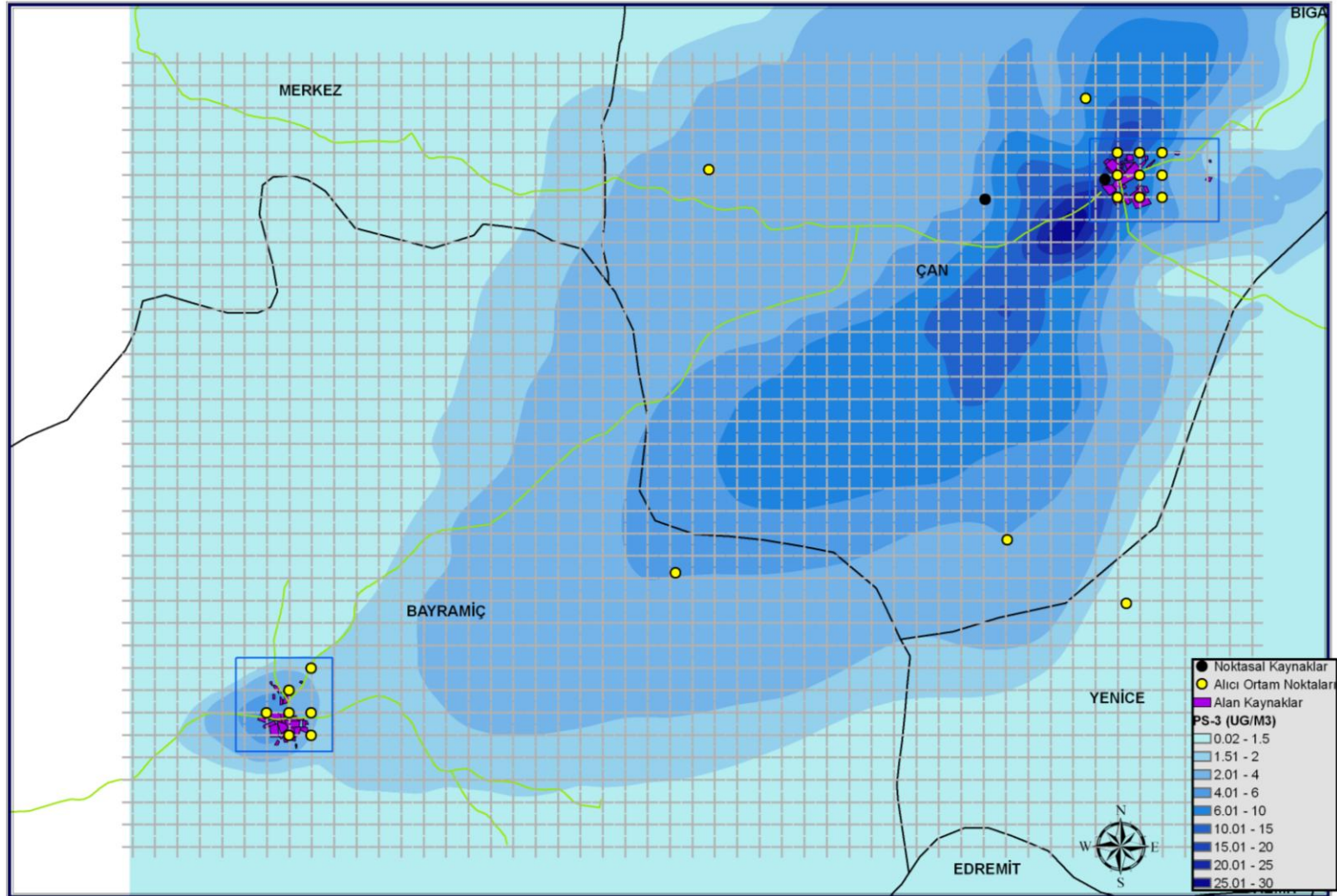
²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çalışma alanında Senaryo PS-3'e göre oluşan SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.33'de, aynı senaryo kapsamında, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.34'de verilmiştir.



Şekil 5.33. Senaryo PS-3'e göre oluşan SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.34. Senaryo PS-3'e göre oluşan NO_2 dağılım grafiği

Planlamalar kapsamında kurgulanan alternatif senaryoların üçüncüsünde, her iki ilçede de 2010 nüfuslarının mevcut alanlarda bireysel olarak doğalgaz kullanması, Çan ilçesinde, 2014 ile 2010 arasındaki artış nüfusunun öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve bireysel olarak doğalgaz kullanması, Bayramiç ilçesinde, 2014 ile 2010 arasındaki artış nüfusunun öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve merkezi sistem üzerinden doğalgaz kullanması durumunda, alıcı ortam koordinatlarında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımları yıllık bazda hesaplanmıştır.

Senaryo PS-3 sonuçları, HKDYY'deki NO₂ ve SO₂ için hedef sınır değerlere göre değerlendirildiğinde, Çan ilçe merkezini temsilen seçilen 9 noktada, Bayramiç ilçe merkezini temsilen seçilen 7 noktada, kırsal alanları temsilen seçilen 5 noktanın tamamında, önceki planlama senaryolarıyla aynı şekilde hedef sınırların sağlandığı belirlenmiştir.

5.6.8. Senaryo PS-4 için Modelin Uygulaması

Mevcut yerleşimlerde ve Bayramiç 'de yeni yerleşim yerlerinde bireysel doğalgaz ve Çan 'da yeni yerleşim yerlerinde merkezi sistemde doğalgaz kullanılması senaryosu

Senaryo PS-4 kapsamında, her iki ilçede de 2010 nüfuslarının mevcut alanlarda bireysel olarak doğalgaz kullanması, Bayramiç ilçesinde, 2014 ile 2010 arasındaki artış nüfusunun öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve bireysel olarak doğalgaz kullanması, Çan ilçesinde, 2014 ile 2010 arasındaki artış nüfusunun öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve merkezi sistemde doğalgaz kullanması durumunda, çalışma alanında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ dağılımlarının yıllık bazda belirlenmesi amaçlanmıştır. Model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri Çizelge 5.65'de verilmiştir.

Çizelge 5.65. PS-4 model girdi dosyasında kullanılan senaryo bilgileri

Kaynaklar		SO ₂ (g/s)	NO ₂ (g/s)
18 Mart Çan Termik Santrali		94,81	28,15
Çanakkale Seramik		2,78	256,94
Çan mevcut yerleşim (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,013	1,216
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Çan yeni yerleşim (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	Yok	Yok
	merkezi sistem doğalgaz	0,0009	0,084
Bayramiç mevcut yerleşim (2010 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,006	0,562
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok
Bayramiç yeni yerleşim (2014 nüfus)	bireysel doğalgaz	0,0042	0,039
	merkezi sistem doğalgaz	Yok	Yok

Senaryo PS-4'e göre alıcı ortam koordinatlarında hesaplanan toplam SO₂ katkı değerleri Çizelge 5.66'da verilmiştir. Aynı senaryoya göre, toplam NO₂ katkı değerleri Çizelge 5.67'de verilmiştir.

Çizelge 5.66. Senaryo PS-4'e göre SO₂ (µg/m³) sonuçları

Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	SO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	0,11
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	0,11
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	0,11
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	0,08
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	0,08
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	0,09
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	0,07
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	0,08
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	0,08
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,10
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,13
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,16
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,12
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,15
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,13
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,18
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	0,38
KA-2 (499.040, 4414.913)	0,14
KA-3 (484.226, 4413.440)	0,36
KA-4 (485.706, 4431.433)	0,19
KA-5 (504.350, 4412.072)	0,09

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çizelge 5.67. Senaryo PS-4'e göre NO₂ (µg/m³) sonuçları

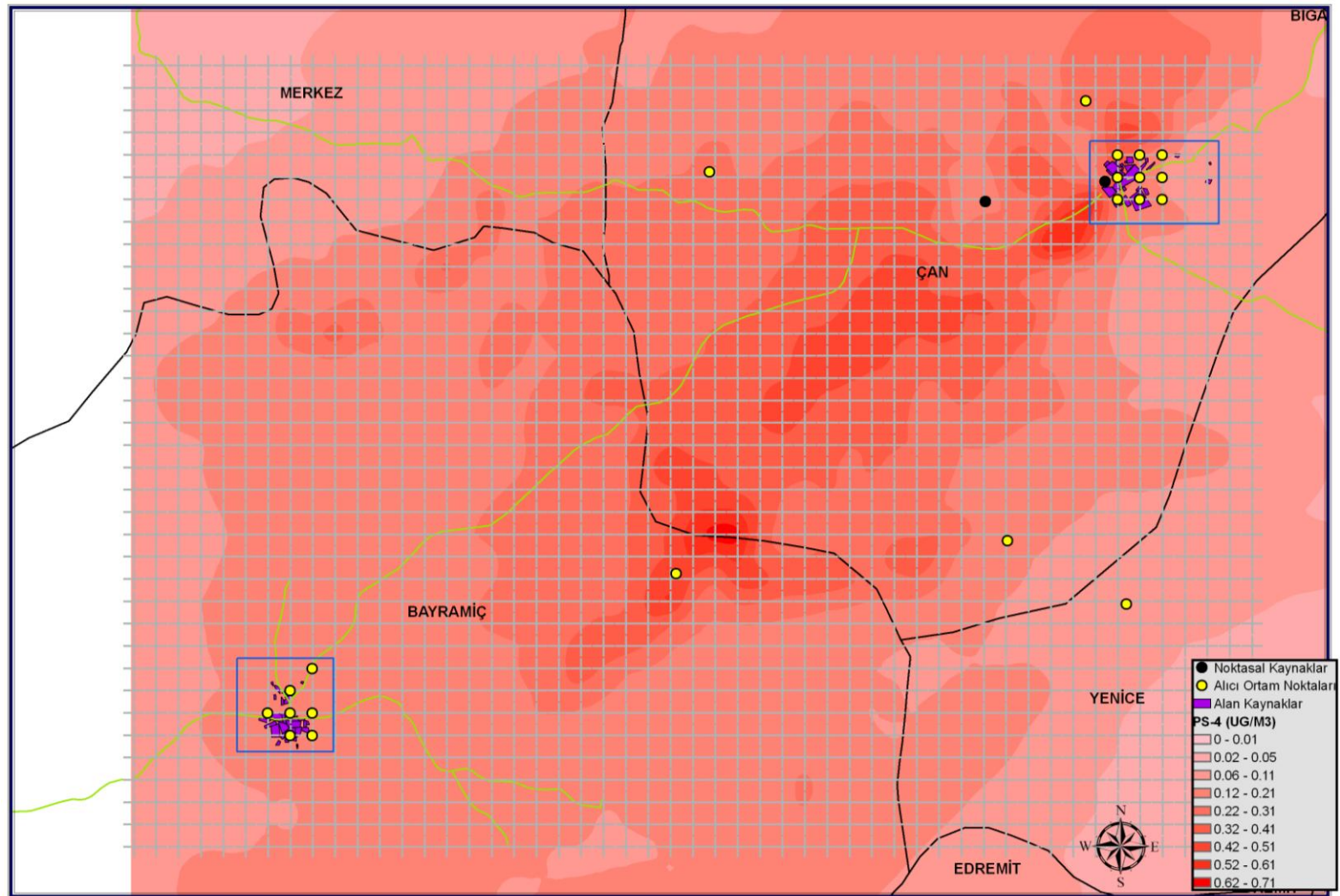
Alıcı ortam (UTM) koordinatları [x(km), y(km)]	NO ₂ (µg/m ³)
ÇM ¹ -1 (505.952, 4432.182)	1,35
ÇM-2 (504.952, 4432.182)	1,52
ÇM-3 (503.952, 4432.182)	1,95
ÇM-4 (505.952, 4431.182)	1,27
ÇM-5 (504.952, 4431.182)	1,43
ÇM-6 (503.952, 4431.182)	1,76
ÇM-7 (505.952, 4430.182)	1,18
ÇM-8 (504.952, 4430.182)	1,33
ÇM-9 (503.952, 4430.182)	1,63
BM ² -1 (465.952, 4407.182)	0,52
BM-2 (466.952, 4407.182)	0,54
BM-3 (467.952, 4407.182)	0,56
BM-4 (466.952, 4406.182)	0,49
BM-5 (467.952, 4406.182)	0,51
BM-6 (466.952, 4408.182)	0,59
BM-7 (467.952, 4409.182)	0,67
KA ³ -1 (502.537, 4434.614)	9,58
KA-2 (499.040, 4414.913)	4,12
KA-3 (484.226, 4413.440)	4,03
KA-4 (485.706, 4431.433)	1,85
KA-5 (504.350, 4412.072)	1,05

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

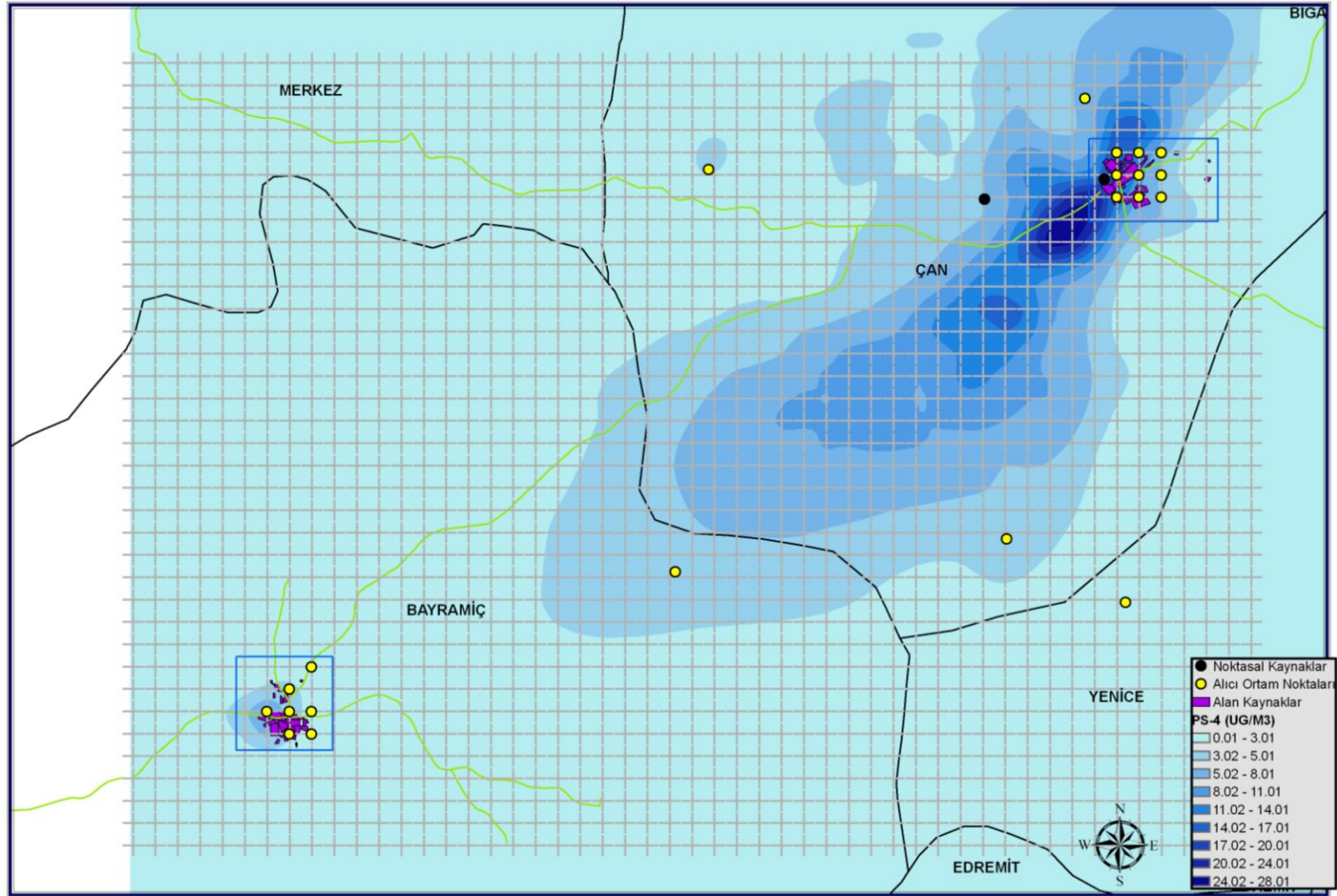
²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,

³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

Çalışma alanında Senaryo PS-4'e göre oluşan SO₂ dağılımı sonuçlarının grafiği Şekil 5.35'de, aynı senaryo kapsamında, NO₂ sonuçlarının dağılım grafiği Şekil 5.36'da verilmiştir.



Şekil 5.35. Senaryo PS-4'e göre oluşan SO₂ dağılım grafiği



Şekil 5.36. Senaryo PS-4'e göre oluşan NO_2 dağılım grafiği

Sonuncu alternatif senaryo olan Senaryo PS-4 kapsamında, Çan ve Bayramiç ilçelerinin herikisinin de 2010 nüfuslarının mevcut yerleşim alanlarında bireysel olarak doğalgaz kullanması durumu ve Bayramiç ilçesinde, 2014 ile 2010 arasındaki artış nüfusunun öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve bireysel olarak doğalgaz kullanması durumu ile Çan ilçesinde, 2014 ile 2010 arasındaki artış nüfusunun öngörülen yeni yerleşim alanlarında (iki ayrı alan için eşit dağılımlarla) ve merkezi sistem üzerinden doğalgaz kullanması durumunda, alıcı ortam noktalarında oluşan toplam NO₂ ve SO₂ miktarlarının yıllık bazda belirlenmesine yönelik model çalıştırılmıştır.

Planlamalarda Senaryo PS-4 sonuçlarına göre, belirlenen alıcı ortam noktalarının tamamında, HKDYY'de 2014 yılında SO₂ ve NO₂ için verilen UVS sınırlarının sağlandığı tespit edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hava kalitesi yönetiminin amacı, insan sağlığına ve çevreye tehdit unsuru olan hava kirletici konsantrasyonlarının, nihai olarak, hava kalitesi standartlarının altında kalmasını sağlamaktır. Bununla birlikte hâlihazırda standartların aşıldığı alanlarda da konsantrasyonları düşürmek için uygulama planları oluşturmak hava kalitesi yönetiminin diğer önemli bir amacını oluşturmaktadır. Gelişmekte olan hava kalitesi yönetimi stratejileri, uygun hava kalitesi izleme ağıları, emisyon envanterleri, model kullanımı, sağlık ve çevre standartları ve ekonomik kirlilik kontrol politikaları ve tedbirleri ile yasal düzenlemelerin desteğine dayanır.

Tez çalışmasında oluşturulan senaryolara göre, Çan-Bayramiç kırsal alanı için SO₂ ve NO₂ kirleticilerinin mevcut ve gelecekteki hava kalitesi standartlarının altında kalmasını sağlamak üzere çözümler belirlenmiştir. Ayrıca, kırsal alanlarda endüstriyel ve kentsel yerleşim yeri planlamalarında model-senaryo yaklaşımının kullanılmasında, gelecekte teknolojik gelişmelere bağlı olarak yapılması tavsiye edilen çalışmalar öneriler bölümünde ifade edilmiştir.

Mevcut durumda, kirleticilerin etkileri incelendiğinde, SO₂ parametresi için; 18 Mart Çan Termik Santrali 94,81 g/s (%56), Çan yerleşim alanları 51,08 g/s (%31), Bayramiç yerleşim alanları 19,83 g/s (%12) ve Çanakkale Seramik tesisi 2,78 g/s (%1) katkıları ile sıralanmaktadır. Aynı yaklaşımla NO₂ parametresine girdi katkısı incelendiğinde, Çanakkale Seramik tesisi 256,94 g/s (%88), 18 Mart Çan Termik Santrali 28,15 g/s (%9), Çan yerleşim alanları 4,39 g/s (%2) ve Bayramiç yerleşim alanları 2,42 g/s (%1) sıralanmaktadır. Ancak, etkileri irdelendiğinde ise, özellikle Senaryo MS-3 sonuçlarına göre, sadece iki büyük sanayi tesisinin aktif olması durumunda hiçbir alıcı noktada ve zaman diliminde sınır değerlerin aşılmadığı, buna karşılık yerleşim yerlerinden açığa çıkan emisyonlar hesaba katıldığında ilçe merkezlerinde sınır değerlerin aşıldığı ortaya çıkmıştır. Burada, iki ayrı sonuca ulaşmak mümkündür. Birincisi, kaynakların etki sıralaması, alıcı ortam etki sıralamasına paralel değildir. İkincisi ve daha önemlisi, yerleşim yerlerindeki hava kalitesinin iyileştirilmesi için kontrol edilmesi gereken esas kirletici kaynağın alan

kaynaklar (evsel ısınma) olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Mevcut durum senaryo çıktıları incelendiğinde, Çan ilçe merkezinde kış aylarında, artan kömür tüketimine paralel olarak, kirletici konsantrasyonlarında özellikle SO₂ değerlerinde sınırların üzerine çıkılmaktadır. Bu sebeple, Çan'da kısmi olarak kullanımına başlanan doğalgazın yaygınlaştırılması hava kalitesinin iyileştirilmesinde fayda sağlayacaktır.

Sınır değerlerin asgari sağlandığı mevcut durum senaryolarından sadece Senaryo MS-4'e göre her iki kirletici için tüm alıcı ortam noktalarında taşıma kapasitesi hesaplanmıştır. Araştırma kapsamında değerlendirilen kirleticiler (NO₂ ve SO₂) açısından çalışma alanında temsili alıcı ortam noktaları için doygunluk, ilgili sınır değerden modelde hesaplanan katkı değerinin çıkarılması ile yüzde (%) olarak hesaplanmıştır. Tüm senaryo sonuçları içerisinde aynı alıcı ortam noktasındaki en kötü değer baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Kükürt dioksit için mevcut en iyi senaryoya göre değerlendirme sonuçları Çizelge 6.1'de verilmiştir. Aynı mevcut senaryo kapsamında, azotdioksit parametresine yönelik doygunluk hesaplama sonuçları ise Çizelge 6.2'de verilmiştir.

En iyi sonuçların elde edildiği mevcut durum senaryolarından Senaryo MS-4'de dahi en fazla %15 kömür kullanımına izin verilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu noktadan hareketle, yerleşim yerlerinde doğalgaz dağıtım altyapısının genişletilmesinin doğalgaz kullanımına geçişte etken olacağı, ayrıca nazım imar planlarında yeni yerleşimler için ayrılan alanlarda, alternatifli olarak bireysel kombi sistemi veya merkezi ısıtma sisteminin kullanılmasına bağlı planlama alternatifleri değerlendirilmiştir. Nokta kaynakların katkıları aynı kalmakla birlikte, yerleşim yerlerinde 2014 nüfus projeksiyonlarıyla eklenecek nüfusun da katkısı hesaba katılmıştır. Yerleşim yerlerinde sadece doğalgaz kullanımına yönelik tüm alternatif planlama sonuçları, alıcı ortamların tamamında sınır değerlerin sağlanması sonucuna götürmüştür. Başka bir deyişle, hangi şekilde kullanılırsa kullanılsın (bireysel kombi/merkezi sistem) yerleşim yerlerinde sadece doğalgaza geçilmesi, çalışma alanında yaşanabilir hava kalitesini sağlayacaktır.

Çizelge 6.1. MS-4 kapsamında SO₂ için doygunluk hesabı sonuçları

Alıcı nokta	SO ₂ (µg/m ³)												UVS, µg/m ³ 2014-	Kaynak katkısı (%)	Doygunluk farkı (%)
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık			
ÇM ¹ -1	6,50	10,52	13,16	0,06	0,19	0,21	0,003	0,18	0,022	0,11	13,40	8,50	60	0,223	0,777
ÇM-2	11,74	17,65	22,27	0,29	0,37	0,31	0,005	0,40	0,034	0,21	30,70	15,20	60	0,512	0,488
ÇM-3	23,29	32,71	34,94	0,18	0,45	0,30	0,008	0,57	0,12	0,27	55,30	31,80	60	0,922	0,078
ÇM-4	12,94	14,60	14,51	0,01	0,13	0,15	0,003	0,12	0,04	0,09	13,50	14,30	60	0,243	0,757
ÇM-5	28,84	30,84	30,81	0,02	0,15	0,20	0,005	0,16	0,038	0,11	40,10	40,00	60	0,668	0,332
ÇM-6	90,80	93,88	81,88	0,04	0,31	0,42	0,013	0,47	0,067	0,17	12,64	136,40	60	2,273	-1,273
ÇM-7	9,41	8,19	9,41	0,05	0,14	0,14	0,006	0,17	0,057	0,09	10,30	11,60	60	0,193	0,807
ÇM-8	42,01	40,00	35,62	0,02	0,11	0,17	0,006	0,15	0,034	0,09	52,40	66,70	60	1,112	-0,112
ÇM-9	46,78	44,48	34,66	0,02	0,10	0,18	0,012	0,14	0,052	0,10	59,50	75,50	60	1,258	-0,258
BM ² -1	25,22	26,38	23,62	0,09	0,12	0,15	0,31	0,13	0,13	0,08	34,80	40,00	60	0,667	0,333
BM-2	10,78	11,46	12,44	0,09	0,13	0,16	0,32	0,13	0,14	0,08	14,60	16,10	60	0,268	0,732
BM-3	3,59	3,74	4,60	0,09	0,14	0,17	0,32	0,13	0,14	0,08	34,00	3,60	60	0,567	0,433
BM-4	5,57	4,64	5,62	0,08	0,13	0,16	0,31	0,11	0,14	0,08	7,30	10,30	60	0,172	0,828
BM-5	1,45	1,03	1,63	0,08	0,14	0,17	0,31	0,12	0,15	0,09	1,40	2,10	60	0,035	0,965
BM-6	10,17	10,94	11,59	0,10	0,13	0,16	0,32	0,14	0,14	0,08	15,70	14,70	60	0,262	0,738
BM-7	0,92	1,31	1,42	0,11	0,14	0,18	0,34	0,16	0,15	0,09	2,50	1,50	60	0,042	0,958
KA ³ -1	3,28	4,32	6,52	0,0038	0,042	0,025	0,01	0,57	0,18	0,24	7,66	5,26	60	0,128	0,872
KA-2	4,82	5,02	4,27	0,0012	0,025	0,023	0,09	0,08	0,18	0,10	7,32	7,33	60	0,122	0,878
KA-3	0,62	0,63	0,55	0,0021	0,058	0,052	0,67	0,32	0,55	0,51	0,52	0,86	60	0,014	0,986
KA-4	7,14	7,35	4,20	0,0021	0,018	0,016	0,06	0,31	0,10	0,09	10,77	17,80	60	0,297	0,703
KA-5	0,19	0,13	0,16	0,0007	0,013	0,009	0,02	0,14	0,10	0,06	0,29	0,35	60	0,006	0,994

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları,

☐ : Alıcı ortam noktası bazında en kötü durum değeri, ☐ : 2014 UVS (60)'i aşan değeri, ☐ : Kritik değeri > 2014

Çizelge 6.2. MS-4 kapsamında NO₂ için doygunluk hesabı sonuçları

Alıcı nokta	NO ₂ (µg/m ³)												UVS, µg/m ³ 2014-	Kaynak katkısı (%)	Doygunluk farkı (%)
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık			
ÇM ¹ -1	3,54	3,58	5,52	2,70	4,70	4,90	0,15	4,81	0,67	2,53	4,92	3,17	60	0,092	0,908
ÇM-2	5,29	8,43	17,97	15,39	12,98	9,10	0,26	15,53	1,23	7,04	10,02	5,25	60	0,300	0,701
ÇM-3	11,64	34,63	41,43	7,63	15,95	7,87	0,43	21,74	6,11	9,26	18,15	11,17	60	0,691	0,310
ÇM-4	3,14	4,02	5,02	0,56	2,50	2,92	0,18	2,92	1,49	1,76	3,95	4,17	60	0,084	0,916
ÇM-5	6,51	6,76	8,13	0,67	2,97	4,66	0,25	4,29	1,33	2,39	9,08	9,17	60	0,153	0,847
ÇM-6	19,24	18,91	18,91	2,12	10,71	15,47	0,71	20,43	2,82	4,57	26,19	28,47	60	0,475	0,526
ÇM-7	3,11	4,13	3,93	2,86	4,51	2,23	0,31	5,45	2,21	2,21	4,90	5,44	60	0,091	0,909
ÇM-8	9,30	8,22	8,13	1,01	2,66	3,46	0,31	4,39	0,90	2,55	11,60	15,44	60	0,257	0,743
ÇM-9	10,41	8,78	7,73	0,82	1,61	3,41	0,63	2,93	1,73	1,69	12,92	16,79	60	0,280	0,720
BM ² -1	7,30	8,01	6,77	1,01	0,63	0,78	1,36	1,06	1,41	1,05	10,43	11,75	60	0,196	0,804
BM-2	3,45	4,04	3,80	1,07	0,71	0,87	1,59	1,13	1,55	1,16	5,15	5,48	60	0,091	0,909
BM-3	1,53	1,97	1,73	1,11	0,79	0,96	1,84	1,21	1,69	1,28	2,28	2,26	60	0,038	0,962
BM-4	2,00	2,12	1,95	1,02	0,76	0,90	1,82	1,15	1,62	1,20	3,26	3,99	60	0,067	0,934
BM-5	0,09	1,17	0,09	1,09	0,86	1,02	2,10	1,27	1,78	1,34	1,81	1,94	60	0,035	0,965
BM-6	3,37	4,04	3,63	1,13	0,66	0,85	1,34	1,15	1,48	1,12	5,41	5,08	60	0,085	0,915
BM-7	1,05	1,72	1,02	1,32	0,72	0,96	1,32	1,35	1,61	1,24	2,00	1,70	60	0,033	0,967
KA ³ -1	5,86	5,80	16,67	6,47	5,37	6,48	0,68	17,32	8,02	5,11	15,56	11,63	60	0,289	0,711
KA-2	5,95	1,64	1,26	3,84	7,35	6,05	3,58	1,64	6,11	1,90	3,06	7,03	60	0,117	0,883
KA-3	1,92	2,26	1,41	2,26	4,01	4,20	7,94	4,25	4,16	5,24	3,55	5,14	60	0,132	0,868
KA-4	3,19	2,52	1,85	1,11	0,53	0,68	0,24	1,29	0,75	0,47	3,09	4,46	60	0,074	0,926
KA-5	0,70	0,45	0,26	0,90	1,50	2,17	0,38	0,30	1,55	0,89	1,04	1,26	60	0,036	0,964

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları, ³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları, : Alıcı ortam noktası bazında en kötü durum değeri,

2010 yılı sınır değerlerini sağlayabilen ve en iyi mevcut durum senaryosu olan MS-4 kapsamında SO₂ için hesaplanan taşıma kapasitesi sonuçlarına göre, Çan ilçe merkezinde 2011 yılı itibariyle %85 oranında doğalgaz kullanılsa dahi, 2014 yılında nüfus artışı ve sınır değerinin de azalması durumunda %15 oranında kömür kullanımı hava kalitesi sınırını sağlamayacaktır. 2014 yılı sınır değerine göre, ÇM-6, ÇM-8 ve ÇM-9 alıcı noktalarında hâlihazırda taşıma kapasitesi aşılmıştır ve SO₂ kontrolü için çözüm gereklidir. Bunlarla birlikte, Çan ilçesinde üç alıcı noktada (ÇM-2, ÇM-3, ÇM-5) daha % 50'nin üzerinde doyumluğa ulaşılmıştır. Bayramiç ilçesinde 2010 itibariyle taşıma kapasitesi aşılmamasına karşılık, mevcut kaynakların iki alıcı noktada (BM-1, BM-3) %50 oranının üzerinde katkısı olduğu belirlenmiştir. Kırsal alan alıcı ortam koordinatlarının tamamında doyumluklar düşük mertebelerdedir.

NO₂ parametresi açısından aynı senaryoda doyumluk hesapları değerlendirilmiştir ve 2010 yılında, 2014 yılında yürürlüğe girecek olan sınır değere göre de hiçbir alıcı ortam koordinatında doyumluk olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, Çan ve Bayramiç ilçeleri ile kırsal alanı temsil eden hiçbir alıcı ortam koordinatında 2014 yılı hedef sınırını zorlayacak ölçüde doyumluk tespit edilmemiştir. SO₂ esas itibariyle kömür kullanımı kaynaklı ve NO₂ ise doğalgaz kullanımı kaynaklı belirleyici kirleticiler olduğundan ve doyumluk değerlendirmesinde de NO₂ değerlerinde kritik sonuçlar oluşmadığından planlama senaryolarının doğalgaza geçiş üzerine kurulması sonucuna varılmıştır. Her iki ilçede de doğalgaza geçiş senaryolarının tamamında iyi sonuçların elde edilmesiyle birlikte, gelecekte yapılacak planlamalara yönelik, parametreler bazında taşıma kapasitesinin (doyumluk) belirlenmesi de yarar sağlayacaktır. Araştırma kapsamında değerlendirilen kirleticiler (NO₂ ve SO₂) açısından çalışma alanında temsili alıcı ortamlar noktaları için taşıma kapasitesi hava kirlenmesine katkı değeri (%) hesabıyla yapılmıştır. Tüm senaryo sonuçları içerisinde aynı alıcı ortam noktasındaki en kötü değer baz alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Kükürt dioksit için değerlendirme sonuçları Çizelge 6.3'de verilmiştir. Azotdioksit parametresi doyumluk hesaplama sonuçları ise Çizelge 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.3. PS senaryoları kapsamında SO₂ için doygunluk hesabı sonuçları

Alıcı nokta	PS-1 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	PS-2 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	PS-3 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	PS-4 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	UVS Değeri 2014- (µg/m ³)	Toplam kaynak katkısı yıllık (%)	Doygunluk farkı (%)
ÇM ¹ -1	0,10	0,11	0,11	0,11	60	0,002	0,998
ÇM-2	0,11	0,11	0,11	0,11	60	0,002	0,998
ÇM-3	0,11	0,11	0,11	0,11	60	0,002	0,998
ÇM-4	0,07	0,08	0,08	0,08	60	0,001	0,999
ÇM-5	0,08	0,08	0,08	0,08	60	0,001	0,999
ÇM-6	0,09	0,09	0,09	0,09	60	0,002	0,999
ÇM-7	0,07	0,07	0,07	0,07	60	0,001	0,999
ÇM-8	0,08	0,08	0,08	0,08	60	0,001	0,999
ÇM-9	0,08	0,08	0,08	0,08	60	0,001	0,999
BM ² -1	0,10	0,10	0,10	0,10	60	0,002	0,998
BM-2	0,13	0,13	0,13	0,13	60	0,002	0,998
BM-3	0,16	0,16	0,16	0,16	60	0,003	0,997
BM-4	0,12	0,12	0,12	0,12	60	0,002	0,998
BM-5	0,15	0,15	0,15	0,15	60	0,003	0,998
BM-6	0,13	0,13	0,13	0,13	60	0,002	0,998
BM-7	0,19	0,18	0,19	0,18	60	0,003	0,997
KA ³ -1	0,38	0,38	0,38	0,38	60	0,006	0,994
KA-2	0,14	0,15	0,14	0,14	60	0,003	0,998
KA-3	0,36	0,36	0,36	0,36	60	0,006	0,994
KA-4	0,19	0,19	0,19	0,19	60	0,003	0,997
KA-5	0,09	0,09	0,09	0,09	60	0,002	0,999

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

■ : Alıcı ortam noktası bazında en kötü durum değeri

Çizelge 6.4. PS senaryoları kapsamında NO₂ için doyumluk hesabı sonuçları

Alıcı nokta	PS-1 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	PS-2 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	PS-3 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	PS-4 SO ₂ sonuçlar (µg/m ³)	UVS Değeri 2014- (µg/m ³)	Toplam kaynak katkısı yıllık (%)	Doyumluk farkı (%)
ÇM ¹ -1	1,36	1,35	1,36	1,35	60	0,023	0,977
ÇM-2	1,53	1,53	1,53	1,52	60	0,026	0,975
ÇM-3	1,96	1,95	1,96	1,95	60	0,033	0,967
ÇM-4	1,28	1,27	1,28	1,27	60	0,021	0,979
ÇM-5	1,43	1,43	1,43	1,43	60	0,024	0,976
ÇM-6	1,77	1,76	1,77	1,76	60	0,030	0,971
ÇM-7	1,18	1,18	1,18	1,18	60	0,020	0,980
ÇM-8	1,34	1,33	1,34	1,33	60	0,022	0,978
ÇM-9	1,64	1,63	1,64	1,63	60	0,027	0,973
BM ² -1	0,52	0,52	0,52	0,52	60	0,009	0,991
BM-2	0,54	0,54	0,54	0,54	60	0,009	0,991
BM-3	0,56	0,56	0,56	0,56	60	0,009	0,991
BM-4	0,49	0,49	0,49	0,49	60	0,008	0,992
BM-5	0,51	0,51	0,51	0,51	60	0,009	0,992
BM-6	0,59	0,59	0,59	0,59	60	0,010	0,990
BM-7	0,67	0,67	0,67	0,67	60	0,011	0,989
KA ³ -1	9,61	9,59	9,61	9,58	60	0,160	0,840
KA-2	4,12	4,12	4,12	4,12	60	0,069	0,931
KA-3	4,04	4,03	4,04	4,03	60	0,067	0,933
KA-4	1,86	1,86	1,86	1,85	60	0,031	0,969
KA-5	1,05	1,05	1,05	1,05	60	0,018	0,983

¹: Çan yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,²: Bayramiç yerleşim yeri alıcı ortam noktaları,³: Kırsal alan alıcı ortam noktaları

: Alıcı ortam noktası bazında en kötü durum değeri

Planlamalara yönelik doğalgaz tüketim çeşitliliği temelinde oluşturulan senaryolara göre, kirleticiler için doyumluk hesapları değerlendirilmiştir. Her iki parametre için, tüm senaryolar kapsamında, Çan ve Bayramiç ilçeleri ile kırsal alanı temsil eden alıcı ortamların tamamında 2014 yılı sınır değerlerini zorlayıcı kritik katkılar olmadığı belirlenmiştir. Yerleşim yerleri hava kalitesinin iyileştirilmesinde, doğalgaza geçişin önemi ortaya konulmuştur.

6.1 Öneriler

Bu tez kapsamında kullanılan model-senaryo yaklaşımlarının Çan-Bayramiç bölgesi gibi kırsal alanlarda, özellikle ülke gündemimizde olan Temiz Hava Eylem Planları ve Çevre Düzeni Planlamaları kapsamında kullanılabileceği görülmektedir. Kırsal alanlarda kirletici emisyonları açısından mevcut durum tespiti, farklı durum senaryolarına göre yapılacak veri analizleri ve değerlendirmeleri, endüstriyel ve kentsel planlamalar yapılırken karar verme sisteminin geliştirilmesine de fayda sağlayacaktır.

Planlamalarda, bir sonraki adım olarak, hava kalitesi dağılım modelinin, coğrafi bilgi sistemleriyle birlikte kullanılması, zamana bağlı oluşabilecek bilgi değişimleri için yapılacak güncellemelerin daha hızlı ve etkin bir şekilde değerlendirilmesine katkıda bulunabilecektir.

Ozon öncül parametrelerinin tespitine yönelik yaygın kullanılabilecek alternatif ölçüm tekniklerinin geliştirilmesine bağlı olarak, gelecekteki araştırmalarda bu parametrelerin de kapsama alınarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, yine asılı partiküler madde ve bileşenlerini çok noktada düşük maliyetlerle izleme tekniklerinin geliştirilmesine bağlı olarak çalışmalarda bu parametrelerin de değerlendirilmesi planlamalarda fayda sağlayacaktır.

Gelecekte bilgisayar altyapısındaki gelişmelere bağlı olarak, bölgesel hava kirleticiler için envanter oluşturma ve hava kalitesi ön değerlendirme çalışmalarında daha gelişmiş dağılım modellerinin kullanılması, modellemenin hassasiyetini artıracaktır.

Sonuç olarak, hava kirliliği dağılımında kullanılan bir matematik modelin, herhangi bir bölgede hava kirliliğini istenilen seviyeye azaltmak, hava kalitesi standartlarının altında tutmak ve kontrol etmek için çeşitli alternatifler, senaryolar ve öneriler geliştirmek adına oldukça faydalı bir şekilde kullanılabildiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

1999/30/EC Council Directive of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. Official Journal L 163, 29/06/1999 P.0041-0060.

Akalın N., Hilmioğlu B., Özkurt N., Çolak O., Ercan Ö., Dinçer F., 2005. Dilovası Hava Kalitesi Yönetimi, TÜBİTAK MAM, 17.

An, J., Huang, M., Wang, Z., Zhang, X., Ueda, H., Cheng, X., 2001. Numeric regional air quality forecast tests over the mainland of China. Water, Air and Soil Pollution 130, 1781-1786.

Ayers, G.P., Keywood, M.D., Gillett, R., Manins, P.C., Malfroy, H., Bardsley, T., 1998. Validation of passive diffusion samplers for SO₂ and NO₂, Atmospheric Environment 32, 3587.

Baban A., Morkoç E., Oraltay R.G., Güneş K., Kıran N., Dökmeci S., Altınbaş U., Ketenoğlu O., Körüklü T., Güney K., Özkurt N., Doğan Ö., 1999. Çan Fluidized Bed Thermal Power Plant Environmental Impact Assessment Report, TEAŞ.

Bama M.G. and Ginson N.R, 2002. Dispersion Modelling of a Wintertime Particulate Pollution Episode in Christchurch, New Zealand, Atmospheric Environment 36, 3531-3544.

Bascom, R., Bromberg, P.A., Costa, D.L., Devlin, R., Dockery, D.W., Frampton, M.W., Lambert, W., Samet, J., Speizer, F.E., Utell, M., 1996. Health Effects of Outdoor Air Pollution, Respiratory and Critical Care Medicine, 153(2), 477-498.

Bhanarkar, A.D., Goyal, S.K., Sivacoumar, R., Chalapati Rao, C.V., 2005. Assessment of contribution of SO₂ and NO₂ from different sources in Jamshedpur region, India. Atmospheric Environment 39, 7745-7760.

Bora.B., 1999. Asit Yağmurları ve Çanakkale İli'ndeki Toprak Üzerindeki Muhtemel Etkileri, İTÜ İnşaat Fakültesi.

Borrego, C., Miranda, A.I., Coutinho, M., Ferreira, J., Carvalho, A.C., 2002. Air Quality Management in Portugal: Example of Needs and Available Tools, Environmental Pollution 120, 115-123.

Boylu, F., Ateşok, G., 2004. Kömür-su karışımlarının stabilizasyonunda, Karboksimetil Slüloz'un (CMC-Na) etkisi, İTÜ Dergisi Cilt 3, Sayı 1, 89-97.

Brode, R.W., 2006. AERMOD Technical Forum, EPA R/S/L Modelers Workshop, San Diego, California.

Buty D., J.Y. Caneill and B. Carissimo, 1988. Simulation numerique de la couche limite atmospherique en terrain complexe au moyen d'un modele mesometeorologique non hydrostatique: le code MERCURE, J. Theor. Appl. Mech., 7, 35-62

Canepa, E., Modesti, F. and Ratto, C.F., 2000. Evaluation of the SAFE_AIR code against air pollution field and laboratory experiments, Atmospheric Environment 34, 4805-4818.

Carmichael, G. R., Ferm, M., Thongboonchoo, N., Woo, J.H. et al., 2003. Measurements of sulfur dioxide, ozone and ammonia concentrations in Asia, Africa, and South America using passive samplers, Atmospheric Environment 37, 1293.

Cochran, L.S., Pielke, R.A., Kovacs, E., 1992. Selected International Receptor Based Air Quality Standards, Journal of the Air Waste Management Association, 42, 1567-1572.

Cox, R.M., 2003. The use of passive sampling to monitor forest exposure to O₃, NO₂ and SO₂: a review and some case studies. Environmental Pollution 126, 301-311.

Çanakkale Gaz, 2010. Çan Şubesi Doğalgaz Tüketim Miktarları.

Dabberdt W.F. and Miller E., 2000. Uncertainty, Ensembles and Air Quality Dispersion Modelling: Applications and Challenges, Atmospheric Environment, 38(27): 4667-4673.

Dockery, D.W., Pope, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G., Speizer, F.E., 1993. An Association Between Air Pollution and Mortality in six US Cities, New England Journal of Medicine, 329, 1753-1759.

Technical University of Denmark (DTU), National Laboratory for Sustainable Energy web sayfası, <http://www.risoe.dtu.dk>.

Elbir, T., 2003. Comparison of model predictions with the data of an urban air quality monitoring network in İzmir, Turkey. *Atmospheric Environment* 37, 2149-2157.

Elbir, T., Muezzinoglu, A., Bayram, A., 2000. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environment International* 26, 5-10.

EPA, 1995. Guidance for Air Quality Models, 450/2-78-027R.

EPA, 1997. Regional Approaches to Improving Air Quality, EPA/451-K-97-001.

Ertürk, F., 1993. Hava Kirliliği Modellemesi II, Hava kirliliği kaynakları ve kontrolü, TÜBİTAK MAM, Gebze.

Flagan R.C. and Seinfeld J.H., 1988. *Fundamentals of Air Pollution Engineering*", PrenticeHall, Englewood Cliffs, NJ.

Freeman, A.M., 1982. *Air and Water Pollution Control*, John Wiley & Son., New York.

Godish, T., 1997. *Air Quality*, 3rd Ed., Lewis Publishers, New York.

Goyal, P., Rama Krishna, T.V.B.P.S., 2002. Dispersion of pollutants in convective low wind: a case study of Delhi. *Atmospheric Environment* 36, 2071-2079.

Goyal, P., Rama Krishna, T.V.B.P.S., Sankalp, A., 2003. Assimilative capacity and dispersion of pollutants in Delhi. *Proceedings of the Indian National Science Academy, Part-A Physical Sciences* 69, 775-784.

Goyal, P., Singh, M.P., Bandyopadhyay, T.K., 1994. Environmental studies of SO₂, SPM and NO_x over Agra with various methods of treating calms. *Atmospheric Environment* 28, 3113-3123.

Grønskei, K.E., Walker, S.E., Gram, F., 1993. Evaluation of a model for hourly spatial concentration distributions. *Atmospheric Environment* 27B, 105-120.

Hanna S.R., 1988. Air Quality Evaluation and Uncertainty, JAPCA, 38: 406-412.

Hanna, Steven R et al., 2001. Evaluation of the ADMS, AERMOD, and ISC3 dispersion models with the OPTEX, Duke Forest, Kincaid, Indianapolis and Lovett field data sets, International Journal of Environment and Pollution, Volume 16, Numbers 1-6, pp 301-314.

Hao, J., He, D., Wu, Y., Fu, L., He, K., 2000. A Study of the Emissions and Concentration Distribution of Vehicular Pollutants in the Urban Area of Beijing. Atmospheric Environment 34, 453-465.

Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008. 26898 sayılı Resmi Gazete.

Heal, M.R., O'Donoghue, M.A., Cape, J.N., 1999. Overestimation of urban nitrogen dioxide by passive diffusion samplers. Atmospheric Environment 33, 513-524.

İlgar, R., 2008. Çan Termik Santral Projesi, Marmara Coğrafya Dergisi, Sayı 17, 154-171.

İm, U., 2003. Modeling of SO₂ emissions from Yatagan Power Plant, M.Sc. Thesis, Bogazici University.

Karppinen, A., Kukkonen, J., Elolahde, T., Konttinen, M., Koskentalo, T., 2000. A modeling system for predicting urban air pollution: comparison of model predictions with the data of an urban measurement network in Helsinki. Atmospheric Environment 34, 3735-3743.

Kousa, A., Kukkonen, J., Karppinen, A., Aarnio, P., Koskentalo, T., 2001. Statistical and diagnostic evaluation of a new-generation urban dispersion modeling system against an extensive dataset in the Helsinki area. Atmospheric Environment 35, 4617-4628.

Krishma, T.V.B.P.S.R., Reddy, M.K., Reddy, R.C., Singh, R.N., 2005. Impact of an industrial complex on the ambient air quality: Case study using a dispersion model. Atmospheric Environment 39, 5395-5407.

Krupa, S.V., Legge, A.H., 2000. Passive sampling of ambient, gaseous air pollutants: an assessment from ecological perspective. *Environmental Pollution* 107, 31-45.

Kukkonen, J., Konttinen, M., Bremer, P., Salmi, T., Saari, H., 2000. The seasonal variation of urban air quality in northern European conditions. *International Journal of Environment and Pollution*.

Kukkonen, J., Salmi, T., Saari, H., Konttinen, M., Kartastenpää, R., 1999. Review of urban air quality in Finland. *Boreal Environment Research* 4 (1), 55-65.

Lave, L.B. ve Seskin, E.S., 1977. *Air Pollution and Human Health*, Johns Hopkins University Press, Londra.

Lippmann, M., Bachmann, J.D., Bates, D.V., Cassec, F.R., van Bree, L., Driscoll, K.E., Phalen, R.F., Pope, C.A., Soderholm, S.C., Wilson, W.E., 1998. Report of the Particulate Matter Researc Strategies Workshop, Park City, Utah, April 29-30, *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 13(6), 485-493.

Lorber, M., Eschenroeder, A., Robinson, R., 2000. Testing the USA EPA's ISCST-Version 3 model on dioxins: a comparison of predicted and observed air and soil concentrations. *Atmospheric Environment* 34, 3995-4010.

Massman, W. J., 1998. A review of the molecular diffusivities of H₂O, CO₂, CH₄, CO, O₃, SO₂, NH₃, N₂O, NO, and NO₂ in air, O₂ and N₂ near STP, *Atmospheric Environment* 32, 1111.

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, <http://wwwlib.umi.com/dissertations/fullcit/MQ55524> (accessed 2002).

Met Office Scientific Advisory Committee (MOSAC), 2004. *Air Quality Programme and Progress*, November 11-12.

Molina, M.J., Molina, L.T., 2004. Megacities and atmospheric pollution. *Journal of the Air and Waste Management Association* 54, 644-680.

MSD, 2010. The Model Documentation System of the European Topic Center on Air and Climate Change (part of the European Environment Agency web page).

Nunnari, G., Dorling, S., Schlink, U., Cawley, G., Foxall, R., Chatterton, T., 2004. Modelling SO₂ concentration at a point with statistical approaches, *Environmental Modelling&Software*, 19, 887-905.

Ocak, S., 2004. Erzurum ili Hava Kirliliğinin Matematik Modelle İncelenmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi,.

Office of the Federal Coordinator for Meteorology web sayfası (OFCM), General and Specific Characteristics for Model, http://www.ofcm.gov/atd_dir/pdf/puffplum.pdf (accessed 2010).

Onat, B., 2004. İstanbul Atmosferinde Hava Kirlleticilerin Dağılımının Modellenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.

Ozkurt, N., Hilmioglu, B., Colak, O., Apak, E., 2002. Hava Kirliliği Ölçüm ve İzleme Sistemleri, 5-7.

Polydoras, G.N., Anagnostopoulos, J.S., Bergeles, G.C., 1998. Air quality predictions: dispersion model vs. Box-Jenkins stochastic models. An implementation and comparison for Athens, Greece. *Applied Thermal Engineering* 18, 1037-1048.

Prater, E.T. and Midgley, C., 2006. A new air dispersion modeling system is helping create more accurate industrial source models, *Environmental Protection* 17 (3), Stevens Publishing.

Schnelle, K.B., Brown, C.A., 2002. Air Pollution Control Technology Handbook, CRC Pres, New York.

Schnoor J.L., 1996. Environmental Modeling: Fate and Transport of Pollutants in Water, Air and Soil, John Waley and Sons Inc., New York.

Scire, J.S., Strimaitis, D.G., Yamartino, R.J., 2000. A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model. Earth Tech Inc., Concord, MA.

Singh, M.P., Goyal, P., Panwar, T.S., Aggarwal, P., Nigam, S., Bagchi, N., 1990. Predicted and observed concentrations of SO₂, SPM and NO_x over Delhi. *Atmospheric Environment* 24A, 783-788.

Sivacoumar, R., Bhanarkar, A.D., Goyal, S.K., Gadkari, S.K., Aggarwal, A.L., 2001. Air pollution modeling for an industrial complex and model performance evaluation. *Environmental Pollution* 111, 471-477.

Sivacoumar, R., Thanasasekaran, K., 1999. Line source model for vehicular pollution prediction near roadways and model evaluation through statistical analysis. *Environmental Pollution* 104, 389-395.

Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Temiz Hava Eylem Planı, Nisan 2010.

Türkiye İstatistik Kurumu web sayfası, <http://www.tuik.gov.tr> (2010)

UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı) web sayfası, <http://www.un.org/esa/population> (2010)

U.S. Environmental Protection Agency, 2005. National ambient air quality standards (NAAQS). Washington, DC.

U.S. Geological Survey Home Page; available at http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/ (accessed 2010)

U.S.Environmental Protection Agency Home Page; available at <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/> (accessed 2010).

Villasenor R., Magdalenoll M., Quintanar A., Gallardo J.E. and Lopez M.T., 2003. An Air Quality Emission Inventory of Offshore Operations for the Exploration and Production of Petroleum by The Mexican Oil Industry, *Atmospheric Environment* 37(26), 3713-3729.

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.

Willmott, C.J., 1981. On the validation of models. *Physical Geography* 2, 184-194.

World Bank, 1992. Development and the Environment, In World Development Report 1992, Oxford University Press, New York.

World Health Organisation (WHO), 2000. Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, Regional Publications, European Series No. 91, Copenhagen.

Yeşilyurt, C., Akcan, N., 2001. Hava Kirliliği İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, T.C Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü.

Zannetti, P., 1998. Air Pollution Modeling: Theories, Computational Methods and Available Software, The Looseleaf Company, Midsomer Norton, U.K, 444.

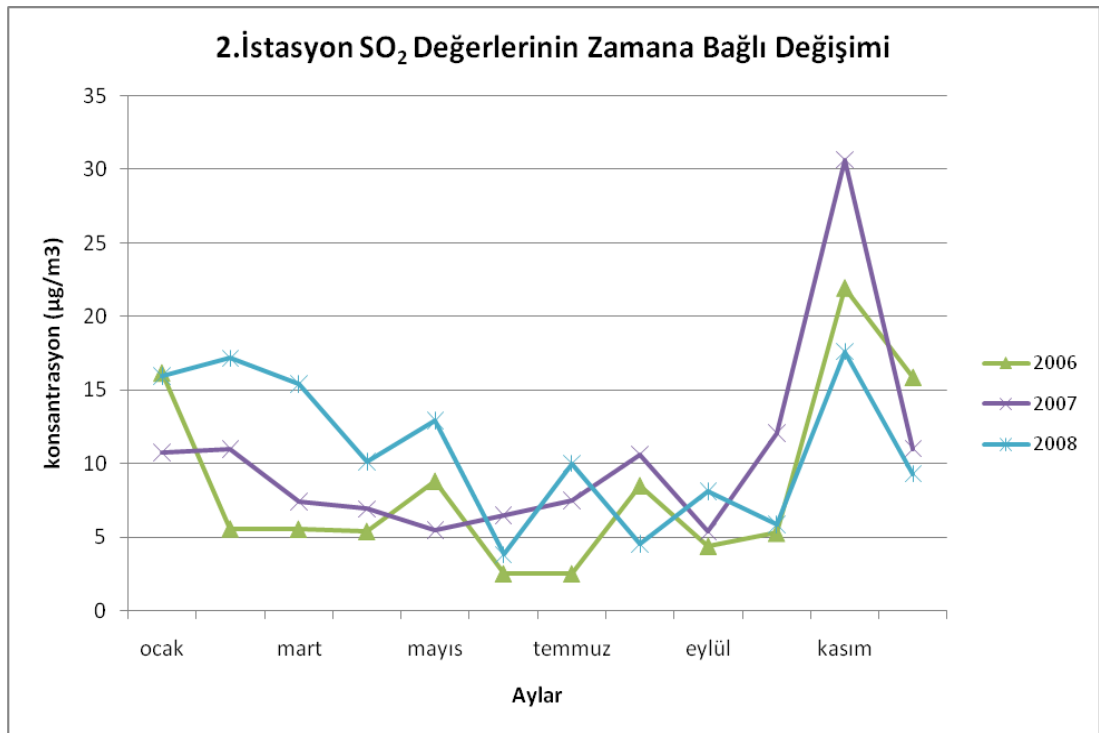
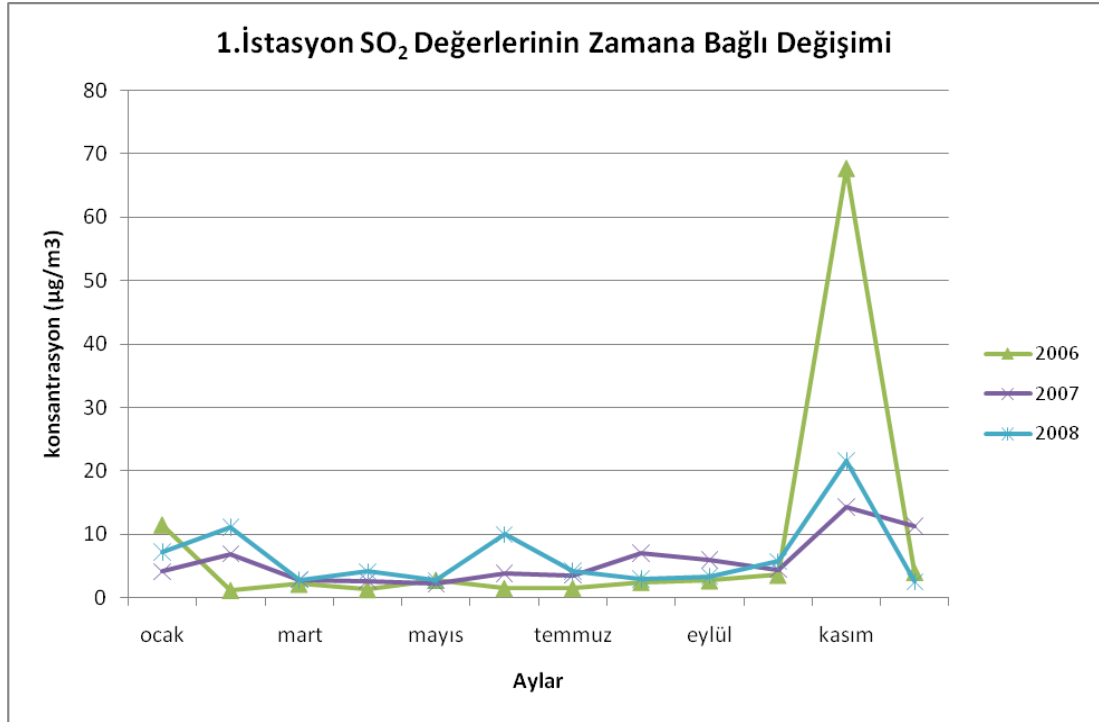
ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Ankara’da doğan Nesimi Özkurt, 1997 yılında Marmara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi’nden Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2000-2003 yılları arasında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Atmosferik Fizik Programında Yüksek Lisans öğrenimini “Türkiye’de 1990-2000 Yılları Arasında Ölçülen Hava Kalitesi Parametrelerinin Değerlendirilmesi ve Gelecekte Ölçülmesi Gereken Parametrelerin Tespiti” konulu tezi hazırlayarak tamamladı.

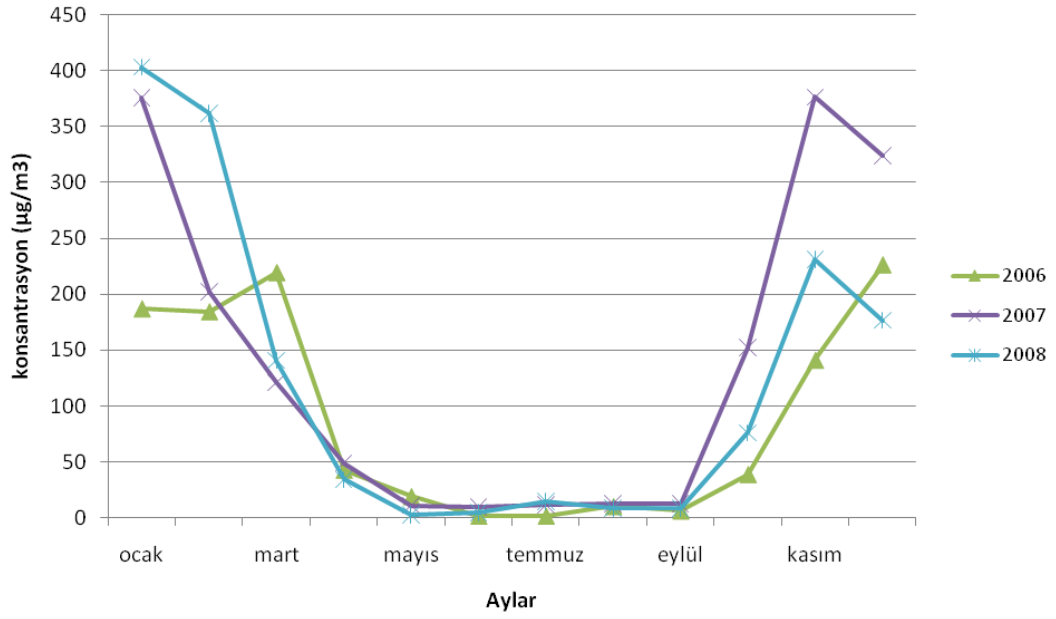
1998 yılında askerlik görevini tamamladıktan sonra TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezinde Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsünde araştırmacı olarak göreve başladı. Daha sonra aynı kurumda, Kimya ve Çevre Enstitüsü’nde Uzman Araştırmacı olarak görevini sürdürdü. Halen, 1999 yılında bünyesine katıldığı Çevre Enstitüsü Hava Kalitesi Yönetimi Grubunda Başuzman Araştırmacı olarak görev yapmaktadır. Nesimi Özkurt evli ve iki çocuk babasıdır.

EK- 1

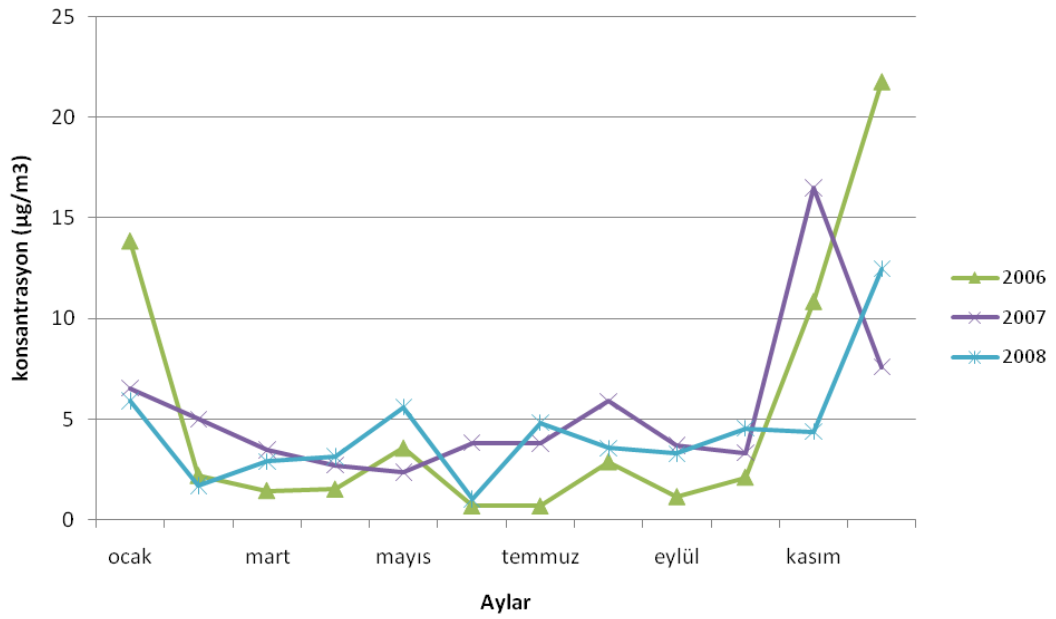
Kükür Dioksit Ölçüm Sonuç Grafikleri

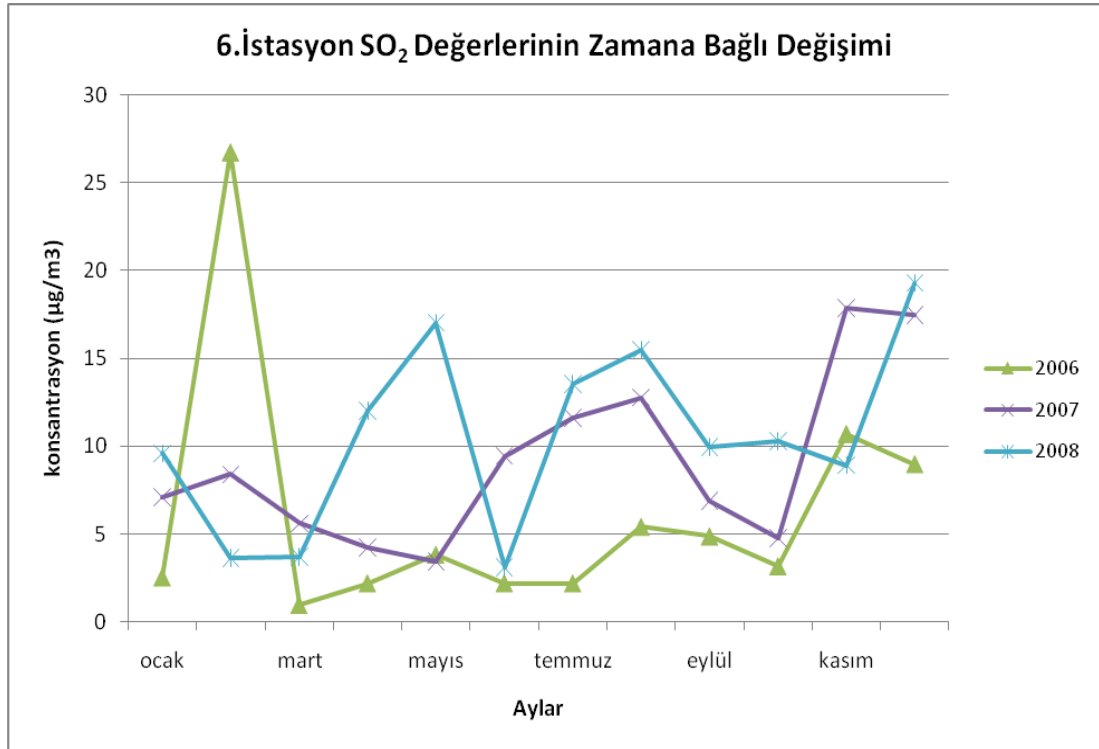
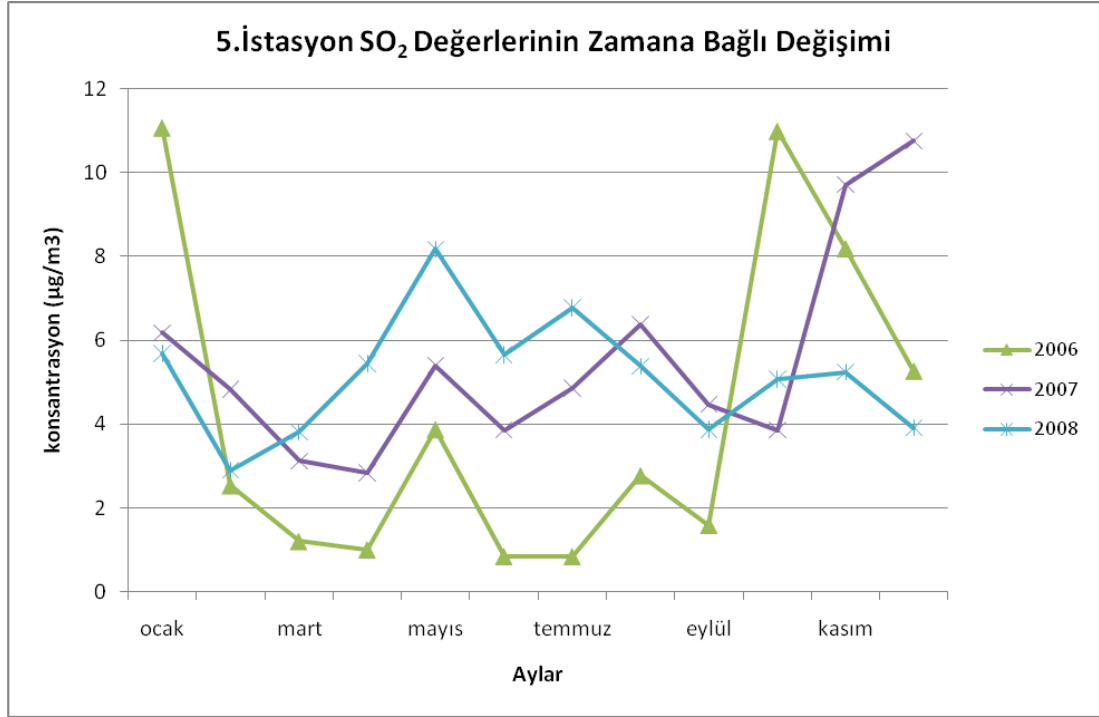


3.İstasyon SO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi

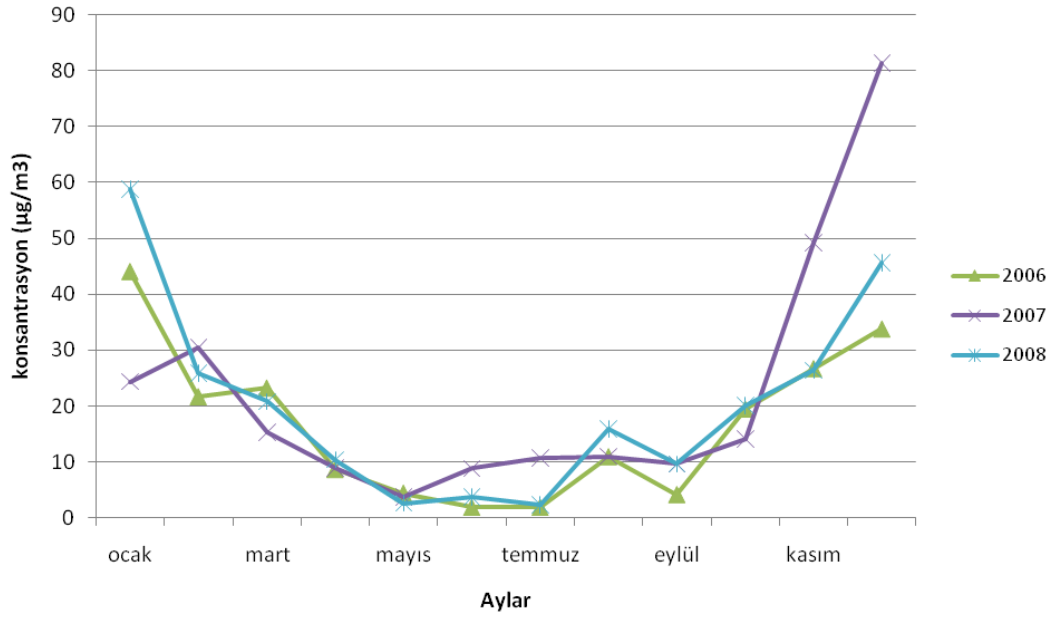


4.İstasyon SO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi

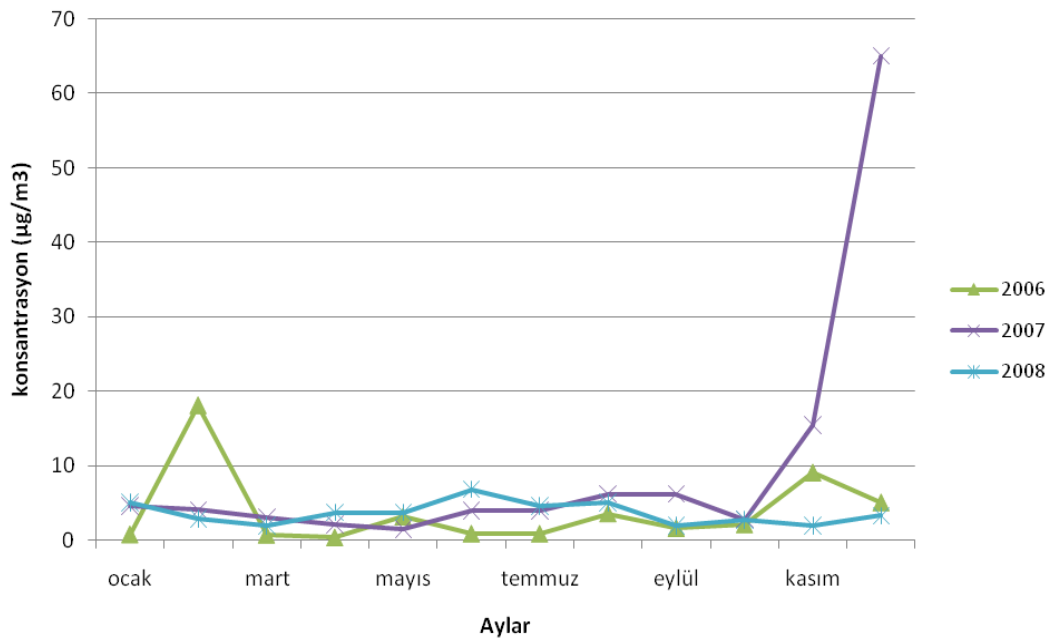


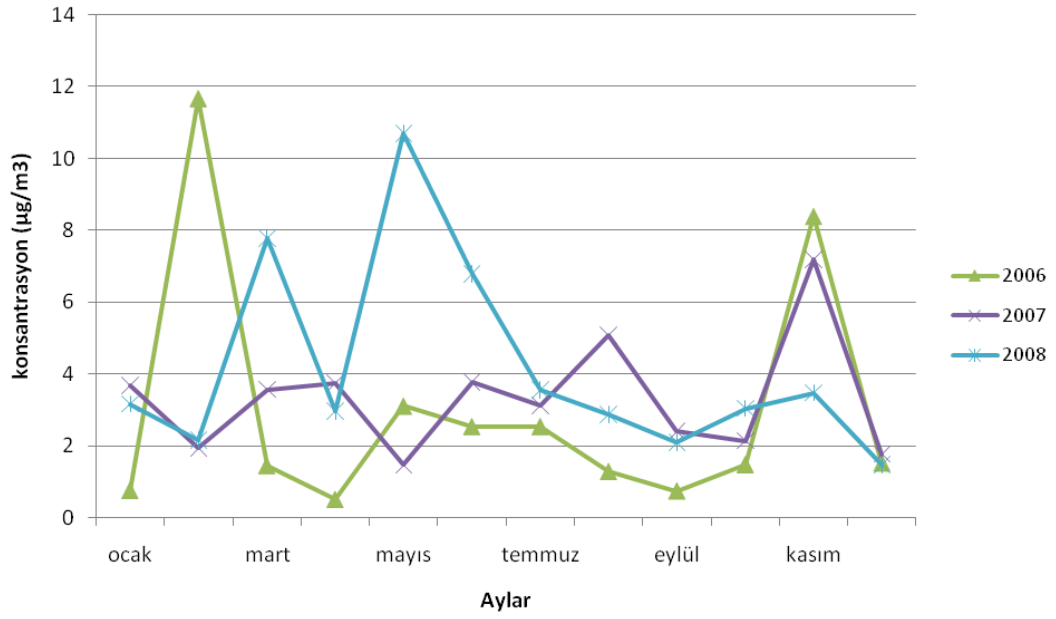
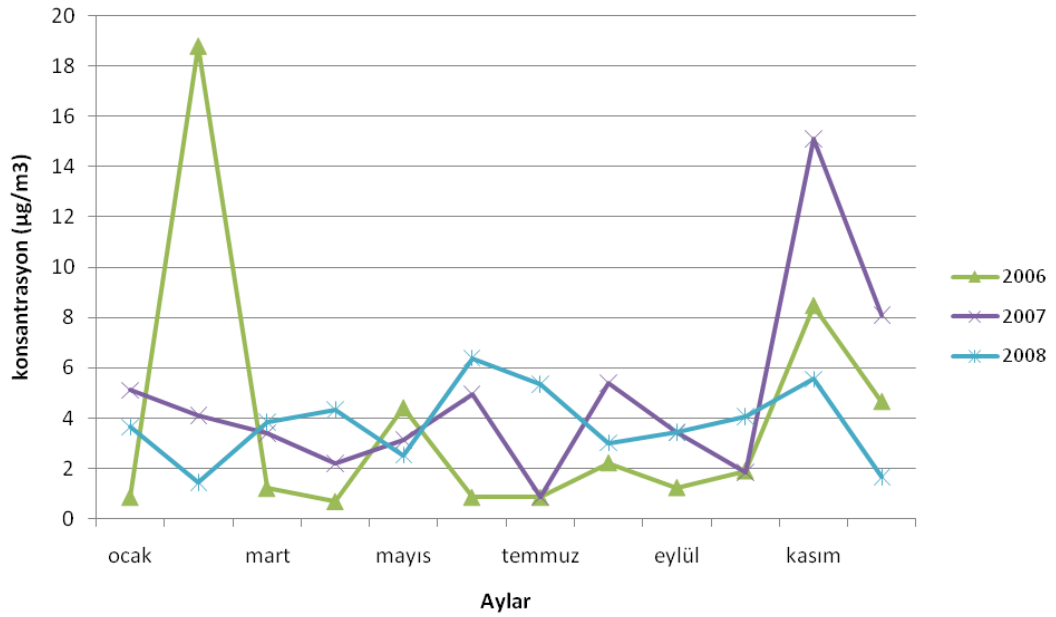


7. İstasyon SO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi



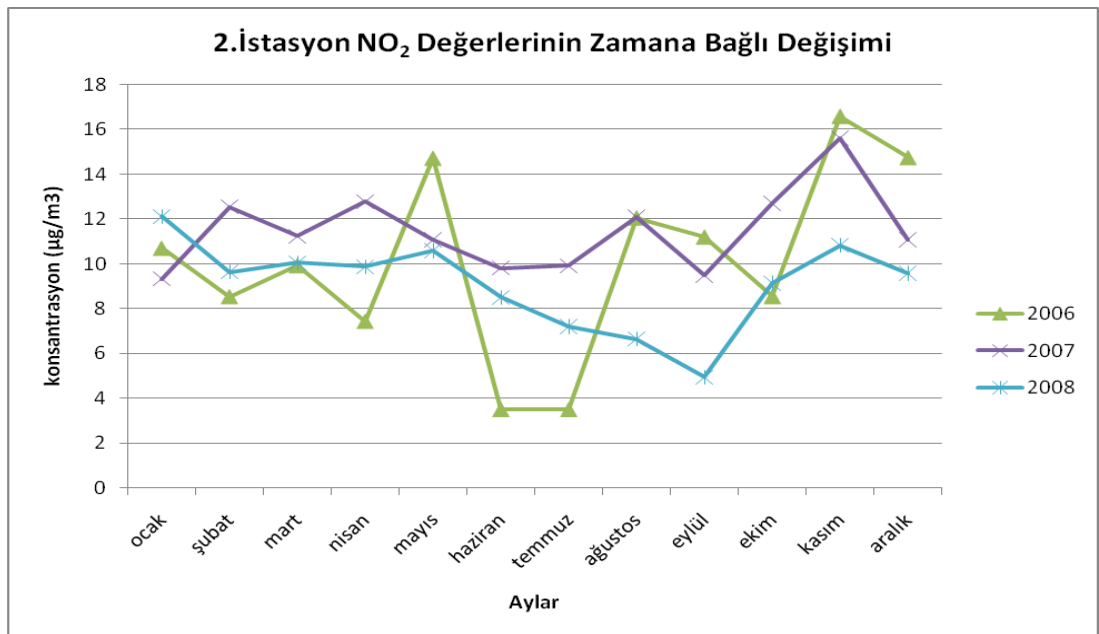
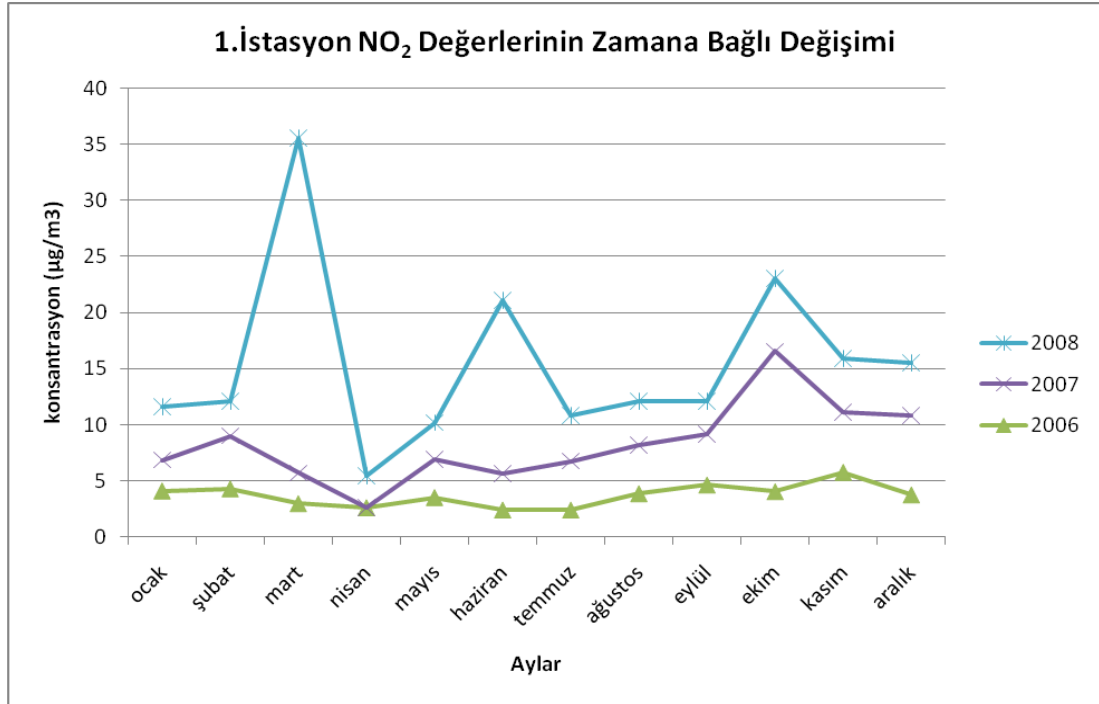
8. İstasyon SO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi



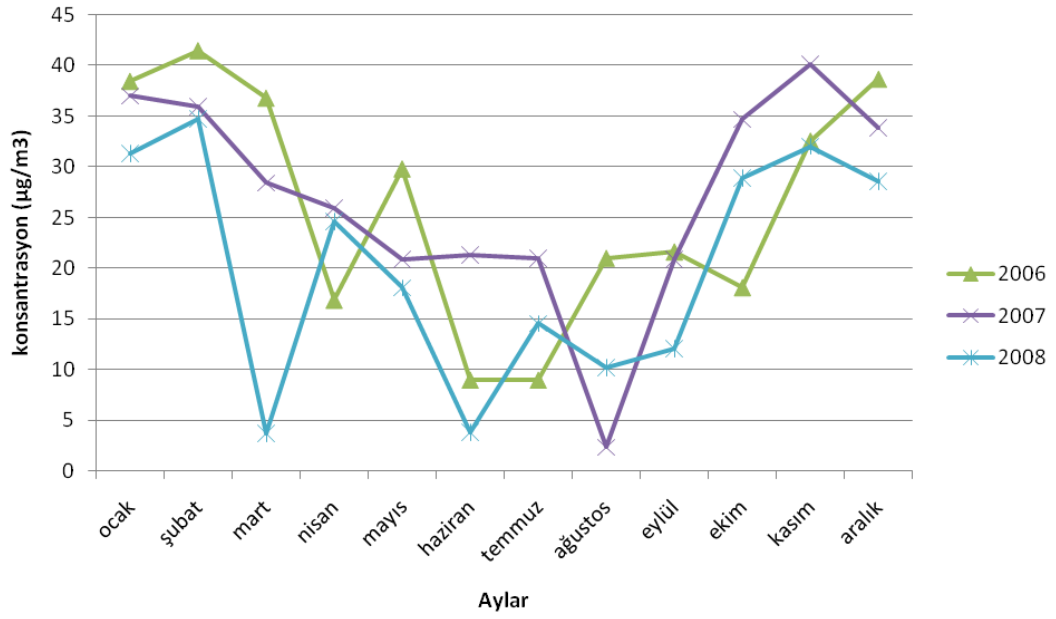
9. İstasyon SO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi10. İstasyon SO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi

EK- 2

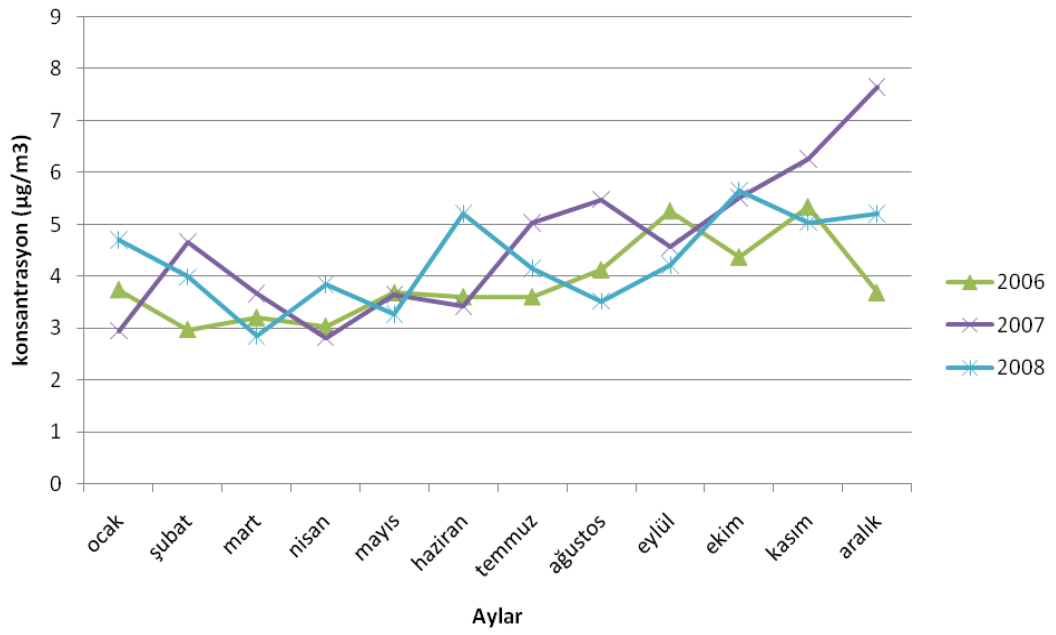
Azot Dioksit Ölçüm Sonuç Grafikleri

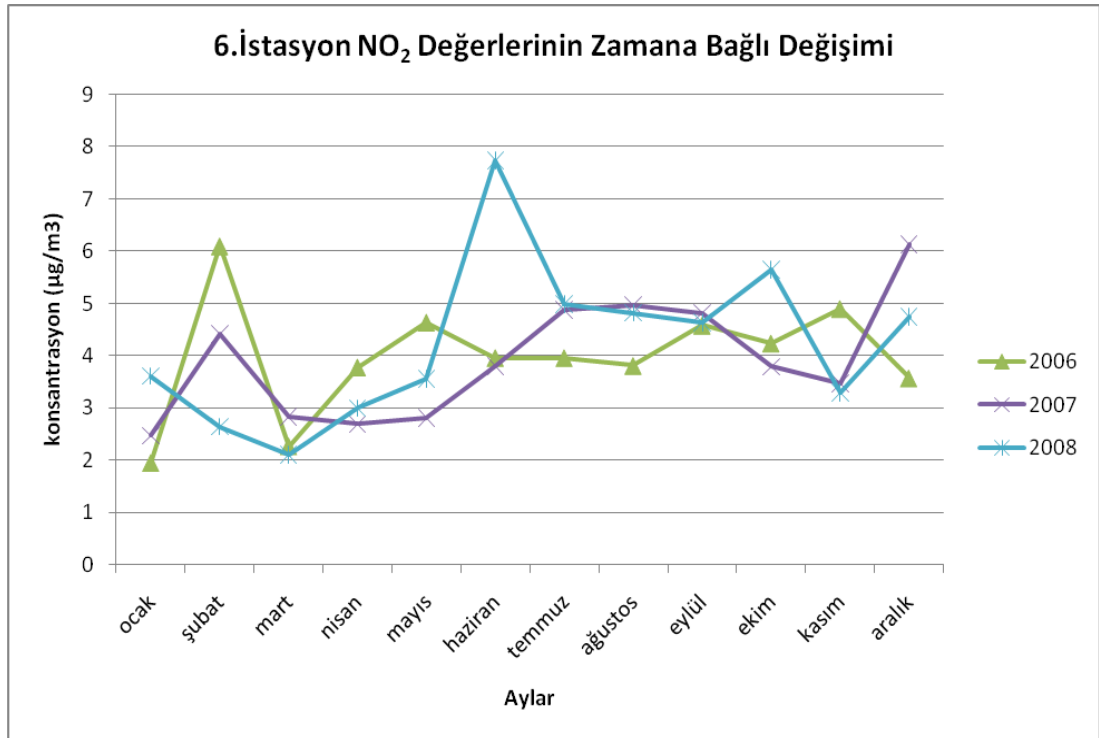
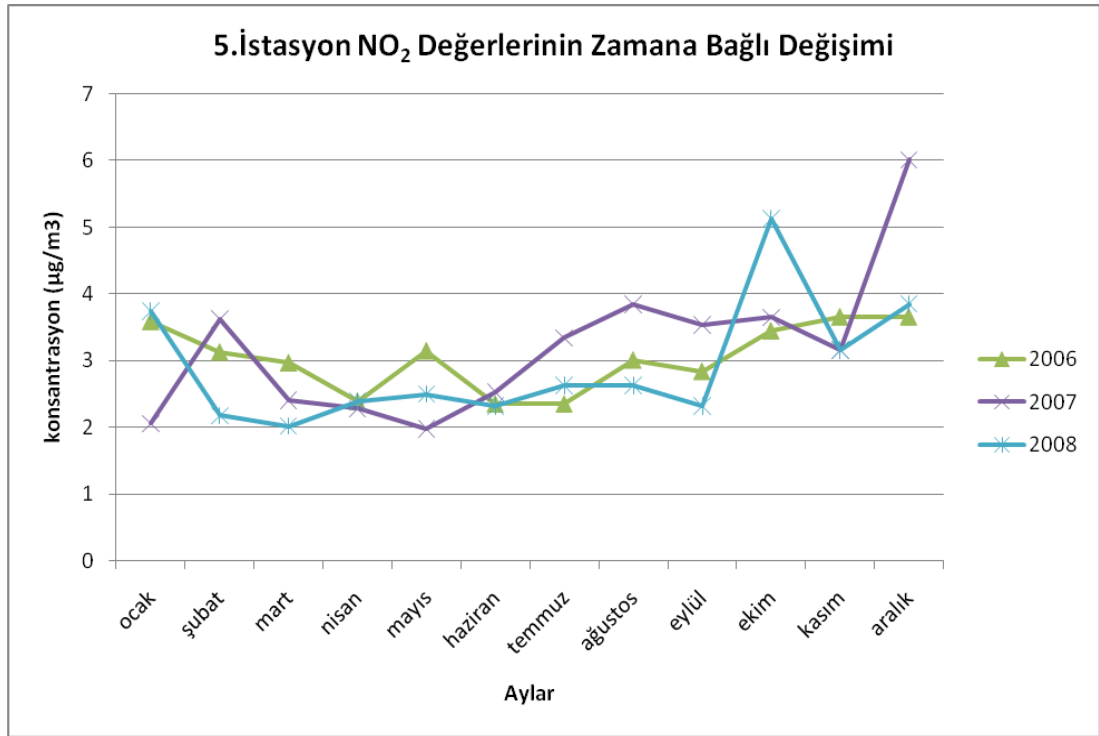


3. İstasyon NO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi

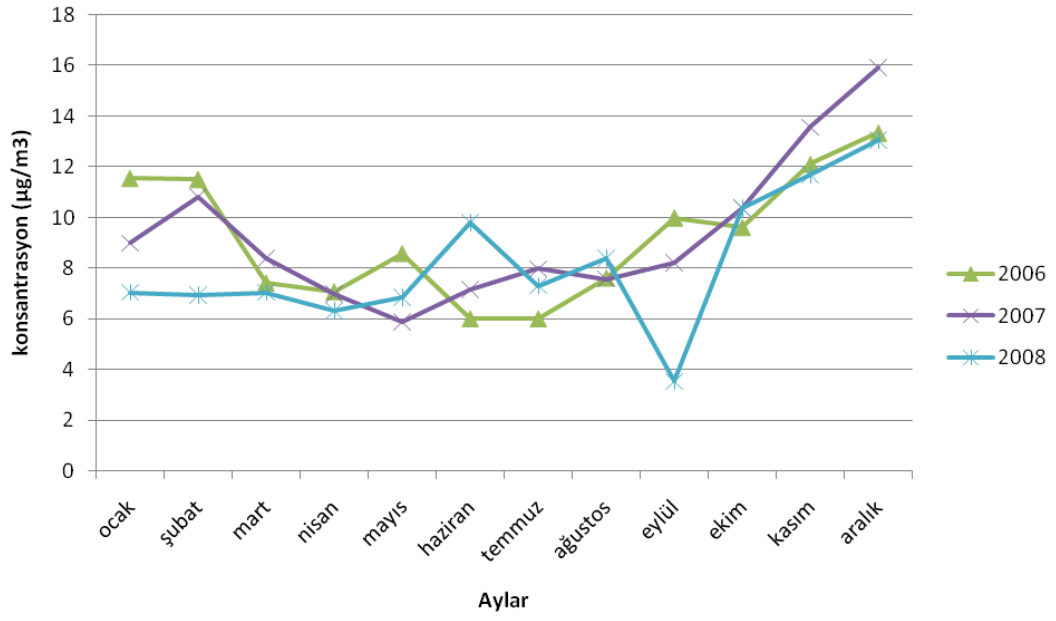


4. İstasyon NO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi





7. İstasyon NO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi



8. İstasyon NO₂ Değerlerinin Zamana Bağlı Değişimi

