

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DENİZLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ'NİN HAVA
KALİTESİNE KATKISININ AERMOD DAĞILIM MODELİ
İLE BELİRLENMESİ**

TEZLİ YÜKSEK LİSANS

ELİF AYSU BATKAN

DENİZLİ, KASIM - 2019

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**DENİZLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ'NİN HAVA
KALİTESİNE KATKISININ AERMOD DAĞILIM MODELİ
İLE BELİRLENMESİ**

TEZLİ YÜKSEK LİSANS

ELİF AYSU BATKAN

DENİZLİ, KASIM - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Elif Aysu BATKAN tarafından hazırlanan “**Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nin Hava Kalitesine Katkısının AERMOD Dağılım Modeli ile Belirlenmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 25.11.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.


Jüri Üyeleri

İmza

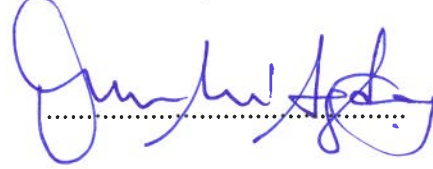
Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Sibel ÇUKURLUOĞLU



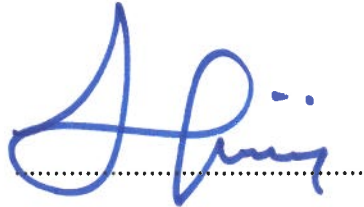
Üye
Prof. Dr. Tolga ELBİR
Dokuz Eylül Üniversitesi



Üye
Prof. Dr. Osman Nuri AĞDAĞ
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **29/01/2020** tarih ve **05/25**... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.


Elif Aysu BATKAN

ÖZET

DENİZLİ ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ'NİN HAVA KALİTESİNE KATKISININ AERMOD DAĞILIM MODELİ İLE BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELİF AYSU BATKAN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ SİBEL ÇUKURLUOĞLU)

DENİZLİ, KASIM - 2019

Tez kapsamında, Denizli Organize Sanayi Bölgesi (DOSB)'deki sanayi tesislerinde kömür ve doğalgaz kullanımından kaynaklanan NO₂, SO₂ ve PM₁₀ emisyonlarının atmosferdeki dağılımları belirlenmiştir. Üç farklı senaryoya göre NO₂, SO₂ ve PM₁₀ emisyon dağılımlarının belirlenmesi amacıyla AERMOD dağılım modeli kullanılmıştır. Bu senaryolar; hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum (Senaryo 1), tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum (Senaryo 2) ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum (Senaryo 3) şeklindedir. Senaryo 1'e göre en yüksek yıllık ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 39 µg/m³, 176 µg/m³ ve 291 µg/m³ şeklinde belirlenmiştir. Senaryo 2'ye göre en yüksek yıllık ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 32 µg/m³, 0,07 µg/m³ ve 0,9 µg/m³'tür. Senaryo 3'e göre en yüksek yıllık ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 24 µg/m³, 88 µg/m³ ve 3,8 µg/m³ olarak gözlemlenmiştir. Senaryo 1'e göre en yüksek saatlik ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 964 µg/m³, 4.784 µg/m³ ve 7.932 µg/m³'tür. Senaryo 2'ye göre en yüksek saatlik ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 799 µg/m³, 1,7 µg/m³ ve 22 µg/m³ şeklinde belirlenmiştir. Senaryo 3'e göre en yüksek saatlik ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 604 µg/m³, 2.393 µg/m³ ve 99 µg/m³ olarak gözlemlenmiştir. Senaryo 1, Senaryo 2 ve Senaryo 3 için 24 saatlik PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 7.767 µg/m³, 20 µg/m³ ve 97 µg/m³'tür. Maksimum yıllık ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları, Senaryo 2'ye göre Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY)'de belirtilen sınır değerleri sağlamıştır. Senaryo 1'e göre SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları sınır değerlerin üstünde, NO₂ konsantrasyonları ise sınır değerinin altında kalmıştır. Senaryo 3'e göre SO₂ konsantrasyonları sınır değeri aşmış, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları ise sınır değerleri sağlamıştır. AERMOD dağılım modeli ile belirlenen SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının, Denizli'de bulunan iki hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen konsantrasyonlardan daha düşük olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELELER: Hava Kalitesi Modelleme, AERMOD, Hava Kirliliği, NO₂, SO₂, PM₁₀, Denizli

ABSTRACT

DETERMINATION OF CONTRIBUTION OF DENİZLİ ORGANIZED INDUSTRIAL REGION TO AIR QUALITY BY AERMOD DISPERSION MODEL

MSC THESIS

ELİF AYSU BATKAN

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

(SUPERVISOR:ASSIST. PROF. SİBEL ÇUKURLUOĞLU)

DENİZLİ, NOVEMBER 2019

In the scope of the thesis, the atmospheric dispersions of SO₂, PM₁₀ and NO₂ emissions sourced from the use of coal and natural gas in Denizli Organized Industrial Region (DOSB) were determined. AERMOD distribution model was used to determine emission distributions of NO₂, SO₂ and PM₁₀ according to three different scenarios. These scenarios are the case where none emission reduction prevention (Scenario 1), the case where all industrial plants use natural gas (Scenario 2), and the case where emission reduction prevention (Scenario 3). The highest annual average results for NO₂, SO₂ and PM₁₀ concentrations in Scenario 1 were determined as 39 µg/m³, 176 µg/m³, and 291 µg/m³, respectively. According to the Scenario 2, the highest annual average concentrations of NO₂, SO₂ and PM₁₀ were 32 µg/m³, 0.07 µg/m³, and 0.9 µg/m³, respectively. The highest annual mean concentrations of NO₂, SO₂ and PM₁₀ were observed as 24 µg/m³, 88 µg/m³, and 3.8 µg/m³, respectively, for the Scenario 3. The highest hourly average concentrations of NO₂, SO₂ and PM₁₀ for Scenario 1 were 964 µg/m³, 4,784 µg/m³, and 7,932 µg/m³, respectively. According to the Scenario 2, the highest hourly average results for NO₂, SO₂ and PM₁₀ concentrations were determined as 799 µg/m³, 1.7 µg/m³, and 22 µg/m³, respectively. The highest hourly average concentrations of NO₂, SO₂ and PM₁₀ were observed as 604 µg/m³, 2,393 µg/m³, and 99 µg/m³, respectively, for the Scenario 3. The 24-hour PM₁₀ concentrations for the Scenarios 1, 2, and 3 were 7,767 µg/m³, 20 µg/m³, and 97 µg/m³, respectively. The maximum annual average concentrations of NO₂, SO₂ and PM₁₀ provided the limit values specified in the Turkish Regulation on Industrial Air Pollution Control for the Scenario 2. According to the Scenario 1, SO₂ and PM₁₀ concentrations remained above the limit values, while NO₂ concentrations remained below the limit value. SO₂ concentrations exceeded the limit value, while NO₂ and PM₁₀ concentrations provided the limit values for the Scenario 3. The concentrations of SO₂ and PM₁₀ determined by the AERMOD dispersion model were lower than those measured at the two air quality monitoring stations in Denizli.

KEYWORDS: Air Quality Modeling, AERMOD, Air Pollution, NO₂, SO₂, PM₁₀, Denizli

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
SEMBOL LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR.....	3
2.1 Hava Kalitesi Modelleri	3
2.2 Modelleme Yaklaşımları.....	4
2.3 Hava Kalitesi Dağılım Modelleri	5
2.4 AERMOD Dağılım Modeli ile Gerçekleştirilmiş Çalışmalar	7
2.5 Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuattaki Yeri	9
3. ÇALIŞMA ALANI	12
4. EMİSYON ENVANTERİ	14
4.1 Emisyon Hesaplaması	14
4.2 Yakıt Tüketim Miktarları	14
4.3 Yakıt Özellikleri	16
4.4 Emisyon Faktörleri	17
5. MATERYAL METOD.....	20
5.1 AERMOD Hava Kalitesi Dağılım Modeli Girdileri.....	20
5.1.1 Meteorolojik Veriler.....	20
5.1.2 Topoğrafya Verileri.....	21
5.1.3 Kaynak Bilgileri	23
5.2 Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Verisi.....	23
6. BULGULAR.....	24
6.1 Toplam Emisyon Miktarları	24
6.2 Yıllık Ortalama NO ₂ , SO ₂ ve PM ₁₀ Konsantrasyonları	25
6.2.1 Yıllık Ortalama NO ₂ Konsantrasyonları.....	26
6.2.2 Yıllık Ortalama SO ₂ Konsantrasyonları	29
6.2.3 Yıllık Ortalama PM ₁₀ Konsantrasyonları	32
6.3 Saatlik Ortalama NO ₂ , SO ₂ ve PM ₁₀ Konsantrasyonları	35
6.3.1 Saatlik Ortalama NO ₂ Konsantrasyonları.....	36
6.3.2 Saatlik Ortalama SO ₂ Konsantrasyonları.....	39
6.3.3 Saatlik Ortalama PM ₁₀ Konsantrasyonları.....	42
6.3.4 24 Saatlik Ortalama PM ₁₀ Konsantrasyonları.....	44
6.4 AERMOD Dağılım Modeli Sonuçları ile Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Verisinin Karşılaştırılması	47
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
8. KAYNAKLAR	52
9. EKLER	58
EK A Hava Kirliliği Kontrol Sistemlerinin Olmadığı (Kontrolsüz) Durumda Hesaplanan Emisyon Miktarları	58

EK B Tüm Sanayi Tesislerinin Doğalgaz Kullandığı Durumda Hesaplanan Emisyon Miktarları	61
EK C Hava Kirliliği Kontrol Sistemlerinin Kullanıldığı (Kontrollü) Durumda Hesaplanan Emisyon Miktarları	64
EK D Noktasal Kaynaklara İlişkin Veriler	67
10. ÖZGEÇMİŞ.....	70

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Tez kapsamında belirlenen çalışma alanı	12
Şekil 3.2: DOSB’de çalışmaya dahil edilen kaynakların sektörel dağılımları..	14
Şekil 4.1: Tez kapsamında ele alınan doğalgaz ve kömür kullanan sanayi tesisleri	18
Şekil 5.1: 2017 yılı Denizli ili rüzgar gülü.....	22
Şekil 5.2: Topoğrafik datanın sağlanması için UTM Zone seçimi gösteren ekran görüntüsü	23
Şekil 5.3: Çalışma alanında bulunan kartezyen grid sistemindeki alıcı noktalar	23
Şekil 6.1: Yıllık ortalama NO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)	28
Şekil 6.2: Yıllık ortalama NO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)	29
Şekil 6.3: Yıllık ortalama NO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)	29
Şekil 6.4: Yıllık ortalama SO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1).....	31
Şekil 6.5: Yıllık ortalama SO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2).....	32
Şekil 6.6: Yıllık ortalama SO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3).....	32
Şekil 6.7: Yıllık ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)....	34
Şekil 6.8: Yıllık ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)	34
Şekil 6.9: Yıllık ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)	35
Şekil 6.10: Saatlik ortalama NO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)..	38
Şekil 6.11: Saatlik ortalama NO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)..	39
Şekil 6.12: Saatlik ortalama NO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)..	39
Şekil 6.13: Saatlik ortalama SO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1) ..	41
Şekil 6.14: Saatlik ortalama SO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2) ..	42
Şekil 6.15: Saatlik ortalama SO ₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3) ..	42
Şekil 6.16: Saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1).....	44
Şekil 6.17: Saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2).....	44
Şekil 6.18: Saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3).....	45
Şekil 6.19: 24 saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1).....	47
Şekil 6.20: 24 saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2).....	47
Şekil 6.21: 24 saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3).....	48

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Birincil ve ikincil hava kirletici maddelerin genel sınıflandırması....	1
Tablo 2.1: SKHKKY Ek 2 Tablo 2.2'ye göre tesis etki alanında hava kalitesi sınır değerleri.....	11
Tablo 3.1: Denizli Organize Sanayi Bölgesi sektörel dağılımı	13
Tablo 4.1: DOSB 2017 yılı yakıt tüketim miktarları ve türleri	16
Tablo 4.2: DOSB'de kullanılan yakıtların özellikleri.....	18
Tablo 4.3: AP – 42 kapsamında doğalgaz için belirlenen kontrolsüz durum emisyon faktörleri.....	19
Tablo 4.4: AP – 42 kapsamında kömür için belirlenen kontrolsüz durum emisyon faktörleri.....	19
Tablo 4.5: AP – 42 kapsamında doğalgaz için belirlenen emisyon faktörleri ..	20
Tablo 4.6: AP – 42 kapsamında kömür için belirlenen kontrollü durum emisyon faktörleri.....	20
Tablo 6.1: Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durumda oluşan emisyonlar (Senaryo 1)	25
Tablo 6.2: Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durumda oluşan emisyonlar (Senaryo 3)	26
Tablo 6.3: Yer seviyesindeki en yüksek yıllık ortalama konsantrasyonlar.....	27
Tablo 6.4: En yüksek yıllık ortalama NO ₂ konsantrasyonları.....	28
Tablo 6.5: En yüksek yıllık ortalama SO ₂ konsantrasyonları	30
Tablo 6.6: En yüksek yıllık ortalama PM ₁₀ konsantrasyonları	33
Tablo 6.7: En yüksek saatlik ortalama konsantrasyonların görüldüğü alıcı noktalar ve zaman dilimleri.....	36
Tablo 6.8: En yüksek saatlik ortalama NO ₂ konsantrasyonları.....	37
Tablo 6.9: En yüksek saatlik ortalama SO ₂ konsantrasyonları	40
Tablo 6.10: En yüksek saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonları.....	43
Tablo 6.11: En yüksek 24 saatlik ortalama PM ₁₀ konsantrasyonları	46
Tablo 6.12: En yüksek yıllık ortalama konsantrasyonlara göre modelleme ve istasyon verilerinin karşılaştırması.....	49

SEMBOL LİSTESİ

AERMOD	:	AMS/EPA Regulation Model
ÇED	:	Çevresel Etki Değerlendirmesi
DOSB	:	Denizli Organize Sanayi Bölgesi
HKDYY	:	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
IKHKKY	:	Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
ISCST	:	Industrial Source Complex – Short Term
MGM	:	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NOAA	:	National Oceanic and Atmospheric Administration
PES	:	Pacific Environmental Services
SKHKKY	:	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
USEPA	:	United States Environmental Protection Agency
USGS	:	United States Geological Survey

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamın başlangıcından sonuna kadar her safhada yardımlarını, ilgisini ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli hocam ve tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sibel ÇUKURLUOĞLU'na tüm şükran ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çok değerli öneri, yorum ve desteklerinden dolayı sayın Prof. Dr. Tolga ELBİR, sayın Prof. Dr. Abdurrahman BAYRAM ve sayın Prof. Dr. Osman Nuri AĞDAĞ'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden Arş. Gör. Dr. Melik KARA ve Arş. Gör. Efem BİLGİÇ'e,

Çalışmalar sırasında kullanılan verilerin sağlanması aşamasında tüm ilgi ve desteğini sunan Denizli Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisi Müdürü sayın İbrahim EREŞME ve Denizli Organize Sanayi Bölgesi Müdürü sayın Ahmet TAŞ'a,

Yüksek lisans çalışmalarına devam etmem konusunda hoşgörü gösteren şirket müdürlerim ve iş arkadaşlarıma

Ve beni bugünlere getiren, hayatımın tüm aşamalarında desteklerini hissettiren aileme, çalışmalarım sırasında hep yanımda olan arkadaşlarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Kasım, 2019

Elif Aysu BATKAN

1. GİRİŞ

Hava kirliliği, canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve/veya maddi zararlar oluşturan havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerindeki miktar ve yoğunluğa ulaşması olarak tanımlanabilmektedir. Havadaki bu denge bozunumuna sebep olan kaynaklar ise temel olarak doğal kaynaklar ve antropojenik kaynaklar olarak sınıflandırılmaktadır. Doğal kirletici kaynaklar, orman, bitki örtüsü ve anız yangınları, yanardağ/vulkanik faaliyetler, okyanus spreyleri, buharlaşma ve biyojenik kaynaklar olarak örneklendirilebilmektedir. İnsan faaliyetleri sonucu oluşan kirlilik olarak tanımlanan antropojenik kaynaklardan meydana gelen kirleticiler ise hacimsel, alansal, çizgisel ve noktasal kaynaklar olarak sınıflandırılabilir. Hava kirletici maddeler atmosferde bulunma durumlarına göre birincil ve ikincil kirleticiler olarak gruplandırılmaktadır. Birincil kirleticiler, kaynaktan doğrudan atmosfere verilen kirleticilerdir. Birincil kirleticilerin atmosferde bulunan doğal bileşenler ve atmosferik özellikler ile oluşan kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan kirleticiler ise ikincil kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. Hava kirletici maddeler fiziksel durumlarına göre gaz ve partikül kirleticiler olarak ikiye ayrılmaktadır. Gaz kirleticiler kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), hidrokarbonlar; partikül kirleticiler ise toz, duman, füme, uçucu kül, mist ve aerosoller olarak örneklendirilebilmektedir (Gökmen 2012; Gündoğdu 2006; Wark ve diğ. 1998; Afzali ve diğ. 2007).

Birincil ve ikincil hava kirletici maddelere ilişkin sınıflandırma Tablo 1.1'de verilmiştir (Wark ve diğ. 1998).

Tablo 1.1: Birincil ve ikincil hava kirletici maddelerin genel sınıflandırması

Sınıf	Birincil Kirletici	İkincil Kirleticiler
Kükürtlü bileşikler	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , sülfatlı bileşikler
Organik bileşikler	C ₁ -C ₅ bileşikleri	Ketonlar, aldehitler, asitler
Azot bileşikleri	NO, NH ₃	NO ₂ , NO ₃ bileşikler
Karbon oksitleri	CO, CO ₂	–
Halojenler	HCl, HF	–
–	–	Fotokimyasal oksitleyiciler (Ozon, PAN, NO ₂)

Dağılım modelleri kullanılarak henüz plan ya da proje aşamasında olan ya da mevcut tesislerin hava kalitesi üzerindeki etkileri belirlenebilmektedir. Böylece tesis alanının belirlenmesi, teknoloji seçimi, arazi kullanımı, çevresel etkilerin ortaya çıkarılması, gerekli ise kontrol önlemlerinin alınması şeklinde düzenlemeler yapılabilmektedir (Müezzinoğlu 2000).

Tez çalışması kapsamında, Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan sanayi tesislerinde kömür ve doğalgaz kullanımından kaynaklanan SO₂, PM₁₀ ve NO₂ emisyonlarının dağılımları; hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı (kontROLSÜZ) durum, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı (kontrollü) durum senaryoları için AERMOD dağılım modeli ile belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR

2.1 Hava Kalitesi Modelleri

Hava kalitesi modelleri, kirleticilerin kaynaktan salındıktan sonra atmosferdeki hareketlerinin (taşıma ve dispersiyon), üretim ve giderimlerinin (fiziksel, kimyasal reaksiyonlar, kuru ve yağ çökme) ve belirli alıcı noktalardaki konsantrasyonlarının matematiksel ifadelerle simule etmektedir (Holmes ve Marowska 2006; Demirarslan 2008, Zeydan 2014).

Antropojenik kaynaklardan meydana gelen emisyonların dağılımını belirlemede ve bunlarla ilgili gerekli önlemlerin alınabilmesi amacıyla hava kalitesi dağılım modellerinden faydalanılmaktadır. Modeller yardımıyla çeşitli kaynakların hava kalitesine etkisi tahmin edilebilmektedir. Bir kaynaktan yayılan veya yayılması öngörülen kirleticinin belirlenmiş zaman aralıklarında hava kalitesine olan etkileri, modeller aracılığıyla belirlenip gerekli önlemler alınabilmektedir. Bir kaynaktan çıkan kirleticinin atmosferdeki dağılımı, rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, güneş ışığı, bulutluluk, atmosferik türbülans, inversiyon katmanı, karışım yüksekliği ve yağışlılık gibi meteorolojik koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Hava kalitesi modelleri emisyon, meteoroloji, atmosferik konsantrasyon, birikim ve diğer faktörler arasındaki ilişkilerin belirlendiği sayısal araçlar olarak tanımlanmaktadır (Demirarslan 2015; Gökmen 2012).

Modelleme çalışmaları hava kalitesi yönetiminde karar verme süreçlerinde büyük önem taşımaktadır. Dünyanın herhangi bir bölgesinde herhangi bir kaynaktan yayılan emisyonların çevreye vereceği zararın hesaplanarak, kontrol ve önlem çalışmalarının oluşturulabilmesi için, yapılması gereken hava kirliliği etki değerlendirmesi, hava kalitesi modelleme çalışmaları ile sağlanmaktadır. Modelleme, bir olayı, olayın bağlı olduğu parametreler cinsinden mümkün olduğunca matematiksel olarak ifade etmektir. Kirleticiler, kaynaktan atmosfere bırakıldıktan sonra topoğrafik ve meteorolojik faktörlerin etkisiyle dağılmaktadır. Sıcaklık, rüzgar hızı ve yönü, atmosferdeki dikey karışımlar gibi birçok meteorolojik faktör bu dağılımın nasıl olacağına etkili olmaktadır. Kaynaktan çıkan emisyonların çıkış hızı, karakteri ve o bölgedeki meteorolojik ve coğrafik koşullar biliniyorsa modelleme

yapılarak ölçüm yapılmadan kaynaktan çıkan kirleticilerin nereye ve nasıl dağılacığı ve ilgili reseptörlerdeki kirletici konsantrasyonları hesap yöntemi ile belirlenmektedir. Hava kalitesinin, yüksek maliyetli ve hesaplamasının uzun zaman alması gibi dezavantajları bulunan ölçüm yoluyla hesaplama yerine; hesaplama tekniklerinin hızlı ve ucuz yöntem olmalarından dolayı modelleme ile belirlenmesi tercih edilmektedir (Erdoğan 2012).

2.2 Modelleme Yaklaşımları

Kutu modelleri hava kalitesi modelleme yöntemleri içinde en basit olan modelleme yaklaşımıdır. Genellikle yerleşim bölgelerinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Kirleticilerin, sabit hacimdeki üç boyutlu bir kutu (dikdörtgen) için üniform olarak karıştığı varsayımına dayanmaktadır. Bu modelleme atmosfer bir kutu olarak düşünülürse, kutu içindeki hava kirletici maddelerin dağılımını, fiziksel ve kimyasal reaksiyonlarını hesaplayabilmektedir (Gökmen 2012; Demirarslan 2008).

Dağılım modelleri atmosferik prosesleri karakterize etmek için matematiksel formüller kullanarak bir kaynaktan yayılan kirleticinin dağılımını belirlemektedir. Dağılım modelleri seçilen alıcı noktalarda, emisyonlara ve meteorolojik girdilere göre konsantrasyon tahmini yapabilmektedir (EPA 2017).

Gauss modellemesi hava kalitesi modelleme yöntemleri içinde en eski ve en yaygın olarak kullanılan yaklaşımdır. Bu yaklaşımda kirleticilerin Gaussian eşitliği ile dağıldığı varsayılmaktadır. Genellikle dağılımın sürekli olduğu durumlar için kaynaktan yer seviyesine ve daha üst seviyelerde oluşacak kirletici konsantrasyonlarının tahmininde kullanılmaktadır. Gauss modelinde kirleticilerin adveksiyonu ve difüzyonu incelenebilmekte ve kirleticilerin yaş ve kuru depozisyonları ile hızlı kimyasal reaksiyonları gözlemlenebilmektedir (Demirarslan 2008).

Lagrangian modellemesinde kirletici konsantrasyonları kutu modeli prensibinde olduğu gibi bir kutu içinde, gazların yoğunluk farklarından meydana gelen konsantrasyon farklarını, rüzgara bağlı türbülansları ve moleküler difüzyonu

hesaplamaktadır. Kararlı olmayan meteorolojik durumlar için Lagrangian modeli uygundur (Gökmen 2012).

Eulerian modelinin çalışma prensibi Lagrangian modeline benzemekte olup, hesaplamaları üç boyutlu yapabileceği şekilde daha fazla kutuya sahiptir. Hareket ve kütle transfer sürecinin belirlenebildiği en yaygın yol Euler yaklaşımıdır. Euler yaklaşımında kirleticilerin hava kutusu adı verilen özel hacme sahip bir kutuda üniform olarak dağıldığı kabul edilmektedir (Demirarslan 2008).

Yoğun gaz modellemesi kirletici gaz yoğunluklarının çok yüksek olduğunun bilindiği durumlarda kullanılan modelleme yaklaşımıdır (Gökmen 2012).

2.3 Hava Kalitesi Dağılım Modelleri

Hava kalitesi belirleme çalışmalarında kullanılan en yaygın modelleme yöntemleri meteorolojik modeller, matematiksel modeller, dispersiyon modelleri ve istatistiksel modeller altında dört grupta toplanmaktadır. Meteorolojik modeller bölgesel ve küresel meteorolojik olayları anlamak ve hava kirliliği difüzyon modelleri için gerekli meteorolojik verileri sağlamak amacıyla kullanılmaktadır (Erdoğan 2012).

Dağılım modelleri model yaklaşımlarının en karmaşık olanıdır ve dağılım mekanizmasının en ayrıntılı tanımının yapıldığı model şeklidir. Bu modeller uzaysal ve zamansal uyumsuzlukları tanımlamaları bakımından avantajlıdır. Dağılım modelleri modele teoriyi dahil etmekte ve uygun tahminler yapmaktadır. Günümüzde dağılım modeli kullanılarak yapılan hava kalitesi modelleme çalışmalarında EPA tarafından kabul görmüş modeller tercih edilmektedir. EPA yarıçapı 50 km'den az olan bir bölgenin modellemesinde kararlı hal Gauss dağılım modellerini önermektedir. Bunlar SCREEN3, ISCT3, ISC-PRIME ve AERMOD dağılım modelleridir (Erdoğan 2012).

SCREEN 3 modeli tek bir kaynaktan (noktasal, alansal ve hacimsel) yayılan ve yer seviyesinde maksimum konsantrasyona sahip olan, çukur alanlardaki konsantrasyonların yanı sıra inversiyon tabakaları ve sis olan bölgelerde de kullanıma uygun olan bir Gauss hüzme modelidir (EPA 2017).

CALPUFF (California Puff Model) modeli kararlı olmayan durumlarda zaman ve bölgeye göre değişen meteorolojik koşullar içinde, kirleticilerin taşınmalarını, kimyasal dönüşümlerini ve ıslak–kuru çökme prosesleriyle kirleticilerin uzaklaştırılmasını simule etmede kullanılan Gaussian dağılım esasına dayanan bir Lagrangian puff modelidir. Model CALMET, CALPUFF ve CALPOST olmak üzere 3 temel modülden oluşmaktadır. CALMET meteorolojik verinin çalışıldığı, üç boyutlu hücrelere ayrılmış alan üzerinde, saatlik sıcaklık alanı (haritası) oluşturan modüldür (Gökmen 2012; Erdoğan 2012).

ISCST (Industrial Source Complex–Short Term) modeli ilk olarak USEPA tarafından 1970’li yıllarda, Amerika’da, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) ve emisyon izni çalışmalarında kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. 1989 – 1992 yılları arasında PES (Pacific Environmental Services Inc.)’den alınan profesyonel yardımla köklü değişiklikler yapılmış ve geliştirilerek ISCST2 adını almıştır. 1990’lı yılların başında PES tarafından günümüzde kullanılan ISCST3 versiyonu hazırlanmıştır. 28 – 29 Haziran 2000 tarihinde Washington’da yapılan 7. Modelleme Konferansı’nda ISCST3 modeli yerine ilk olarak 1991 yılında geliştirilen ISCST3 ile aynı altyapıyı kullanan ve daha ayrıntılı meteorolojik değerlendirmeler yapabilen AERMOD isimli dağılım modelinin kullanılması önerilmiştir. AERMOD 2005 yılında EPA tarafından resmi olarak kabul edilmiştir (Parter ve Midgley 2006; Çelebi 2014).

ISC3 modeli kirleticilerin kaynaktan 50 km mesafeye kadar hiçbir reaksiyona girmeden dağılımını hesaplamak üzere kullanılmaktadır. Modelde kısa vadeli kirletici dağılımları için ISCST3, uzun vadeli kirletici dağılımlarına yönelik ise ISCLT3 olmak üzere kullanım amacına göre iki ayrı sürüm yer almaktadır. Kompleks endüstriyel kaynaklar (tek veya çoklu noktasal kaynak, alansal, çizgisel, hacimsel kaynaklar) için kullanılabilir. Kırsal ve kentsel yerleşim alanları için konsantrasyon tahmini yapabilmekte ve ıslak ve kuru çökme konsantrasyonlarını verebilmektedir (Gökmen 2012; Erdoğan 2012).

AERMOD dağılım modeli sabit bir kaynaktan yayılan hava kirleticileri hesaplamak amacıyla geliştirilen bir kararlı hal Gauss dağılım modellemesidir (EPA 2018). AERMOD, kararlılık durumlarında baca gazı çıkış hızı ve sıcaklık değişikliklerini, kararsız durumlarda ise aşağı akım ve yukarı akımları dikkate alabilmektedir. AERMOD dağılım modeli, rüzgar, sıcaklık ve türbülansları

ölçülebilen her yükseklik düzeyi için dikkate almaktadır. Dağılım modeli, kararlı durumlar için Gaussian formülünü, kararsız durumlarda da Gaussian olmayan eşitliği kullanmaktadır. AERMOD, sınır katmanı parametrelerini, konvektif dağılımlarını, duman yükselmesi formüllerini dikkate almaktadır (Erdoğan 2012; Dölek 2007; Demirarslan 2015; EPA 2003).

AERMOD dağılım modelinde rüzgar hızı, rüzgar yönü ve yüzey pürüzlülük uzunluğu; konsantrasyon sonuçlarını önemli ölçüde etkilerken, albedo ve Bowen oranının konsantrasyonlar üzerinde oldukça düşük etkisi olduğu ve yıllık sonuçlar üzerinde etkisi bulunmadığı belirtilmiştir (Laffoon 2005; Karvounis ve diğ. 2006; Erdoğan 2012).

AERMOD, üç temel modül içermektedir. Bunlar AERMAP, AERMET ve bir model girdi dosyasıdır. AERMAP olarak adlandırılan ve üstünde hava kirliliği davranışları ile alan özellikleri arasındaki fiziksel ilişkiyi sağlayan, her bir reseptör yeri için konum ve yükseklik verisi oluşturan bir alan ön işlemcidir (Brode 2006).

AERMET olarak adlandırılan ve yüzey meteorolojik verilerini üst atmosfer tabakası çevresinin ve isteğe bağlı tesis içi araç kulelerinin verileri kabul eden atmosferik türbülans karakteristikleri, sürtünme hızı ve yükseklikler gibi dağılım modeli için gerekli atmosferik parametreleri hesaplayan bir meteorolojik veri ön işlemcisidir. Bunlara ek olarak emisyon kaynakları ile onların özelliklerini barındıran model girdi dosyasıdır (Brode 2006).

2.4 AERMOD Dağılım Modeli ile Gerçekleştirilmiş Çalışmalar

Dünyada ve ülkemizde AERMOD dağılım modeli kullanılarak gerçekleştirilmiş olan hava kalitesi modelleme çalışmaları bulunmaktadır.

Çayırhan Termik Santrali'nin modelleme çalışmasında SO₂, NO_x ve PM₁₀ kirleticilerinin yer seviyesi konsantrasyonları için ISCST3 ve AERMOD dağılım modelleri kullanılmıştır. Dağılım modellerinin sonuçları 2004 yılı Kasım ayında yapılan ortam havası kirlilik ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmış ve her iki model kullanılarak elde edilen SO₂ konsantrasyonları, gerçekleştirilen ölçüm sonuçlarından

daha düşük bulmuştur. NO_x için ölçüm sonuçları ve model sonuçlarının daha yakın değerler verdiği belirlenmiştir. PM₁₀ için yeterli bir ölçüm verisine ulaşılamamış olup bu çalışma için herhangi bir karşılaştırma verilmemiştir (Dölek 2007).

Kocaeli ili Körfez ilçesinde gerçekleştirilen bir çalışmada konut kaynaklı CO ve NO_x emisyonlarının dağılımlarını belirlemek amacıyla AERMOD, ISCST3 ve CALPUFF modelleri kullanılmıştır. Sonuçlar açısından her üç programda da benzerlikler görülmüştür. AERMOD ve CALPUFF haritalarında konsantrasyonun Körfez ilçesinin doğu ve batı yönünde dağıldığı, ISCST3 haritasında ise bu dağılımın ilçenin batısına doğru olduğu sonucuna varılmıştır. NO_x dağılım haritalarında yoğun olan bölgenin Körfez ili yerleşim yerlerinin bulunduğu bölgeler olduğu ve her üç programda da konsantrasyon yayılım yönleri özellikle yıllık dağılım haritalarında aynı olup bu yönlerde bulunan alıcı noktalardaki konsantrasyon düzeylerinin de eşit olduğu görülmüştür (Demirarslan ve Doğruparmak 2015).

Tuygun ve diğ. (2017) tarafından Kütahya’da linyit yakıtlı enerji santralleri ve açık döküm madencilik faaliyetleri gerçekleştirilen sanayi bölgeleri, yerleşim alanları ve trafik kaynakları içeren 140 km x 110 km’lik çalışma alanı için AERMOD dağılım modeli kullanılarak, SO₂, NO_x, PM₁₀ ve CO konsantrasyon dağılımları simule edilmiştir. Modelleme ile elde edilen sonuçlar, çalışma alanı içinde gerçekleştirilen örnekleme sonuçları ile karşılaştırılmış ve örnekleme yapılan parametreler içinde en güçlü istatistiksel ilişki ($R^2= 0,75$) SO₂ ölçümleri için belirlenmiştir.

Çanakkale ili için 170 km x 125 km’lik bir alanda PM₁₀, SO₂, NO_x ve CO kirleticilerinin dağılımı AERMOD modeli ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerin doğrulanması amacıyla kentte bulunan 4 farklı hava kalitesi izleme istasyonu verisi ile karşılaştırma yapılmıştır. Emisyon envanteri sonuçları SO₂ ve NO_x emisyonlarının temel kaynağının sanayi bölgesi, PM₁₀ emisyonlarının temel kaynağının evsel ısınma ve CO emisyonlarının temel kaynağının ise trafik olduğunu göstermiştir (Tuna 2015).

Akdemir (2017) AERMOD dağılım modelini kullanarak Samsun Organize Sanayi Bölgesi’nde SO_x ve NO_x modellemesi gerçekleştirmiştir. Emisyon envanteri için emisyon raporları, meteorolojik veriler için Ondokuz Mayıs Üniversitesi’ne ait mobil hava kalitesi ölçüm aracı verileri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı sabit istasyon

verileri ve bölgede yapılan projelerden alınan veriler kullanılmıştır. Sanayi faaliyetlerinin yoğun olduğu bölgelerde yüksek çıkan NO₂ ve SO₂ miktarlarının sanayi bölgesinden yerleşim yerlerine doğru etkisini kaybettiği belirlenmiştir.

Zou ve diğ. (2010) Teksas şehirleri olan Sallas ve Ellis’de AERMOD dağılım modeli ile gerçekleştirmiş oldukları SO₂ simulasyonunun seçtikleri zaman dilimleri olan 8 saatlik, günlük, aylık ve yıllık değerlerinin, 1 ve 3 saatlik simule edilen konsantrasyonlara göre daha uyumlu sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Erdoğan (2012) tarafından Hatay ili Erzin Aşağı Burnaz mevkiinde kurulması planlanan bir doğalgaz kombine çevrim santralinde farklı senaryolara göre SO₂, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları için modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir. Modelleme için ISCST3 ve AERMOD dağılım modelleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen model sonuçları ve farklı senaryo sonuçları karşılaştırılmıştır. Saatlik, 24 saatlik, aylık ve yıllık zaman ortalamalarına göre yapılan karşılaştırmada; her iki modelde de kirletici konsantrasyonlarının şehir bölgelerinde kırsal bölgelere ve zaman ortalamalarına göre değişmekte olduğu görülmüştür. ISCST3 model sonuçları AERMOD dağılım modeli sonuçlarına göre yüksek çıkmıştır.

Afzali ve diğ. (2017) tarafından Malezya, Joohar’da yer alan Pasir Gudang Sanayi Bölgesi’nden kaynaklanan SO₂, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımları WRF (Weather Research and Forecasting) ile AERMOD dağılım modeli kullanılarak belirlenmiştir. Modelleme çalışması, 2 hafta için saatlik yüzeysel ve üst katman meteorolojik verileri ile gerçekleştirilmiştir. Modelin doğruluğunu değerlendirmek için Pasir Gudang Hava Kalitesi İzleme İstasyonu’nda ölçülen konsantrasyonlar ile karşılaştırma yapılmıştır. Modelleme sonucunda elde edilen sonuçlarla, gözlemlenen konsantrasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları, SO₂, NO₂ ve PM₁₀ için sırasıyla 0,96, 0,93 ve 0,90 olarak bulunmuştur.

2.5 Hava Kalitesi Yönetimi ve Mevzuattaki Yeri

Türkiye’de sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü amacıyla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan 3 Temmuz 2009 tarih ve 27277 sayılı “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği”,

06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı ‘‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’’ ve 13.01.2005 tarih ve 25699 sayılı ‘‘Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’’ hükümleri esas alınmaktadır.

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’nin (SKHKKY) 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 korumaya; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermeye ve bu etkilerin ortaya çıkmasını engellemeye ilişkin usul ve esasları belirlemek*’’tir (SKHKKY 2014).

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’nin (HKDYY) amacı ‘‘*Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak ve değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek*’’tir (HKDYY 2009).

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği’nin (IKHKKY) amacı ‘‘*Konut, toplu konut, kooperatif, site, okul, üniversite, hastane, resmi daireler, işyerleri, sosyal dinlenme tesisleri, sanayide 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 denetlemek*’’tir (IKHKKY 2009).

SKHKKY’ye göre tesis etki alanındaki emisyonların SKHKKY Ek 2 Tablo 2.1’de yer alan sınır değerleri aşmaması gerektiği belirtilmektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: SKHKKY Ek 2 Tablo 2.2'ye göre tesis etki alanında hava kalitesi sınır değerleri

Hava Kirlenici Madde	Süre	Birim	Yıl			
			2017	2018	2019 – 2023	2024 ve sonrası
SO ₂	Saatlik (Bir yılda 24 defadan fazla aşılamaz)	µg/m ³	410	380	350	350
	24 saatlik		175	150	125	125
	Yıllık ve kış dönemi (1 Ekim–21 Mart)		20	20	20	20
NO ₂	Saatlik (Bir yılda 18 defadan fazla aşılamaz)	µg/m ³	270	260	250	200*
	Yıllık		48	44	40*	40
PM ₁₀	24 Saatlik (Bir yılda 35 defadan fazla aşılamaz)	µg/m ³	70	60	50	50
	Yıllık		48	44	40	40

*Sınır değer 2024 yılı hedeflerine ulaşana kadar yıllık eşit olarak azaltılacaktır.

3. ÇALIŞMA ALANI

Tez, 28° 30' ve 29° 30' E ve 37° 12' ve 38° 12' N koordinatları arasında yer alan Denizli ilinin Honaz ilçesindeki Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nin merkez olarak alındığı 50 km x 50 km'lik bir çalışma alanında gerçekleştirilmiştir.

Bölgenin merkezi esas alındığında yaklaşık 2,3 km güneybatı tarafında Pınarkent Mahallesi, yaklaşık 2,9 km kuzeydoğu kısmında Gürleyik Köyü, yaklaşık 7 km güneyinde Ege Bölgesi'nin en yüksek dağı olan Honaz Dağı, 15 km kuzeybatısında Pamukkale-Hierapolis, yaklaşık 3 km kuzeyinde Büyük Çökelez Dağı, yaklaşık 1,5 km kuzey yönünden geçen Çürüksu Çayı ve yaklaşık 2,4 km güney-güneydoğu yönünde Colossae Antik Kenti yer almaktadır. Merkezefendi Hava Kalitesi İzleme İstasyonu DOSB'ye 20 km ve Bayramyeri Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ise 15 km uzaklıktadır. Tez kapsamında belirlenen çalışma alanını kapsayan uydu görüntüsü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1: Tez kapsamında belirlenen çalışma alanı

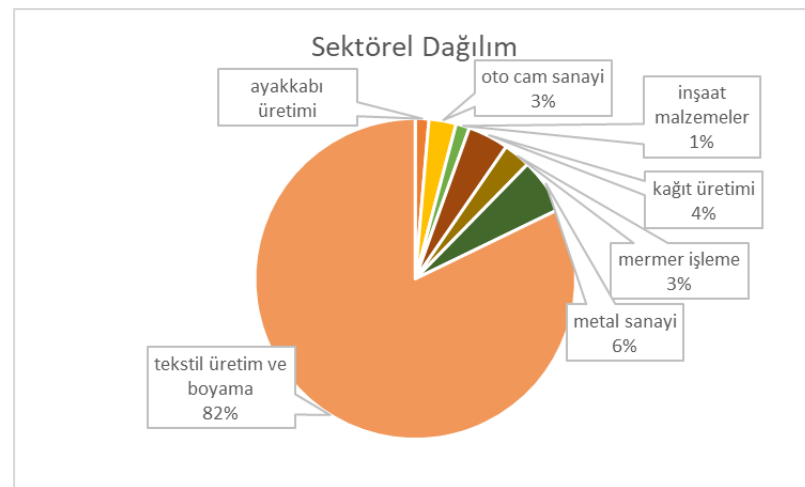
Denizli Organize Sanayi Bölgesi, 1975 yılında, Denizli'ye 18 km mesafede Denizli – Afyon karayolu üzerinde 3.000 dönümlük bir arazi üstüne kurulmuştur. 1996

ve 2003 yıllarında yapılan düzenlemelerle toplam alan 4.360.000 m²'ye ulaşmıştır. Bu alanın 3.019.000 m²'si sanayi parsel alanından, 28.836 m²'si Merkezi Atıksu Arıtma Tesisi alanından ve geri kalan 1.312.164 m²'lik alan ise yeşil alan, yol, park ve sosyal tesislerden oluşmaktadır. Bölgede büyüklükleri 5.000 m² ile 110.000 m² arasında değişen toplam 184 parsel bulunmaktadır. 2018 yılı sonu ile bölgede bulunan firmaların sektör dağılımı Tablo 3.1'de verilmiştir (DOSB 2019). Tekstil alanında faaliyet gösteren sanayi tesisleri bölgede bulunan sanayi tesislerinin yaklaşık olarak % 68'ini oluşturmaktadır.

Tablo 3.1: Denizli Organize Sanayi Bölgesi sektörel dağılımı

Sektör Adı	Firma Sayısı	Sektör Adı	Firma Sayısı
Gıda ürünleri imalatı	1	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	17
Tekstil ürünlerinin imalatı	125	Metal sanayi	19
Deri ve ilgili ürünlerin imalatı	1	Diğer ulaşım araçlarının imalatı	1
Kağıt ve kağıt ürünlerin imalatı	5	Elektrik, gaz, buhar ve iklimlendirme üretimi ve dağıtımı	5
Kimyasal, kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı	7	Toptan ticaret	3
Toplam	184		

Tez kapsamında DOSB'de modellemeye dahil edilen kaynakların sektörel dağılımı Şekil 3.2'de görülmektedir. Modelleme çalışması kapsamında ele alınan sanayi tesislerinin % 82'si tekstil üretim ve boyama faaliyeti göstermektedir (DOSB 2019).



Şekil 3.2: DOSB'de çalışmaya dahil edilen kaynakların sektörel dağılımları

4. EMİSYON ENVANTERİ

4.1 Emisyon Hesaplaması

Tez kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde kömür ve doğalgaz kullanımından kaynaklanan SO₂, PM₁₀ ve NO₂ emisyon miktarlarının hesaplanması amacıyla, kontrolsüz durum için 1 senaryo ve emisyon miktarlarının azaltılması kapsamında oluşturulan 2 senaryo olmak üzere 3 farklı senaryo belirlenmiştir:

Senaryo 1: Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı (kontrolsüz) durum

Senaryo 2: Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum

Senaryo 3: Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı (kontrollü) durum

Emisyon miktarlarının hesaplanması amacıyla Denklem 4.1'de verilen temel emisyon eşitliği kullanılmıştır (EPA 1995):

$$E = A \times EF \quad (4.1)$$

E : Kirletici emisyonu (g/s)

A : Yakıt tüketim miktarı (ton/yıl, Sm³/yıl)

EF : Kirleticiye ilişkin emisyon faktörü (kg/ton, kg/10⁶ m³)

4.2 Yakıt Tüketim Miktarları

Tez kapsamında emisyon envanterinin hazırlanması amacıyla DOSB'de 2017 yılında tüketilmiş olan kömür ve doğalgaz verisi DOSB Müdürlüğü'nden sağlanmış olup yakıt tüketim miktarları ve yakıt türleri Tablo 4.1'de verilmiştir (DOSB 2019).

Bölgede 2017 yılına ilişkin 74 noktasal kaynak verisine göre toplam 37.873.763 Sm³ doğalgaz ve 213.600 ton kömür tüketilmiştir.

Tablo 4.1: DOSB 2017 yılı yakıt tüketim miktarları ve türleri

Kaynak Kodu	Yakıt Türü	Yıllık Yakıt Tüketimi (Sm³/yıl)	Kaynak Kodu	Yakıt Türü	Yıllık Yakıt Tüketimi (Sm³/yıl)
EF1701D	Doğalgaz	5.451	EFD1716	Doğalgaz	263.574
EF1702D	Doğalgaz	174.758	EFD1717	Doğalgaz	21.320
EF1703D	Doğalgaz	16.225	EFD1718	Doğalgaz	2.501.160
EF1704D	Doğalgaz	10.264	EFD1720	Doğalgaz	1.517.592
EF1705D	Doğalgaz	94.786	EFD1722	Doğalgaz	898.948
EF1706D	Doğalgaz	6.773.935	EFD1723	Doğalgaz	140.476
EF1707D	Doğalgaz	442.050	EFD1724	Doğalgaz	8.052
EF1708D	Doğalgaz	2.836.370	EFD1725	Doğalgaz	7.366
EF1709D	Doğalgaz	5.621	EFD1726	Doğalgaz	16.268
EF1710D	Doğalgaz	29.490	EFD1727	Doğalgaz	6.198
EF1712D	Doğalgaz	31.673	EFD1729	Doğalgaz	2.587.635
EF1713D	Doğalgaz	24.980	EFD1731	Doğalgaz	1.639.842
EF1714D	Doğalgaz	733.271	EFD1732	Doğalgaz	222.761
EF1715D	Doğalgaz	3.076	EFD1733	Doğalgaz	56.616
EF1716D	Doğalgaz	37.367	EFD1734	Doğalgaz	421.598
EF1717D	Doğalgaz	5.155	EFD1736	Doğalgaz	1.321.759
EF1718D	Doğalgaz	17.690	EFD1738	Doğalgaz	1.774.110
EF1719D	Doğalgaz	13.037	EFD1739	Doğalgaz	116.368
EF1720D	Doğalgaz	2.211	EFD1740	Doğalgaz	29.548
EFD1701	Doğalgaz	23.475	EFD1742	Doğalgaz	365.877
EFD1702	Doğalgaz	715.405	EFD1743	Doğalgaz	36.578
EFD1703	Doğalgaz	672.097	EFD1744	Doğalgaz	77.191
EFD1705	Doğalgaz	249.648	EFD1745	Doğalgaz	3.055
EFD1706	Doğalgaz	8.485	EFD1746	Doğalgaz	63.226
EFD1707	Doğalgaz	2.053.208	EFD1747	Doğalgaz	212.813
EFD1709	Doğalgaz	35.530	EFD1749	Doğalgaz	1.495.810
EFD1710	Doğalgaz	749.696	EFD1750	Doğalgaz	2.102.499
EFD1711	Doğalgaz	21.829	EFD1751	Doğalgaz	1.332.232
EFD1712	Doğalgaz	4.888	EFD1752	Doğalgaz	925.334
EFD1713	Doğalgaz	3.681	EFD1754	Doğalgaz	1.744.971
EFD1714	Doğalgaz	167.634			

Tablo 4.1: DOSB 2017 yılı yakıt tüketim miktarları ve türleri (Devamı)

Kaynak Kodu	Yakıt Türü	Yıllık Yakıt Tüketimi (ton/yıl)	Kaynak Kodu	Yakıt Türü	Yıllık Yakıt Tüketimi (ton/yıl)
EFK1704	Kömür (Ege Linyit)	12.000	EFK1735	Kömür (Soma)	6.000
EFK1708	Kömür (Soma)	7.800	EFK1737	Kömür (Soma)	6.000
EFK1715	Kömür (Soma)	4.200	EFK1741	Kömür (Karışık)	19.200
EFK1719	Kömür (Soma)	12.000	EFK1748	Kömür (Karışık)	30.000
EFK1721	Kömür (Soma)	7.200	EFK1753	Kömür (Nazilli)	21.600
EFK1728	Kömür (Tekirdağ)	36.000	EFK1754	Kömür	36.000
EFK1730	Kömür (Karışık)	15.600			

Tez kapsamında temsili olarak belirlenen noktasal kaynakların, yakıt tüketimlerine göre dağılımları Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Yakıt türü kömür olan noktasal kaynaklar DOSB alanının kuzey ve kuzeydoğu yönlerinde dağılım göstermiştir. Bölgede doğalgaz kullanan noktasal kaynaklar ise alansal olarak yaygın durumda görülmüştür.

4.3 Yakıt Özellikleri

DOSB Müdürlüğü’nden sağlanan bilgilere göre Bölgede bulunan sanayi tesisleri, çoğunluğu Soma kömürü olmak üzere Ege Linyit, Tekirdağ ve Nazilli kömürleri kullanmaktadır. Bu kömür türlerinin tamamı linyit kömürü özelliğindedir. DOSB’de kullanılan doğalgaz ve kömür yakıtlarına ilişkin özellikler Tablo 4.2’de ortalama değerler olarak verilmiştir. Yakıt özellikleri belirlenirken DOSB Müdürlüğü’nden elde edilen 2017 yılı yakıt analiz raporları dikkate alınmıştır.



Şekil 4.1: Tez kapsamında ele alınan doğalgaz ve kömür kullanan sanayi tesisleri

Tablo 4.2: DOSB’de kullanılan yakıtların özellikleri

Yakıt	Alt Isıl Değer	Kükürt (%)	Kül (%)	Azot (%)	Nem (%)
Doğalgaz	8.250 kcal/Sm ³	–	–	2,8	–
Kömür	4.960 kcal/kg	1,3	10,2	–	16,0

4.4 Emisyon Faktörleri

DOSB’de doğalgaz kullanımı sonucunda oluşan emisyon miktarlarının hesaplanması amacıyla USEPA tarafından yayınlanan “AP – 42 1.4 Natural Gas Combustion (revised in July 1998)” dokümanında bulunan emisyon faktörleri kullanılmıştır (EPA 2014a). Kömür kullanımı sonucu oluşan emisyon hesaplamasında ise “AP – 42 1.7 Lignite Combustion (revised in September 1998)” dokümanındaki

emisyön faktörleri kullanılmıştır (EPA 2014b). Emisyön faktörleri belirlenirken sanayi tesislerinde kullanılan yakma teknolojileri dikkate alınarak seçim yapılmıştır. Seçilen emisyön faktörleri Tablo 4.2’de verilen yakıt özelliklerine göre uyarlanarak çalışmada kullanılan emisyön faktörleri hesaplanmıştır.

Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı kontrolsüz durum senaryosunda (Senaryo 1), DOSB’de doğalgaz ve kömür kullanımı sonucunda oluşan emisyön miktarlarının hesaplanması amacıyla sırasıyla Tablo 4.3 ve Tablo 4.4’de belirtilen emisyön faktörleri kullanılmıştır.

Tablo 4.3: AP – 42 kapsamında doğalgaz için belirlenen kontrolsüz durum emisyön faktörleri

Hava Kirlenici Madde	Kaynak EPA AP – 42	Doğalgaz	
		Kontrolsüz Durum Emisyön Faktörleri	
		Orjinal (lb/10 ⁶ scf)	Düzenlenen (kg/10 ⁶ m ³)
SO _x	Tablo 1.4–2	0,6	9,6
NO _x	Tablo 1.4–1	280	4.480
PM ₁₀	Tablo 1.4–2	7,6	121,6

Tablo 4.4: AP – 42 kapsamında kömür için belirlenen kontrolsüz durum emisyön faktörleri

Hava Kirlenici Madde	Kaynak EPA AP – 42	Kömür	
		Kontrolsüz Durum Emisyön Faktörleri	
		Orjinal (lb/ton)	Düzenlenen (kg/ton)
SO _x	Tablo 1.7–1	30S	19,9
NO _x	Tablo 1.7–1	7,1	3,6
PM ₁₀	Tablo 1.7–4	6,5A	33,2

Emisyön miktarlarının azaltılması amacıyla oluşturulan Senaryo 2 kapsamında, kömür tüketen sanayi tesislerinin tamamının yakıt olarak doğalgaz kullandığı kabul edilmiş ve emisyön hesaplaması yapılırken Tablo 4.3’de verilen emisyön faktörleri kullanılmıştır.

Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı kontrollü durum senaryosu (Senaryo 3) kapsamında, doğalgaz ve kömür kullanan sanayi tesislerinde SO₂, NO_x ve PM₁₀ emisyönlarının azaltılması amacıyla çeşitli hava kirliliği kontrol sistemlerinin uygulandığı kabulü yapılmıştır.

Doğalgaz kullanan sanayi tesislerinde düşük NO_x yakıcı kullanılması durumunda oluşan emisyön miktarları Tablo 4.5’de verilen emisyön faktörleri kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.5: AP – 42 kapsamında doğalgaz için belirlenen emisyon faktörleri

Hava Kirlenici Madde	Kaynak EPA AP – 42	Doğalgaz	
		Emisyon Faktörleri	
		Orjinal (lb/10 ⁶ scf)	Düzenlenen (kg/10 ⁶ m ³)
SO _x	Tablo 1.4-2	0,6	9,6
NO _x	Tablo 1.4-1	140	2.240
PM ₁₀	Tablo 1.4-2	7,6	121,6

Kömür kullanan sanayi tesislerinde SO₂ emisyonlarının azaltılması amacıyla yakma sırasında kazana kuru kireç/kireçtaşı enjeksiyonu yapıldığı ve sistem veriminin % 50 olduğu kabul edilmiştir. NO_x emisyonlarının azaltılması amacıyla EPA AP – 42 Tablo 1.7-3’de belirtilen kontrol yöntemlerinden aşırı hava beslemesi ve NO_x yakıcı kullanılması yöntemi ve buna karşılık gelen kontrollü durum emisyon faktörü seçilmiştir. EPA AP – 42 Tablo 1.7-5 kapsamında, PM₁₀ emisyonlarının azaltılması amacıyla torba filtre kullanıldığı kabul edilmiş ve ilgili emisyon faktörü hesaplamada esas alınmıştır.

Tablo 4.6: AP – 42 kapsamında kömür için belirlenen kontrollü durum emisyon faktörleri

Hava Kirlenici Madde	Kaynak EPA AP – 42	Kömür	
		Kontrollü Durum Emisyon Faktörleri	
		Orjinal (lb/ton)	Düzenlenen (kg/ton)
SO _x	Tablo 1.7-2	15S	9,98
NO _x	Tablo 1.7-3	4,6	2,3
PM ₁₀	Tablo 1.7-5	0,08A	0,41

Tez kapsamında, yakıt tüketimi ve bu üç farklı senaryo durumuna göre belirlenen emisyon faktörleri ile belirlenen emisyon miktarları, Ek A, Ek B ve Ek C’de verilmiştir.

5. MATERYAL METOD

Tez çalışması kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde kömür ve doğalgaz tüketiminden kaynaklanan SO₂, PM₁₀ ve NO₂ emisyonlarının üç farklı senaryoya göre dağılımlarının belirlenmesi amacıyla AERMOD hava kalitesi dağılım modeli kullanılmıştır.

5.1 AERMOD Hava Kalitesi Dağılım Modeli Girdileri

5.1.1 Meteorolojik Veriler

Meteorolojik veri ön işlemcisi olan AERMET üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, yüzey ve üst katman verisini çıkarıp birlikte işlemekte ve modül tarafından kalite kontrolü yapılmaktadır. İkinci aşama 24 saatlik periyotlarla bütün ulaşılabilir dataları birleştirerek tek bir dosya oluşturmaktadır. Üçüncü aşamada ise birleştirilmiş olan meteorolojik datalar ve hesaplanan katman verileri AERMOD kullanımına hazır hale getirilmektedir (EPA 2019).

AERMOD dağılım modeli meteorolojik veri ön işlemcisi olarak kullanılan AERMET modülünün çıktı dosyaları olan PFL ve SFC dosyaları ile atmosferik parametreleri simülasyona dahil etmektedir (EPA 2019).

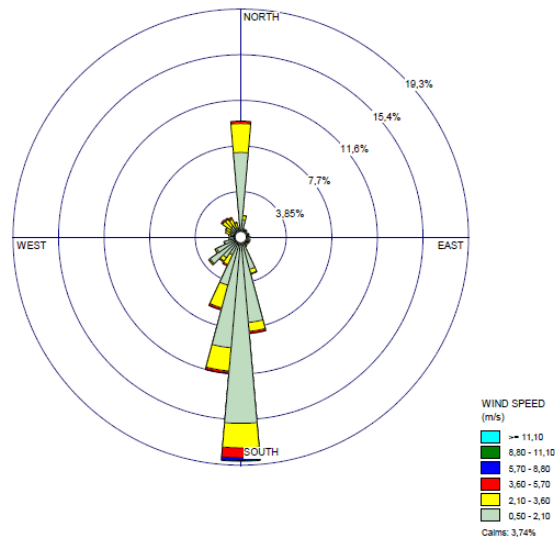
AERMET modülü için gerekli olan girdi dosyaları National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)'dan sağlanmıştır.

Yer seviyesi için 17237 nolu Denizli Merkez Meteoroloji İstasyonu ve radiosonde için 17220 nolu İzmir Güzelyalı Meteoroloji İstasyonu verisi kullanılmıştır.

Denizli ili için 1957 – 2018 yılları arası ortalama verilere göre; yıllık sıcaklık ortalaması 16,3 °C, ortalama en yüksek sıcaklık 22,5 °C, ortalama en düşük sıcaklık 10,7 °C, ortalama güneşlenme süresi 88,7 saat, ortalama yağışlı gün sayısı 91 gün ve aylık toplam yağış miktarı ortalama 565 mm'dir. Denizli ilinde en yüksek sıcaklık ortalaması 44,4 °C ve en düşük sıcaklık ortalaması –11,4 °C'dir. Denizli ili 2017 yılına

ilişkin yıllık ortalama rüzgar hızı 1,46 m/s ve en yüksek rüzgar hızı 13,4 m/s'dir (MGM 2019).

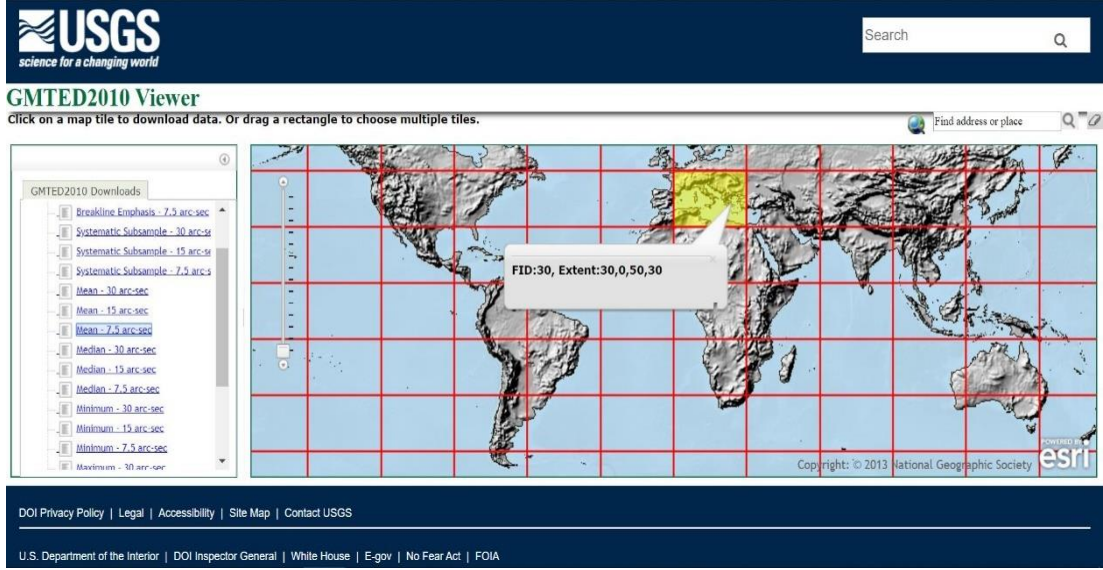
Rüzgar gülü, 2017 yılına ilişkin Denizli ili rüzgar verisi kullanılarak Lakes Environmental tarafından sunulan WRPLOT View programı ile oluşturulmuştur (Şekil 5.1). Rüzgar gülü rüzgarın geldiği yönü ifade etmektedir. Rüzgar, güney ve güneybatı yönlerinden gelerek, kuzey ve kuzeydoğu yönlerine doğru esmektedir. Çalışma alanında oluşan hava kirletici maddeler kuzey yönünde taşınıp topoğrafik yapıya bağlı olarak bazı bölgelerde birikmelere yol açabilir.



Şekil 5.1: 2017 yılı Denizli ili rüzgar gülü

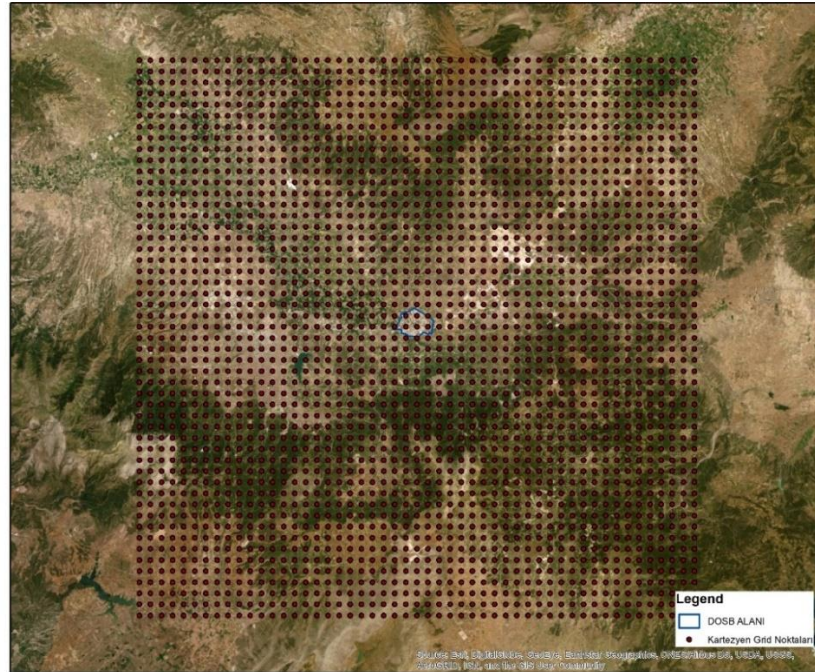
5.1.2 Topoğrafya Verileri

Çalışma bölgesine ilişkin topoğrafya verisi United States Geological Survey web sitesinden alınmıştır. 35. UTM Zone'da yer alan Denizli için topoğrafik veri dosyası sağlanması için yapılan seçim Şekil 5.2'de ekran görüntüsü olarak verilmiştir. Dağılım modelinde kullanılmak üzere seçilen alana ilişkin “.tiff” dosyası indirilmiştir.



Şekil 5.2: Topoğrafik datanın sağlanması için UTM Zone seçimini gösteren ekran görüntüsü

AERMOD dağılım modelinin topoğrafik veri ön işlemcisi olan AERMAP, indirilen “.tiff” dosyasından çalışma alanını seçerek bu alan içinde belirlenen bir grid sistemi oluşturur. Grid sistemi 1000 m aralıklarla tasarlanmıştır. Tez kapsamında belirlenen grid sistemi Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3: Çalışma alanında yer alan kartezyen grid sistemindeki alıcı noktalar

Hava kalitesi dağılım modellemesi sonucunda alıcı noktalarda oluşan konsantrasyonlar kullanılarak, ESRI tarafından geliştirilen bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan ArcGIS uygulaması ile bir yıllık ve saatlik dağılım haritaları elde edilmiştir.

5.1.3 Kaynak Bilgileri

DOSB’de kömür ve doğalgaz tüketimi sonucunda oluşan emisyonların her bir sanayi tesisinde noktasal kaynak olarak tek bir bacadan atmosfere bırakıldığı kabul edilmiştir. Noktasal kaynakları tanımlamak için kullanılan veriler olan baca yüksekliği, baca gazı sıcaklığı, baca gazı hızı ve baca çapı bilgisi için DOSB Müdürlüğü’nden sağlanan emisyon raporlarındaki veriler kullanılmıştır. Modelleme çalışmasında kullanılan noktasal kaynaklara ilişkin bilgiler Ek D’de verilmiştir.

5.2 Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Verisi

Denizli’de bulunan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na ait Denizli Merkezefendi Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ve Denizli Bayramyeri Hava Kalitesi İzleme İstasyonu’na ilişkin 2017 yılı SO₂ ve PM₁₀ verisi Bakanlığın https://sim.csb.gov.tr/STN/STN_Report/DynamicChart?DataBank=True linki ile ulaşılabilen web sitesinden sağlanmıştır. Söz konusu veri AERMOD dağılım modeli ile elde edilen SO₂ ve PM₁₀ verisi ile karşılaştırılmıştır.

6. BULGULAR

DOSB’de bulunan sanayi tesislerinde doğalgaz ve kömür kullanımından kaynaklanan SO₂, PM₁₀ ve NO₂ emisyonlarının AERMOD dağılım modeli kullanılarak üç farklı senaryoya göre belirlenen dağılımları SKHKKY çerçevesinde değerlendirilmiştir.

6.1 Toplam Emisyon Miktarları

Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı (kontROLSÜZ) durum (Senaryo 1) senaryosu kapsamında, DOSB’de yakıt tüketiminden kaynaklanan NO_x, SO_x ve PM₁₀ emisyon miktarları Tablo 6.1’de verilmiştir. KontROLSÜZ durumda toplam NO_x, SO_x ve PM₁₀ emisyonları sırasıyla 928 ton/yıl, 4.272,4 ton/yıl ve 7.085,6 ton/yıl şeklinde belirlenmiştir. PM₁₀ ve SO_x emisyonlarının % 99 oranında kömür kullanımından kaynaklandığı görülmüştür.

Tablo 6.1: Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durumda oluşan emisyonlar (Senaryo 1)

Yakıt Türü	Toplam Emisyonlar (ton/yıl)		
	NO _x	SO _x	PM ₁₀
Doğalgaz	170	0,4	4,6
Kömür	758	4.272	7.081

Tüm sanayi tesislerinin yakıt olarak doğalgaz kullandığı durum (Senaryo 2) senaryosuna göre oluşan toplam NO_x, SO_x ve PM₁₀ emisyonları sırasıyla 777 ton/yıl, 1,7 ton/yıl ve 2,1 ton/yıl şeklindedir. Senaryo 2 kapsamında sanayi tesislerinde sadece doğalgaz kullanılması durumunda PM₁₀ ve SO_x emisyonlarında çok büyük bir azalma olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 6.2, Senaryo 3 kapsamında, DOSB’de bulunan sanayi tesislerinde uygun hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanılması sonucunda oluşan toplam NO_x, SO_x ve PM₁₀ emisyon miktarlarını göstermektedir. Kontrollü durumda toplam NO_x, SO_x ve PM₁₀ emisyonları sırasıyla 576 ton/yıl, 2.136,4 ton/yıl ve 91,6 ton/yıl şeklinde belirlenmiştir. Kontrollü durumda emisyonlar, kontROLSÜZ durum senaryosuna göre önemli ölçüde azalmıştır.

Tablo 6.2: Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durumda oluşan emisyonlar (Senaryo 3)

Yakıt Türü	Toplam Emisyonlar (ton/yıl)		
	NO _x	SO _x	PM ₁₀
Doğalgaz	85	0,4	4,6
Kömür	491	2.136	87,0

DOSB için belirlenen emisyon değerleri, aynı bölgede önceki yıllarda yapılmış iki çalışmanın verisi ile karşılaştırılmıştır. Çukurluoğlu (1999) tarafından DOSB'deki hava kalitesi düzeyi EDMS (Emissions and Dispersion Modeling System) modeli kullanılarak belirlenmiştir. Dağılım modeli sonuçlarına göre, 1998 yılında 7.036 ton PM₁₀, 6.153 ton SO₂, 1.318 ton NO_x ve 410 ton hidrokarbon açığa çıktığı hesaplanmıştır. Çukurluoğlu ve Besim (2015) tarafından DOSB'deki sanayi tesislerinde kömür ve doğalgaz kullanımı sonucunda 2012 yılında, 12.100,2 ton/yıl partikül madde, 3.953,5 ton/yıl kükürt oksit, 6,0 ton/yıl metan dışı uçucu organik bileşik, 750,4 ton/yıl azot oksit ve 0,99 ton/yıl nitröz oksit emisyonu olduğu hesaplanmıştır.

DOSB emisyonları karşılaştırıldığında; 1998 ve 2017 yıllarındaki PM₁₀ emisyonları yakın olduğu, 2012 yılındaki PM₁₀ emisyonunun ise oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. 1998 yılındaki SO₂ emisyonunun azalarak 2012 ve 2017 yılında birbirine yakın değerlerde bulunduğu görülmüştür. 2012 ve 2017 yıllarındaki NO₂ emisyonları 1998 yılındaki emisyonlardan daha düşük bulunmuştur. 1998, 2012 ve 2017 yıllarına ilişkin emisyon değerlerindeki farklılık; kullanılan yakıt türlerinin, kullanılan yakıt miktarlarının ve sanayi tesisi sayılarının değişmesi gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bölgede 1998 yılında kullanılan LPG ve fuel oil yakıtları günümüzde kullanılmamaktadır. Özellikle son yıllarda sanayi tesislerinde kömür yanı sıra doğalgaz kullanımı da artış göstermiştir.

6.2 Yıllık Ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ Konsantrasyonları

DOSB'de çalışma kapsamında, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum (Senaryo 1), tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum (Senaryo 2) ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum (Senaryo 3) olmak üzere üç farklı senaryoya göre yer seviyesindeki maksimum yıllık ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları belirlenmiştir.

Maksimum yıllık ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının grid sisteminin (696900, 4189610) koordinatında yer alan alıcı noktada olduğu görülmüştür (Tablo 6.3). Bu koordinat DOSB alanının 1,5 km dışında ve kuzey yönünde bir noktadır.

Tablo 6.3: Yer seviyesindeki en yüksek yıllık ortalama konsantrasyonlar

Hava Kirlenici Madde	En Yüksek Yıllık Ortalama Konsantrasyon (µg/m ³)		
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3
NO ₂	39	32	24
SO ₂	176	0,07	88
PM ₁₀	291	0,9	3,8

6.2.1 Yıllık Ortalama NO₂ Konsantrasyonları

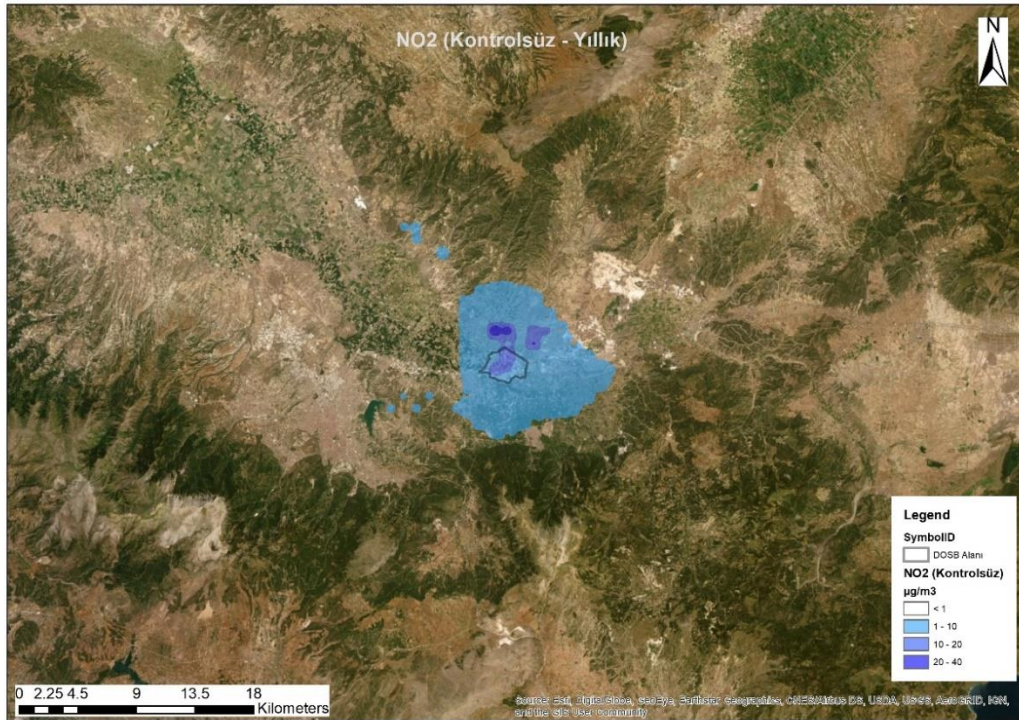
DOSB’de AERMOD dağılım modeli ile üç farklı senaryoya göre belirlenen en yüksek yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonları Tablo 6.4’te verilmiştir. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durumda maksimum yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonu en yüksek değerde iken, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumda ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durumda ise kısmen bir azalma görülmüştür.

Modelleme çalışması sonunda elde edilen yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonları, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum için 0,04 – 39 µg/m³, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum için 0,03 – 32 µg/m³ ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durumda ise 0,03 – 24 µg/m³ aralığında bulunmuştur. Yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonları her üç senaryoya göre SKHKKY’de belirtilen sınır değerinin altında kalmıştır.

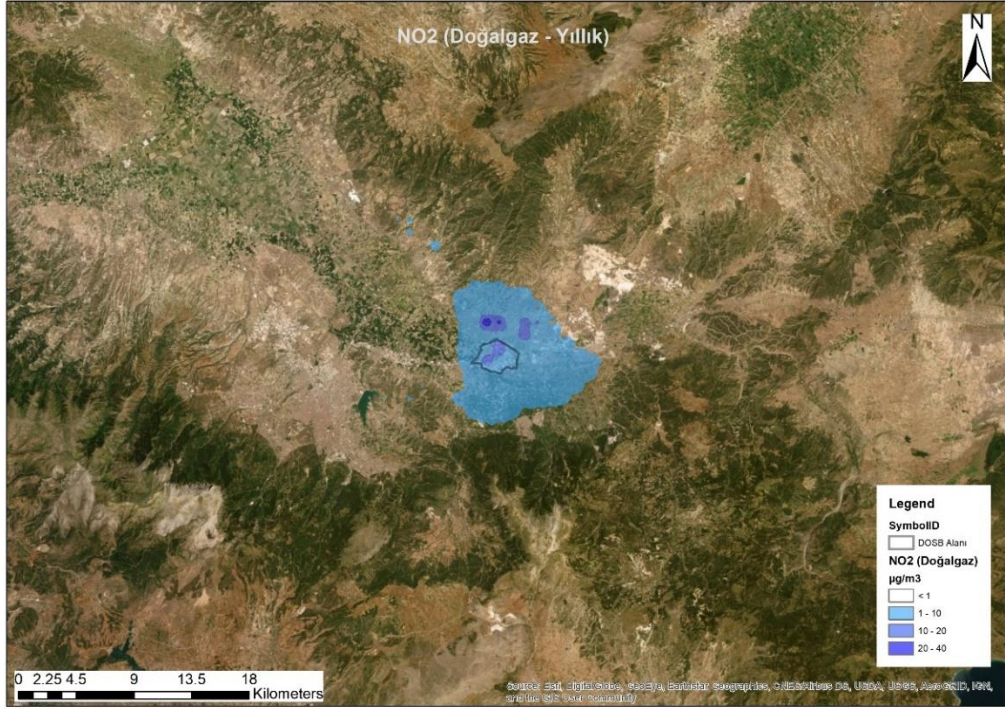
Tablo 6.4: En yüksek yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonları

	En Yüksek Yıllık Ortalama NO ₂ Konsantrasyonları (µg/m ³)	SKHKKY Sınır Değerler (µg/m ³)			
		2017	2018	2019 – 2023	2024 ve sonrası
Senaryo 1	39	48	44	40	40
Senaryo 2	32				
Senaryo 3	24				

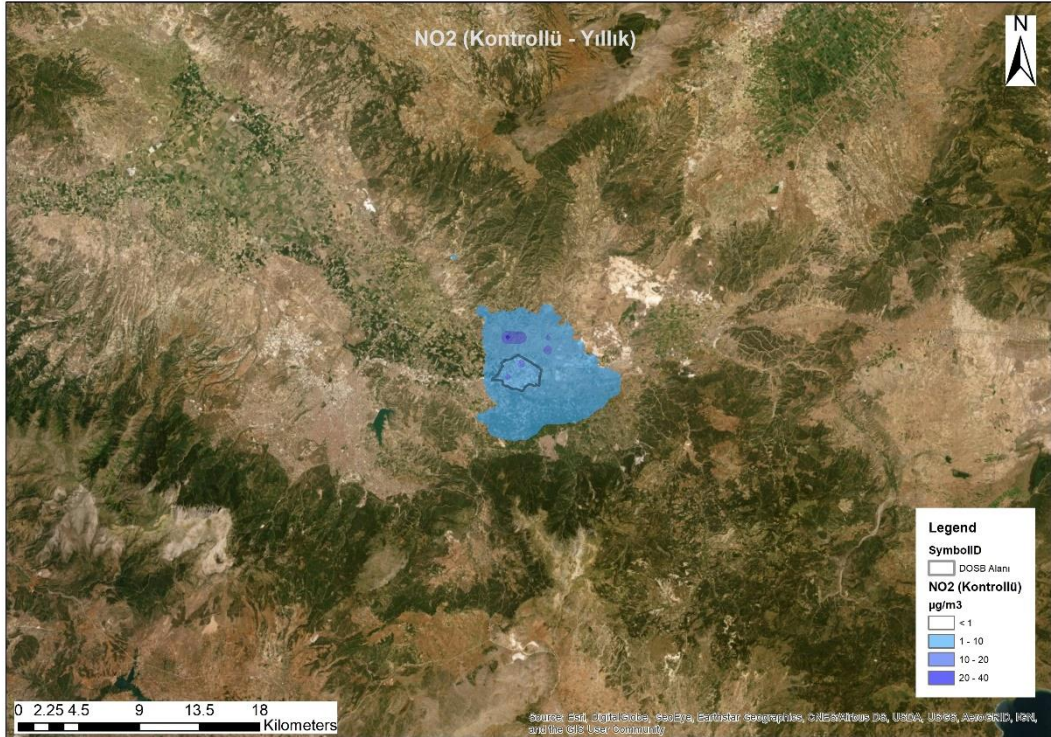
Senaryo 1, Senaryo 2 ve Senaryo 3 için belirlenen yıllık ortalama NO₂ dağılım haritaları sırasıyla Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’de verilmiştir. Dağılımların hakim rüzgar yönünde Büyük Çökelez Dağı’na doğru olduğu görülmüştür. Her üç senaryo için de Colossae Antik Kenti ve Gürleyik Köyünde 1 – 10 µg/m³ arasında NO₂ konsantrasyonları gözlemlenmiştir.



Şekil 6.1: Yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)



Şekil 6.2: Yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)



Şekil 6.3: Yıllık ortalama NO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)

6.2.2 Yıllık Ortalama SO₂ Konsantrasyonları

DOSB’de üç farklı senaryoya göre gerçekleştirilen modelleme çalışması sonucunda elde edilen en yüksek yıllık SO₂ konsantrasyonları Tablo 6.5’te yer almaktadır. DOSB alanındaki bütün sanayi tesislerinin doğalgaz kullanması durumunda SO₂ konsantrasyonlarının oldukça azaldığı görülmüştür. Ancak kontrolsüz ve kontrollü durumda, SKHKKY’de belirtilen yıllık sınır değer olan 20 µg/m³’ten oldukça yüksek SO₂ konsantrasyonları belirlenmiştir.

Yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonları, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum için 0,2 – 176 µg/m³, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum için 0,00008 – 0,1 µg/m³ ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum için ise 0,1 – 88 µg/m³ aralığındadır.

Tablo 6.5: En yüksek yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonları

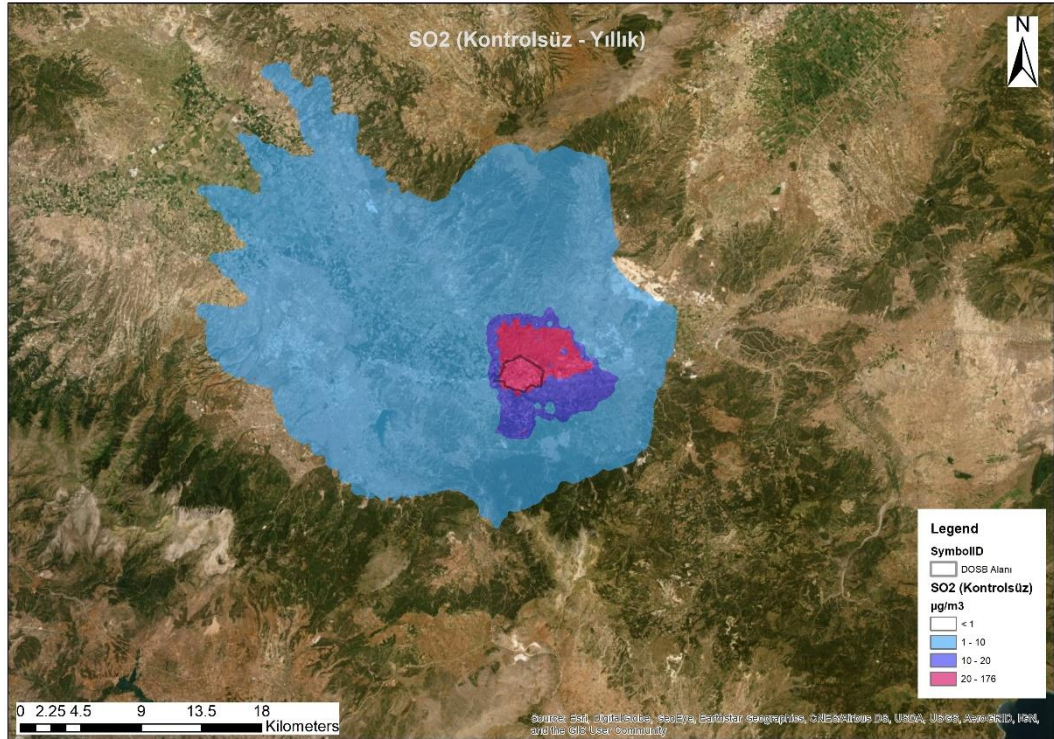
	En Yüksek Yıllık Ortalama SO ₂ Konsantrasyonları (µg/m ³)	SKHKKY Sınır Değerler (µg/m ³)			
		2017	2018	2019 – 2023	2024 ve sonrası
Senaryo 1	176	20	20	20	20
Senaryo 2	0,07				
Senaryo 3	88				

SKHKKY’de belirtilen sınır değer olan 20 µg/m³ üstündeki konsantrasyonlar, hem DOSB alanının içinde hem de Bölgenin 2 km kuzey ve kuzeydoğu yönlerinde görülmüştür. Bu alanda yer alan Gürleyik Köyü’nde yüksek konsantrasyonlar gözlemlenmiştir. DOSB alanına yakın olan Pınarkent ve Colossae Antik Kenti’nde 10 – 20 µg/m³ aralığında konsantrasyonlar belirlenmiştir. SO₂ konsantrasyonları dağılımının 15 km kuzeybatı yönünde bulunan Pamukkale–Hierapolis’e kadar ulaştığı görülmüştür. Denizli merkez, Honaz Dağı Milli Parkı ve Büyük Çökelez Dağı eteklerine kadar SO₂ konsantrasyonlarının dağılım gösterdiği gözlemlenmiştir (Şekil 6.4).

Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumu gösteren Şekil 6.5 incelendiğinde, bu senaryoya göre ortaya çıkan SO₂ konsantrasyonlarının oldukça

düşük olduğu görülmüştür. Oluşan tüm SO₂ konsantrasyonları 0,1 µg/m³'ün altında bulunmuştur.

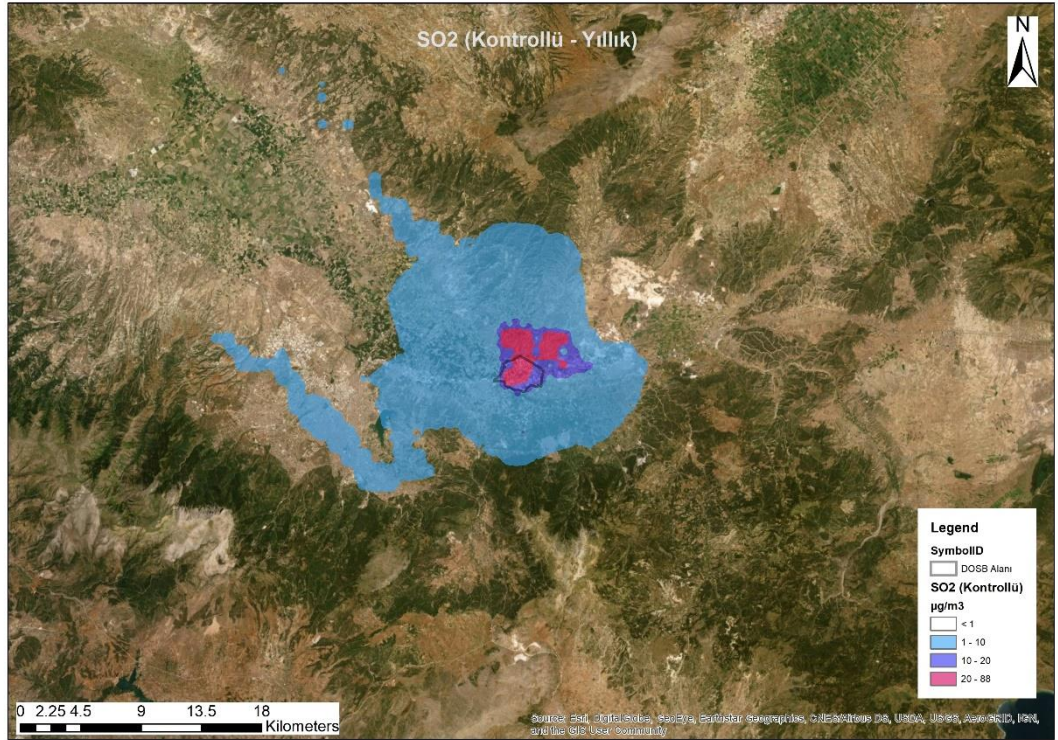
Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durumda, nispeten daha düşük konsantrasyonlar, daha küçük bir alanda görülmüştür. Hava kirliliği kontrol sistemleri kullanılmış olmasına rağmen SO₂ konsantrasyonları için SKHKKY'de belirtilen sınır değer üzerinde konsantrasyonlar belirlenmiştir. Yüksek SO₂ konsantrasyonları, DOSB alanının içinde ve 2 km kuzey ve kuzeydoğu yönlerinde görülmüştür. Bu alanda Gürleyik Köyü bulunmaktadır. Pınarkent ve Colossae Antik Kenti'nde, Denizli merkezde ve Pamukkale–Hierapolis'de 1 – 10 µg/m³ aralığında konsantrasyonlar belirlenmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6.4: Yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)



Şekil 6.5: Yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)



Şekil 6.6: Yıllık ortalama SO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)

6.2.3 Yıllık Ortalama PM₁₀ Konsantrasyonları

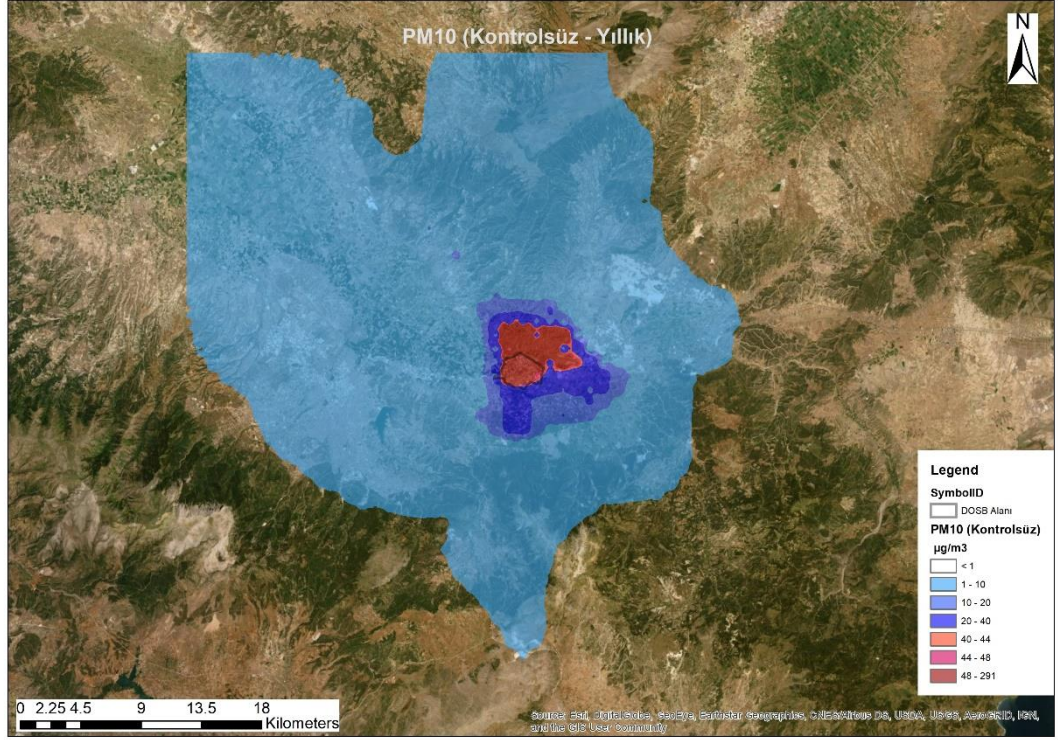
Tablo 6.6 AERMOD dağılım modeli ile belirlenen en yüksek yıllık PM₁₀ konsantrasyonlarını göstermektedir. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı ve tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumlarda PM₁₀ konsantrasyonları oldukça azalmıştır. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durumda PM₁₀ konsantrasyonları SKHKKY’de belirtilen yıllık sınır değeri aşmıştır.

Yıllık ortalama PM₁₀ konsantrasyonları, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum için 0,3 – 291 µg/m³, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum için 0,001 – 0,09 µg/m³ ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum için ise 0,004 – 3,78 µg/m³ aralığında belirlenmiştir.

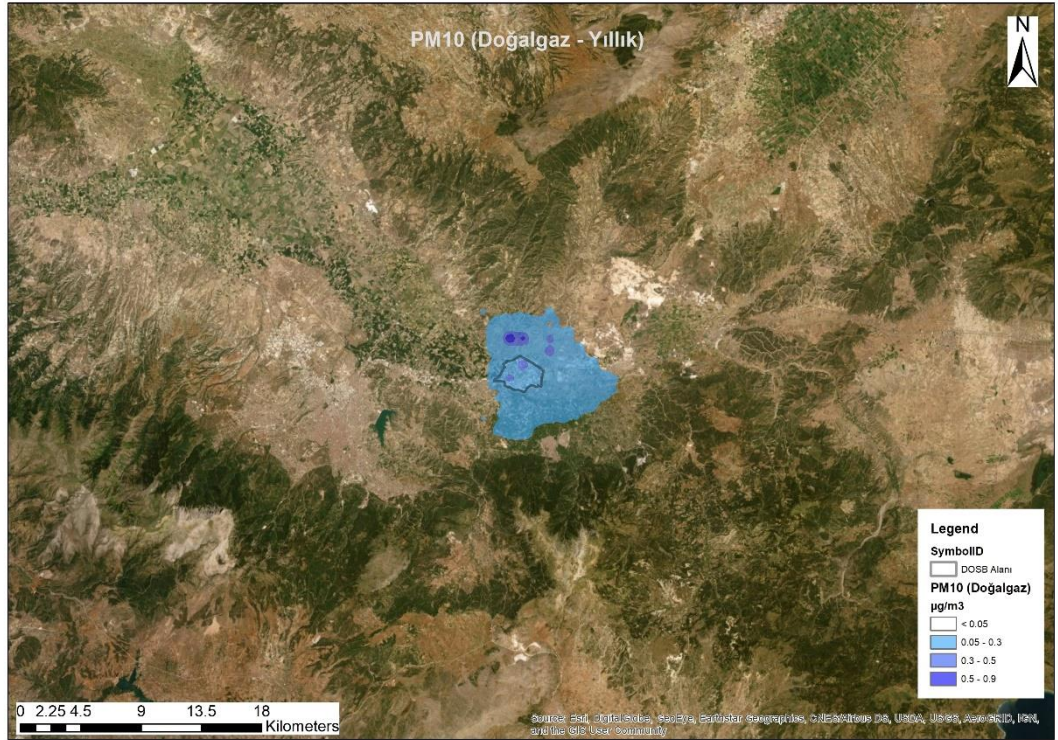
Tablo 6.6: En yüksek yıllık ortalama PM₁₀ konsantrasyonları

	En Yüksek Yıllık Ortalama PM ₁₀ Konsantrasyonları (µg/m ³)	SKHKKY Sınır Değerler (µg/m ³)			
		2017	2018	2019 – 2023	2024 ve sonrası
Senaryo 1	291	48	44	40	40
Senaryo 2	0,9				
Senaryo 3	3,8				

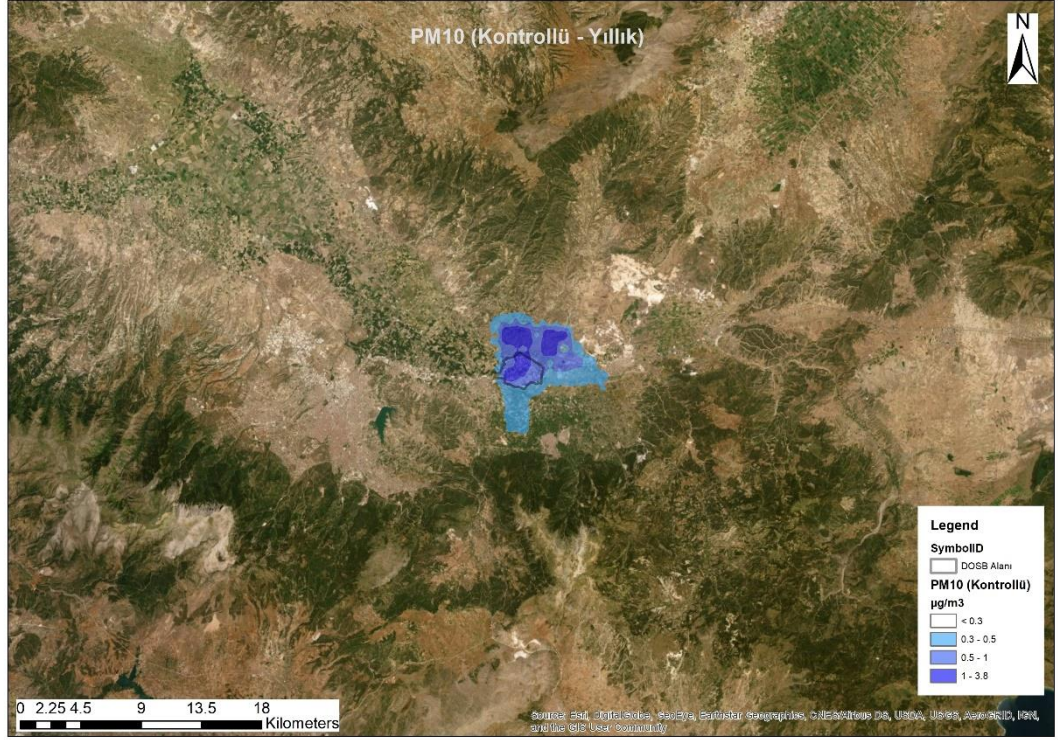
Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı kontrolsüz durumu gösteren Şekil 6.7’de verilen dağılım incelendiğinde, SKHKKY’de belirtilen sınır değerlerin üstündeki konsantrasyonların, DOSB alanın neredeyse tamamını ve yaklaşık olarak 2 km kuzey – kuzeydoğu yönlerine doğru uzanan büyük bir alanı etkilediği görülmüştür. Bu alanda Gürleyik Köyü de bulunmaktadır. DOSB alanının yaklaşık 1,5 km doğu yönünde bulunan Colossae Antik Kenti’nde 20 – 40 µg/m³ arasında konsantrasyonlar belirlenmiştir. DOSB alanının yaklaşık 15 km kuzeybatı yönüne, Denizli merkeze, Honaz Dağı Milli Parkı’na ve Büyük Çökelez Dağı eteklerine kadar ulaşan 1 – 10 µg/m³ aralığında konsantrasyonlar görülmüştür. Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı (Şekil 6.8) ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı (Şekil 6.9) durumlarda, PM₁₀ konsantrasyonlarında önemli bir azalma olmuştur. PM₁₀ konsantrasyonları, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullanması durumunda 1 µg/m³’ün altına kadar, hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanılması durumunda ise 4 µg/m³ değerine kadar azalmıştır.



Şekil 6.7: Yıllık ortalama PM_{10} konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)



Şekil 6.8: Yıllık ortalama PM_{10} konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)



Şekil 6.9: Yıllık ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)

6.3 Saatlik Ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ Konsantrasyonları

Tablo 6.7, DOSB’de üç farklı senaryoya göre belirlenen yer seviyesindeki maksimum yıllık ortalama NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılım modelleme çalışmaları sonucunda elde edilen yer seviyesindeki maksimum saatlik ortalama konsantrasyonları, bunlara ilişkin alıcı noktaları ve zaman dilimlerini göstermektedir.

Tablo 6.7: En yüksek saatlik ortalama konsantrasyonların görüldüğü alıcı noktalar ve zaman dilimleri

Hava Kirlenici Madde	En Yüksek Saatlik Ortalama Konsantrasyon (µg/m ³)	Alıcı Nokta (X,Y)	Zaman Dilimi	
Senaryo 1	NO ₂	964	699900, 4189610	28.08.2017 24:00
	SO ₂	4.784	699900, 4188610	03.07.2017 03:00
	PM ₁₀	7.932	699900, 4188610	03.07.2017 03:00
Senaryo 2	NO ₂	799	699900, 4189610	28.08.2017 24:00
	SO ₂	1,7	699900, 4189610	28.08.2017 24:00
	PM ₁₀	22	699900, 4189610	28.08.2017 24:00
Senaryo 3	NO ₂	604	699900, 4189610	28.08.2017 24:00
	SO ₂	2.393	699900, 4188610	03.07.2017 03:00
	PM ₁₀	99	699900, 4188610	03.07.2017 03:00

Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum senaryolarına göre elde edilen maksimum saatlik NO₂ konsantrasyonları, 28.08.2017 24:00’de, DOSB alanının yaklaşık 2,5 km kuzey – kuzeydoğu yönünde bulunan alıcı nokta (699900, 4189610) koordinatında; maksimum saatlik SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları ise 03.07.2017 03:00’de, DOSB alanının yaklaşık 1,5 km kuzey – kuzeydoğu yönünde yer alan alıcı nokta (699900, 4188610) koordinatında ortaya çıkmıştır.

Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullanması durumu senaryosu kapsamında belirlenen maksimum saatlik NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları, 28.08.2017 24:00’de, DOSB alanının yaklaşık 2,5 km kuzey – kuzeydoğu yönünde bulunan alıcı nokta (699900, 4189610) koordinatında belirlenmiştir.

En yüksek konsantrasyonların görüldüğü yer ve zamanın iki farklı koordinatta ve zaman diliminde olmasının nedeni; emisyon kaynaklarında kullanılan yakıt türleridir. Maksimum saatlik NO₂ konsantrasyonları doğalgaz kullanan sanayi tesislerinin yoğunlukta olduğu bölgenin etkisinde bir noktada görülmüştür. Aynı şekilde tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum senaryosunda SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları oldukça düşük düzeyde yine aynı bölgede kaydedilmiştir. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum senaryolarında, maksimum saatlik SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının görüldüğü nokta, yoğun olarak kömür kullanan sanayi tesislerinin bulunduğu bölgenin etkisinde olan bir noktadır. En yüksek saatlik konsantrasyonların görülmüş olduğu tarihlere ilişkin meteorolojik veriler incelendiğinde, 03.07.2017 saat 03:00 ve 28.08.2017 saat 24:00'de rüzgarın doğu – güneydoğu yönünden geldiği belirlenmiştir.

6.3.1 Saatlik Ortalama NO₂ Konsantrasyonları

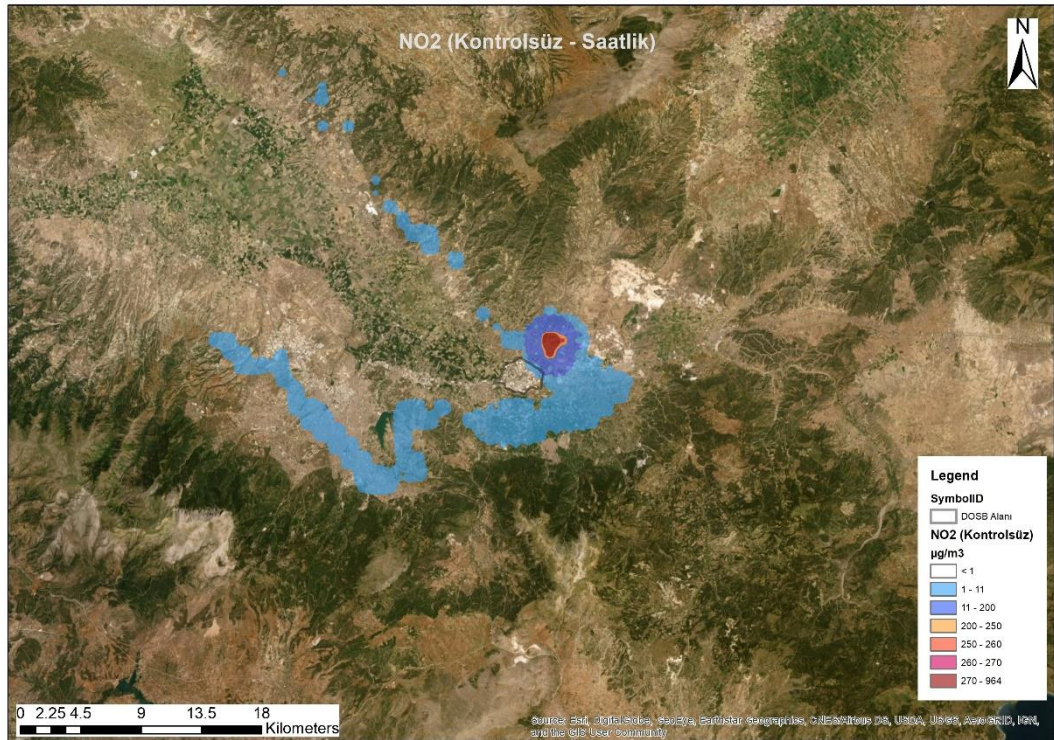
28.08.2017 saat 24.00 zaman dilimi için üç senaryo durumuna göre modelleme çalışması sonucunda belirlenen maksimum saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonları Tablo 6.8'de verilmiştir. Dağılım modeli sonuçlarına göre her üç senaryo için de SKHKKY'de belirtilen sınır değerleri aşan NO₂ konsantrasyonları elde edilmiştir.

Saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonları, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum için 0,00001 – 964 µg/m³, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum için 0,00001 – 799 µg/m³ ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum için ise 0,00001 – 604 µg/m³ aralığındadır.

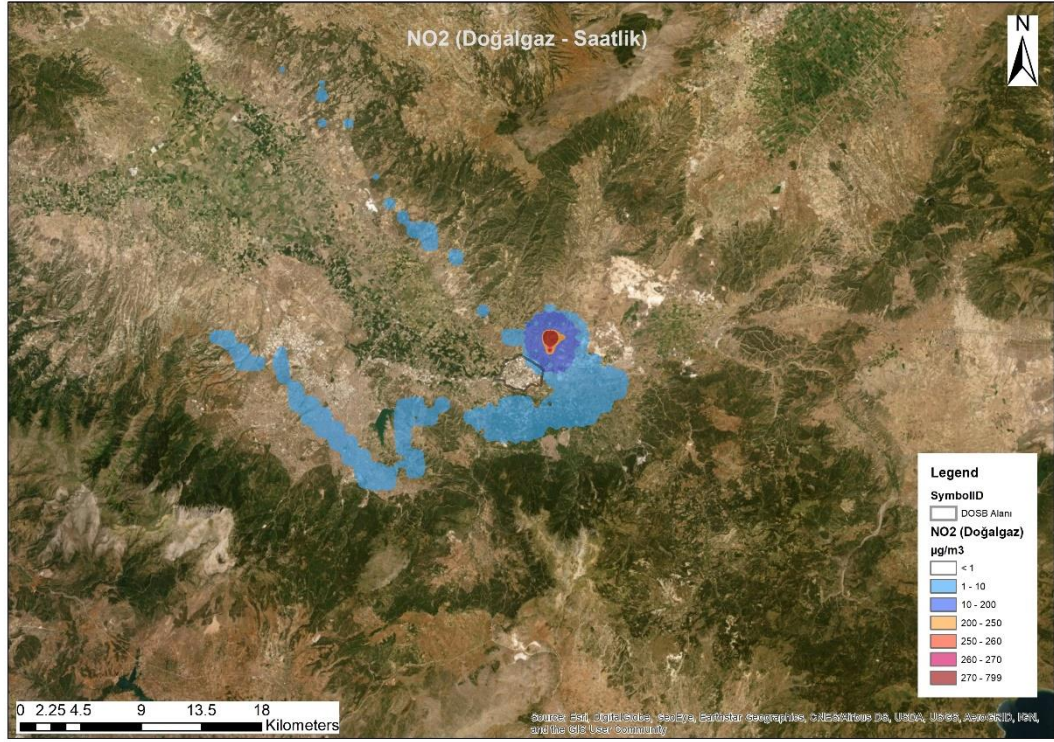
Tablo 6.8: En yüksek saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonları

	En Yüksek Saatlik Ortalama NO ₂ Konsantrasyonları (µg/m ³)	SKHKKY Sınır Değerler (µg/m ³)			
		2017	2018	2019 – 2023	2024 ve sonrası
Senaryo 1	964	270	260	250	200
Senaryo 2	799				
Senaryo 3	604				

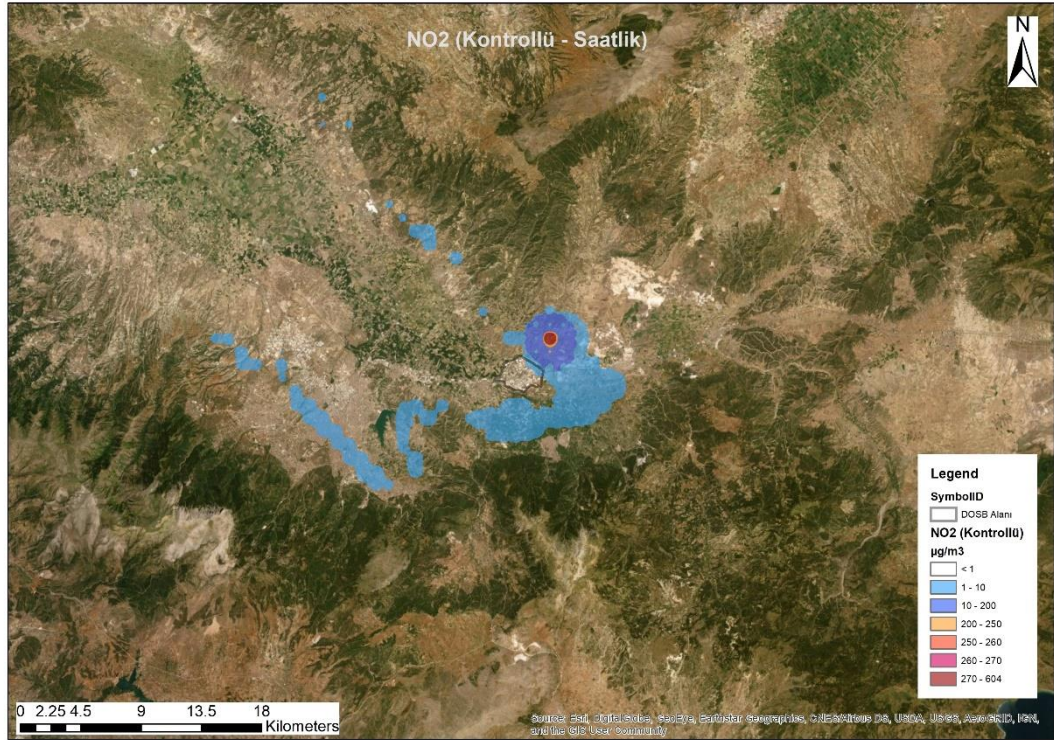
En yüksek NO₂ konsantrasyonları, Bölgenin güneydoğu yönünde ve yaklaşık 2,5 km ilerisinde görülmüştür. Her üç senaryoya göre de SKHKKY’de belirtilen sınır değerlerin üstünde olan konsantrasyonlar Bölgenin kuzeydoğu yönünde Bölgeye yaklaşık 2 km uzaklıkta bir alanda belirlenmiştir. DOSB alanından kaynaklanan NO₂ konsantrasyonları hakim rüzgar yönü ve topoğrafyanın etkisi ile dağılım ve taşınım göstermiştir. Her üç senaryo için de dağılımlar incelendiğinde oldukça benzer bir durum görülmüştür. Bölgenin çevresinde bulunan yerleşim yerleri incelendiğinde, her üç senaryo için de Pınarkent ve Colossae Antik Kenti’ne ulaşan NO₂ konsantrasyonu gözlemlenmemiştir. Denizli merkez ve Pamukkale–Hierapolis’e kadar ulaşan 1 – 11 µg/m³ aralığında konsantrasyonlar görülmüştür. Gürleyik Köyü’nde 11 – 200 µg/m³ aralında konsantrasyonlar kaydedilmiştir. Söz konusu konsantrasyonlar SKHKKY’de belirtilen 2024 ve sonrası için olan en düşük sınır değeri sağlamıştır. SKHKKY’de verilen sınır değerlerin üstünde konsantrasyonların görüldüğü alan, DOSB alanının kuzeydoğusunda, Gürleyik Köyü’nün kuzeyinde bulunan tarım arazileridir (Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12).



Şekil 6.10: Saatlik ortalama NO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)



Şekil 6.11: Saatlik ortalama NO_2 konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)



Şekil 6.12: Saatlik ortalama NO_2 konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)

6.3.2 Saatlik Ortalama SO₂ Konsantrasyonları

03.03.2017 saat 03:00 ve 28.08.2017 saat 24.00 zaman dilimleri için modelleme çalışmaları sonucunda elde edilen maksimum saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonları Tablo 6.9’da verilmiştir. Kontrollü ve kontrolsüz durum senaryolarına göre belirlenen en yüksek saatlik konsantrasyonlar, SKHKKY’de belirtilen sınır değerlerin üstünde kalmıştır. Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullanması durumunda göre ortaya çıkan en yüksek saatlik konsantrasyon, sınır değerleri aşmamıştır.

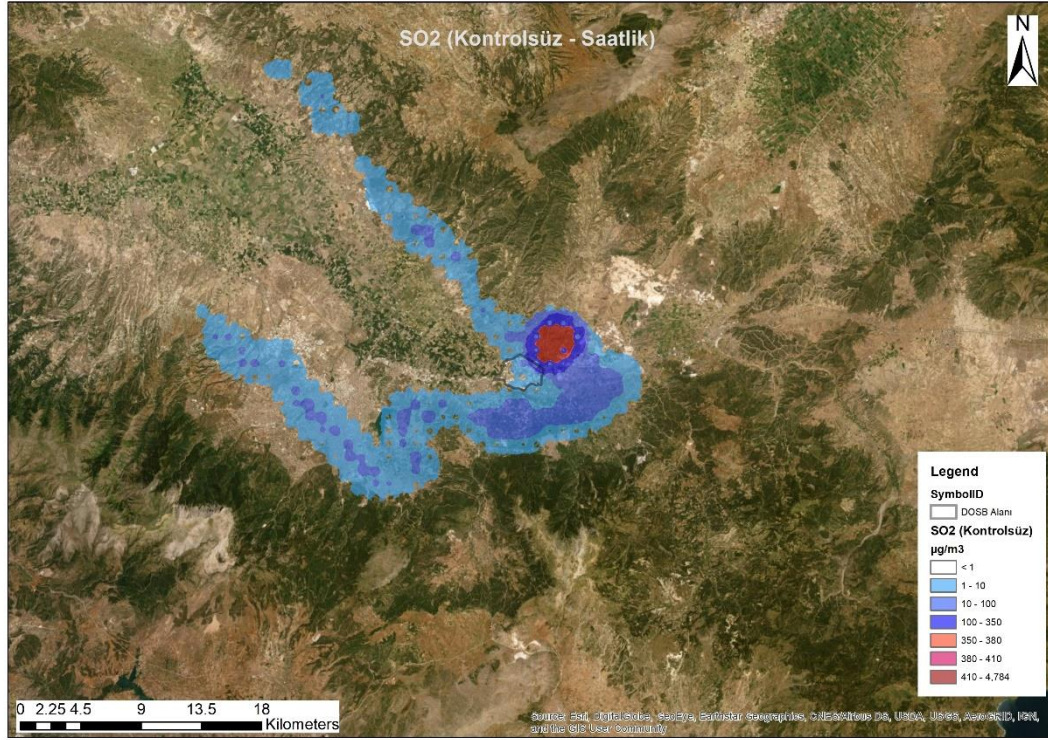
Saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonları, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum için 0,00001 – 4.784 µg/m³, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum için 0,00001 – 1,7 µg/m³ ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum için ise 0,00001 – 2.393 µg/m³ aralığında bulunmuştur.

Tablo 6.9: En yüksek saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonları

	En Yüksek Saatlik Ortalama SO ₂ Konsantrasyonları (µg/m ³)	SKHKKY Sınır Değerler (µg/m ³)			
		2017	2018	2019 – 2023	2024 ve sonrası
Senaryo 1	4.784	410	380	350	350
Senaryo 2	1,7				
Senaryo 3	2.393				

En yüksek saatlik konsantrasyonlar, kontrollü ve kontrolsüz durum senaryoları için Bölgenin 1,5 km kuzeydoğusunda, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullanması durumu için ise Bölgenin 2,5 km kuzeydoğusunda gözlemlenmiştir. SKHKKY’de verilen sınır değerlerin üstündeki SO₂ konsantrasyonları DOSB alanının kuzeydoğusunda Bölgeye yakın bir alanda görülmüştür. Kontrollü durum senaryosunda ortaya çıkan yüksek konsantrasyonların oluşturduğu alan, kontrolsüz durumda ortaya çıkan alandan daha küçüktür. Gürleyik Köyü, Honaz Dağı Milli Parkı, Pamukkale-Hierapolis ve Colossae Antik Kenti’nde 1 – 10 µg/m³ aralığında SO₂ konsantrasyonları görülmüştür. Gürleyik Köyü ve köyün kuzeyinde yer alan tarım arazilerinde SKHKKY’de geçen sınır değerlerin üstünde konsantrasyonlar gözlemlenmiştir (Şekil 6.13, Şekil 6.15).

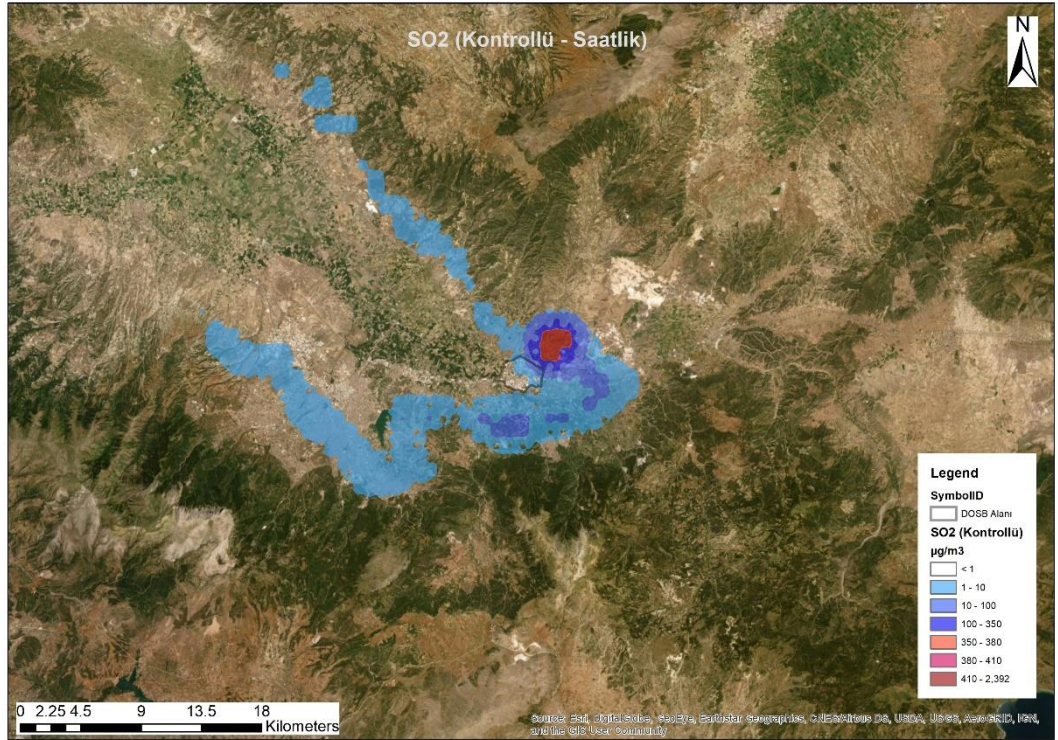
Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum senaryosuna göre elde edilen dağılım haritası Şekil 6.14’de görülmektedir. Bu senaryoya göre elde edilen saatlik SO₂ konsantrasyonları SKHKKY’de belirtilen sınır değerlerin oldukça altında olup kuzeydoğu yönünde yaklaşık 1 km kadar taşınmıştır.



Şekil 6.13: Saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)



Şekil 6.14: Saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)



Şekil 6.15: Saatlik ortalama SO₂ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)

6.3.3 Saatlik Ortalama PM₁₀ Konsantrasyonları

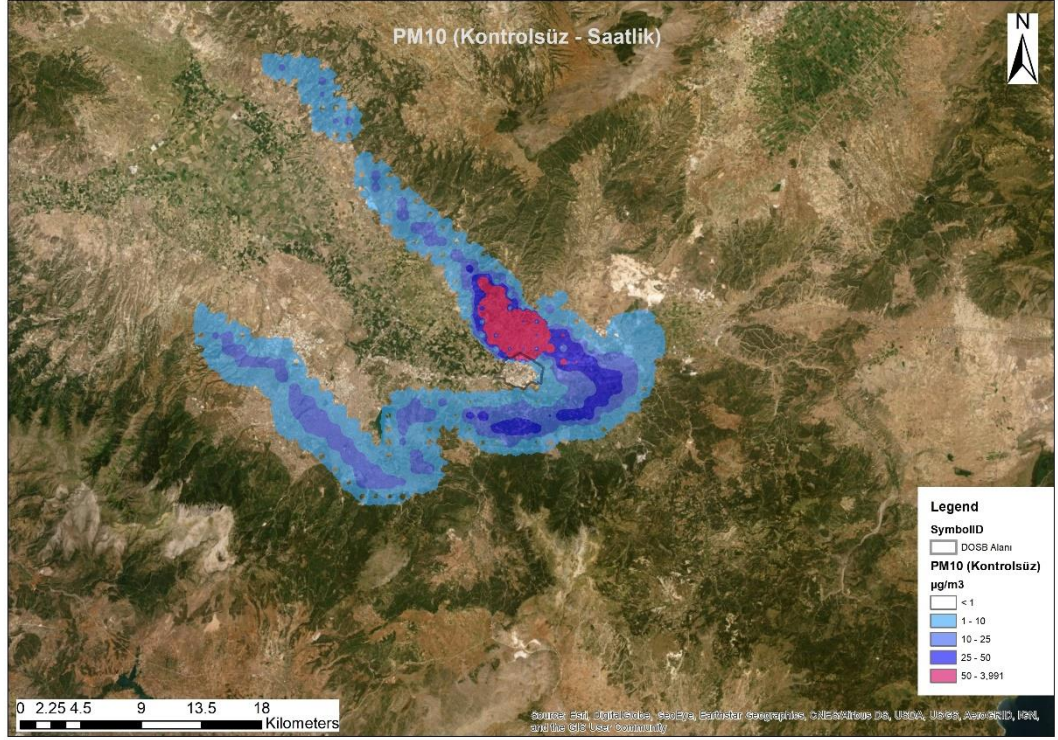
03.03.2017 saat 03:00 ve 28.08.2017 saat 24.00 zaman dilimleri için gerçekleştirilen modelleme çalışmaları sonucunda elde edilen maksimum saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonları Tablo 6.10'da verilmiştir.

Yıllık ortalama PM₁₀ konsantrasyonları, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum için 0,00001 – 7.932 µg/m³, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum için 0,00001 – 22 µg/m³ ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum için ise 0,00001 – 99 µg/m³ aralığındadır.

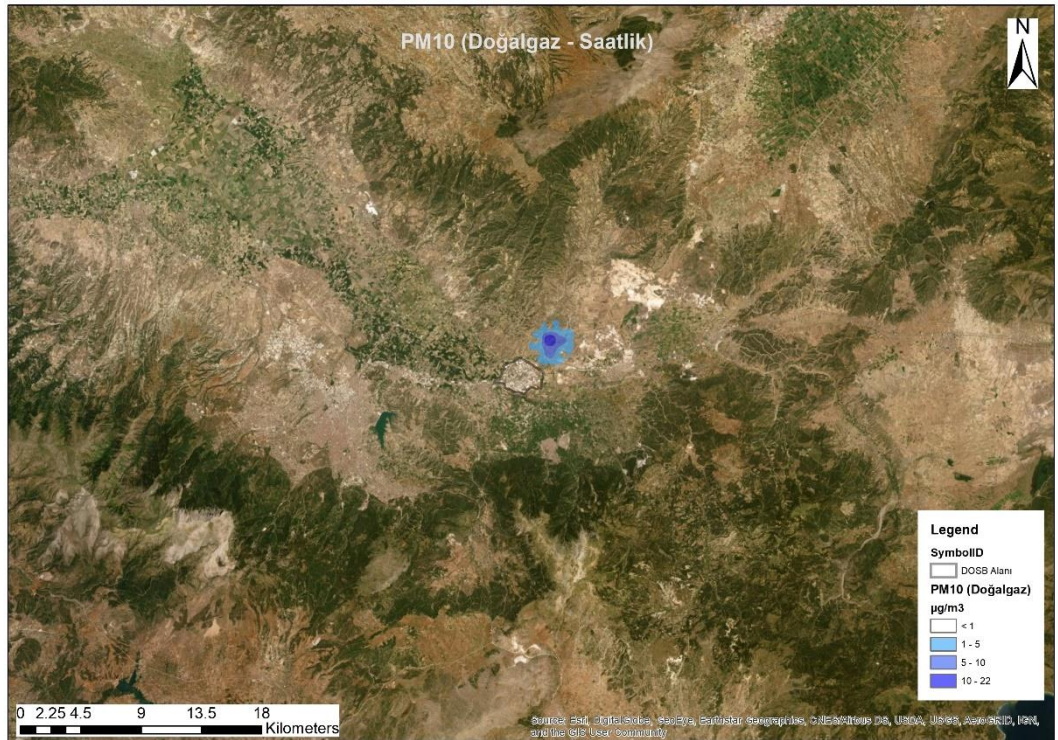
Tablo 6.10: En yüksek saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonları

	En Yüksek Saatlik Ortalama PM₁₀ Konsantrasyonları (µg/m³)
Senaryo 1	7.932
Senaryo 2	22
Senaryo 3	99

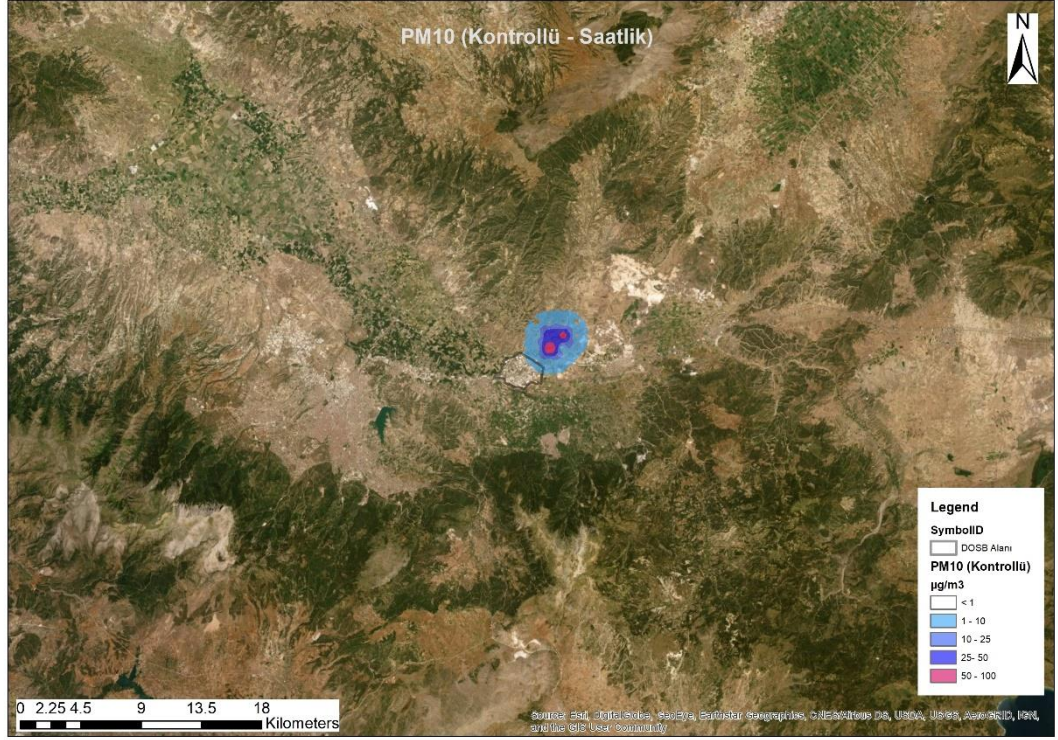
Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durum için elde edilen saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarına ilişkin dağılım haritası incelendiğinde, DOSB alanında kuzeydoğu yönünde ve DOSB alanının çevresinde, Denizli merkez, Pamukkale–Hierapolis, Gürleyik Köyü, Honaz Dağı Milli Parkı gibi pek çok bölgeyi etkileyen bir alanda dağılım görülmüştür. Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumda, DOSB alanının yaklaşık 1 km kuzeydoğusundaki küçük bir alanda oldukça düşük konsantrasyonlar gözlemlenmiştir. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum için DOSB alanının yakın çevresinde oldukça yüksek konsantrasyonlar olduğu görülmüştür (Şekil 6.16, Şekil 6.17, Şekil 6.18).



Şekil 6.16: Saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)



Şekil 6.17: Saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)



Şekil 6.18: Saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)

6.3.4 24 Saatlik Ortalama PM₁₀ Konsantrasyonları

11.11.2017 tarihini temsil eden 24 saatlik modelleme çalışması sonucu elde edilen en yüksek 24 saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonları Tablo 6.11’de verilmiştir.

Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum senaryolarına göre belirlenen en yüksek 24 saatlik PM₁₀ konsantrasyonları, SKHKKY’de belirtilen sınır değerleri aşmıştır. Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullanması durumunda göre ortaya çıkan en yüksek 24 saatlik konsantrasyon, sınır değerlerin altında kalmıştır.

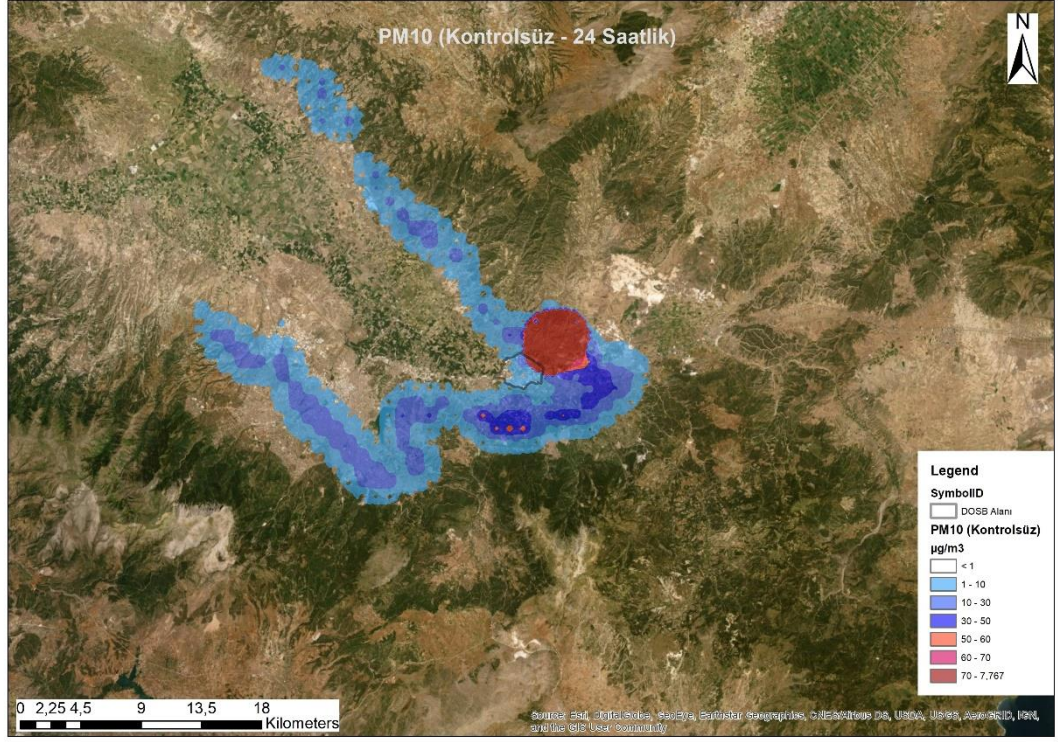
Tablo 6.11: En yüksek 24 saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonları

	En Yüksek 24 Saatlik Ortalama PM ₁₀ Konsantrasyonları (µg/m ³)	SKHKKY Sınır Değerler (µg/m ³)			
		2017	2018	2019 – 2023	2024 ve sonrası
Senaryo 1	7.767	70	60	50	50
Senaryo 2	20				
Senaryo 3	97				

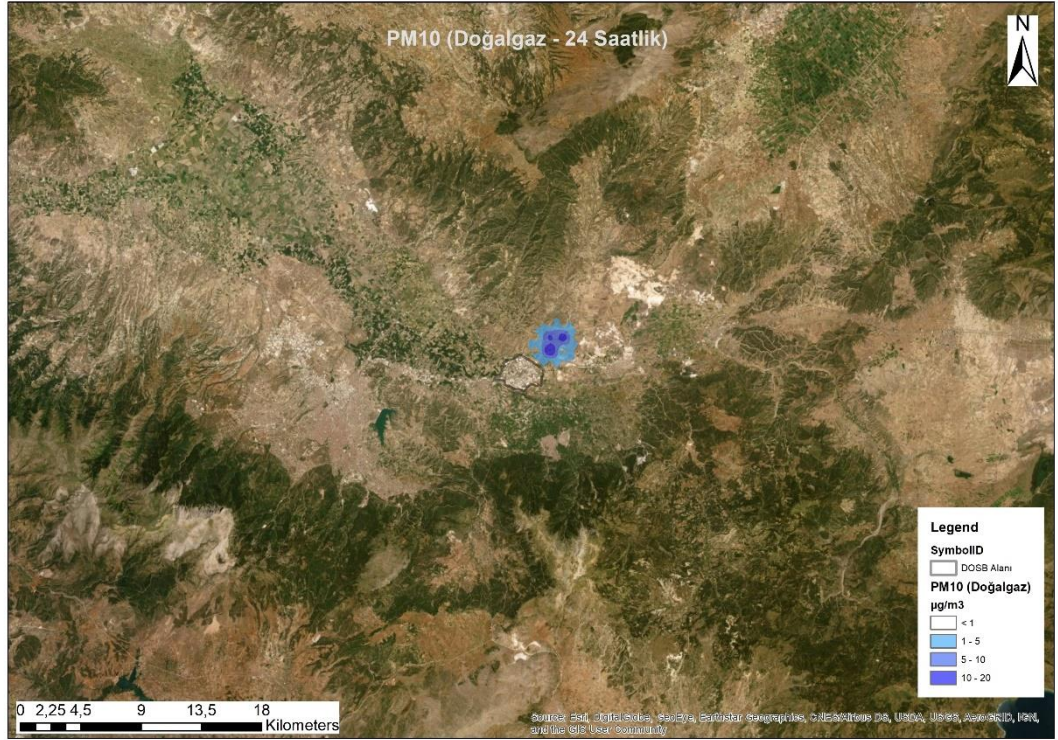
Hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durumu gösteren Şekil 6.19’da yer alan dağılım haritasında, sınır değerlerin üstünde kalan 24 saatlik PM₁₀ konsantrasyonları, kuzeydoğu yönünde, DOSB alanının dışında bir alanda görülmüştür. DOSB alanının yaklaşık 5 km güneyinde SKHKKY’de yer alan 2018 yılı sınır değeri 60 µg/m³’ü aşan PM₁₀ konsantrasyonları belirlenmiştir. Emisyonlar hakim rüzgar yönünün ve topoğrafyanın etkisinde dağılmıştır. Pamukkale-Hierapolis, Colossae Antik Kenti ve Honaz Dağı Milli Parkı’nda PM₁₀ konsantrasyonları görülmüştür. SKHKKY’de belirtilen sınır değerlerin üstündeki PM₁₀ konsantrasyonlarının Gürleyik Köyü’ne ulaştığı görülmüştür (Şekil 6.19).

Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumda PM₁₀ konsantrasyonları, Bölgenin yaklaşık 1 km kuzeydoğusuna doğru ilerlemiştir (Şekil 6.20).

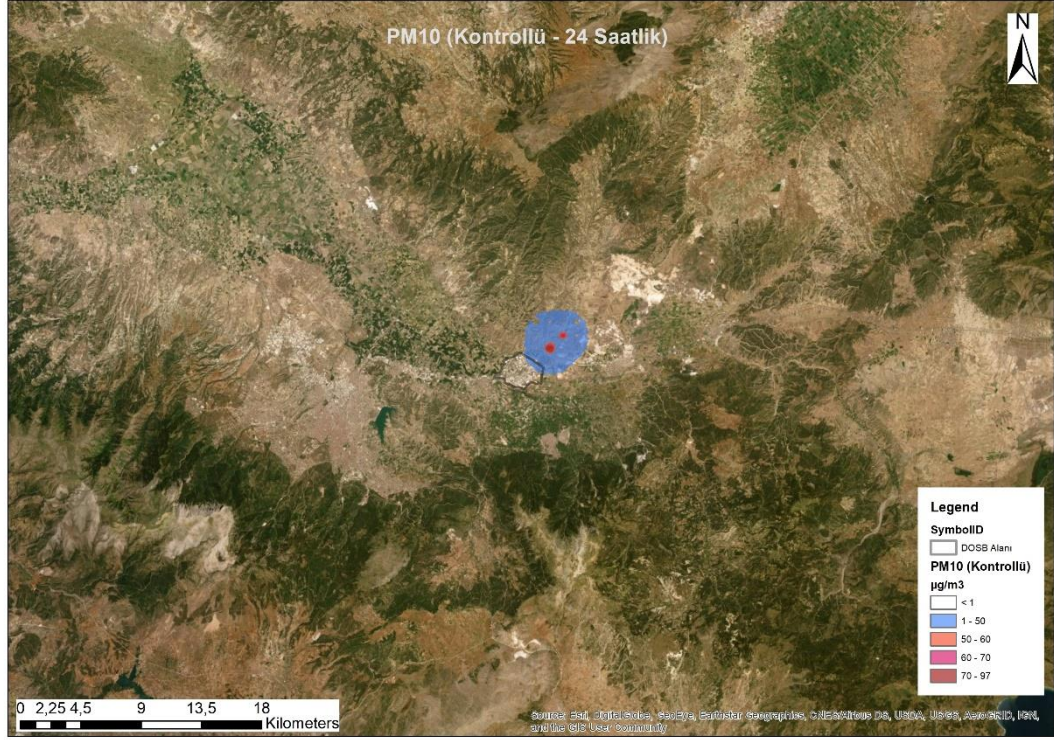
Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durum senaryosuna göre, DOSB alanının yaklaşık 1 km kuzeydoğusunda SKHKKY’de belirtilen sınır değerlerin üstünde konsantrasyonlar görülmüştür. Dağılım DOSB alanının kuzeydoğusuna ilerlemiştir. Dağılımın görüldüğü alanda Gürleyik Köyü bulunmaktadır (Şekil 6.21).



Şekil 6.19: 24 Saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 1)



Şekil 6.20: 24 Saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 2)



Şekil 6.21: 24 Saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonlarının dağılımı (Senaryo 3)

6.4 AERMOD Dağılım Modeli Sonuçları ile Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Verisinin Karşılaştırılması

Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde AERMOD dağılım modeli ile belirlenen PM₁₀ ve SO₂ emisyonlarının Denizli ilinde yer alan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait Denizli Merkezefendi Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ve Denizli Bayramyeri Hava Kalitesi İzleme İstasyonu'nun bulunduğu alanlara etkisi incelenmiştir. Modelleme sonuçları ve istasyonlarda gözlemlenen yıllık ortalama konsantrasyonlar Tablo 6.12'de verilmiştir.

Modelleme sonucunda DOSB alanında oluşarak, istasyonlara ulaşan PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonları oldukça düşük bulunmuştur. Modelleme sonuçları ile istasyonlarda ölçülen konsantrasyonlar arasında çok büyük farklılıklar bulunmuştur. Bu durumun nedenleri incelenirken, DOSB'nin hava kalitesi izleme istasyonlarına olan uzaklığı dikkate alınmalıdır. Modelleme çalışmasında merkez olarak tanımlanan DOSB alanında oluşan hava kirletici madde konsantrasyonlarının, istasyonların bulunduğu alanlara kadar azaldığı görülmüştür. Modelleme sonuçlarına göre DOSB

alanından yayılan hava kirletici maddeler, hakim rüzgar yönünün etkisinde dağılım göstermiştir. Hava kalitesi izleme istasyonları ise DOSB alanının batısında kalmaktadır.

Hava kalitesi izleme istasyonları buldukları bölgedeki tüm emisyon kaynaklarının etkisini göstermektedir. Zira hava kalitesi izleme istasyonlarının yakınında gerçekleşen ısınma faaliyetleri ve taşıt trafiği de istasyonlarda ölçülen hava kirletici madde miktarlarını etkilemektedir.

Tablo 6.12: En yüksek yıllık ortalama konsantrasyonlara göre AERMOD dağılım modeli ve istasyon verilerinin karşılaştırılması

Hava Kalitesi İzleme İstasyonu	Ölçüm Tarihleri	Senaryo	PM ₁₀ Konsantrasyonları (µg/m ³)		SO ₂ Konsantrasyonları (µg/m ³)	
			Ölçüm	Modelleme	Ölçüm	Modelleme
Denizli Merkezefendi	01.01.2017 – 31.12.2017	Senaryo 1	64	1,25	8,9	0,75
		Senaryo 2		0,004		0,0003
		Senaryo 3		0,02		0,38
Denizli Bayramyeri	01.01.2017 – 31.12.2017	Senaryo 1	76	3,77	20	2,27
		Senaryo 2		0,012		0,0009
		Senaryo 3		0,05		1,14

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında Denizli Organize Sanayi Bölgesi'ndeki sanayi tesislerinde kömür ve doğalgaz kullanımından kaynaklanan NO₂, SO₂ ve PM₁₀ emisyonları üç farklı senaryoya göre hesaplanmış ve AERMOD dağılım modeli kullanılarak söz konusu hava kirletici maddelerin yıllık ve saatlik dağılımları belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında belirlenen senaryolar; hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı (kontROLSÜZ) durum (Senaryo 1), tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durum (Senaryo 2) ve hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı (kontrollü) durum (Senaryo 3) senaryolarıdır.

Çalışma alanı olarak merkezi DOSB'nin merkez noktası olacak şekilde 50 km x 50 km büyüklüğünde 1000 m aralıklarla bir kartezyen grid sistemi oluşturularak alıcı noktalar belirlenmiştir. Meteorolojik veriler NOAA'dan sağlanmıştır. Topoğrafik bilgiler ise USGS'den indirilen DEM datası içeren tiff dosyasından AERMAP modülü aracılığıyla çekilmiştir. NO₂, SO₂ ve PM₁₀ emisyon dağılımları ArcMap aracılığıyla görselleştirilmiştir.

Modelleme çalışması sonucunda belirlenen maksimum yıllık ortalama konsantrasyonlar değerlendirildiğinde, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumda NO₂, SO₂ ve PM₁₀ için SKHKKY'de belirtilen sınır değerler sağlanmıştır. Ancak hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durumda, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının sınır değerleri aştığı, NO₂ konsantrasyonlarının ise sınır değeri aşmadığı görülmüştür. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durumda SO₂ konsantrasyonlarının sınır değerinin üstünde kaldığı, NO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının ise sınır değerleri sağladığı gözlemlenmiştir.

Maksimum saatlik ortalama konsantrasyonlar incelendiğinde, hava kirliliği kontrol sistemlerinin olmadığı durumda NO₂ ve SO₂ konsantrasyonları sınır değerleri aşmıştır. Tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumda SO₂ konsantrasyonları sınır değerinin altında, NO₂ konsantrasyonları ise sınır değerinin üstünde kalmıştır. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanıldığı durumda SO₂ ve NO₂ konsantrasyonları sınır değerleri aşmıştır. PM₁₀ konsantrasyonları, SKHKKY uyarınca, 24 saatlik ortalama

konsantrasyonlara göre değerlendirilmiş olup, tüm sanayi tesislerinin doğalgaz kullandığı durumda sınır değerini sağlandığı, diğer iki senaryoya göre ise sınır değerini aşıldığı görülmüştür.

Senaryo 1 ve Senaryo 3'e göre elde edilen saatlik NO₂ konsantrasyonları ve Senaryo 2 için NO₂, SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları DOSB alanının yaklaşık 2,5 km kuzey – kuzeydoğu yönünde ortaya çıkmıştır. Senaryo 1 ve Senaryo 3 için belirlenen SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonları ise DOSB alanının yaklaşık 1,5 km kuzey – kuzeydoğu yönünde görülmüştür. Her üç senaryo için de 24 saatlik PM₁₀ konsantrasyonları DOSB alanının yaklaşık 1,5 km kuzey – kuzeydoğu yönünde görülmüştür.

DOSB'nin kuzeybatı yönünde ve yaklaşık 15 km uzaklıkta bulunan UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde yer alan Pamukkale'de seçilen üç noktaya ulaşan NO₂, PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonları incelendiğinde sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür.

Colossae Antik Kenti'ndeki konsantrasyonlar değerlendirildiğinde, kontrollü ve kontrolsüz durum senaryoları sonuçlarına göre NO₂, PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonları oldukça düşük bulunmuştur. Ancak kontrolsüz durumda, PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonları sınır değerlerin altında olmakla birlikte yüksek konsantrasyonlar da görülmüştür. Bu nedenle Colossae Antik Kenti'nde bulunan tarihi eserler üzerinde hava kirletici maddelerin olumsuz bir etkisinin olup olmadığının araştırılması uygun olacaktır.

Kullanılan kömürlerin yüksek kaliteli olması, yakma sistemlerinin bakımlarının yapılması, uygun hava kirliliği kontrol sistemlerinin kullanılması ve mümkün olduğunca doğalgaz kullanımına yönelimin sağlanması emisyonların azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Hava kirliliği kontrol sistemlerinin verimli ve etkin bir şekilde kullanılması, ekipmanların bakımlarının yapılması ve gelişen teknolojiye uygun olarak yenilenmesi gibi önlemler hava kalitesi yönetiminin sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önemlidir.

Modelleme sonucunda, DOSB alanında oluşarak Denizli Merkezefendi Hava Kalitesi İzleme İstasyonu ve Denizli Bayramyeri Hava Kalitesi İzleme İstasyonu'nun bulunduğu alana ulaşan PM₁₀ ve SO₂ konsantrasyonları oldukça düşük bulunmuştur. DOSB ile hava kalitesi izleme istasyonları arasındaki uzaklık, hakim rüzgar yönünün

etkisi gibi faktörler modelleme sonuçları ile istasyonlarda ölçülen konsantrasyonlar arasında farklılıklar görülmesine neden olmuştur.

Tez çalışması kapsamında kullanılan NO₂, SO₂ ve PM₁₀ verisi bir emisyon envanteri çalışması sonucunda elde edilmiştir. Söz konusu veri kullanılarak modelleme çalışması gerçekleştirilmiş ve elde edilen dağılım verisi SKHKKY çerçevesinde yorumlanmıştır. DOSB alanından kaynaklanan kirliliğin ölçüm yoluyla belirlenebilmesi ve gelecekte yapılacak hava kalitesi yönetimi çalışmalarında referans oluşturması amacıyla Bölgenin etki alanında bir hava kalitesi izleme istasyonu kurulması önerilmektedir.

8. KAYNAKLAR

Afzali, A., Rashid, M., Afzali, M., Yonesi, V., “Prediction of Air Pollutants Concentrations from Multiple Sources Using AERMOD Coupled with WRF Prognostic Model”, *Journal of Cleaner Production*, 166, 1216 – 1225, (2017).

Akdemir, A., “Samsun Organize Sanayi Bölgesi’nde AERMOD Hava Kalitesi Dağılım Modelinin Araştırılması”, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, *Mühendislik Dergisi*, 3, 641 – 648, (2017).

Brode, R.W., “AERMOD Technical Forum”, EPA R/S/L Modelers Workshop, San Diego, Chicago, (2006).

Çelebi, F., “Samsun Organize Sanayi Bölgesi’nde Hava Kalite Modellerinin Uygulanabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Samsun, (2014).

Çukurluoğlu, S. “Denizli Organize Sanayi Bölgesi’nde Hava Kirlenmesinin EDMS Modeli ile Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, (1999).

Çukurluoğlu, S. ve Besim, T., “Denizli Organize Sanayi Bölgesi Yakıt Kaynaklı Emisyon Envanteri”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 21(6), 248 – 253, (2015).

Demirarslan, K.O., “Hava Kirliliği Belirlemelerinde Modelleme Yaklaşımı ve Modelleme Aşamasında Karşılaşılabilecek Sorunlar”, Çevre Sorunları Sempozyumu, Kocaeli, (2008).

Demirarslan, K.O., “Hava Kalitesi ve Değerlendirmesinde Modelleme Yaklaşımı”, VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28 – 30 Nisan, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2015).

Demirarslan, K.O. ve Doğruparmak, Ş.Ç., “Kocaeli İli Körfez İlçesi Konut Kaynaklı CO ve NO_x Emisyon Dağılımlarının Farklı Modeller Yardımıyla Değerlendirilmesi”, Artvin Çoruh Üniversitesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1 – 2, 66 – 73, (2015).

Denizli Organize Sanayi Bölgesi Arşivi, Denizli Organize Sanayi Bölgesi Müdürlüğü, Denizli, Türkiye, (2019).

Dölek, E., “Comparison of ISCST3 and AERMOD Air Dispersion Models: Case Study of Cayırhan Thermal Power Plant”, M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, *Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Environmental Engineering*, Ankara, (2007).

Erdoğan, E., “Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2012).

EPA, “User’s Guide for the Industrial Sources Complex (ISC3) Dispersion Models – Volume 1 User’s Instructions”, EPA-454/B-95-003a, (1995).

EPA, “Comparison of Regulatory Design Concentrations AERMOD vs ISCT3, CTDMPPLUS, ISC-PRIME”, EPA-454/R-03-002, (2003).

EPA, “AP – 42 Compilation of Air Emissions Factors, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.4 Natural Gas Combustion”, United States Environmental Protection Agency, Fifth Edition, Volume I, <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s04.pdf>, (2014a).

EPA, “AP – 42 Compilation of Air Emissions Factors, Chapter 1: External Combustion Sources, 1.7 Lignite Combustion”, United States Environmental Protection Agency, Fifth Edition, Volume I, <https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch01/final/c01s07.pdf>, (2014b).

EPA, “Air Quality Dispersion Modeling”, (online), (15.03.2019), <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling>, (2017).

EPA, “User’s Guide for the AMS/EPA Regulatory Model (AERMOD)”, EPA-454/B-18-001, (2018).

EPA, “User’s Guide for AERMOD Meteorological Processor (AERMET)”, EPA-454/B-19-028, (2019).

Gökmen, S.Ö., “Endüstriyel Bölgelerin Hava Kalitesine Etkilerinin CALPUFF Dispersiyon Modeli ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2012).

Gündoğdu, M.E., “Meteorolojik Parametrelerin Hava Kirliliğine Etkilerinin Yapay Sinir Ağları Modeli ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2006).

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2009).

Holmes, N. S., Morawska, L., “A Review of Dispersion Modeling and its Application to the Dispersion of Particles: An Overview of Different Dispersion Models Available”, *Atmospheric Environment*, 40, 5902 – 5928, (2006).

Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 13.01.2005 tarih ve 25699 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2009).

Karvounis, G., Deligiorgi, D., Philipopoulos, K., “On the Sensitivity of the AERMOD to Surface Parameters Under Various Anemological Conditions”, 11th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 45 – 47, Greece, (2006).

Laffoon, C., Rinaudo, J., Soule, R., Bowie, T., “Developing State-Wide Modeling Guidance for the Use of AERMOD”, A Workgroup’s Experience, 3 – 17, (2005).

Lakes Environmental, (online), (15.05.2019)
<https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>, (2019).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (online), (05.08.2019),
<https://www.mgm.gov.tr/>, (2019).

Müezzinoğlu, A., “Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları”, Dokuz Eylül Yayınları, ISBN 975-6981-36-9, 1. Baskı, İzmir, (2000).

NOAA, (online), (12.06.2019)
<https://www.ready.noaa.gov/READYpgclass.php>, (2019).

Parter, E.T., Midgley, C., “A New Air Dispersion Modelling System is Helping Create More Accurate Industrial Source Models”, *Environmental Protection*, 17(3), 416 – 431, (2006).

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, 03.07.2019 tarih ve 27227 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2014).

Tuna, G., “Determination of Ambient Air Quality by using a Gaussian Dispersion Model in Çanakkale”, M.Sc. Thesis, Dokuz Eylül University, *Graduate School of Natural and Applied Sciences, Environmental Engineering Program*, İzmir, (2015).

Tuygun, G.T., Altuğ, H., Elbir, T., Gaga, E.E., “Modeling of Air Pollutant Concentrations in an Industrial Region of Turkey”, *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 8230 – 8241, (2017).

USGS, (online) (29.04.2019),
https://topotools.cr.usgs.gov/GMTED_viewer/viewer.htm, (2019).

Wark, K., Warner, C.F., Davis, W.T., “Air Pollution”, An Imprint of Addison Wesley Longman, Inc. Editions, (1998).

Zou, B., Zhan, F.B., Wilson, J.G., Zeng, Y. “Performance of AERMOD at Different Time Scales”, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 5, 18, 612 – 623, (2010).

Zeydan, Ö., “Zonguldak Bölgesi PM₁₀ Konsantrasyonu Dağılımının Modellenmesi”, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı*, Kocaeli, (2014).

EKLER

9. EKLER

EK A Hava Kirliliği Kontrol Sistemlerinin Olmadığı (Kontrolsüz) Durumda Hesaplanan Emisyon Miktarları

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EF1701D	0,001251	0,000003	0,000034
EF1702D	0,040095	0,000086	0,001088
EF1703D	0,003723	0,000008	0,000101
EF1704D	0,002355	0,000005	0,000064
EF1705D	0,021747	0,000047	0,000590
EF1706D	1,554164	0,003330	0,042184
EF1707D	0,101421	0,000217	0,002753
EF1708D	0,650757	0,001394	0,017663
EF1709D	0,001290	0,000003	0,000035
EF1710D	0,006766	0,000014	0,000184
EF1712D	0,007267	0,000016	0,000197
EF1713D	0,005731	0,000012	0,000156
EF1714D	0,168237	0,000361	0,004566
EF1715D	0,000706	0,000002	0,000019
EF1716D	0,008573	0,000018	0,000233
EF1717D	0,001183	0,000003	0,000032
EF1718D	0,004059	0,000009	0,000110
EF1719D	0,002991	0,000006	0,000081
EF1720D	0,000507	0,000001	0,000014
EFD1701	0,005386	0,000012	0,000146
EFD1702	0,164137	0,000352	0,004455
EFD1703	0,154201	0,000330	0,004185
EFD1705	0,057277	0,000123	0,001555
EFD1706	0,001947	0,000004	0,000053
EFD1707	0,471074	0,001009	0,012786
EFD1709	0,008152	0,000017	0,000221
EFD1710	0,172005	0,000369	0,004669
EFD1711	0,005008	0,000011	0,000136

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EFD1712	0,001121	0,000002	0,000030
EFD1713	0,000845	0,000002	0,000023
EFD1714	0,038461	0,000082	0,001044
EFD1716	0,060473	0,000130	0,001641
EFD1717	0,004892	0,000010	0,000133
EFD1718	0,573849	0,001230	0,015576
EFD1720	0,348186	0,000746	0,009451
EFD1722	0,206248	0,000442	0,005598
EFD1723	0,032230	0,000069	0,000875
EFD1724	0,001847	0,000004	0,000050
EFD1725	0,001690	0,000004	0,000046
EFD1726	0,003732	0,000008	0,000101
EFD1727	0,001422	0,000003	0,000039
EFD1729	0,593689	0,001272	0,016114
EFD1731	0,376234	0,000806	0,010212
EFD1732	0,051109	0,000110	0,001387
EFD1733	0,012990	0,000028	0,000353
EFD1734	0,096728	0,000207	0,002625
EFD1736	0,303255	0,000650	0,008231
EFD1738	0,407039	0,000872	0,011048
EFD1739	0,026699	0,000057	0,000725
EFD1740	0,006779	0,000015	0,000184
EFD1742	0,083944	0,000180	0,002278
EFD1743	0,008392	0,000018	0,000228
EFD1744	0,017710	0,000038	0,000481
EFD1745	0,000701	0,000002	0,000019
EFD1746	0,014506	0,000031	0,000394
EFD1747	0,048826	0,000105	0,001325
EFD1749	0,343188	0,000735	0,009315
EFD1750	0,482383	0,001034	0,013093
EFD1751	0,305658	0,000655	0,008296
EFD1752	0,212302	0,000455	0,005762
EFD1754	0,400354	0,000858	0,010867
EFK1704	2,181662	12,291052	20,372419
EFK1708	1,418080	7,989184	13,242072
EFK1715	0,763582	4,301868	7,130347

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO₂	SO₂	PM₁₀
EFK1719	2,181662	12,291052	20,372419
EFK1721	1,308997	7,374631	12,223451
EFK1728	6,544985	36,873156	61,117257
EFK1730	2,836160	15,978368	26,484145
EFK1735	1,090831	6,145526	10,186209
EFK1737	1,090831	6,145526	10,186209
EFK1741	3,490659	19,665683	32,595870
EFK1748	5,454154	30,727630	50,931047
EFK1753	3,926991	22,123894	36,670354
EFK1754	6,544985	36,873156	61,117257

EK B Tüm Sanayi Tesislerinin Doğalgaz Kullandığı Durumda Hesaplanan Emisyon Miktarları

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EF1701D	0,001251	0,000003	0,000034
EF1702D	0,040095	0,000086	0,001088
EF1703D	0,003723	0,000008	0,000101
EF1704D	0,002355	0,000005	0,000064
EF1705D	0,021747	0,000047	0,000590
EF1706D	1,554164	0,003330	0,042184
EF1707D	0,101421	0,000217	0,002753
EF1708D	0,650757	0,001394	0,017663
EF1709D	0,001290	0,000003	0,000035
EF1710D	0,006766	0,000014	0,000184
EF1712D	0,007267	0,000016	0,000197
EF1713D	0,005731	0,000012	0,000156
EF1714D	0,168237	0,000361	0,004566
EF1715D	0,000706	0,000002	0,000019
EF1716D	0,008573	0,000018	0,000233
EF1717D	0,001183	0,000003	0,000032
EF1718D	0,004059	0,000009	0,000110
EF1719D	0,002991	0,000006	0,000081
EF1720D	0,000507	0,000001	0,000014
EFD1701	0,005386	0,000012	0,000146
EFD1702	0,164137	0,000352	0,004455
EFD1703	0,154201	0,000330	0,004185
EFD1705	0,057277	0,000123	0,001555
EFD1706	0,001947	0,000004	0,000053
EFD1707	0,471074	0,001009	0,012786
EFD1709	0,008152	0,000017	0,000221
EFD1710	0,172005	0,000369	0,004669
EFD1711	0,005008	0,000011	0,000136
EFD1712	0,001121	0,000002	0,000030
EFD1713	0,000845	0,000002	0,000023
EFD1714	0,038461	0,000082	0,001044
EFD1716	0,060473	0,000130	0,001641
EFD1717	0,004892	0,000010	0,000133

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EFD1718	0,573849	0,001230	0,015576
EFD1720	0,348186	0,000746	0,009451
EFD1722	0,206248	0,000442	0,005598
EFD1723	0,032230	0,000069	0,000875
EFD1724	0,001847	0,000004	0,000050
EFD1725	0,001690	0,000004	0,000046
EFD1726	0,003732	0,000008	0,000101
EFD1727	0,001422	0,000003	0,000039
EFD1729	0,593689	0,001272	0,016114
EFD1731	0,376234	0,000806	0,010212
EFD1732	0,051109	0,000110	0,001387
EFD1733	0,012990	0,000028	0,000353
EFD1734	0,096728	0,000207	0,002625
EFD1736	0,303255	0,000650	0,008231
EFD1738	0,407039	0,000872	0,011048
EFD1739	0,026699	0,000057	0,000725
EFD1740	0,006779	0,000015	0,000184
EFD1742	0,083944	0,000180	0,002278
EFD1743	0,008392	0,000018	0,000228
EFD1744	0,017710	0,000038	0,000481
EFD1745	0,000701	0,000002	0,000019
EFD1746	0,014506	0,000031	0,000394
EFD1747	0,048826	0,000105	0,001325
EFD1749	0,343188	0,000735	0,009315
EFD1750	0,482383	0,001034	0,013093
EFD1751	0,305658	0,000655	0,008296
EFD1752	0,212302	0,000455	0,005762
EFD1754	0,400354	0,000858	0,010867
EFK1704	1,746294	0,003742	0,047399
EFK1708	1,135091	0,002432	0,030810
EFK1715	0,611203	0,001310	0,016590
EFK1719	1,746294	0,003742	0,047399
EFK1721	1,047776	0,002245	0,028440
EFK1728	5,238881	0,011226	0,142198
EFK1730	2,270182	0,004865	0,061619
EFK1735	0,873147	0,001871	0,023700

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EFK1737	0,873147	0,001871	0,023700
EFK1741	2,794070	0,005987	0,075839
EFK1748	4,365734	0,009355	0,118498
EFK1753	3,143329	0,006736	0,085319
EFK1754	5,238881	0,011226	0,142198

**EK C Hava Kirliliği Kontrol Sistemlerinin Kullanıldığı (Kontrollü)
Durumda Hesaplanan Emisyon Miktarları**

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EF1701D	0,000625	0,000003	0,000034
EF1702D	0,020048	0,000086	0,001088
EF1703D	0,001861	0,000008	0,000101
EF1704D	0,001177	0,000005	0,000064
EF1705D	0,010874	0,000047	0,000590
EF1706D	0,777082	0,003330	0,042184
EF1707D	0,050710	0,000217	0,002753
EF1708D	0,325378	0,001394	0,017663
EF1709D	0,000645	0,000003	0,000035
EF1710D	0,003383	0,000014	0,000184
EF1712D	0,003633	0,000016	0,000197
EF1713D	0,002866	0,000012	0,000156
EF1714D	0,084118	0,000361	0,004566
EF1715D	0,000353	0,000002	0,000019
EF1716D	0,004287	0,000018	0,000233
EF1717D	0,000591	0,000003	0,000032
EF1718D	0,002029	0,000009	0,000110
EF1719D	0,001496	0,000006	0,000081
EF1720D	0,000254	0,000001	0,000014
EFD1701	0,002693	0,000012	0,000146
EFD1702	0,082069	0,000352	0,004455
EFD1703	0,077101	0,000330	0,004185
EFD1705	0,028639	0,000123	0,001555
EFD1706	0,000973	0,000004	0,000053
EFD1707	0,235537	0,001009	0,012786
EFD1709	0,004076	0,000017	0,000221
EFD1710	0,086002	0,000369	0,004669
EFD1711	0,002504	0,000011	0,000136
EFD1712	0,000561	0,000002	0,000030
EFD1713	0,000422	0,000002	0,000023
EFD1714	0,019230	0,000082	0,001044
EFD1716	0,030236	0,000130	0,001641
EFD1717	0,002446	0,000010	0,000133

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EFD1718	0,286924	0,001230	0,015576
EFD1720	0,174093	0,000746	0,009451
EFD1722	0,103124	0,000442	0,005598
EFD1723	0,016115	0,000069	0,000875
EFD1724	0,000924	0,000004	0,000050
EFD1725	0,000845	0,000004	0,000046
EFD1726	0,001866	0,000008	0,000101
EFD1727	0,000711	0,000003	0,000039
EFD1729	0,296844	0,001272	0,016114
EFD1731	0,188117	0,000806	0,010212
EFD1732	0,025554	0,000110	0,001387
EFD1733	0,006495	0,000028	0,000353
EFD1734	0,048364	0,000207	0,002625
EFD1736	0,151628	0,000650	0,008231
EFD1738	0,203520	0,000872	0,011048
EFD1739	0,013349	0,000057	0,000725
EFD1740	0,003390	0,000015	0,000184
EFD1742	0,041972	0,000180	0,002278
EFD1743	0,004196	0,000018	0,000228
EFD1744	0,008855	0,000038	0,000481
EFD1745	0,000350	0,000002	0,000019
EFD1746	0,007253	0,000031	0,000394
EFD1747	0,024413	0,000105	0,001325
EFD1749	0,171594	0,000735	0,009315
EFD1750	0,241191	0,001034	0,013093
EFD1751	0,152829	0,000655	0,008296
EFD1752	0,106151	0,000455	0,005762
EFD1754	0,200177	0,000858	0,010867
EFK1704	1,413471	6,145526	0,250737
EFK1708	0,918756	3,994592	0,162979
EFK1715	0,494715	2,150934	0,087758
EFK1719	1,413471	6,145526	0,250737
EFK1721	0,848083	3,687316	0,150442
EFK1728	4,240413	18,436578	0,752212
EFK1730	1,837512	7,989184	0,325959
EFK1735	0,706735	3,072763	0,125369

Kaynak Kodu	Emisyon Miktarları (ton/yıl)		
	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀
EFK1737	0,706735	3,072763	0,125369
EFK1741	2,261554	9,832842	0,401180
EFK1748	3,533677	15,363815	0,626844
EFK1753	2,544248	11,061947	0,451327
EFK1754	4,240413	18,436578	0,752212

EK D Noktasal Kaynaklara İlişkin Veriler

Kaynak Kodu	Baca Yüksekliği (m)	Baca Sıcaklığı (°C)	Baca Gazı Hızı (m/s)	Baca Çapı (m)
EF1701D	20	125	7	0,9
EF1702D	20	125	7	0,9
EF1703D	20	125	7	0,9
EF1704D	20	125	7	0,9
EF1705D	20	125	7	0,9
EF1706D	20	125	7	0,9
EF1707D	20	125	7	0,9
EF1708D	20	125	7	0,9
EF1709D	20	125	7	0,9
EF1710D	20	125	7	0,9
EF1712D	20	125	7	0,9
EF1713D	20	125	7	0,9
EF1714D	20	125	7	0,9
EF1715D	20	125	7	0,9
EF1716D	20	125	7	0,9
EF1717D	20	125	7	0,9
EF1718D	20	125	7	0,9
EF1719D	19	145	7,2	0,9
EF1720D	19	145	7,2	0,9
EFD1701	20	125	7	0,9
EFD1702	20	172	11	0,9
EFD1703	17,7	145	6,5	0,8
EFD1705	17	125	8,2	0,9
EFD1706	20	125	7	0,9
EFD1707	20	125	7	0,9
EFD1709	20	125	7	0,9
EFD1710	20	125,	7	0,9
EFD1711	20	125	7	0,9
EFD1712	20	125	7	0,9
EFD1713	20	125	7	0,9
EFD1714	20	125	7	0,9
EFD1716	20	125	7	0,9
EFD1717	20	94	14	0,7

Kaynak Kodu	Baca Yüksekliği (m)	Baca Sıcaklığı (°C)	Baca Gazı Hızı (m/s)	Baca Çapı (m)
EFD1718	20	63	14	0,7
EFD1720	20	94	14	0,7
EFD1722	20	125	7	0,9
EFD1723	20	125	7	0,9
EFD1724	20	125	7	0,9
EFD1725	20	125	7	0,9
EFD1726	20	125	7	0,9
EFD1727	20	125	7	0,9
EFD1729	20	125	7	0,9
EFD1731	24	156	7,7	1,1
EFD1732	20	125	7	0,9
EFD1733	12	113	7,4	0,8
EFD1734	20	125	7	0,9
EFD1736	19	148	5,7	0,9
EFD1738	20	125	7	0,9
EFD1739	20	125	7	0,9
EFD1740	20	125	7	0,9
EFD1742	17	236	9,3	1,0
EFD1743	17	236	9,3	1,0
EFD1744	20	125	7	0,9
EFD1745	20	125	7	0,9
EFD1746	20	125	7	0,9
EFD1747	20	125	7	0,9
EFD1749	34	125	11,4	0,9
EFD1750	22	125	7,3	0,9
EFD1751	16,9	152	5,9	0,9
EFD1752	16,9	152	5,9	0,9
EFD1754	19	145	7,2	0,9
EFK1704	23	125	7	0,9
EFK1708	19	125	7	0,9
EFK1715	20	125	7	0,9
EFK1719	15	125	15	0,9
EFK1721	21	90	7,7	0,8
EFK1728	35	132	10	1,1
EFK1730	24	156	7,7	1,1
EFK1735	12	113	7,4	0,8

Kaynak Kodu	Baca Yüksekliği (m)	Baca Sıcaklığı (°C)	Baca Gazı Hızı (m/s)	Baca Çapı (m)
EFK1737	20	125	7	0,9
EFK1741	34	53	5,5	0,8
EFK1748	20	125	7	0,9
EFK1753	20	67	10	1,1
EFK1754	20	125	7	0,9

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Elif Aysu BATKAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara, 1990
Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi
Elektronik posta : aysubatkan@gmail.com
İletişim Adresi : –
Yayın Listesi :

Batkan, E.A. ve Yalçın, A.Y. (2014), “Fotokopi İşlemleri Sırasında Ortaya Çıkan Ozonun Havalandırmalı ve Havalandırmasız Koşullardaki Konsantrasyon Değişiminin Araştırılması”, Araştırma Projesi, TÜBİTAK 2209/A Üniversite Öğrencileri Yurt İçi Araştırma Projeleri Destek Programı.

Proje Yürütücüsü: Elif Aysu BATKAN
Araştırmacı: Ahmet Yalçın YAŞAR
Proje Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sibel ÇUKURLUOĞLU
Proje Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: Ocak 2014 – Haziran 2014