



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KONYA İLİNDE HAVA KİRLİLİĞİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLERİN
MEKÂNSAL ANALİZİ**

Oğuz UĞURLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Temmuz 2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Oğuz UĞURLU tarafından hazırlanan “Konya İli’nde Hava Kirliliğine Etki Eden Faktörlerin Mekânsal Analizi” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. İ. Öztuğ Bildirici

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi İlkay Buğdaycı

Üye

Doç. Dr. Hüseyin Zahit Selvi

İmza

.....

.....

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Oğuz UĞURLU

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Konya İli'nde Hava Kirliliğine Etki Eden Faktörlerin Mekânsal Analizi

Oğuz UĞURLU

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İlkay BUĞDAYCI

2021, 84 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. İ. Öztuğ BİLDİRİCİ
Dr. Öğr. Üyesi İlkay BUĞDAYCI
Doç. Dr. H. Zahit SELVİ

Gelişen teknolojiye bağlı olarak beraberinde artan endüstriyelleşme, yapılan plansız ve çarpık kentleşme, sürekli artan nüfus oranı, doğal kaynakların giderek azalması ve insanların duyarlılığı sonucu çevre kirliliği günümüzde önemli bir sorun haline gelmiştir. Toprak, su ve hava da meydana gelen bu kirlilikler giderek artmış daha farklı boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliği ise bu kirliliklerin en başında gelmektedir. Özellikle yoğun sanayi, trafik ve yerleşimin olduğu alanlarda hava kirliliği daha da artmaktadır. Bu noktalarda yaşanan kirlilik, hava kalitesini azaltmakta, ekosistemin dengesini bozmakta ve sonuç olarak çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve haritalar, farklı konulara ilişkin mekânsal verilerin işlenmesi, modellenmesi, analizi ve haritalandırılarak görselleştirilmesi için imkân sağladığından çevresel problemlerin azaltılmasına yönelik stratejiler geliştirilmesinde oldukça yararlıdır. CBS; hava kalitesinin konum ve zamana bağlı olarak analizinin yapılmasında, hava kirlenmelerine ilişkin parametreleri tespit ederek kirlilik dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bu çalışma Konya ili mücavir alan sınırları içinde yapılmıştır Hava kirliliğine neden olan SO₂, PM₁₀, CO, NO₂ ve O₃ kirlenmelerinin 2019-2020 yılları için mekânsal analizi yapılmıştır. Bu kapsamda Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait, Konya bölgesi Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı istasyonlarından alınan veriler IDW enterpolasyon yöntemi uygulanarak hava kirliliği tematik haritaları üretilmiş, elde edilen sonuçlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği sınır değerleri baz alınarak harita ve grafiklerle incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CBS, Hava Kalitesi, Hava kirliliği, Kirlenmeler, Modelleme

ABSTRACT

MS THESIS

**SPATIAL ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING AIR POLLUTION IN
KONYA PROVINCE**

Oğuz UGURLU

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN GEOMATIC ENGINEERING**

Advisor: Assist. Prof. Ilkay BUGDAYCI

2021, 84 Pages

Jury

Prof. Dr. I.Oztug BILDIRICI

Assist. Prof. Ilkay BUGDAYCI

Assoc. Prof. Huseyin Zahit SELVI

Environmental pollution has become an important problem today as a result of increasing industrialization due to developing technology, unplanned and unplanned urbanization, constantly increasing population rate, decreasing natural resources and insensitivity of people. More dimensions have been reached about these pollutions that occur in soil, water and air. Especially in areas with heavy industry, traffic and settlement, air pollution is increasing. Pollution experienced at these points reduces the air quality, disrupts the balance of the ecosystem and consequently causes various health problems. Geographic Information Systems (GIS) and maps are very useful in developing strategies to reduce environmental problems, as they allow for the processing, modeling, analysis and visualization of spatial data on different subjects. GIS is used to analyze air quality based on location and time, and to create pollution distribution maps by determining parameters related to air pollutants.

In this study, spatial analysis of SO₂, PM₁₀, CO, NO₂ and O₃ pollutants that cause air pollution was carried out for the years 2019-2020 within the borders of the adjacent area of Konya. In this context, air pollution thematic maps were produced by applying IDW interpolation method from the data obtained from the Konya region National Air Quality Monitoring Network Stations belonging to the Ministry of Environment and Urbanization were examined with maps and graphics based on limit values.

Keywords: Air pollution , Air Quality, GIS, Modeling, Pollutants.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca çalışmalarımı daha iyiye taşımam yönünde bana destek veren, akademik çalışmaların değerini bana anlatan, öğreten ve beni motive eden değerli hocam tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İlkay BUĞDAYCI'ya, bu süreçte çalışmalarımıza yön veren Çevre Mühendisliği Anabilim dalı Dr. Öğr. Üyesi Fatma KUNT'a teşekkür ederim.

Çalışmada kullanılan verilerin elde edilmesi ve bu verilerin sivil kullanıcılara açık biçimde paylaşılmasını sağlayan T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca bana moral veren, destek olan, fikir veren, iyiye ve doğruya ulaşmamı sağlayan tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca desteklerini her zaman arkamda hissettiğim değerli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Oğuz UĞURLU

KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
TABLolar	xi
ŞEKİLLER	XII
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. HAVA KİRLİLİĞİ	6
3.1. Havanın Yapısı	6
3.2. Hava Kirletici Kaynakları	7
3.2.1. Doğal kaynaklı kirleticiler	7
3.2.2. Yapay kaynaklı kirleticiler.....	7
3.2.2.1. Isınma kaynaklı kirleticiler	8
3.2.2.2. Ulaşım Kaynaklı Kirleticiler	12
3.2.2.3. Endüstriyel Kaynaklı Kirleticiler	13
3.3. Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	15
4. HAVA KALİTESİNİN İZLENMESİ	17
4.1. Hava Kalitesi İndeksinin Belirlenmesi	19
4.2. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı	20
5. MATERYAL VE METHOD	22
5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Hava Kalitesinin Modellenmesi	22
5.1.1. CBS ve Kartografya	25
5.1.2. Tematik Haritalar	26
5.1.3. Mekânsal verilerin analizi.....	27

5.1.3.1. Ters ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)	30
6. UYGULAMA	31
6.1. Çalışma Bölgesinin Seçilmesi	31
6.2. Hava Kirliliği Verilerinin Toplanması.....	32
6.2.1. Toplanan verilerin grafiksel dağılımları	34
6.2.1.1 PM10 Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar	34
6.2.1.2 SO2 Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar.....	36
6.2.1.3 CO Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar	37
6.2.1.4 NO ₂ Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar	39
6.2.1.5 O ₃ Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar	40
6.3. Altlık Olarak Kullanılacak Haritaların Temini	42
6.4. Kirlilik Haritalarının Oluşturulmasında Kullanılacak Olan Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımının Seçilmesi.....	42
6.5. Kirlilik Haritalarının Oluşturulmasında Kullanılacak Enterpolasyon Yöntemleri	43
6.5.1. IDW Enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan hava kirliliği haritaları	43
6.5.2. IDW Enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan hava kirliliği haritalarının yorumlanması.....	46
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
7.1. Sonuçlar	63
7.2. Öneriler	65
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	72

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

CO	Karbon monoksit
CO₂	Karbon dioksit
NO_x	Azot Oksitler
O₃	Ozon
PM	Partikül Madde
SO_x	Kükürt Oksitler

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
BDK	Bilgisayar Destekli Kartografya
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
HEAL	Sağlık ve Çevre Birliği
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
ICA	Uluslararası Kartografya Birliği
OECD	Ekonomik İç Birliği ve Kalkınma Örgütü
UHKİİ	Ulusal Hava Kalitesi İzleme İstasyonları
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	Amerikan Çevre Koruma Örgütü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

TABLULAR

Tablo 3.1. Kuru Hava Bileşimi ve Miktarları (Aydınlar ve ark., 2009)	7
Tablo 3.2. Bazı Kirletici Maddelerin Sınır Değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018)	10
Tablo 3.3. Bazı Kirletici Maddelerin Sınır Değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020)	10
Tablo 3.4. Primer ve Sekonder Kirleticiler (Kudal, 2009)	11
Tablo 3.5. Kirletici Parametreler ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri (Hava Kirliliği Raporu, 2017)	16
Tablo 4.1. Hava Kalitesi İndeksi ve Konsantrasyon Seviyeleri (Hatay Çevre Durum Raporu, 2018)	20
Tablo 6.1 Konya İli Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarının Bilgileri	33
Tablo 6.2 PM ₁₀ için istasyon bazında yıllık ortalamalar	35
Tablo 6.3 SO ₂ için istasyon bazında yıllık ortalamalar	37
Tablo 6.4 CO için istasyon bazında yıllık ortalamalar	39
Tablo 6.5 NO ₂ için istasyon bazında yıllık ortalamalar	40
Tablo 6.6 O ₃ için istasyon bazında yıllık ortalamalar	42
Tablo 6.7 Enterpolasyon yapılacak kirlilik verilerinin sınıfları ve değer aralıkları	46

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Yıllara Göre Türkiye'de Enerji Kaynaklarının Kullanımı (Hava Kirliliği Raporu, 2018)	13
Şekil 3.2 Türkiye'deki Endüstri Yoğunluğu Haritası (HEAL, 2018)	14
Şekil 4.1 Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (Hava Kirliliği Raporu, 2018)	21
Şekil 5.2 CBS'de Yeryüzü Şekillerinin Gösterilmesi (Ergüt, 2016)	25
Şekil 6.1 Konya ili merkez ilçelere ait hava fotoğrafı (Google Earth Pro2021)	32
Şekil 6.2 Konya İli Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarının Konumları	33
Şekil 6.3 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı PM ₁₀ Aylık Dağılım Grafiği(2019)	35
Şekil 6.4 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı PM ₁₀ Aylık Dağılım Grafiği (2020)	35
Şekil 6.5 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı SO ₂ Aylık Dağılım Grafiği(2019)	36
Şekil 6.6 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı SO ₂ Aylık Dağılım Grafiği(2019)	37
Şekil 6.7 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı CO Aylık Dağılım Grafiği (2019)	38
Şekil 6.8 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı CO Aylık Dağılım Grafiği (2020)	39
Şekil 6.9 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı NO ₂ Aylık Dağılım Grafiği (2019)	40
Şekil 6.10 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı NO ₂ Aylık Dağılım Grafiği (2020)	40
Şekil 6.11 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı O ₃ Aylık Dağılım Grafiği (2019)	41
Şekil 6.12 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı O ₃ Aylık Dağılım Grafiği (2020)	42
Şekil 6.13 Türkiye Mülki İdare Sınırları Haritası	43
Şekil 6.14 Konya İli Çalışma Bölgesi İlçe Sınırları	44
Şekil 6.15 Manuel veri girişi menüsü	45
Şekil 6.16 İDW Enterpolasyon Menüsü	45
Şekil 6.17 İDW Enterpolasyon Haritalaması Ekran Görüntüsü	46
Şekil 6.18. 2019 yılı konya ili mücavir alanlara ait PM ₁₀ kirlilik haritası	48
Şekil 6.19. 2020 yılı konya ili mücavir alanlara ait PM ₁₀ kirlilik haritası	49
Şekil 6.20. 2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait SO ₂ kirlilik haritası	51
Şekil 6.21. 2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait SO ₂ kirlilik haritası	52

Şekil 6.22	2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait CO kirlilik haritası	54
Şekil 6.23	2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait CO kirlilik haritası	55
Şekil 6.24.	2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait NO ₂ kirlilik haritası	57
Şekil 6.25	2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait NO ₂ kirlilik haritası	58
Şekil 6.26	2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait O ₃ kirlilik haritası	60
Şekil 6.27	2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait O ₃ kirlilik haritası	61



1. GİRİŞ

Gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği, gün geçtikçe artan ve geleceği de büyük oranda etkileyeceği düşünülen hava kirliliği; ekolojik dengeyi bozmakta ve insan hayatını da ciddi oranda etkilemektedir. Hızla artan nüfus, enerji kaynaklarının çeşitlenmesi, doğal kaynakların hızla tüketilmesi, endüstriyel faaliyetlerin artışı ve kentlerde oluşan hızlı betonlaşma, sonucunda da bitkilerin tahribi canlılar için tehlike oluşturmakta, özellikle insan sağlığını etkilemektedir. Bu çalışma ile Konya ilinde hava kalitesi istasyonlarından elde edilen verilerle birlikte hava kalitesi analiz edilmiş ve hava kirliliği haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak oluşturulmuştur.

Kentlerde yaşanan yanlış yapılaşma, temiz hava geçişini sağlayacak koridorlara akımı engelleyecek yüksek binaların projelendirilmesi, doğal bitki örtüsü ve ağaçların yok edilmesi gibi sorunları beraberinde getirir. Bunun yanı sıra toplu taşıma araçlarını cazip hale getirecek uygulamalara yeteri kadar önem verilmemesi, araç sayısının artmasına neden olmaktadır. Bu nedenlere bağlı olarak gelişen ve ısınma amaçlı kömür tüketimi, sanayide gerekli önlemlerin alınmamasının da katkısıyla hava kirliliğini ortaya çıkarmaktadır. (Hava Kirliliği Raporu, 2018). Son yıllarda yaşanan bu gelişmeler sonucu önlenemeyen çevre kirlilikleri ve ekosistemin giderek bozulması yaşamımızda önemli bir dönüşümü de beraberinde getirmiştir. Plansız kentleşme sonucunda ortaya çıkan sorunların giderilmesi için ‘‘akıllı kentler’’ olarak isimlendirilen çözümler oluşturulmaya çalışılmaktadır (Ateş ve Önder, 2019). Akıllı kentler fikriyle sürdürülebilir bir çevre oluşturularak hem çevre kirliliğinin azaltılması, hem de ortaya çıkacak sorunların en başından önüne geçilerek engellenmesi amaçlanmıştır. Akabinde çevre kirliliğini oluşturan başta hava olmak üzere su, toprak ve gürültü kirliliğinin de önüne geçilmesi sağlanacaktır.

Dünya sağlık örgütü bildirgesinde hava kirliliği sebebiyle dünyada ortalama 7.000.000 kişinin yaşamını yitirdiğini paylaşmıştır. Ölümlere neden olan sebeplere bakıldığında ortalama 4 milyon kişinin dışarıda yaşanan, ortalama 3 milyon kişinin ise içeride yaşanan hava kirliliği sebebiyle yaşamını yitirdiğini göstermiştir. Küçük yaş gruplarında ise durum daha endişe vericidir. İnsan yaşamının daha sağlıklı olabilmesi ve çeşitli rahatsızlıklarında azaltılabilmesi için hava kirliliğiyle ilgili önlemler alınmalıdır (Hava Kirliliği Raporu, 2018).

Hava kirliliği değerlerinin doğru bir şekilde elde edilmesi, hava kirliliği ile mücadelenin insanlar için önemli olduğu bilincinin gelişmesi ve temiz bir hava için

oluşturulacak yönetim politikalarının tüm insanlara anlatılması amacıyla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı denetiminde bulunan tüm illerde yer alan hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlardan Kükürt dioksit (SO₂), Partikül Madde (PM10), Azot oksitler (NO_x), Karbon monoksit (CO) ve Ozon (O₃) parametreleri otomatik olarak ölçülmektedir.

Yıllara göre hava kirliliği raporları incelendiğinde alınan önlemler ile biraz da olsa kirliliğin azaltıldığı görülmektedir. Ancak bazı noktalarda özellikle de endüstride hala eksikliklerin olduğu görülmektedir. Bu nokta da hava kirliliği ile ilgili mevcut yasaların ve kuralların değiştirilmesi, oluşturulan bu kurallar ışığında çok sık denetim yapılması, hava kirliliği değerlerinde oluşan anlık artış sebepleri araştırılarak gerekli önlemlerin alınması önemli adımlar olacaktır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS); dünya üzerinde yer alan her türlü coğrafi bilgiyi kullanarak, toplum sorunlarına gelenekçi yaklaşım dışında yeni ve hızlı çözümler üretmesi bakımından çok önemli bir bilgi teknolojisi uygulamasıdır. CBS, harita tabanlı her türlü veri ya da bilgiden elde edilen sonucu değerlendirmeye ve analiz etmeye olanak sağlar (Temiz, 2017). Kirleticilerin ölçümünün yapıldığı istasyonların koordinatları belirlenebildiğinden, CBS hava kalitesi modellemede ve kirlilik dağılım haritalarının oluşturulmasında oldukça iyidir.

Bu tez çalışmasında öncelikle hava kirliliği konusu genel hatlarıyla incelenmiştir. Bu kapsamda hava kirliliğine neden olan faktörler, kirletici parametreler, hava kirliliğinin tespit edilmesinde uygulanan işlemler araştırılmıştır. Ayrıca toplanan veriler grafiksel olarak yorumlanmış, CBS'den yararlanılarak hava kirliliği haritaları oluşturulmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Hava kirliliği, bu kapsamda CBS'nin kullanımı, kirlilik haritalarının üretilmesi gibi konularda Türkiye'de ve dünyada çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda farklı teknikler ile hava kalitesi değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalar Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarının kullanılması (Demirarslan ve Akıncı 2016; Koç ve ark., 2016; Karabaş 2012), havanın modellenmesi, Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımının kullanılması (Jensen ve ark., 2001; Çet 2003; Elbir 2004; Demirarslan ve Akıncı 2018) ve oluşturulan envanterin değerlendirilmesi (Elbir ve ark., 2001; Daylan ve İncecik 2002) şeklinde yapılmıştır.

Coğrafi bilgi sistemlerinin direkt olarak kullanılması ile çalışan Demirarslan ve Akıncı (2016) çalışmalarında, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan, Artvin, Bayburt, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize ve Trabzon illerindeki SO₂ kirleticisinin hava kalitesi üzerindeki etki ve dağılımlarını, CBS ile üretilen haritalarla incelemiştir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait ölçüm istasyonlarında ölçülen 2011-2016 yılları arasındaki saatlik verilerle yapılan çalışma sonucunda, 2011-2016 yılları arasında illere göre ilkbahar ayları SO₂ konsantrasyon ortalamaları sırasıyla Ordu > Giresun > Trabzon > Gümüşhane > Rize > Bayburt > Artvin, yaz aylarında Trabzon > Giresun > Rize > Ordu > Artvin > Bayburt, sonbahar aylarında Trabzon > Ordu > Gümüşhane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize, kış aylarında ise Ordu > Trabzon > Gümüşhane > Giresun > Bayburt > Artvin > Rize olarak tespit edilmiştir. Yine aynı şekilde çalışma yürüten Koç ve ark., (2016) Erzurum da kitle yeşil alanların hava kalitesine etkini tespit etmek amacıyla 20 hava kalitesi izleme istasyonundan alınan verilerle SO₂ kirleticisinin ölçümlerini almış, ArcGIS yazılımıyla geoistatistiksel yöntem kullanarak hava kalitesi haritaları elde etmişlerdir. Programda yer alan “Krigging” enterpolasyonu ile oluşturulan haritalarla farklı analizler yapılmış ve SO₂ yayılma bölgeleri tespit edilmiştir. Kayseri ilinde yapılan çalışmada ise Karabaş (2012) Kayseri şehir merkezinde yaptığı çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları kullanarak gürültü kirliliği, hava kirliliği ve doğalgaz enerji kullanımı haritalarını oluşturmuştur. Oluşturulan gürültü haritalarında şehrin iç taraflarında kirliliğin daha fazla iç taraflarında daha az olduğu tespit edilmiştir. Hava kirliliği haritalarında veri alınan 3 istasyondan alınan veriler üzerinden çalışma yapılmış ve alınan verilerin yeterli olmadığı kanaatine varmıştır. Enerji kullanımı haritalarında ise Kayseri Şehir merkezindeki halkın %65'inin doğalgaz kullandığı tespit edilmiştir.

Hava kalitesinin modellenmesi ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılması ile yapılan çalışmalarda Elbir (2004) tarafından, Türkiye'deki büyük kentler için hava kalitesi yönetiminde yerel otoritelere destek sağlamak amacıyla bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Sistem hava kirleticileri emisyonlarını ve bunların mekânsal dağılımını tahmin etmek için CALLPUFF dispersiyon modeline, sayısal haritalara ve ilgili veri tabanlarına dayalı olarak oluşturulmuştur. Sistem, CBS ile yüksek zamansal ve mekânsal çözünürlükteki ortam ha

Hava kirliliği seviyelerini tespit ederek, emisyon ve hava kalitesi seviyeleri haritalarının oluşturulmasına imkân sağlamıştır. Jensen ve ark., (2001) yaptıkları çalışmada, Danimarka'nın büyük şehirlerinde hava kalitesini belirlemek için AirGIS adında bir model geliştirmişlerdir. Sistem, CBS uygulayarak yüksek zamansal ve mekânsal çözünürlükteki ortam hava kirliliği seviyelerini tahmin etmiş ve trafik emisyonlarının, konut ve çalışma alanlarında ve sokaklardaki hava kalitesi seviyelerinin ve bu alanlarda insanların maruz kaldığı kirlilik haritalarının oluşturulmasını sağlamıştır. Marmara bölgesinde yapılan başka bir çalışmada ise Demirarslan ve Akıncı (2018), 2015-2016 yılları kış sezonunda hava kalitesini SO₂ ve PM₁₀ bakımından incelemişlerdir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları web sitesi üzerinden aldıkları verilerin hava kalitesi üzerindeki etki ve dağılımlarını, CBS sistemiyle üretilen dağılım haritalarıyla incelediklerinde SO₂ nin yüksek değere sahip il 2015, 2016 yıllarında Edirne, PM₁₀ kirleticisi için ise Bursa olarak tespit edilmiştir. Hatay ili İskenderun ilçesinde sanayi bölgesinde yapılan bir araştırmada Chaudhary (2003) çalışmasında, İskenderun bölgesindeki emisyonlardan kaynaklanan hava kirleticilerini (NO_x, SO₂, PM, CO) dağılım modeli kullanarak hesaplamıştır. Elde ettiği verilerden oluşturduğu kirlilik haritaları ile İskenderun, Payas ve Dört Yol bölgelerinde kirliliğin büyük ölçüde ısınma ve ulaşım kaynaklı olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca kirletici seviyelerinin WHO ve AB yönetmeliklerinde verilen sınır değerler aştığı tespit edilmiştir.

Oluşturulan envanterin yorumlanması ile yapılan çalışmalarda ise Elbir ve ark., (2001) Ege Bölgesi için bölgesel ölçekte bütün önemli hava kirleticiler kullanılarak (sanayi, ısınma ve ulaşım), resmi istatistiklere ve bilimsel ölçüm sonuçlarına dayanarak envanter oluşturulmuştur. Ege Bölgesinin büyük bir bölümünde 131.904 ton/yıl toz PM, 899.831 ton/yıl, SO_x, 63.323 ton/yıl NO_x, 18.515 ton/yıl uçucu organik bileşikler ve 18.538 ton/yıl CO emisyonunun havaya salınımı tespit edilmiştir. İstanbul'da yapılan

bir çalışmaya göre de Daylan ve İncecik (2002), İstanbul'da kışın ortalama SO₂ derişimleri ile nüfus yoğunluğu arasındaki ilişkileri CBS kullanarak araştırmışlardır. 1992-2000 arasında kışın ortalama SO₂ konsantrasyonlarının azaldığı görülmüştür. Coğrafi Bilgi Sistemi ile çeşitli analizler yapılarak yerleşim alanları ve ticari işletmelerin olduğu yerlerde yüksek SO₂ derişim seviyeleri tespit edilmiştir. İstanbul'da değerlendirilmeye alınan 5 istasyon üzerinden (Avrupa yakasında 2, Anadolu yakasında 3) ölçülen SO₂ derişimlerine ait 1995-1996 ve 1999-2000 yılları arasındaki bahar ve yaz mevsimlerinde yer alan aylar üzerindeki dağılımlar karşılaştırılmış ve SO₂ seviyesinin azaldığı gözlemlenmiştir



3. HAVA KİRLİLİĞİ

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler sonucu yaşam kalitesinin artmasıyla birlikte çevre kirliliği günümüzün en büyük problemlerinden biri olmuştur. Toprak, su ve havada meydana gelen bu kirlilikler giderek artmış daha farklı boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliği ise bu kirliliklerin en başında gelmektedir (Kudal,2009).

Nüfus artışıyla birlikte, enerji kullanımının artması, endüstrileşme ve teknolojideki gelişmeler ile kentlerin çok hızlı değişim göstermesi sonucu ortaya çıkan hava kirliliği tüm canlı varlıklar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır (Karabaş, 2012).

Küresel ölçekte değerlendirildiğinde doğal veya insan kaynaklı bir şekilde ortaya çıkabilen hava kirliliğinin temel nedeni antropojenik (insan kaynaklı) faaliyetlerdir. Kirleticilerin temel kaynağını (ulaşım, endüstri ve ısınma vb.) insan faaliyetleri oluşturmaktadır. Doğal afetler, meteorolojik değişimler ve iklim gibi etmenler de kirliliğin etkisini olumlu veya olumsuz olarak etkilemektedir (Özşahin ve ark., 2016).

3.1. Havanın Yapısı

Hava, atmosferi meydana getiren gazların (azot, oksijen, argon, karbondioksit, su buharı, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, azot monoksit, ksenon, ozon, amonyak ve azot dioksit) karışımıdır. Canlıların ve insanların yaşamını sürdürebilmesi için hayati önem taşımaktadır. Atmosferde yer alan hava katmanının yeryüzüne mesafesi ortalama 150 kilometredir. Bunun ortalama 5 kilometreye kadar olan kısmı canlıların yaşaması için uygundur. Yeryüzünden yukarı doğru çıkıldıkça hava katmanındaki gaz yoğunluğu değişir ve canlılar bu yoğunlukta yaşayamazlar.

Havada bulunan gazlar 3 gruba ayrılır;

- Atmosferde asılı duran ve genellikle oranları sabit gazlar (Azot, Oksijen ve diğer asal gazlar)
- Atmosferde sürekli bulunan ve oranları artıp azalan gazlar (Karbondioksit, Su Buharı, Ozon)
- Atmosferde normal şartlar altında bulunmayan gazlar (Kirleticiler)

Havayı oluşturan gazlar büyük oranda Azot, Oksijen ve Karbondioksittir. Bunun yanında % olarak küçük miktarlarda asal gazlar bulunmaktadır. Tablo 3.1'de kuru havanın bileşimi verilmiştir.

Tablo 3.1. Kuru Hava Bileşimi ve Miktarları (Aydınlar ve ark., 2009)

Bileşen	Hacimsel %	Konsantrasyon (ppm)
Azot (N ₂)	78,084	780 900
Oksijen (O ₂)	20,946	209 400
Argon (Ar)	0,934	9300
Karbondiyoksit (CO ₂)	0,033	315
Neon (Ne)	0.0018	18
Helyum (He)	0.00052	5.2
Metan (CH ₄)	0.00012	1.2
Kripton (Kr)	0.00005	0.5
Hidrojen (H ₂)	0.00005	0.5
Ksenon (Xe)	0.000008	0.08
Azot dioksit (NO ₂)	0.000002	0.02

3.2.Hava Kirletici Kaynakları

Atmosfere karışan gaz veya partikül halindeki kirleticilerin oluştuğu yerlere kaynak denir. Genel olarak hava kirletici kaynaklar "*doğal kaynaklar*" ve "*yapay kaynaklar*" olmak üzere iki grupta toplanmaktadır (Kudal, 2009).

3.2.1. Doğal kaynaklı kirleticiler

Bu kirleticiler, doğal olayların meydana gelmesi sonucunda oluşurlar ve atmosferde uzun süre kalamazlar (Karabaş, 2012). Volkan patlamaları, orman yangınları, açık arazide yakma, havyan ve bitki ölümlerinin bozunması gibi olaylar bu grupta yer alırlar. Doğal nedenlerle bu kaynaklardan oluşan kirletici miktarları oldukça büyük miktarlarda olabilmektedir. Ayrıca bu kaynaklarda kirleticilerin kontrolü çok zor olmaktadır (İmal ve ark., 2013).

Volkanlar önemli miktarlarda SO₂, CO₂, PM vb gazların açığa çıkmasında önemli rol oynamaktadır. Atmosferin doğal dengesini negatif yönde etkilemelerinden dolayı, doğal hava kirliliği kaynakları içerisinde en önemlisidirler (Erdoğan, 2012).

3.2.2. Yapay kaynaklı kirleticiler

Bu kaynaklar daha çok insan faaliyetleri sonucu özellikle büyük yerleşim merkezleri ve sanayi alanlarında meydana gelen kirleticilerdir (Karabaş, 2012).

Teknolojik imkânlarla bağı olarak bu kirleticiler kontrol tedbirleri ile oluşma sırasında (kaynakta) veya sonradan (bacada) kontrol edilerek atmosfere verilecek miktarları azaltılabilir (Kudal, 2009).

Genellikle insan faaliyetleri sonucu atmosfere yayılan başlıca hava kirleticiler, kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), partikül madde (PM) ve hidrokarbonlardır (Erbaşlar ve Taşdemir, 2007).

Yapay kirletici kaynaklar kendi içerisinde farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Kaynağın yapısına bağı olarak nokta şeklinde, çizgi şeklinde ve alan şeklinde kirletici kaynaklar; kullanım türüne bağı olarak ısınma, trafik ve endüstri kaynaklı kirleticiler; kaynağın hareketine bağı olarak sabit ve hareketli yapay kirletici kaynaklar olarak sınıflandırılırlar (İmal ve ark., 2013; Özcan, 2016). Kirletici kaynağın yeri belirli ve zamanla değışmiyorsa, bu tür kaynaklar sabit kaynaklardır. Örneğın termik santraller ve sanayi tesisleri bu gruba girmektedir. Eğer hava kirliliğine neden olan kaynağın yeri zamanla değışiyorsa, bu tür kaynaklar ise hareketli kaynaklardır. Buna örnek olarak da hareket eden taşıtlar verilebilir (Özcan, 2016).

Seçtiğimiz çalışma bölgesinde kaynak türüne bağı olarak ortaya çıkan kirlilikleri araştıracağımızdan bu kısımda sadece yapay kaynaklı kirletici türleri açıklanmıştır.

3.2.2.1. Isınma kaynaklı kirleticiler

Hava kirliliğine neden olan kaynaklara bakıldığında, bunların büyük çoğunluğunun yakma işlemlerine sahip olduğu görülmektedir. Evsel kaynak olarak ısınma amacıyla kullanılan soba ve kaloriferler birer yakma tesisini oluştururken, endüstriyel kaynak olarak sanayi faaliyetlerinin gerçekleştiği fabrikalar yakma tesislerini oluşturmaktadır (Kudal, 2009).

19. Yüzyılın sonlarına doğru kömür, petrol gibi fosil yakıtların ısınma amaçlı için kullanılmasının artmasıyla birlikte CO₂, SO₂ ve PM gibi kirleticilerin atmosferdeki derişimleri giderek yükselmiştir. Özellikle 20. yüzyılın sonlarında dünya çapında CO₂ ve diğer sera gazlarının etkisiyle oluşan sera etkisi, kloroflorokarbonların neden olduğu ozon tabakasındaki incelme, uluslararası bazda asit yağmurlarının artması, ulusal bazda ise yerleşim yerleri ve endüstri alanlarında oluşan kirli gazlar, hava kirliliği olarak görülmüştür (Kudal, 2009).

Epidemiyolojik ve hava kalitesinin izlenmesi ile ilgili çalışmalarda alınan sonuçlara göre, ülkemizde hava kirliliğine sebep olan SO₂, NO₂, CO, CO₂, PM_{2.5} ve

PM10 kirleticilerinin kış mevsiminde, belirlenen sınır değerin üzerinde değerlere sahip olduğu gözlenmiştir (Kök, 2018).

“Ülkemizde tüketilen enerji kaynaklarının %41’i konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır.” Bu nedenle kış mevsiminde yaşanan hava kirliliğinin %90’nı ısınma kaynaklıdır (Ay ve ark., 2010).

Petrol gibi fosil enerji kaynağı olan doğal gaz, yanma işleminden sonra herhangi bir atık bırakmayan depolanma sorunu olmayan, yanma sonucunda havayı kirletecek kükürt dioksit ve karbon monoksit gazları çıkarmayan kirleticiliği en az olan yakıtlardan birisidir. Katı ve sıvı yakıtların tümü yanma esnasında havaya zararlı emisyon gazları salınımı yapmaktadır. Fakat temiz enerji olarak isimlendirilen doğalgazda kirletici emisyonlar minimum düzeydedir. Doğal gazın yanma verimi %93’tür ve diğer yakıtlardan yüksektir. Doğal gaz yanması sonucu oluşan karbondioksit (CO₂) miktarı diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında daha düşüktür. Bu yüzden küresel ısınmanın azalması ve iklim değişikliklerinin önüne geçilebilmesi için diğer fosil yakıtlar yerine doğalgazın kullanılması gerekmektedir (Çetin ve Demirci, 2016).

Tablo 3.2’de Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğine (2018) göre bazı kirleticiler için sınır değerler verilmiştir.

Tablo 3.2. Bazı Kirlenici Maddelerin Sınır Değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018)

Kirlenici Parametreler	Ölçüm Periyodu	Sınır Değerler		Uyum Takvimi
		Ülkemizde Uygulanan (2018)	AB Ülkelerinde Uygulanan	
Kükürtdioksit SO ₂ (µg/m ³)	Saatlik	380	350	1.1.2019
	Günlük	150	125	
	Uyarı Eşiği (3 ardışık saat)	500	500	
	Saatlik Aşım Sayısı	-	24	
	Günlük Aşım Sayısı	-	3	
	Yıllık Ekosistem	20	20	1.1.2014
Partikül Madde PM ₁₀ (µg/m ³)	Günlük	60	50	1.1.2019
	Yıllık	44	40	
	Günlük Aşım Sayısı		35	
Azotdioksit NO ₂ (µg/m ³)	Saatlik	260	200	1.1.2024
	Yıllık	44	40	
	Uyarı Eşiği (3 ardışık saat)		400	
	Saatlik Aşım Sayısı		18	
Azotoksitler NO _x (µg/m ³)	Yıllık (Ekosistem)	30	30	1.1.2014
Karbonmonoksit CO (mg/m ³)	8 Saatlik Ortalama	10.000	10	1.1.2017
Ozon O ₃ (µg/m ³)	8 Saatlik Ortalama	120	120	1.1.2022
	Bilgi Eşiği (saatlik)		180	
	Uyarı Eşiği (saatlik)	240	240	
Benzen C ₆ H ₆ (µg/m ³)	Yıllık	8	5	1.1.2021
Kurşun Pb (µg/m ³)	Yıllık	0,6	0,5	1.1.2019
Arsenik (ng/m ³) As (ng/m ³)	Yıllık	-	6	1.1.2020
Kadmiyum Cd (ng/m ³)	Yıllık	-	5	1.1.2020
Nikel Ni (ng/m ³)	Yıllık	-	20	1.1.2020
Benzoapiren B(a)p (ng/m ³)	Yıllık	-	1	1.1.2020

Tablo 3.3. Bazı Kirlenici Maddelerin Sınır Değerleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020)

Parametre	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
	1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
Ulusal Sınır Değer	410	270	10.000	120	70
AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri	350	200	10.000	120	50

Tablo 3: İndeks Hesaplanan Parametrelerin Sınır Değerleri

Hava kirleticilerinin başka bir sınıflandırılması da kimyasal yapı dikkate alınarak yapılır. Bu sınıflandırmaya göre kirleticiler organik ve inorganik kirleticiler olarak ayrıldıkları gibi, her grup da kendi içerisinde kimyasal yapısına ve özelliklerine göre ayrılır. Özellikle organik kirleticiler çok fazla sayıda sınıfa ayrılmaktadır. Başka bir sınıflandırmada ise kirleticiler, belirli bir kaynaktan açığa çıkan (birincil) ve belirli bir kaynaktan olmayıp havada kimyasal reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan (ikincil) kirleticiler olarak sınıflandırılmaktadır. Tablo 3.4'te Primer (birincil) ve Sekonder (İkincil) hava kirleticilerinin genel sınıflandırılması verilmiştir.

Tablo 3.4. Primer ve Sekonder Kirleticiler (Kudal, 2009)

Sınıf	Primer Kirleticiler	Sekonder Kirleticiler
Kükürtlü Bileşikler	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , SO ₄ Bileşikleri
Organik Bileşikler	C1- C5 Bileşikleri	Ketonlar, Aldehitler, Asitler
Azot Bileşikleri	NO, NH ₃	NO ₂ , NO ₃ Bileşikleri
Karbon Oksitleri	CO, CO ₂	-
Halojenler	HCl, HF	-

❖ *Partikül Madde (PM)*

Partikül madde, atmosferde standart şartlar altında katı veya sıvı olarak bulunan birleşmemiş su dışındaki maddelere denir. Hava kirleticileri içerisinde oldukça önemli grubu oluşturmaktadırlar. 0,1 ile 100 µm arasında değişen boylarda bulunup, insanlar için zararlı olabilecek partikül madde boyutları 10 µm (PM10) ve daha küçük boyutlu olanlarıdır. Bu kirleticilerin temel kaynakları çimento fabrikalarının oluşturduğu gazlar ve metal endüstrisinin araçlarıdır. Doğal kaynaklarını ise volkanik yanar dağların patlaması ile oluştuğu bilinmektedir (Kudal, 2009).

❖ *Kükürt Oksitler (SO_x)*

SO₂ ve SO₃ başta olmak üzere altı farklı kükürt oksidin toplamını oluştururlar. En yaygın olan primer hava kirleticilerinden biri olan bu gazlar kokusuz ve yanıcı değildir. Mineral yakıtların yanması sonucunda açığa çıkan bu gazlar, atmosferde yaklaşık 40 gün kalmaktadır. Kükürtdioksitlerin ortalama %80'inin insan kaynaklı endüstriyel kaynakların kullanımından meydana geldiği düşünülmektedir (Kudal, 2009).

Troposferik SO₂ miktarının artması atmosferin kimyasal yapısı, iklim, insan ve ekosistem üzerindeki etkilerinden dolayı oldukça önemlidir. Rüzgârın şekline bağlı olarak meteorolojik nedenler de kirletici seviyelerini etkilemektedir (Demirarslan ve Akıncı, 2016).

Atmosferdeki toksik ve önemli primer kirleticilerden SO₂ farklı endüstriyel proseslerden ve dizel yakıtla çalışan araçlardan atmosfere salınır. Son yapılan çalışmalarda SO₂'nin azalmasına rağmen, çok düşük bir miktarının bile insanların sağlığı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur (Zou ve ark., 2014).

❖ *Azot Oksitleri (NO_x)*

Azot oksit veya nitrojen oksit bileşenlerinin atmosferde bir arada bulunmasından dolayı aynı anlama karşılık gelmektedir. NO_x'in temel kaynağının fosil yakıtlar olmasının yanı sıra orman yangınları da bu kirleticinin oluşmasına neden olmaktadır. Ulaşımından kaynaklanan emisyonlar dünya genelinde NO_x'in % 50'sini, güç istasyonlarından kaynaklanan emisyonlar ise % 20'sini oluşturmaktadır (Kudal, 2009).

Azot oksitler gün ışığında hidrokarbonlarla reaksiyona girerek en önemli sekonder kirleticilerden biri olan ozon (O₃) formuna dönüşebilmektedir. Troposferik ozon sebebiyle küresel iklim değişikliği yaşanmaktadır. Bu değişikliğe neden olan sera gazları içerisinde ozon dördüncü sırada gelir. Atmosferdeki bir diğer fotokimyasal reaksiyon ise azot dioksiti (NO₂) rüzgârlarla taşıyarak asit yağmurlarına neden olan nitrik asit ve nitratlara dönüştürür (Kudal, 2009).

❖ *Karbon Monoksit (CO)*

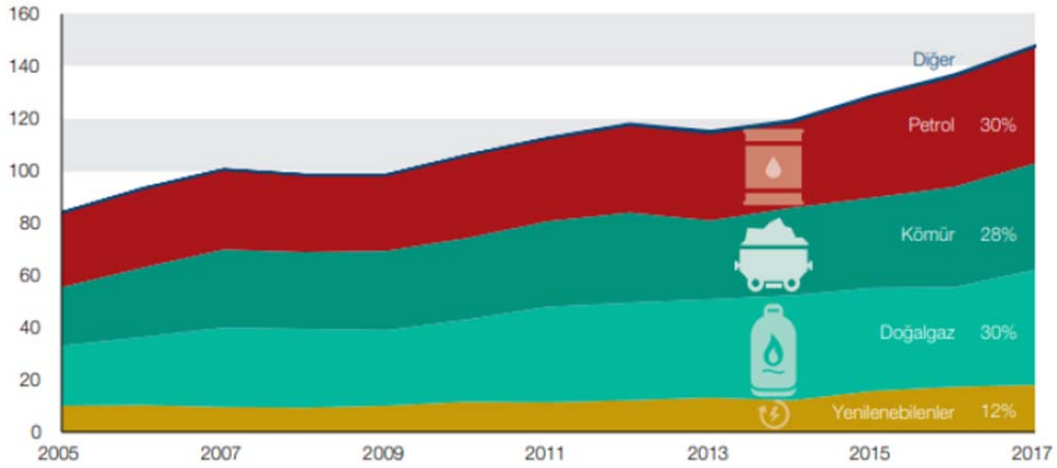
Karbon monoksit, yeterli oksijenin olmadığı yanma reaksiyonları sonucu meydana gelen toksik bir gazdır. İç ortamlarda temel kaynakları sigara dumanı ve ısınma iken, dış ortamlarda yaklaşık % 90'ını benzinli araçlar oluşturmaktadır. Ayrıca yakılan ateşler, orman yangınları ve katı atık yakma tesisleri dış ortamdaki karbon monoksitin % 10'unu oluşturmaktadır. Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olduğundan bu gaza maruz kalan kişiler çoğu zaman bu durumu fark etmeyebilir. Bu yüzden yaşam alanlarında koruma sistemlerinin bulunması oldukça önemlidir (Kudal, 2009).

3.2.2.2.Ulaşım Kaynaklı Kirleticiler

Şehirlerde nüfusun artmasıyla birlikte ısınma kaynaklı kirlilik artmıştır. Aynı zamanda gelir düzeyinin de giderek yükselmesi ve üretimin artarak devam etmesiyle

oluşan motorlu taşıt kullanımından kaynaklı oluşan egzoz gazları da önemli bir hava kirliliği kaynağıdır (Karabaş 2012).

Enerji üretiminde genellikle fosil yakıt kullanılmaktadır. Enerji üretimi kaynaklı hava kirliliğinin temeli de fosil yakıt kullanımına dayanmaktadır. Hava, deniz ve kara taşımacılığı yapan toplu veya bireysel birçok taşıt için fosil yakıtlardan yararlanılmaktadır.(Hava Kirliliği Raporu, 2018). Şekil 3.1’de gösterilen OECD verilerine göre, enerji tüketiminin %88’i mineral yakıtlardan karşılanmaktadır.



Şekil 3.1. Yıllara Göre Türkiye’de Enerji Kaynaklarının Kullanımı (Hava Kirliliği Raporu, 2018)

Ulaşım araçlarından yanmamış hidrokarbonlar, aldehit, keton, karboksilik asit gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, NO_x , SO_x , CO, PM10 ve Pb bileşikleri atmosfere yayılmaktadır. Benzinli motorlarda CO ve yanmadan kalan hidrokarbonlar; dizel motorlarda ise NO_x , SO_2 ve PM10 gibi kirleticiler oldukça önemlidir. Motorlu taşıtların egzoz gazları, trafiğin yoğun olduğu kent merkezlerindeki CO emisyonlarının yaklaşık %43,9’undan, NO_x emisyonlarının %41’inden, hidrokarbon emisyonlarının %26,2’sinden ve PM emisyonlarının %16,4’ünden sorumludur (Elbir ve ark., 2010).

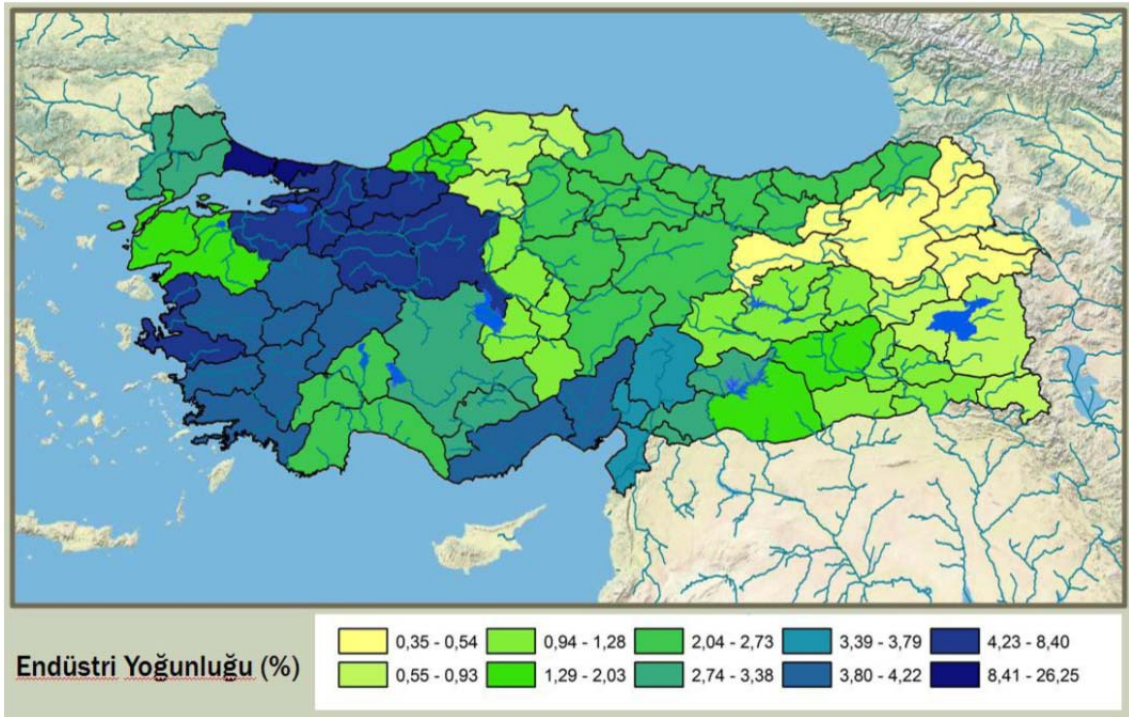
3.2.2.3. Endüstriyel Kaynaklı Kirleticiler

Endüstri ve enerji santralleri de yüksek miktarda NO_x , SO_x , CO, PM10, hidrokarbon, organik bileşik ve diğer kimyasal kirleticilerin atmosfere yayılmasına neden olan kaynaklardır. Bu işletmeler canlı yaşamı tehdit ettiği gibi aynı zamanda da havanın doğal dengesini bozarak asit yağmurları ve ozon oluşumuna, tüm dünya çapında ise iklim değişikliklerine sebep olmaktadır (Hava Kirliliği Raporu, 2018).

Endüstriyel tesislerde gerek hammadde, hurda, çöp ve kömür stok alanlarından yayılan, gerekse proses esnasında ortaya çıkan partikül maddeler, havaya karışarak insan sağlığını ciddi açıdan etkilemektedir. Bu partikül maddeler çok küçük boyutlarda olması, havada uzun süre asılı kalması nedeniyle kolayca yayılabilmektedir. Havada yayılan bu partikülleri insanların soluması sonucu vücutlarına rahatlıkla girmekte ve ciddi zararlara sebep olabilmektedir (Akçın ve ark., 2015).

Sanayi faaliyetleri gelişmiş illerde kış mevsiminde ısınmaya bağlı hava kirliliği artarken, yaz aylarında belirli oranda korunur. Sanayi faaliyetleri gelişmemiş illerde ise yaz aylarında bu değer çok düşmekte, sifıra yaklaşmaktadır (İmal ve ark., 2013).

Havayı kirleterek insan sağlığına ciddi zarar veren, mevsimsel değişimlere sebep olan kaynaklardan olan kömür, elektrik üretim santrallerinde ham madde olarak yer alır. Sağlık ve Çevre Birliği (HEAL) 2018 raporunda belirtilen 2016 yılında elde edilen verilere göre dünya çapında elektrik üretiminin %65'i fosil yakıtlardan ve %38'i kömürden elde edilmektedir. Kömür yakılması, PM, SO₂, NO_x ve diğer kirleticilerin havaya salınımına neden olmasının yanı sıra, iklim değişikliğine neden olan CO₂ emisyonunun da kaynağıdır (HEAL Bilgilendirme Notu, 2018). Şekil 3.2'de Türkiye'deki endüstri yoğunluğu haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Türkiye'deki Endüstri Yoğunluğu Haritası (HEAL, 2018)

Yapılan son araştırmalara göre, demir-elik sanayisinin hava kirleticiler açısından oldukça önemli bir kaynak olduğunu göstermiştir. Bu tip sanayi tesislerinde cevherden veya hurdadan elde edilen demir elik üretimi esnasında prosesin değişik aşamalarında birçok kirletici maddeler ve çeşitli gazlar oluşmaktadır. Yönetmeliklerle kullanımları kısıtlanan bu kirleticilerin yanı sıra toksik ve kanserojen madde içeren organik yapılı kirleticiler de çeşitli endüstri faaliyetlerinde kullanılmakta ve çevreye zarar vermektedir (Odabaşı ve ark., 2008).

3.3. Kirleticilerin İnsan Sağlığı zerine Etkileri

Nüfus artışı, teknolojinin gelişmesine bağlı sürekli artan makineler ve bu makinelerinin kullanımından açığa çıkan zararlı gazlar, araçlar için üretilen zararsız yakıt ve teknolojilerin pahalı olmasından kaynaklı kullanılamaması sebebiyle; dünyanın sıcaklığı artmakta ve nefes aldığımız temiz hava insan sağlığı üzerinde tehlike oluşturmaktadır. 100 insandan yalnızca 10 u temiz hava solumaktadır (URL-2, 2019).

Dünya Sağlık rgt (WHO) bildirgesinde yer alan dış hava kirliliği etkenlerine bağlı ölümlerin (2016); %58'inin kalp hastalıkları sebebiyle, %18'inin akciğer hastalıkları sebebiyle ve %6'sının akciğer kanseri sebebiyle olduğu ortaya konmuştur (URL-1, 2018).

WHO raporlarına göre, dünyada her yıl yaklaşık 4.000.000 kişi dış ortamdaki hava kirliliği sebebiyle, 3.000.000 kişi iç ortam hava kirliliği sebebiyle olmak üzere toplamda 7.000.000 kişi hava kirliliği sebebiyle hayatını kaybetmektedir. Küçük yaş grupları için ise durum daha kötüdür. WHO'ya göre, dünya genelinde, 15 yaş ve altındaki çocukların %7'si WHO'nun belirlediği PM_{2,5} sınır değerinin altında kalan alanlarda yaşamlarını sürdürmektedir. 5 yaş ve altı çocuklarda bu oran daha ciddi durumdadır ve bu çocuklardan %10 unun yaşamını yitirmesinin sebebi hava kirleticilerinden kaynaklanmaktadır. OECD'nin açıklamasına göre, Türkiye bu sebeple gerçekleşen ölümlerin sayısı, yıllık ortalama 30 bin kişidir (Hava Kirliliği Raporu, 2018).

Dış ortam kirliliğini PM, azot oksitler, kükürt dioksitler ve karbon monoksitler oluştururken, iç ortam kirliliğini bakteriler, mantarlar, uçucu bileşikler ve mikroorganizmalar oluşturmaktadır (ilingir, 2016). Tablo 3.5' te kirleticiler ve insan sağlığı üzerindeki etkileri verilmiştir.

Tablo 3.5. Kirlenici Parametreler ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri (Hava Kirliliği Raporu, 2017)

Kirlenici	Kaynağı	İnsan Sağlığına Zararı
Kükürt dioksit (SO ₂)	Fosil Yakıt Yanması, Taşıt Emisyonları	Solumun Yolu Hastalıkları, Asit Yağmurları
Azot oksitler (NO _x)	Taşıt Emisyonları, Yüksek Sıcaklıkta Yakma Prosesleri	Göz ve Solumun Yolu Hastalıkları, Asit Yağmurları
Partikül Madde (PM)	Sanayi, Taşıt Emisyonları, Fosil Yakıt Yanması, Tarım ve İkincil Kimyasal Reaksiyonlar	Kanser, Kalp Problemleri, Solumun Yolu Hastalıkları, Bebek Ölüm Oranlarında Artış
Karbon monoksit (CO)	Eksik Yanma Ürünü, Taşıt Emisyonları	Kandaki Hemoglobin İle Birleşerek Oksijen Taşınma Kapasitesinde Azalma, Ölüm
Ozon (O ₃)	Trafikten Kaynaklanan Azot Oksitler ve Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC) Güneş Işığıyla Değişimi	Solumun Sistemi Problemleri, Göz ve Burunda İritasyon, Astım, Vücut Direncinde Azalma

4. HAVA KALİTESİNİN İZLENMESİ

Hava kirliliğinin takibinin sağlanması için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından tüm Türkiye’de ilçe merkezleri başta olmak üzere birçok noktada kurulan istasyonlarla sürekli olarak ölçümler yapılarak takip edilmektedir. Ulusal Hava Kalitesi İzleme İstasyonları (UHKİİ) adı verilen bu sistem ile havada bulunan kirlenici maddelerin miktarları ölçülerek, havanın kalitesi analiz edilmektedir. (Şişman, 2019).

Hava kalitesinin izlenmesi, pasif örnekleyiciler, aktif örnekleyiciler, otomatik analizörler ve uzaktan algılayıcılar ile yapılmaktadır. Şehir içinde hava kalitesi indeksinin sağlıklı ve doğru sonuç vermesi için, uzun ve detaylı çalışmalar yapılmaktadır. Fabrika bacaları, ısınma ve taşıtlardan atmosfere salınan kirlenicilerin hava yüzeyindeki dağılımını coğrafi ve meteorolojik nedenler etkilerken, bölgedeki kaynak tipleri ise kirlenici türlerini etkilemektedir. Bu sebeple alınan veriler, karşılaştırılmaya uygun, aynı bölge içerisinde yer alan ve kalite seviyesini temsil eder düzeyde olmalıdır. Diğer verilerle karşılaştırılabilir olmalıdır. Bu sebeple risk seviyelerine göre risksiz, az riskli ve çok riskli bölgeler hava kalitesine göre önceden incelenmelidir. Veriler değerlendirilirken, aynı bölge de yer alan tüm kirlenicilerin çevreye verdiği zarar bütün olarak değerlendirilmelidir. Yapılacak çalışmalarda, bölgede içerisinde yer alan kirlenme kaynaklarının yanı sıra, yoğun popülasyonlu bölgelerde kirlenicilerin hava kalitesi üzerine etkisinin belirlenebilmesi için dışından bölge içine taşınan background kirlenici derişimleri de belirlenmelidir. Bir şehrin hava kalitesi ile ilgili çalışma yapılırken; öncelikle halkın, ekosistemin, kullanılan taşıtların, kullanılan yapıların ve yapı malzemelerin hava kirlenmesine neden olduğu ya da içerisinde yer aldığı bölgelerden seçilmesi gerekir. Değerlendirme yapabilmek için istasyonlardan elde edilen 1 saat, 8 saat, 24 saat ve yıllık ortalamalarının %50 ve fazlasının kayıtlı olması şarttır. (Ay ve ark., 2010).

Türkiye’de hava kalitesinin kaydedilmesi için, teknik ve yasal olarak;

- Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedefleri oluşturulmuş, hava kalitesi izleme ve ölçüm istasyonu sayısı, nitelikleri belirlenmiş ve ülke çapında çeşitli kirlenicilerde ölçüm yapan istasyonlar kurulmuştur.
- Doğru ve güvenilir veri temini sağlayarak analiz edilmesi çalışmalarına başlanmış; tanımlanmış yöntemler ve kriterler baz alınarak hava kalitesi yorumlanmaya başlanmıştır.

- Hava kalitesi hakkında güvenilir sayıda istasyondan bilgi toplanarak sınır değerlerin aşılması halinde halkın hava kirliliğinin nedenleri ve sonuçları konusunda bilgilendirilmesi kent merkezlerine kurulan dijital ekran ve www.havaizleme.gov.tr ile anlık olarak görüntülenmeye başlanmıştır.
- Hava kalitesinin yükseltilmesi için temiz hava planları ve eylem planları oluşturularak uygulanmaya başlanmıştır.
- Hava kalitesi direktiflerinin uygulanması için kapasitenin güçlendirilmesi, direktiflerin ülke çapında etkili olarak uygulanması için, gerekli teknik altyapının kurulması, işletilmesi, denetimi ve bu alanlarda çalışacak personelin eğitimi, hem hava kalitesini etkili olarak izlemek hem de gerekli standartlara ulaşmak için ölçüm cihazlarının temini ve izleme sistemlerinin kurulması sağlanmıştır (Tosun, 2017).

Ülkemizde kentleşme ve sanayileşmenin artışı ile birlikte 1960'lı yılların başlarında hava kirliliğinde artış başlamıştır. Bu konuda 1961 yılında Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi tarafından Ankara'da SO₂ ve PM günlük ortalama derişimleri takip edilmeye başlanmıştır. Manuel aletler ile başlayan bu süreç 1984 yılından sonra saatlik bazda veri sağlayabilen tam otomatik cihazlarla kaydedilmeye başlanmıştır. Daha sonra ise 2005 yılında hava kalitesinin takip edilmesi görevi Çevre ve Orman Bakanlığına devredilerek ulusal çapta hava kirliliğinin doğru bir şekilde ölçülmesi için tam otomatik hava kalitesi ölçüm istasyonlarının sayıları giderek arttırılmıştır. Bu istasyonlara ek olarak İstanbul Büyükşehir Belediyesine ait 10 adet, İzmir Büyükşehir Belediyesine ait 6 adet, Sağlık Bakanlığı Refik Saydam Hıfzıssıhha Merkezi Başkanlığı tarafından Ankara'da kurulan 8 adet ve Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'ne ait 1 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu sisteme eklenmiştir. Çevre ve Orman Bakanlığı ile Sağlık Bakanlığı arasında 16 Mart 2009 tarihinde imzalanan protokol kapsamında Ankara'da bulunan 8 adet hava kalitesi ölçüm istasyonu ve 3 adet mobil hava kirliliği ölçüm aracı Çevre ve Orman Bakanlığına devredilerek Türkiye genelinde Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı oluşturulmuştur (Tosun, 2017).

Hava kalitesinin web üzerinden takibinin başladığı ilk yıllarda toplam 81 adet istasyonda SO₂ ve PM parametreleri izlenirken 2017 yılı itibariyle ulusal çapta kurulu bulunan hava kalitesi izleme istasyonlarında;

- 174 adet PM₁₀,
- 34 adet PM_{2.5},
- 182 adet SO₂,
- 97 adet NO_x,

- 59 adet O₃
- 45 adet CO parametreleri ölçülmüştür.

AB standartlarının oluşabilmesi için hava kalitesinin artırılması amacıyla farklı parametreler üzerinde çalışılmıştır. İnsanların yaşam faaliyetlerini devam ettirmesi için kaynaklara göre sınıflandırılan olanaklar; ulaşım ihtiyaçlarını, ticari faaliyetleri ve ısınmak için kullanılan yakıtları kapsamaktadır. AB standartları, bu ihtiyaçları parametre değeri olarak kullanarak birçok istasyon üzerinden değerlendirmeler yapmakta ve daha iyi hava standartlarına ulaşmak için hava izleme istasyonlarının artırılması üzerine çalışmalarını sürdürmektedir. “2017 yılı Eylül ayı verilerine göre 228 istasyonda PM10 ve SO₂, 21 istasyonda PM2,5, 112 istasyonda NO_x, 77 istasyonda O₃ ve 60 istasyonda CO parametresi ölçülmektedir” (Tosun, 2017).

Hava kalitesinin belirlenmesi için mevcut bağlantılarla kirleticilerin derişimini kayıt altına alan ölçüm aletleri kullanılmaktadır. Elde edilen bu ölçüm aleti verileri, geliştirilen algoritmalar ile Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) parametrelerine çevrilir. Çevrilen bu değerler her bir kirletici madde için ayrı ayrı elde edilir. O güne ait elde edilen en yüksek HKİ değeri, değerlendirilen kirletici değerini vermektedir. (Özdemir, 2008).

4.1.Hava Kalitesi İndeksinin Belirlenmesi

Yöneticiler hava kalitesinin korunması ve iyileştirilmesi konusunda çalışmalar yapmalarının yanı sıra, halk sağlığını doğrudan etki eden bir konu olması sebebiyle, kamuoyuna iletişim araçları ile hava kirliliği güncel bilgilerini de vermelidirler. Bu sebeple, hava kirliliğinin/hava kalitesinin durumunu kamuoyuna açıklamak için Hava Kalitesi İndeksi adı verilen sınıflama sistemi ile havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesini iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. şeklinde sınıflandırmaktadır (Tosun, 2017).

Farklı hava kirleticilerinin farklı konsantrasyon ve sürelerde farklı etkiler oluşturması dikkate alınarak günlük hayatta daha kolay anlaşılabilmesi için hava kirliliği seviyesi sayısal bir ölçekle anlatılır. Bu ölçek, bir de renk skalası ile görselleştirildiğinde geniş halk kitleleri tarafından kolaylıkla algılanabilmektedir ve halk yaşadığı bölgede havanın kirlilik düzeyi ve neden olabileceği sağlık sorunları hakkında bilgi sahibi olabilmektedir (Erdoğan, 2012).

5 temel kirletici (PM₁₀, SO₂, NO₂, O₃, CO) için hava kalitesi indeksi hesaplanır. HKİ 6 kategoriden oluşmakta ve 1 ölçeği oldukça iyi kalitede (çok temiz) havayı; 6 ise oldukça kötü kalitede (çok kirli) havayı işaret etmektedir (Erdoğan, 2012).

Türkiye’de kullanılan hava kalitesi indeksi ölçeği ve kirleticilerin konsantrasyon seviyelerinin karşılaştırılması Tablo 4.1’de verilmiştir.

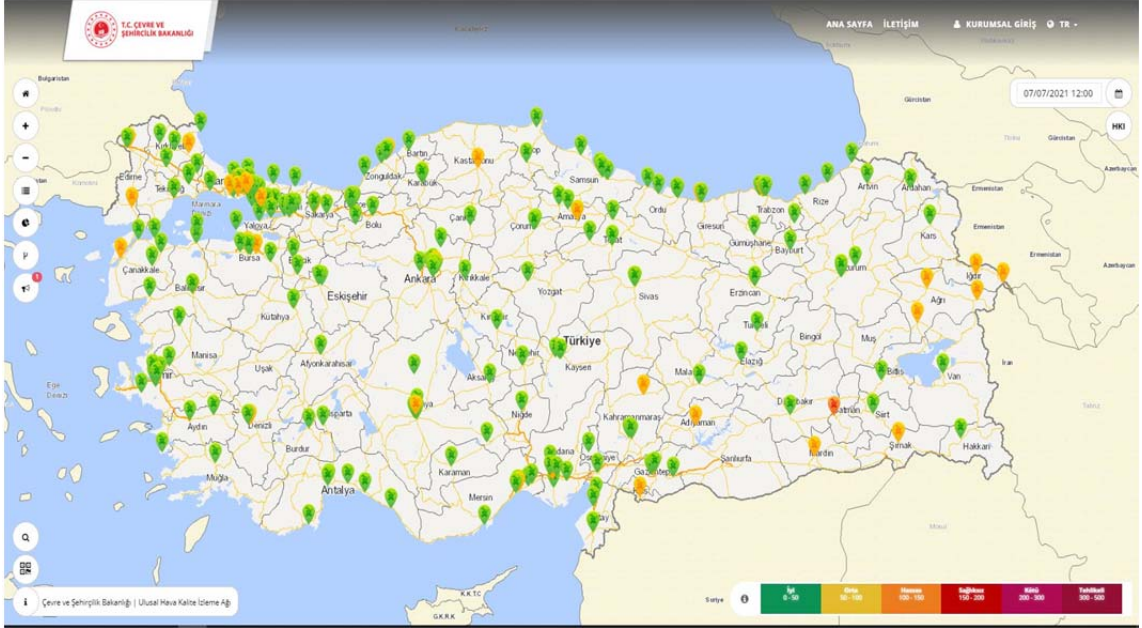
Tablo 4.1. Hava Kalitesi İndeksi ve Konsantrasyon Seviyeleri (Hatay Çevre Durum Raporu, 2018)

İndeks	HKİ	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM10 (µg/m ³)
		1 saat ort.	1 saat ort.	8 saat ort.	8 saat ort.	24 saat ort.
İyi	0-50	0-100	0-100	0-5.500	0-120L	0-50
Orta	51-100	101-250	101-200	5.501-10.000	121-160	51-100
Hassas	101-150	251-500	201-500	10.001-16.000L	161-180B	101-260
Sağlıksız	151-200	501-850	501-1.000	16.001-24.000	181-240U	261-400
Kötü	201-300	851-1.100	1.001-2.000	24.001-32.000	241-700	401-520
Tehlikeli	301-500	>1.101	>2.001	>32.001	>701	>521

4.2.Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı

Hava kirliliği canlı-cansız tüm varlıkları, yapıları, tarihi alanları olumsuz etkileyerek (aşınma, yüzey kirlenmesi vb.) tahrip olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle hava kirliliğini izlemek ve azaltmak insan sağlığı ve ekosistemi korumak adına her devletin temel görevidir.

Ülkemizin havası, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı ile 81 ilde 313 istasyonda ölçülmektedir. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde (HKDYY) belirlenen parametrelerin ölçüm verileri www.havaizleme.gov.tr ve <http://mobil.havaizleme.gov.tr> adreslerinde yayınlanmaktadır (Hava Kirliliği Raporu, 2018). Şekil 4.1’de Ulusal hava kalitesi izleme ağı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı (Hava Kirliliği Raporu, 2018)

5. MATERYAL VE METHOD

Bu bölümde tez çalışması için kullanılacak olan verilerin elde edilmesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile hava kalitesi modellenmesi, tematik harita türleri, mekânsal verilerin analizi yöntemleri açıklanmıştır.

5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Hava Kalitesinin Modellenmesi

Herhangi bir kaynaktan atmosfere yayılan kirleticilerin atmosferik koşullara verecekleri kimyasal tepkilere göre nasıl dağılacığını matematiksel modeller gösterir. Dağılım modelleriyle kirleticilerin derişimleri, bu derişimleri düşürmek için uygulanacak yöntemlerin belirlenmesi ve ortamda oluşturacağı etkileri sağlanabilmektedir (Kılıç, 2006). Herhangi bir bölgede bulunan tesislerden ya da kaynaklardan yayılan emisyonların çevreye vereceği zararın önlenmesi ve kontrol stratejilerinin oluşturulabilmesi için hava kalitesi modellemesinin yapılması gerekmektedir (Kudal, 2009; Erdoğan, 2012).

Değişik kaynaklardan atmosfere salınan kirleticiler mekânsal ve zamansal olarak kimyasal / fotokimyasal yöntemlerle değişime uğramaktadır. Kirleticilerin kaynaktan çıktıktan sonra atmosfere dağılımını; sıcaklık, rüzgâr, basınç, güneş ışığı, karışım yüksekliği, inversiyon katmanı, yağış gibi birçok meteorolojik faktör etkilemektedir. Kaynaktan çıkan emisyonların çıkış hızı, karakteri ve bölgedeki meteorolojik ve coğrafi koşullar biliniyorsa modelleme ile ölçüm yapılmadan kirleticilerin nereye, nasıl dağılacığı ve konsantrasyonları hesaplanarak tespit edilir. Hava kalitesinin ölçüm yoluyla hesaplanması yüksek maliyetli ve uzun zaman almasından dolayı sayısal modelleme teknikleri daha çok tercih edilmektedir (Demirarslan, 2015; Toros ve Bağış, 2017).

Hava kalitesi modelleri:

- Yayılımları kontrol altında tutmak için yasaların uygulanması,
- Yayılım kontrol teknikleri ve stratejilerinin değerlendirilmesi,
- Çevresel etkileri düşünülerek gelecekte kirlilik yaratacak kaynakların konumlandırılacağı yerlerin tespit edilmesi,
- Hava kirliliği kaynaklarının kontrol edilmesi,
- Mevcut hava kirliliğinde kaynak ve alıcı ilişkisinin değerlendirmesi açısından oldukça önemlidir (Kılıç, 2006).

Hava kalitesinin modellenmesinde, sanayi tesislerinden çıkan emisyonların kısa mesafede (en fazla 50 km) dağılımını inceleyen AERMOD modeli (Erdoğan, 2012), konum ve zamanla değişen meteorolojik koşullarda gaz ve partikülleri noktasal, çizgisel, hacimsel ve alansal kaynakları modelleyebilen CALPUFF modeli (Ay, 2010; Zeydan, 2014) ve EPA tarafından geliştirilen, noktasal, alansal ve çizgisel kaynaklardan yayılan kirletici konsantrasyonların tahmininde bulunan ISC3 (Industrial Source Complex 3) modeli (Erdoğan, 2012) sıklıkla kullanılmaktadır. Bu modellerin yanısıra hava kalitesinin modellenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden (CBS) de yararlanılmaktadır. Tez kapsamında CBS kullanılarak hava kirliliği haritaları üretildiğinden bu bölümde CBS ile hava kirliliğinin modellenmesi üzerinde durulmuştur.

Coğrafi bilgi sistemleri, mekânsal ölçümlerle elde edilen grafik veya grafik olmayan verilerin elde edilmesi, depolanması, işlenmesi ve sonuç ürünün sivil kullanıcıya aktarılması işlemini sağlayan bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2000). CBS, arazi kullanımı planlaması, yol tasarımı, ulaşım optimizasyonu, kadastro ve vergi denetimi, çevre, turistik bilgi, hava tahmini, harita tasarımı üretim/yayınlama uygulamalarının tümünde kullanılabilir. Ayrıca CBS, hava kalitesinin konumsal ve zamansal analizinin yapılmasında, hava kirliliği parametrelerine ilişkin konumsal örüntülerin belirlenerek mekânsal kirlilik dağılım haritaları oluşturulmasında da kullanılmaktadır (Akyürek ve ark., 2013).

CBS'nin geniş uygulama alanları içerisinde önemli bir yere sahip olan modelleme, belirli bir zamansal ölçekte gerçek dünyaya ait coğrafi bilgilerin sorgulanması, analiz edilmesi ve sunulması süreçlerinin belirlenmesinde kullanılan yaklaşımlardır. CBS kapsamında modeller, basit bir veri tablosundan, analiz süreçlerine; mekânsal sorgulamalardan, ilişkisel yaklaşımlara kadar değişmektedir (Danacıoğlu, 2013).

CBS'de coğrafi bilgiyi temsil etmek üzere kullanılan *grafiksel* (konumsal) ve *grafik olmayan* (tanımsal) veriler olmak üzere iki tür veri kullanılmaktadır. Konumsal veriler coğrafi bir yerin ya da varlığın belli bir koordinat sistemine göre konumunu ve biçimini ifade etmektedir. Biçimi nokta, çizgi, alan şeklinde olan bu unsurlar bilgisayar belleğinde ve depolama birimlerinde vektör veya raster formda belirtilirler. Grafik olmayan öznitelik verileri ise konuma bağlı olmayan verilerdir (Ergüt, 2016).

Vektör veri tipi belirli koordinatlara dayanan verilerdir. Vektör veriler x, y koordinatlarıyla belirlenmektedir. Vektör veriler coğrafi verilerin konumlarını

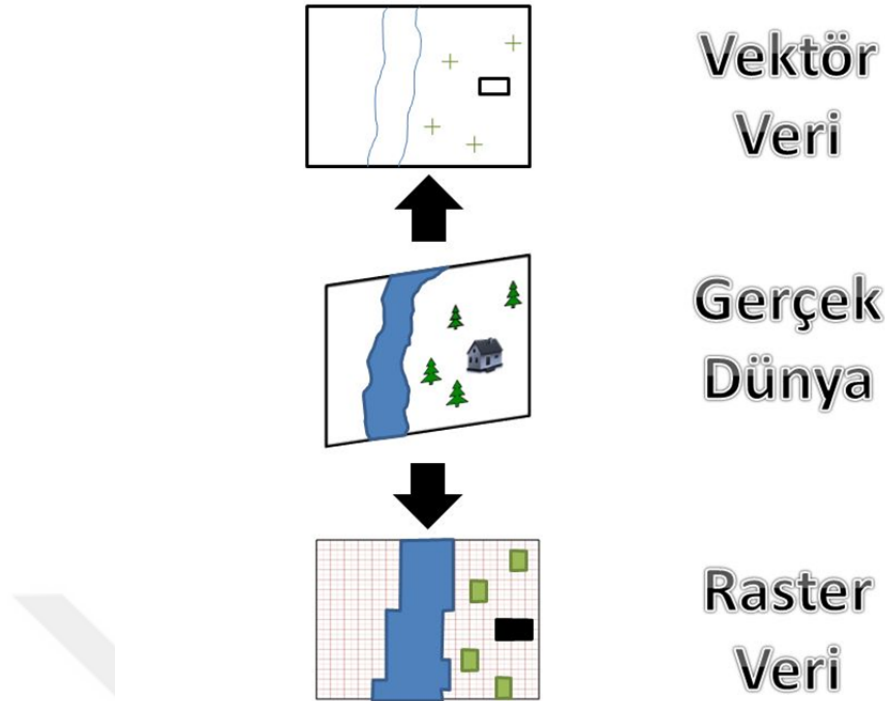
belirlemede en fazla kullanılan verilerdir. Bu verilerde objelerin konumlarını, ölçülerini raster verilerden farklı olarak değiştirmek mümkündür. Vektör verilerde kendi içerisinde 3'e ayrılır. Bunlar;

1. Çizgisel veri - point
2. Noktasal veri - line
3. Alansal veri - poligon

Raster veriler pixel ile temsil edilen verilerdir. Rasterler birbirine komşu grid yapıdaki hücrelerin bir araya gelmesi ile meydana gelirler. Raster verilerde vektör verilere kıyasla daha çok veri depolanabilir (Rüstemov, 2014).

Vektör modelde birbirinden kesin bir şekilde ayrılan coğrafi özellikler için uygun olmasına karşın, toprak tipleri, nüfus yoğunluğu gibi süreklilik içinde değişim gerektiren coğrafi özellikler için eksik kalmaktadır. Bu eksikliği kapatmak içinde "raster" model geliştirilmiştir. Bu modelde gösterilecek olan özellikler hücrelerin gruplandırılması ile yapılır. Kullanılan ölçek hücrelerin boyutlarını, hücrelerin boyutları ise çözünürlüğü, dolayısıyla haritanın kalitesini belirler (Kaplukan, 2014).

CBS'de verilerin gösterimi için noktasal, çizgisel ve alansal kaynak olmak üzere üç temel sembol kullanılmaktadır (Kaplukan, 2014). Vektör veri modelinde saklanan bilgiler; *noktasal* (kuyular, sanayi tesisleri), *çizgisel* (ulaşım sistemi, hava ulaşım ağı) ve *alansal* (ısınma, ulaşım) olmak üzere üç türde tanımlanmaktadır (Ergüt, 2016; Zeydan, 2014). Şekil 5.1.'de CBS'de yeryüzü şekillerinin gösterilmesi anlatılmıştır.



Şekil 5.1 CBS’de Yeryüzü Şekillerinin Gösterilmesi (Ergüt, 2016)

5.1.1. CBS ve Kartografya

Haritalar; CBS’nin sonuç ürünleri olup, jeodezi, coğrafya, yer bilimleri ve atmosfer gibi bir çok disiplin tarafından toplanan mekansal verilerin sunumu için kullanılan bilgi iletişim araçlarıdır. Haritalar kullanıcının yoğun ve karmaşık bilgilerle iletişimini kolaylaştıran ve coğrafi bilgilerin analizine imkân tanıyan ürünlerdir. Kartografya ise harita ile bilgi iletiminin etkin olarak sağlanabilmesi için harita üzerinde kullanılan gösterim yöntemlerinin geliştirilmesinden sorumludur. Uluslararası Kartografya Birliği’ne (International Cartographic Association_ICA) göre harita; gerçek dünyanın işaretleştirilmiş bir gösterimi olup, mekânsal ilişkileri anlamak için tasarlanan araçtır. Ayrıca gerçek dünyaya ait objelerin harita tasarımcısı tarafından seçildiği vurgulanmaktadır. Kartografya ise “harita yapmak ve kullanmak için gerekli bilim, sanat ve teknik” olarak tanımlanmaktadır (Bildirici, 2019). Ayrıca Uçar ve Uluğtekin (2006) kartografya ve harita için şu tanımları yapmıştır;

“Kartografya, her tür harita ve harita benzeri gösterimler ile bu gösterimlerde kullanılan grafik işaretlerin özelliklerini araştıran, haritanın çizimsel tasarım, basım ve kullanım yöntemlerini geliştirmeye yönelik çalışmalar yapan bir bilim dalıdır”.

“Harita; yer ya da diğer büyük gök cisimlerinin yüzeylerine veya bu yüzeylerin bir bölgesine ait konulara ilişkin obje ve bilgilerin, doğadaki konumlarını çizim altlığı

üzerinde belli matematik kurallara göre yansıtan, kartografik işaretlerle gösteren ve gerektiğinde yazılı sözcüklerle tamamlayarak aktaran bir bilgi iletişim aracıdır.”

CBS ve Kartografya birbirleriyle doğrudan ilişkilidir. Kartograflar, kullanıcıların doğru ve hızlı karar vermesi için CBS ile üretilen, geliştirilen haritalarla çözüm üretmektedirler. Karar vericiler için haritalar oldukça önemlidir. Haritası yapılacak bölge ile mekânsal referanslı olan her hangi bir konuda bilgi aktaran kartografik ürünler tematik haritalar olarak isimlendirilir. Jeoloji, ulaşım, hava sıcaklığı, hava basıncı, tarım, madencilik, ekonomi, denizcilik, hava ve toprak kirliliği, turizm gibi mekânsal referanslı sayısız örnek verilebilir. Tematik haritalar ayrı bir başlık altında açıklanacaktır.

5.1.2. Tematik Haritalar

Tematik haritalar belli bir konu için tasarlanmış özel amaçlı haritalardır. Konunun içeriğine ve işlenmesine göre farklı isimler alırlar. Konumsal ve mekânsal olarak tek bir konuyu gösteren haritalar analitik harita olarak isimlendirilir. Bazı konuların daha iyi anlaşılması için farklı değişkenlerin bir arada gösterilmesi durumunda veri analizini kolaylaştıran kompleks haritalardan söz edilir. Farklı değişkenlerin birlikte analizinin sonuçlarının gösterilmesi halinde ise sentetik haritalar söz konusudur. Tüm tematik haritaların amacı, doğaya ve insana ilişkin çeşitli konuların mekânsal dağılımlarını ya da yapısal ilişkilerini göstermektir. Her bir tematik harita için tek bir konu seçilmesi, tematik haritayı genel amaçlı haritadan ayıran en temel özelliktir. Tematik haritalar verilerin nitel ve nicel özelliklerine göre farklı tasarlanmak durumundadır (Buğdaycı, 2012).

Tematik haritalar türlerine göre Koroplet Haritalar, Nokta ve Dansimetrik Haritalar, Oransal İşaret Haritaları, İzoritmik Haritalar, gibi yöntemlerle olarak sınıflandırılırlar.

Koroplet (renk tonlu) haritalarda belirli bir alana ait olan istatistiksel veri, farklı renk tonları ile işaretleştirilir. Renk tonlarının kolaylıkla algılanıp alansal olarak karşılaştırma yapabilme olanağı sağlamasından dolayı sıklıkla kullanılır. Ancak alansal bir objeye ait bilgi, o alan sınırları içerisine homojen olarak dağılır. Bu nedenle istatistiksel bilgi işaretlendiğinde bölgeler içindeki farklılıklar koroplet haritalarda anlaşılabilir. Koroplet haritalar istatistiksel bilgileri genelleştirerek gösterirler (Buğdaycı, 2012).

Koroplet haritalarda veri dağılımı hakkında kesin bir sonuca varılamaması, bölge içindeki veri değişiminin belirgin olmaması ve sınırlar arasında kesiklik olması nokta ve dansimetrik haritaların kullanımını ortaya çıkarmıştır. Nokta haritalarda bir nokta kesin bir büyüklüğe karşılık gelir. Örneğin nüfus haritasında bir nokta belirli bir sayıda insanı ifade eder ve bu noktalar verinin ait olduğu bölgelerde gösterilir. Dasimetrik haritalarda da alansal işaretler kullanılır, ancak kullanılan işaretler, bölge sınırlarından bağımsız olarak verinin yoğunluğuna göre dağılır (Buğdaycı, 2012).

Yeryüzünün topografik yapısı, yağış durumu, barometrik basınç gibi sürekliliği olan ve noktadan noktaya değişim gösteren sürekli olguları göstermek için kullanılan haritalardır. İzoritmik haritalarda bölgenin tamamına ait veriler, kontrol noktası olarak adlandırılan noktalardan elde edilen verilerin örneklenmesi ile elde edilir. Süreklilik gösteren objeler bir yüzey oluşturur ve yüzeyin her noktasında veri toplamak imkânsızdır, bunun yerine bölgenin tamamını temsil edecek kontrol noktalarında veriler toplanarak örneklem yoluyla tüm bölgeye ait bilgi elde edilmiş olur (Buğdaycı, 2012).

İzoritmik haritalar, koroplet haritalardan sonra kullanılan en yaygın tematik harita tekniğidir. Bu haritaların yapımındaki temel problem, düzensiz aralıklı kontrol noktalarının bilinen değerleriyle bilinmeyen noktaların enterpolasyonudur. Her ne kadar manuel enterpolasyon günümüzde çok yaygın olarak kullanılsa da çoğunlukla otomatik enterpolasyon metotlarının yanında bir kıstas olarak değerlendirilmektedir (Kudal, 2009).

Oransal işaret haritaları genellikle öznelik verilerinin gösteriminde kullanılır. Gösterimi yapılan işaretlerin büyüklükleri öznelik verisini temsil eder. Oransal işaretler, geometrik şekiller ve resimsel şekiller olarak ifade edilirler. Geometrik şekillerin farklı büyüklükleri farklı öznelik verilerini temsil eder. Resimsel işaretler ise görünüm olarak daha kolay anlaşılır.

5.1.3. Mekânsal verilerin analizi

CBS yazılımlarıyla girilen verilerin nitelik ve konum bilgilerine göre mekânsal analizler yapılabileceği gibi nokta, çizgi ve alan verilerinin grafik, sütun vb. şekline dönüştürülmesi, yüzey analizleri, üç boyutlu görüntüleme analizleri (kabartma haritaları), tampon oluşturma, bindirme ve modelleme gibi analizlerde yapılabilmektedir (İncekara ve ark., 2009).

Analiz sonuçları nesnelere ya da analiz edilen olayların konumlarına bağlı olan, hem konum bilgisi hem de nesnelere özelliklerinin kullanımı gerektiren tekniklerdir.

Mekânsal veri analizde kullanılan yöntemler; mekânsal verinin görselleştirilmesi ile ilgili yöntemler, keşifsel mekânsal veri analizi ile ilgili yöntemler ve istatistiksel bir modelin belirlenmesine dayalı yöntemler olmak üzere üçe ayrılır. Verinin görselleştirilmesi analizin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Verinin görselleştirilmesi haritalamayı ifade etmektedir. Mekânsal verinin en basit unsurları harita özelliklerini temsil eden nesnelere nokta, çizgi ve alanlardır (Ergüt, 2016).

Günümüzde meteorolojik uygulamalarda veri analizi ve bu analizlerin son kullanıcıya kaliteli bir şekilde sunulması giderek önemli hale gelmiştir. Bu kapsamda CBS yazılımları (ArcGIS) yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Tural, 2011).

Çeşitli meteorolojik parametreler (sıcaklık, nem, rüzgâr, yağış, basınç vb.) belirli coğrafi mekânlarda bulunan istasyonlar aracılığı ile ölçülerek değerler ön işlem için internet yardımı ile bilgi işlem merkezlerine iletilir. Gelen bu ham veriler kullanıcılar için çok anlamlı olmadığından, anlaşılabilirliği için uygun şekilde işlenirler (Tural, 2011).

Son yıllarda veri tabanı sistemlerinde mekânsal verileri depolamaya imkan sağlayan ve mekânsal veri sunucu yazılımı olarak adlandırılan yazılımlar üretilerek kompleks veriler desteklenmeye başlanmıştır. Bu yazılımlar, farklı sorgulamalara imkân vermesi ve kullanım kolaylığı sağlamasından dolayı CBS’de oldukça geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. CBS’nin en önemli analitik işlemi konumsal verinin kullanılması ve analizini sağlamasıdır. CBS’nin analitik kapasitesi veri tabanında kullanılan raster veya vektör yapı kullanılmasıyla ilişkilidir. Sistem istatistiksel analiz ve jeostatistiksel analiz olmak üzere iki tür analitik kapasiteyi içerir (Tural, 2011).

İstatistiksel analiz son kullanıcılar için faydalı bir veri olup, günlük en yüksek, en düşük, ortalama sıcaklık dereceleri en iyi örnekleridir. İstasyonların konumsal bilgisine ihtiyaç olmadan kolaylıkla hesaplanabilir. Jeostatistiksel analiz ise yüksek maliyetli ve uzun zaman gerektiren çeşitli veri kümelerinin analizi için ucuz ve mantıksal bir yöntemdir (Tural, 2011).

Belli bir alan içerisinde belirli bir yapıya sahip gözlem alanı bulunmayan değişkenler ile gözlenebilen değişkenlerin konumlarına göre enterpolasyon yaparak değişkenlerin tahmin edilmesini sağlar. Jeostatistiksel analizin en önemli aşaması gözlem alanı içerisindeki uzaysal bağımlılık yapısını ortaya koyan yarı variogram analizleridir (Tural, 2011). Variogram ölçme yapılan noktalar arasındaki varyansın mesafe ile değişimini gösteren bir grafik olup, nesnenin konumsal bağımlılığını belirlemede kullanılmaktadır (Ergüt, 2016).

Jeoistatistik analizler ve mekânsal analizlerin birleştirilmesi sonucunda kullanıcılar örneklem istasyonlarının sıklığı, dağılımı ve etkisi üzerine karar verebilir, ulaştırma ve hava kirliliği etkileşimini analiz edebilirler. Jeostatistik aynı zamanda kaynakların kısıtlı olduğu durumlarda farklı veriler kullanarak, daha güvenilir verileri sunabilmektedir. Hızlı, güvenilir ve ölçülebilir kararları destekleyebilmek için mekânsal analiz, jeostatistik ve CBS ortak olarak kullanılmalıdır (Sertel ve ark., 2007).

Jeoistatistik, istatistiğin uygulamalı bir dalı olup, istatistikteki örneklerin birbirinden bağımsız olması kuralı yerine örneklerin birbirleri ile bağımlı olmasına bağlı popülasyon parametrelerinin tahmin edilmesinde kullanılır. Bu yöntemler yardımıyla örneklem noktalarının konumları ve örneklem arası korelasyon dikkate alınarak yansız ve minimum varyanslı kestirimler yapılabilmektedir. Jeostatistiksel analizler, gözlem gerçekleştirilmeyen konumların değerlerinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Bu anlamda arazide ölçüm yapılamamış noktalarda enterpolasyon yapılarak bilgilerin sürekli yüzeyler biçimindeki haritalarının elde edilmesi sağlanır (Akyürek ve ark., 2013).

Enterpolasyon farklı bölgelerden alınan örnekleme değerlerini kullanarak herhangi bir noktanın değerini tahmin etme işlemidir. Deterministik ve Stokastik (geostatistical) olmak üzere iki farklı enterpolasyon tekniği vardır. Her iki yöntemde başka bir konuma ait değerlerin hesaplanmasında çevredeki örnekleme noktalarından alınan ölçüm değerleri kullanılmaktadır. Deterministik teknikler enterpolasyon işleminde matematiksel fonksiyonları kullanırken, stokastik yöntemler tahmin işlemindeki belirsizlik ve hataları da ortaya koyabilecek şekilde hem matematiksel hem de istatistiksel fonksiyonları kullanmaktadır (Tural, 2011).

Geoistatistik yöntemler olarak ta adlandırılan stokastik yöntemler temelde Kriging olarak da bilinmektedir. Ters ağırlıklı enterpolasyon, Global Polinomal, Lokal Polinomal ve Radyal Bazlı fonksiyon ise deterministik yöntemlerdir. Radyal Bazlı fonksiyonun değişik uygulamaları sonucunda: Spline, İnverse Multikuadrik, Spline With Tension Ve Thin Plate Spline yöntemleri ortaya çıkmıştır. Deterministik yöntemlerden en çok kullanılanları ise Ters Ağırlıklı Enterpolasyon ve Spline yöntemleridir (Güler ve Kara, 2007). Tez kapsamında ters ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW) kullanıldığından sadece bu yöntem detaylı olarak açıklanmıştır.

5.1.3.1. Ters ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)

Ters ağırlıklı ortalama yöntemi (Inverse Distance Weighted, IDW) bilinen noktaya ait değerleri kullanarak, bilinmeyen noktaya ait değer elde edilmesinde tercih edilen bir tekniktir. Bu yöntemde sadece verilerin yerel olarak değerlendirilip, karşılaştırılması yapılmaktadır (Tural, 2011).

IDW enterpolasyon yönteminde ağırlık (p) ve komşuluk ilişkileri dikkate alınarak yüzey hesaplanır (Akış, 2013). IDW sonucunda elde edilecek verinin doğruluğu bilinen değerlerin doğruluğuna bağlıdır. Bilinen değer; bilinmeyen değer ile arasındaki mesafeyle doğru orantılı iken, ağırlıklandırılan yeni değerle ters orantılıdır. (Li, 2008). Bu nedenle seçilen yüzey alanında mesafenin az olması sonuç ürünün doğruluğunu arttıracaktır.

IDW yöntemi;

$$Z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r}} \quad (5.1)$$

ile formüllendirilir. Burada X_0 tahminleri yapılacak konumu, $Z(x_i)$ ölçümlerin yapıldığı n 'nin bir fonksiyonunu, r tahmin edilen değere atanmış ağırlıklarını, d bilinen değer noktası ile tahmin edilecek değer arasındaki mesafeyi ifade etmektedir.

Bu yöntem bir bölgeyi kapsayan sürekli değişim gösteren verilerin tanımlanması için oldukça uygundur. Bu veriler, yağış, rüzgâr, kirlilik vb. şeklinde olabilir (Akyürek ve ark., 2013).

IDW yöntemi hesaplamalarda ve programlamada basit bir yapıya sahip olduğu için yaygın olarak tercih edilmektedir. ArcGIS, Esri gibi jeodezik hesaplama yapan bilgisayar programlarında da bu yöntemin tercih edildiği görülmektedir (Göğsu, 2019). Bu yöntemde çoğunlukla daire ya da dikdörtgen şekilli alanlar çalışma bölgesi olarak belirlenir, bilinen değerlere göre hesaplamalar yine bu alanlar içerisinde çözümlenir (Yanalak, 2002)

6. UYGULAMA

Tez çalışması kapsamında Konya iline bağlı Karatay, Meram ve Selçuklu ilçelerinde 2019 ve 2020 yıllarındaki hava kirliliği haritalarının oluşturulması amaçlanmıştır. İstasyonlardan elde edilen veriler ışığında bu verilerin elde edilmesi, altlık olarak kullanılacak olan haritanın temini, analiz yapılması için gerekli olan Coğrafi Bilgi Sistemi Yazılımı seçimi ve bu yazılım içerisinde yer alan IDW yöntemiyle oluşturulan haritalar bu bölümde detaylandırılacaktır.

6.1.Çalışma Bölgesinin Seçilmesi

Konya ili, İç Anadolu Bölgesi'nin ortasında ve çevresinde dağlar bulunan bir ovada bulunmaktadır. Türkiye'nin en büyük ili yüzölçümü bakımından Konya'dır. Nüfus yoğunluğu bakımından ise Türkiye'nin en yoğun yedinci şehridir (Konya Büyükşehir Belediyesi, 2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre Konya'nın nüfusu 2019 yılında 2232374 kişiye 2020 yılında yaklaşık %1 büyüyerek 2250020 kişiye ulaşmıştır. Bu artışın genel sebeplerine bakıldığında Konya'nın bulunduğu lokasyon ve gelişmiş sanayi olanakları sebebiyle göç almasına katkı sağladığı bilinmektedir. Konya Ticaret ve Sanayi Odası'na 1000 den fazla kaydı olan sanayi tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin en büyükleri arasında Konya Şeker Fabrikası, Konya Çimento Fabrikası, Tuğla fabrikaları, Kâğıt fabrikaları ve yağ rafine fabrikaları sayılabilir. Konya il merkezi, şehirlerarası ve ilçeler arası birçok yerleşim yerine geçiş güzergâhı olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple oluşan trafik ve araç yoğunluğu hava kirliliğinde önemli bir yer tutmaktadır (Kunt ve Dursun, 2018).

Hava kirliliği sadece yapay kaynaklı olmadığı gibi meteorolojik olarak değerlendirilen hava ısısı, rüzgâr yönü ve şiddeti, yağış miktarı gibi doğal kaynaklı da olabilmektedir (Dursun, 1997).

Şekil 6.1.'de Konya iline ait Google Earth Pro yazılımı ile elde edilmiş hava fotoğrafı verilmiştir.



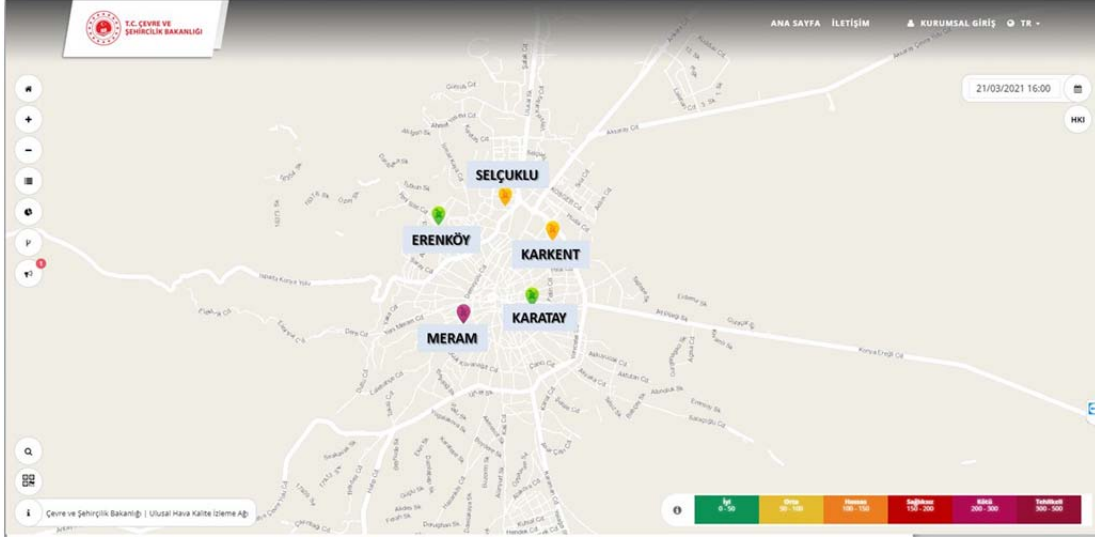
Şekil 6.1 Konya ili merkez ilçelere ait hava fotoğrafı (Google Earth Pro2021)

Şekil 6.1’de görüleceği üzere siyah renkte çerçeve içine alınan bölgeler sanayi bölgelerini temsil etmektedir. Bu sanayi alanlarının şehir merkezine çok yakın olması sebebiyle yarattığı kirlilik insan yaşamını etkilemektedir.

6.2. Hava Kirliliği Verilerinin Toplanması

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın kurmuş olduğu Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı web sitesi üzerinde Türkiye’nin tüm illerinde hava kalitesi izleme istasyonları mevcuttur. Bu istasyondan alınan veriler anlık olarak tüm sivil kullanıcılar tarafından görüntülenebilmektedir.

Konya ilinde ısınma, sanayi, yakıt ve trafik gibi beşeri faktörler sonucunda ortaya çıkan kirletici gazların ölçülmesi ve takip edilmesi amacıyla 5 farklı noktada hava kalitesi izleme istasyonu kurulmuştur. Bu tez çalışmasında 2019 ve 2020 yıllarında düzenli olarak veri kaydeden, güvenilir veriler elde edilebilen 5 istasyondan yararlanılmıştır. Konya iline ait istasyonların konumları Şekil 6.2.’de gösterilmiştir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2021).



Şekil 6.2 Konya İli Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarının Konumları

Bu istasyonlardan alınan veriler Çin'in Wuhan Kentinde ortaya çıkan ve tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisini de göz önünde bulundurarak değerlendirilmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında alınan bu veriler ışığında çalışan kişi sayısının azalması, eğitimin uzaktan eğitim ile devam etmesi, fabrikadaki çalışma kapasitesinin azaltılması gibi faktörlerin hava kalitesinin değişimine etkisinin değerlendirilmesi gerekliliğini açığa çıkarmıştır. Bu sebeple belirtilen tarihler arasında SO₂, PM₁₀, CO, NO₂ ve O₃ derişimleri ele alınmıştır.

Kullanılacak olan istasyon bilgileri, T.C. Çevre ve şehircilik bakanlığı web sitesinden elde edilmiştir. Bu bilgiler ArcGIS yazılımı üzerine işlenerek analizler bu bilgiler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Tablo 6.1'de Konya ili Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarına ait bilgiler bulunmaktadır.

Tablo 6.1 Konya İli Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarının Bilgileri

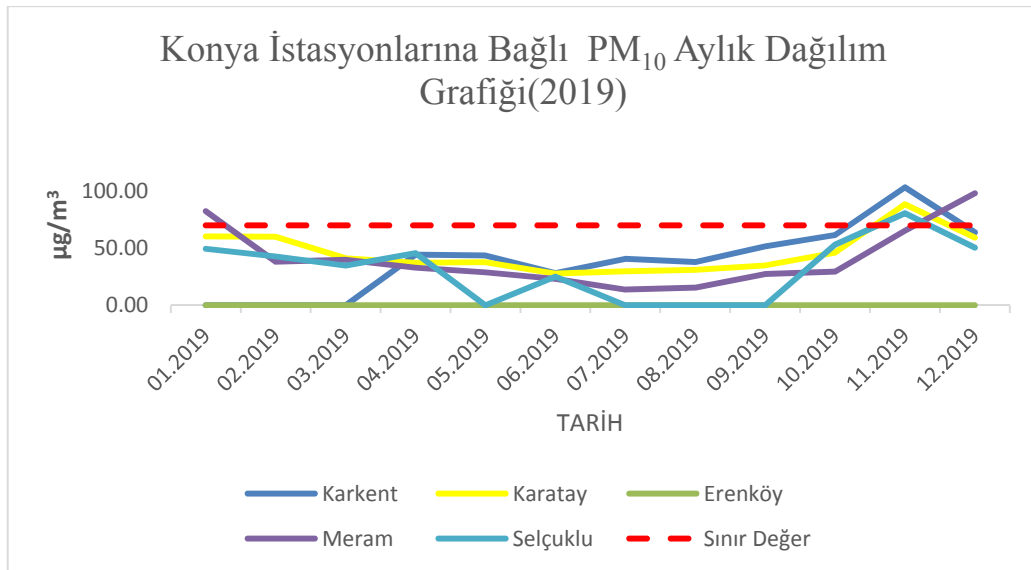
İSTASYON ADI	İSTASYON ADI	İSTASYON ADI	İSTASYON ADI	İSTASYON ADI
ERENKÖY	SELÇUKLU	KARKENT	KARATAY	MERAM
İstasyon Sahibi	İstasyon Sahibi	İstasyon Sahibi	İstasyon Sahibi	İstasyon Sahibi
Konya BŞB	Konya BŞB	CSB - GIA THM	Konya BŞB	CSB - GIA THM
Enlem	Enlem	Enlem	Enlem	Enlem
37° 54' 24"	37° 54' 57"	37° 53' 59"	37° 52' 05"	37° 51' 36"
Boylam	Boylam	Boylam	Boylam	Boylam
32° 27' 36"	32° 30' 00"	32° 31' 43"	32° 30' 58"	32° 28' 31"

6.2.1. Toplanan verilerin grafiksel dağılımları

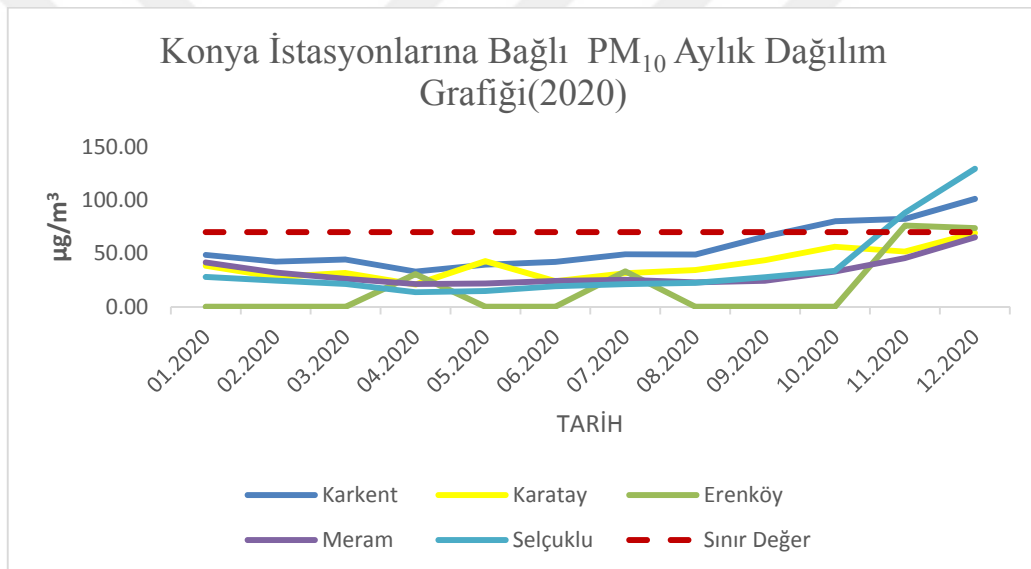
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı web sitesi üzerinden elde edilen SO₂ ve NO₂ değerleri saatlik, CO ve O₃ değerleri 8 saatlik, PM₁₀ değerleri ise 24 saatlik periyotlarla ölçülmektedir. Bu bölümde kullanılacak olan veriler, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Sürekli İzleme Merkezi web sitesi üzerinde belirtilen periyotlarda elde edilen değerlerin aylık ortalamalarına göre oluşturulmuş ve grafiksel dağılımları incelenmiştir.

6.2.1.1 PM10 Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar

Şekil 6.3. ve Şekil 6.4.'te 2019 ve 2020 yıllarına ait PM₁₀ hava kirliliğine ait 1 yıl boyunca alınan 24 saatlik ortalamaların aylık olarak gösterimi yapılmıştır. Grafikte de görüleceği üzere 2019 yılında Karkent istasyonundan 2 ay, Erenköy istasyonundan 12 ay ve Selçuklu istasyonundan da 4 ay boyunca veri alınamamıştır. 2020 yılında ise Erenköy istasyonundan 8 ay boyunca veri alınamamıştır. Tablo 3.2'de verilen sınır değer PM₁₀ için 70 µg/m³ olup kırmızı kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Alınan değerlere bakıldığında yıl içerisinde sınır değerinin altında kaldığı fakat Ekim, Kasım, Aralık aylarında sınır değere yaklaştığı ve sınır değerini aştığı görülmektedir. Bu istasyonlardan elde edilen veriler ışığında 2019 yılı için elde edilen minimum değer 13,77 µg/m³ ile Temmuz ayında Meram istasyonunda, maksimum değer ise 103,31 µg/m³ ile Kasım ayında Karkent istasyonunda kaydedilmiştir. 2020 yılı için ise minimum değer 19,33 µg/m³ ile Haziran ayında Selçuklu istasyonunda, maksimum değer ise 129,40 µg/m³ ile Aralık ayında yine Selçuklu istasyonunda kaydedilmiştir. Tüm istasyonlar için 2019 ve 2020 yıllarına ait ortalamalar Tablo 6.2.'de verilmiştir.



Şekil 6.3 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı PM₁₀ Aylık Dağılım Grafiği(2019)



Şekil 6.4 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı PM₁₀ Aylık Dağılım Grafiği (2020)

Tablo 6.2 PM₁₀ için istasyon bazında yıllık ortalamalar

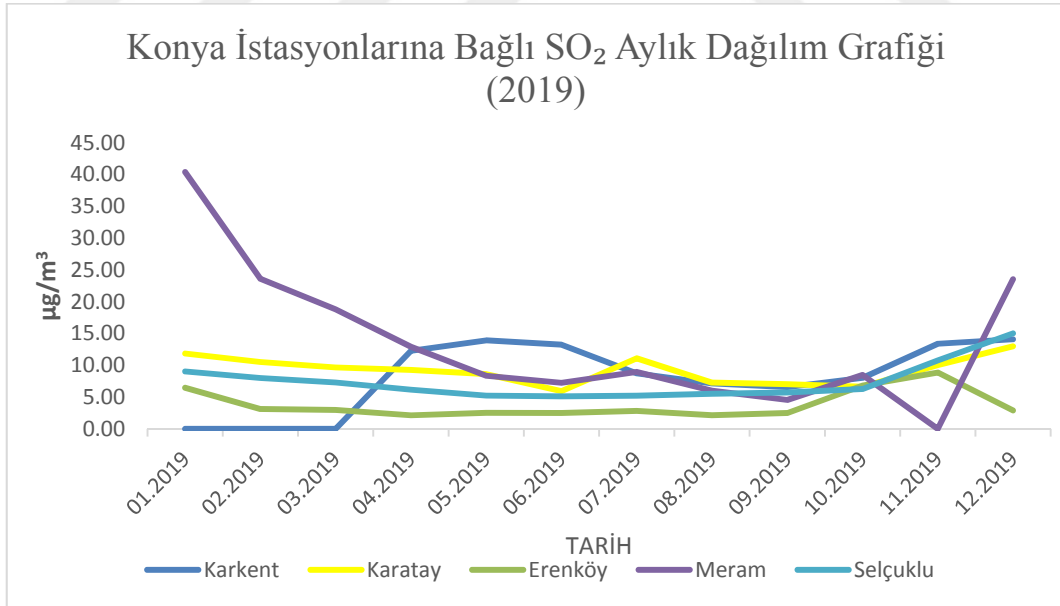
YILLAR	PM ₁₀ µg/m ³				
	KARKENT	KARATAY	ERENKOY	MERAM	SELÇUKLU
2019	47.51	46.18	-	41.24	47.77
2020	56.52	39.42	53.42	31.97	37.05

PM₁₀ değerini etkileyen faktörlerin en başında endüstri faaliyetleri gelmektedir. Isınma kaynaklı yakıt tüketimi faaliyetleri de insan sağlığı için oldukça zararlı olan PM₁₀ değerini olumsuz yönde etkilemektedir. Çalışma alanı olarak seçilen Konya ili Merkez ilçelerinde faaliyet sürdüren fabrikalardan yayılan partikül madde yıl içerisinde

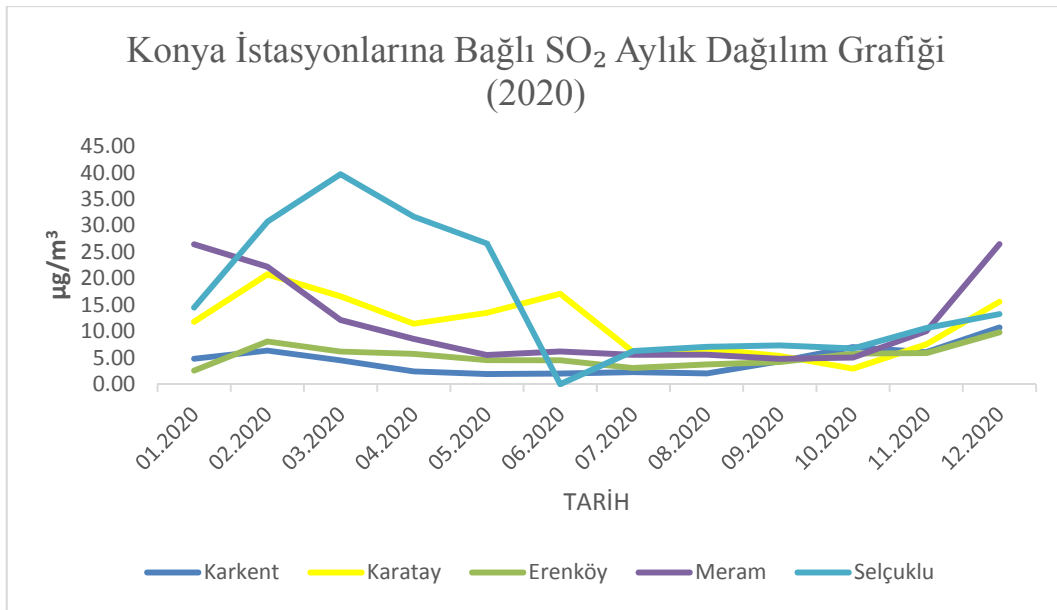
standartları korumaktadır. Ancak ısınma yakıt tüketiminin çoğaldığı Ekim, Aralık ve Ocak aylarında artış yaşandığı gözlemlenmiştir.

6.2.1.2 SO₂ Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar

Şekil 6.5. ve Şekil 6.6.'de 2019 ve 2020 yıllarına ait SO₂ hava kirleticisine ait 1 yıl boyunca alınan 1 saatlik ortalamaların aylık olarak gösterimi yapılmıştır. 2019 yılı içerisinde Karkent istasyonundan 3 ay Meram istasyonu üzerinden 1 ay boyunca veri alınamamıştır. 2020 yılı içerisinde ise yalnızca Haziran ayı içerisinde 1 ay boyunca veri alınamamıştır. Tablo 3.2'de verilen sınır değerlere göre SO₂ için sınır değer 410 µg/m³ olup alınan değerlerin çok üzerinde bir değer olduğu için tabloların okunmasını zorlaştırmamak adına grafik üzerinde gösterilmemiştir. Bu istasyonlardan elde edilen bilgiler ışığında 2019 yılı için Minimum değer 2.15 µg/m³ ile Ağustos ayında Erenköy istasyonunda, maksimum değer ise 40.40 µg/m³ ile Ocak ayında meram istasyonunda kaydedilmiştir. 2020 yılı için ise minimum değer 1.91 µg/m³ ile Ocak ayında Karkent istasyonunda, maksimum değer 31.69 µg/m³ ile Nisan ayında Selçuklu istasyonunda kaydedilmiştir. Tüm istasyonlar için 2019 ve 2020 yıllarına ait ortalamalar Tablo 6.3.'te verilmiştir.



Şekil 6.5 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı SO₂ Aylık Dağılım Grafiği(2019)



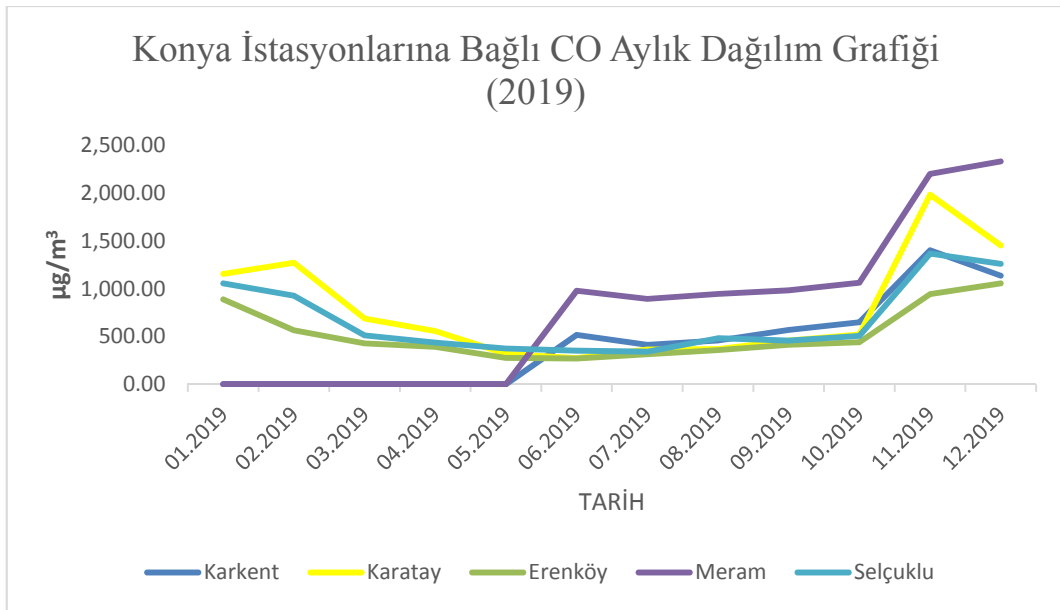
Şekil 6.6 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı SO₂ Aylık Dağılım Grafiği(2020)

Tablo 6.3 SO₂ için istasyon bazında yıllık ortalamalar

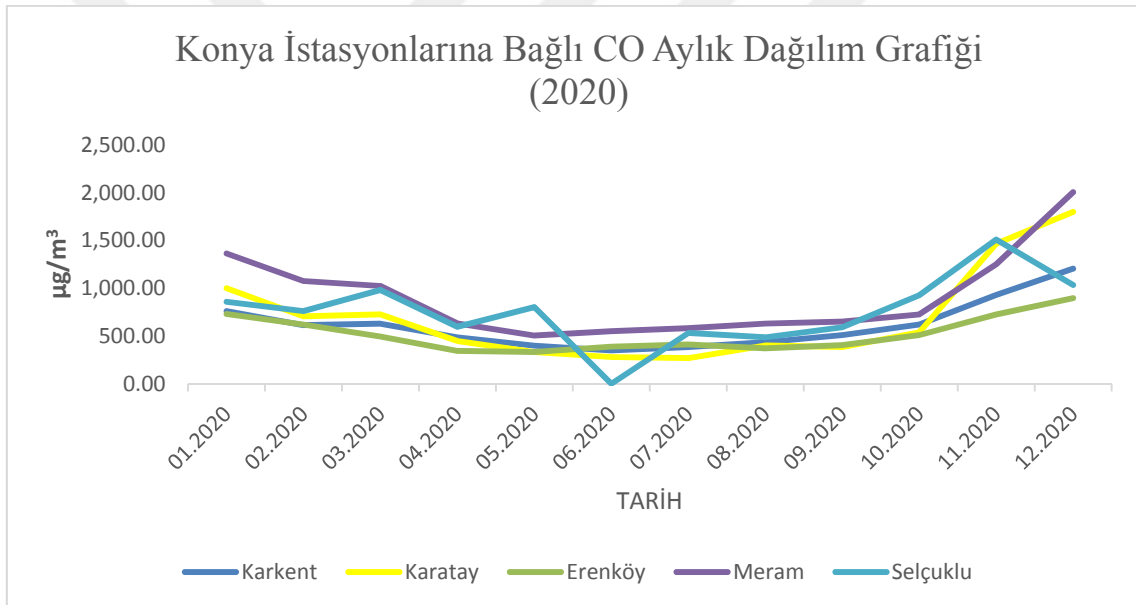
YILLAR	SO ₂ µg/m ³				
	KARKENT	KARATAY	ERENKOY	MERAM	SELÇUKLU
2019	8.11	9.24	3.81	14.80	7.44
2020	4.54	11.29	5.34	11.54	17.68

6.2.1.3 CO Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar

Şekil 6.7. ve Şekil 6.8.'de 2019 ve 2020 yıllarına ait CO hava kirleticisine ait 1 yıl boyunca alınan 8 saatlik ortalamaların aylık olarak gösterimi yapılmıştır. 2019 yılı içerisinde Karkent istasyonundan 5 ay Meram istasyonu üzerinden 5 ay boyunca veri alınmamıştır. 2020 yılı içerisinde ise yalnızca Haziran ayı içerisinde 1 ay boyunca veri alınmamıştır. Tablo 3.2'de verilen sınır değerlere göre CO için sınır değer 10,000 µg/m³ olup alınan değerlerin çok üzerinde bir değer olduğu için tabloların okunmasını zorlaştırmamak adına grafik üzerinde gösterilmemiştir. Bu istasyonlardan elde edilen bilgiler ışığında 2019 yılı için Minimum değer 268,95 µg/m³ ile Haziran ayında Erenköy istasyonunda, maksimum değer ise 2333,02 µg/m³ ile Aralık ayında Meram istasyonunda kaydedilmiştir. 2020 yılı için ise minimum değer 267,85 µg/m³ ile Temmuz ayında Karatay istasyonunda, maksimum değer 2006,52 µg/m³ ile Aralık ayında Meram istasyonunda kaydedilmiştir. Tüm istasyonlar için 2019 ve 2020 yıllarına ait ortalamalar Tablo 6.4'te verilmiştir.



Şekil 6.7 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı CO Aylık Dağılım Grafiği (2019)



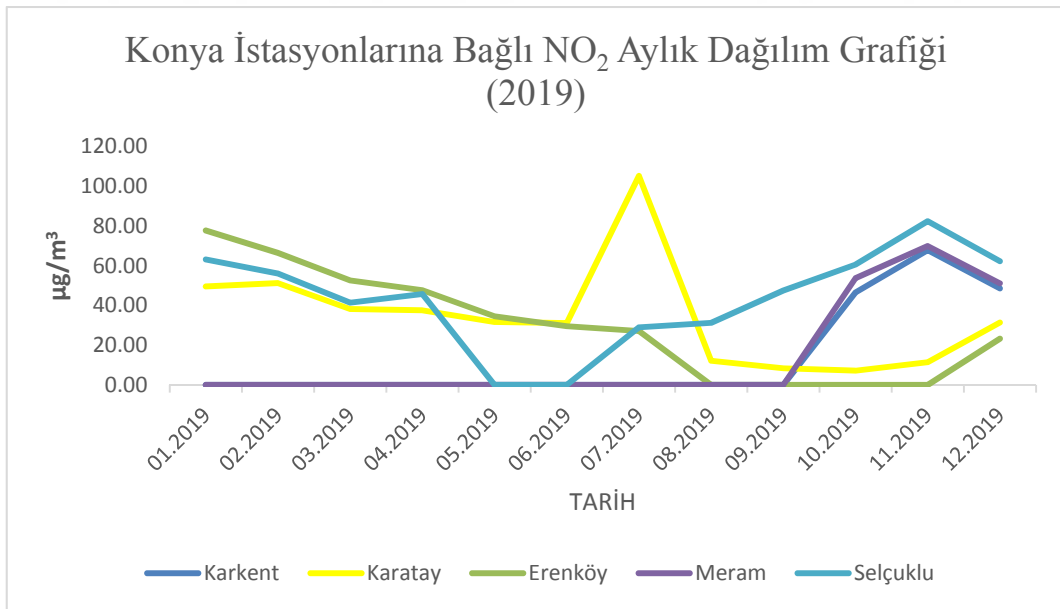
Şekil 6.8 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı CO Aylık Dağılım Grafiği (2020)

Tablo 6.4 CO için istasyon bazında yıllık ortalamalar

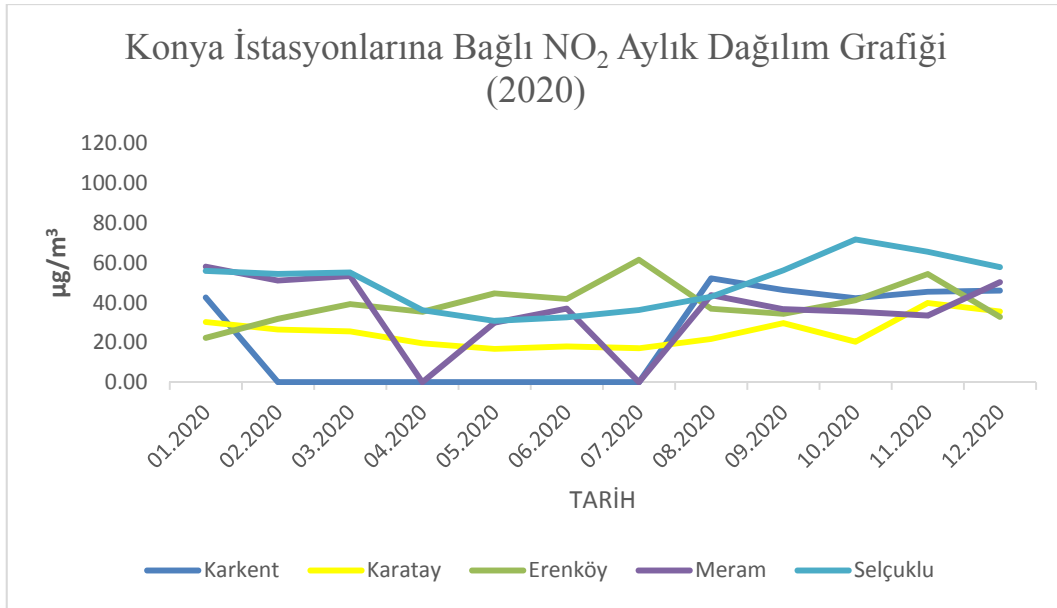
YILLAR	CO µg/m ³				
	KARKENT	KARATAY	ERENKOY	MERAM	SELÇUKLU
2019	735.09	784.38	528.21	1342.44	672.13
2020	610.22	695.81	519.10	916.41	825.64

6.2.1.4 NO₂ Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar

Şekil 6.9. ve 6.10.'da 2019 ve 2020 yıllarına ait NO₂ hava kirleticisine ait 1 yıl boyunca alınan 1 saatlik ortalamaların aylık olarak gösterimi yapılmıştır. 2019 yılı içerisinde Karkent istasyonundan 9 ay, Erenköy istasyonu üzerinden 4 ay, Meram istasyonu üzerinden 9 ay, Meram istasyonu üzerinden 2 ay boyunca veri alınamamıştır. 2020 yılı içerisinde ise Karkent istasyonu üzerinden 6 ay, Meram istasyonu üzerinden 2 ay boyunca veri alınamamıştır. Tablo 3.2'de verilen sınır değerlere göre NO₂ için sınır değer 270 µg/m³ olup alınan değerlerin çok üzerinde bir değer olduğu için tabloların okunmasını zorlaştırmamak adına grafik üzerinde gösterilmemiştir. Bu istasyonlardan elde edilen bilgiler ışığında 2019 yılı için Minimum değer 7.21 µg/m³ ile Ekim ayında Karatay istasyonunda, maksimum değer ise 105.01 µg/m³ ile Temmuz ayında Karatay istasyonunda kaydedilmiştir. 2020 yılı için ise minimum değer 17.11 µg/m³ ile Temmuz ayında Karatay istasyonunda, maksimum değer 71.77 µg/m³ ile Ekim ayında Selçuklu istasyonunda kaydedilmiştir. Tüm istasyonlar için 2019 ve 2020 yıllarına ait ortalamalar Tablo 6.5.'te verilmiştir.



Şekil 6.9 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı NO₂ Aylık Dağılım Grafiği (2019)



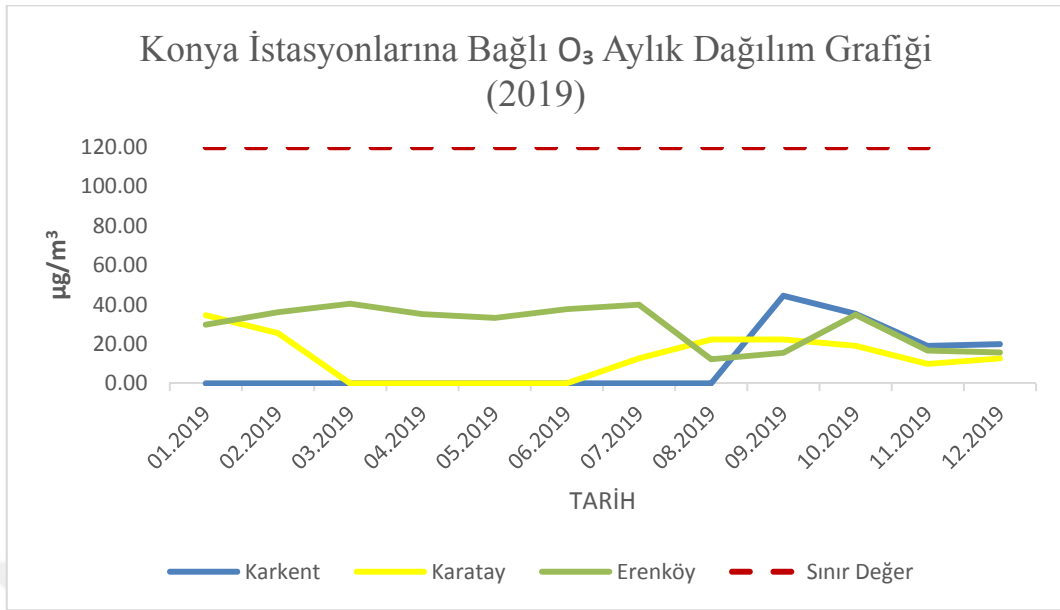
Şekil 6.10 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı NO₂ Aylık Dağılım Grafiği (2020)

Tablo 6.5 NO₂ için istasyon bazında yıllık ortalamalar

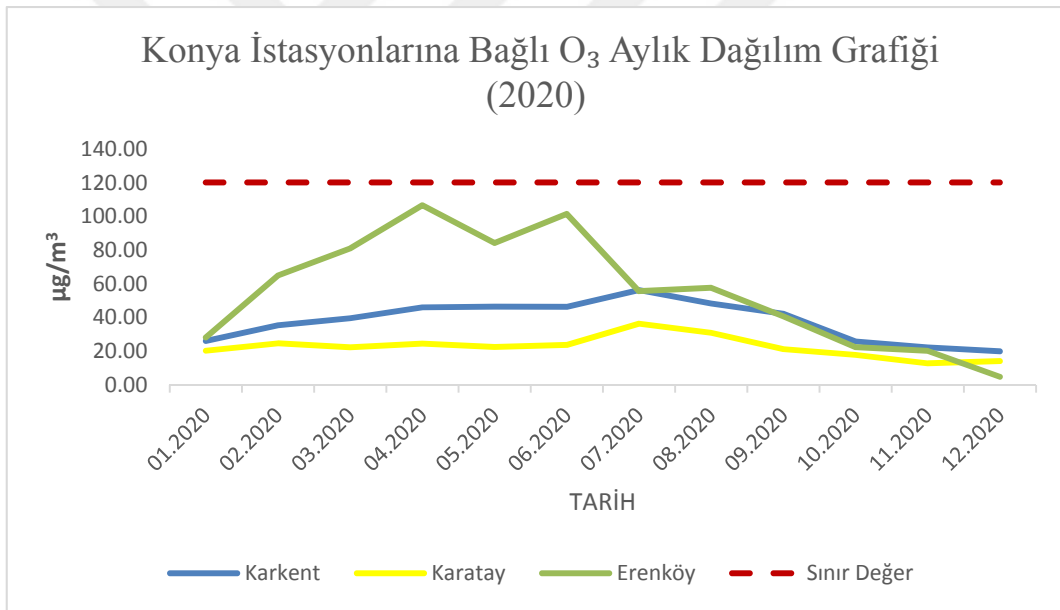
YILLAR	NO ₂ µg/m ³				
	KARKENT	KARATAY	ERENKOY	MERAM	SELÇUKLU
2019	27.13	34.54	44.82	58.18	51.87
2020	45.81	25.07	39.73	42.90	49.64

6.2.1.5 O₃ Kirleticisine Ait Grafik ve Tablolar

Şekil 6.11. ve 6.12.'de 2019 ve 2020 yıllarına ait O₃ hava kirleticisine ait 1 yıl boyunca alınan 8 saatlik ortalamaların aylık olarak gösterimi yapılmıştır. O₃ kirleticisi yalnızca Karkent, Karatay ve Erenköy istasyonlarında kaydedilmektedir. Diğer istasyonlarda bu kirleticie ait herhangi bir ölçüm yapılmamaktadır. 2019 yılı içerisinde Karkent istasyonundan 8 ay, Karatay istasyonu üzerinden 4 ay boyunca veri alınamamıştır. 2020 yılı için ise veri alınamaması söz konusu olmamıştır. Tablo 3.2'de verilen sınır değer O₃ için 120 µg/m³ olup kırmızı kesikli çizgi ile gösterilmiştir. Tablo üzerinde 2019 yılında istasyonlardan alınan veriler sınır değere daha yakın 2020 yılında uzak olduğu görülmektedir. Fakat iki yılda da sınır değeri aşma söz konusu değildir. Bu istasyonlardan elde edilen bilgiler ışığında 2019 yılı için Minimum değer 9,94 µg/m³ ile Kasım ayında Karatay istasyonunda, maksimum değer ise 44,55 µg/m³ ile Ekim ayında Karkent istasyonunda kaydedilmiştir. 2020 yılı için ise minimum değer 4.84 µg/m³ ile Aralık ayında Erenköy istasyonunda, maksimum değer 106,52 µg/m³ ile Nisan ayında Erenköy istasyonunda kaydedilmiştir. Tüm istasyonlar için 2019 ve 2020 yıllarına ait ortalamalar Tablo 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.11 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı O₃ Aylık Dağılım Grafiği (2019)



Şekil 6.12 Konya İli Merkez ilçelerinde Bulunan İstasyonlara bağlı O₃ Aylık Dağılım Grafiği (2020)

Tablo 6.6 O₃ için istasyon bazında yıllık ortalamalar

AYLAR	O ₃ µg/m ³		
	Karkent	Karatay	Erenköy
2019	33.00	20.94	30.21
2020	36.52	21.87	52.56

yöntemler, veri güncellemesi ve internet uygulamaları gibi çok fonksiyonlu ve kullanım kolaylığı sağlayan güncel bir yazılımdır(Karabaş, 2012).

Hava kirliliği haritalarının oluşturulmasında kullanılan veriler Excel üzerinde toplanmış ve ArcGIS ortamına aktarılmıştır. Bu değerler yardımıyla ArcGIS yazılımı içerisinde yer alan farklı teknikler kullanılarak hava kirliliği haritaları oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır.

6.5.Kirlilik Haritalarının Oluşturulmasında Kullanılacak Enterpolasyon Yöntemleri

Mekânsal Veri Analizi başlığında detaylandırılan Enterpolasyon yöntemleri bu başlık altında uygulama aşamalarıyla birlikte tekrar edilecek ve sonuç ürünler ArcGIS yazılımı ile görselleştirilecektir.

6.5.1. IDW Enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan hava kirliliği haritaları

Yaygın olarak kullanılan bu yöntemde, enterpolasyon noktaları ile dayanak noktaları arası mesafeler ağırlık hesabında kullanılır. Bilinmeyen noktaların tahminini burada gerçekleştirilir.

Bu işlem için öncelikle T.C. Milli Savunma Genel Müdürlüğü web sitesinden indirilen Türkiye Mülki İdare Sınırları dosyası ArcGIS ortamında açılır. Çalışma bölgesi dışında kalan bölgeler temizlenerek yalnızca Meram, Selçuklu ve Karatay ilçelerinin mücavir alan sınırları çalışma alanı olarak belirlenir. Şekil 6.14'de kullanılacak olan ilçe sınırları gösterilmiştir.



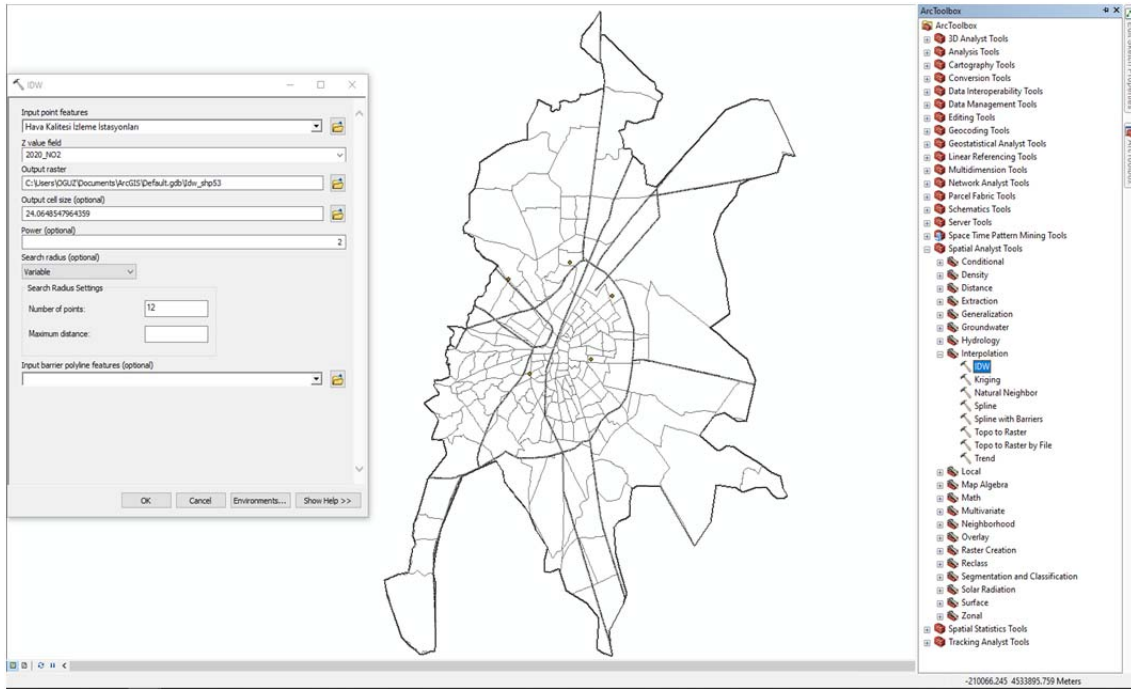
Şekil 6.14 Konya İli Çalışma Bölgesi İlçe Sınırları

Hava Kirliliği Verilerinin Elde Edilmesi bölümünde yer alan istasyon bilgilerinde mevcut koordinatlar harita üzerine işlenerek yine aynı bölümde yer alan SO₂, PM₁₀, CO, NO₂ ve O₃ değerleri Open Attribute Table sekmesi üzerinden manuel olarak altlık üzerine girilmiştir. Şekil 6.15’de kullanılacak olan verilerin uygulama üzerindeki gösterimi mevcuttur.

FID	Shape *	Il_Adi	Ilce_Adi	2019_PM10	2020_PM10	2019_SO2	2020_SO2	2019_CO	2020_CO	2019_NO2	2020_NO2
0	Point	Konya	Karkent	47.51	56.52	8.11	4.54	735.09	610.22	27.13	45.81
1	Point	Konya	Erenköy_Bld	0	53.42	3.81	5.34	528.21	519.1	44.82	39.73
2	Point	Konya	Selçuklu_Bld	47.77	37.05	7.44	17.68	672.13	825.64	51.87	49.64
3	Point	Konya	Karatay	46.18	39.42	9.24	11.29	784.38	695.81	34.54	25.07
4	Point	Konya	Meram	41.24	31.97	14.8	11.54	1342.44	916.41	58.18	42.9

Şekil 6.15 Manuel Veri Girişi Menüsü

ArcToolbox sekmesinde bulunan IDW Enterpolasyonu menüsüne girilir. Bu menü üzerinden manuel olarak veri girişi sağlanan istasyonların .shp uzantılı dosyası seçilir. Şekil 6.16'da IDW Enterpolasyon menüsü gösterilmiştir.



Şekil 6.16 İDW Enterpolasyon Menüsü

IDW enterpolasyonu uygulandıktan sonra Layer Properties – Symbology sekmesinden renklendirme, değer aralıkları, sınıf sayısı gibi ayarlamalar yapılır.

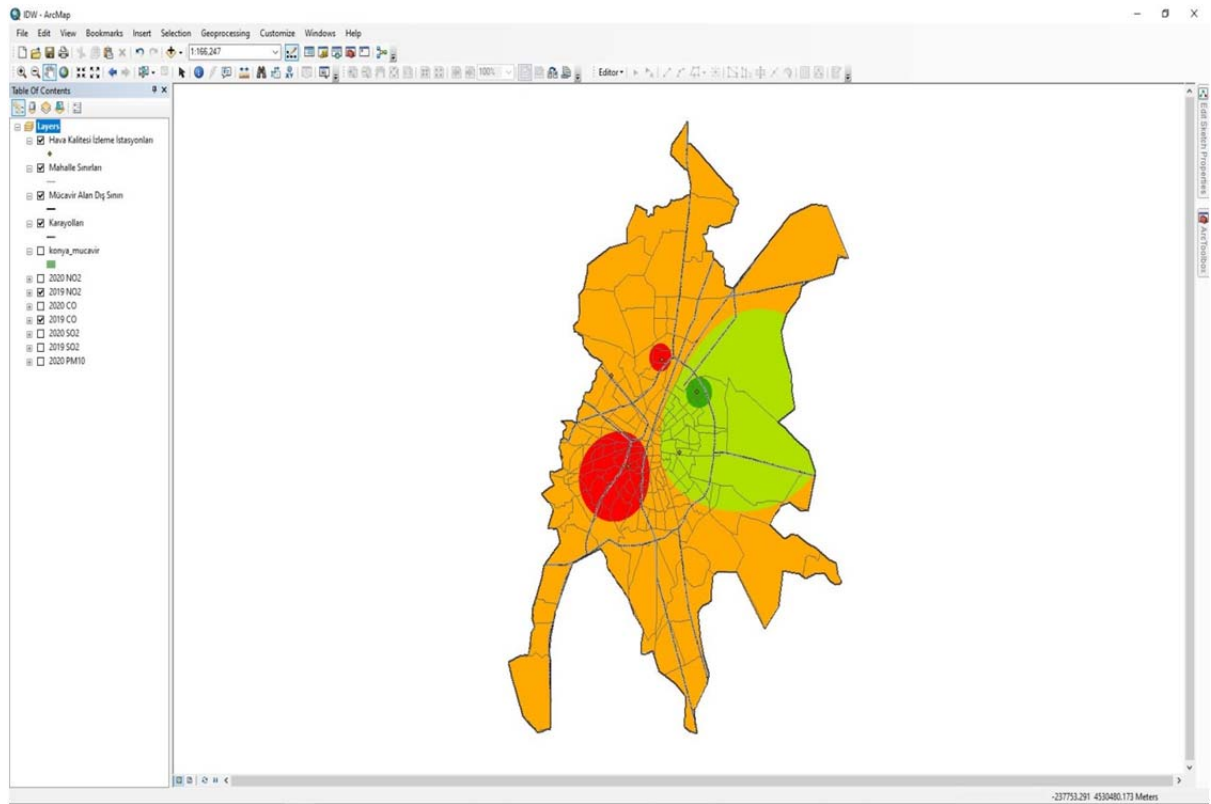
Renk seçimi değer olarak en düşük yerde yeşil en yüksek yerde kırmızı olacak şekilde belirlenmiştir. Toplamda PM10 için 5 sınıf, SO₂ için 4 sınıf, CO için 4 sınıf, NO₂ için 4 sınıf, O₃ için 4 sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar seçilen zaman dilimindeki en yüksek ve en düşük değerlere göre belirlenmiştir. Tablo 6.7'de atanan değer aralıkları gösterilmiştir.

Tablo 6.7 Enterpolasyon yapılacak kirlilik verilerinin sınıfları ve değer aralıkları

DEĞER ARALIKLARI (µg/m ³)	PM10	30.01 - 35	35.01 40	40.01 - 45	45.01 - 50	50.01 - 55
	SO ₂	3.85 - 8	8.01 12	12.01 - 16	16.01 - 20	
	CO	530 - 750	751 1000	1001 - 1250	1250 - 1500	
	NO ₂	25 - 30	30.01 40	40.01 - 50	50.01 - 60	
	O ₃	21.88 - 30	30.01 40	40.01 - 45	45.01 - 50	

IDW Enterpolasyon yöntemi ile oluşturulmuş görüntüler üzerine başlık, lejant ve kuzey oku eklenerek haritalar oluşturulmuş, okunabilir hale getirilmiştir. Şekil 6.17'de

Şekil 6.17’de IDW yöntemi ile oluşturulmuş CO kirleticisinin 2019 yılına ait örnek bir harita gösterilmektedir.



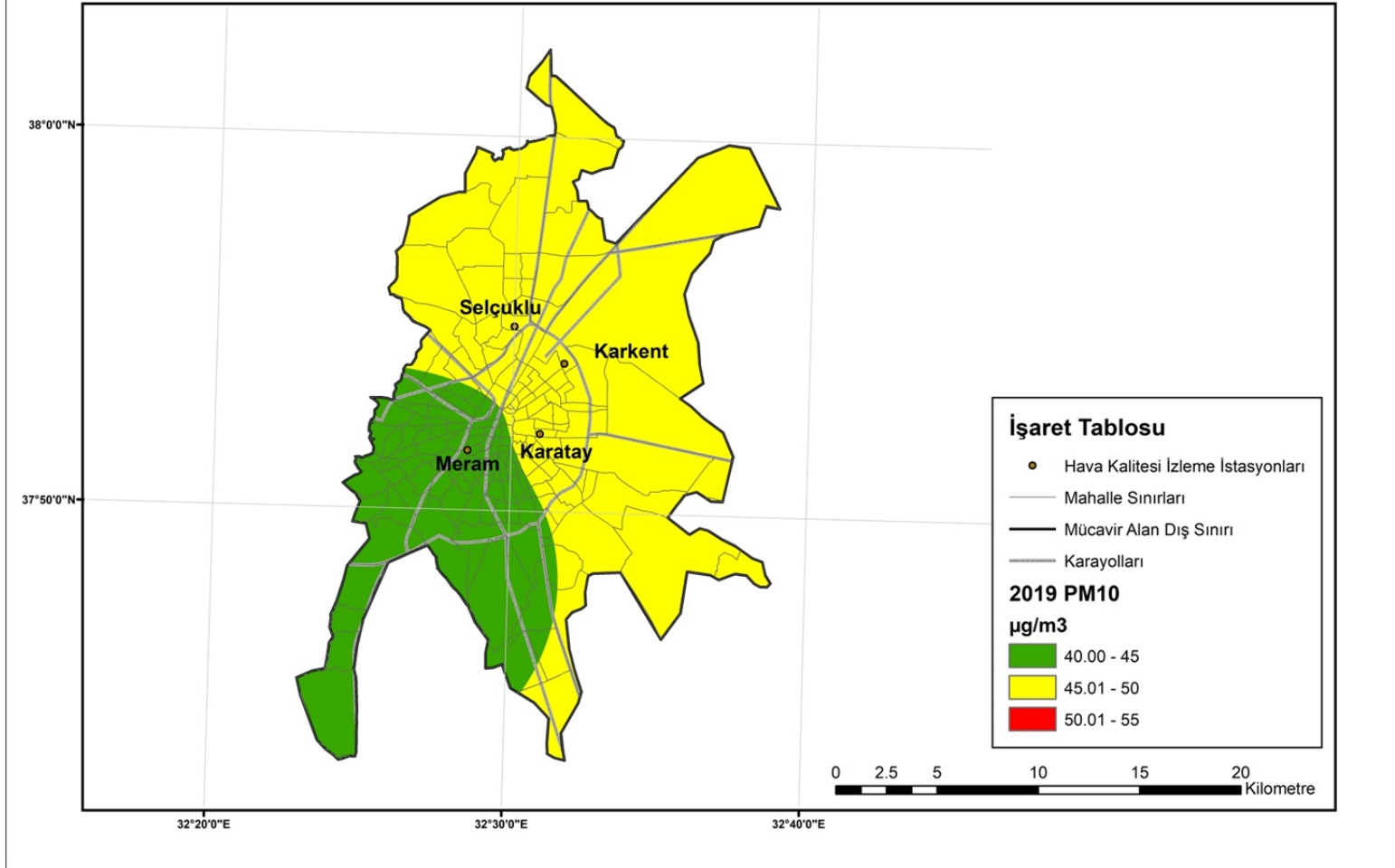
Şekil 6.17 İDW Enterpolasyon Haritalaması Ekran Görüntüsü

6.5.2. IDW Enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan hava kirliliği haritalarının yorumlanması

IDW- Inverse Distance Weighted (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi), bütün üzerinde yer alan parça ya da kümelerden elde edilen verilerinden bilinenden bilinmeyeni tahmin ederek harita üretmede kullanılan bir tekniktir. IDW yöntemi yüzeyde bulunan ve değeri bilinen noktadan uzaktaki noktanın ağırlıklı olarak enterpole edilmesi esastır. Bu teknik veri değerinin elde edildiği noktayı başlangıç kabul ederek bu noktadan uzaklaştıkça ağırlığın azaldığı görsel bir yüzey sunar (İlker ve ark., 2019).

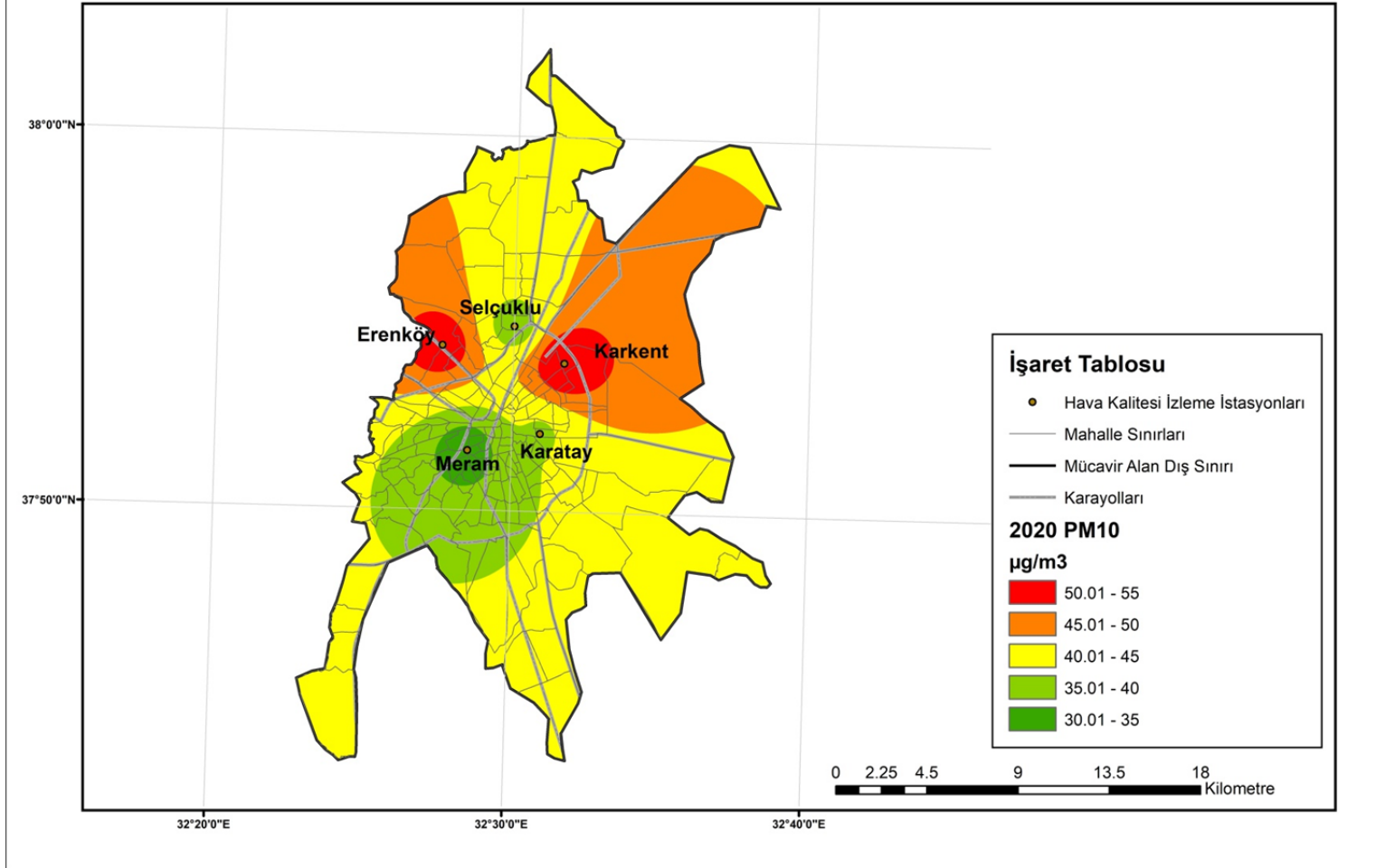
Bu bölümde IDW enterpolasyon yöntemi ile oluşturulan Konya ili mücadir alan sınırlarının 2019 ve 2020 yıllarındaki elde edilen verilerinden hava kirliliği haritalarının karşılaştırılması yapılmıştır.

2019 YILI KONYA İLİ MÜCAVİR ALANLARA AİT PM₁₀ KİRLİLİK HARİTASI



Şekil 6.18. 2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait PM₁₀ kirlilik haritası

2020 YILI KONYA İLİ MÜCAVİR ALANLARA AİT PM10 KİRLİLİK HARİTASI



Şekil 6.19. 2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait PM₁₀ kirlilik haritası

Bu haritalar Konya ilinin mücavir alanları olan Karatay, Selçuklu ve Meram'ı kapsamaktadır. IDW enterpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan bu haritalarda 2019 yılında 4 istasyon, 2020 yılında 5 istasyondan yararlanılmıştır. 2019 yılı içerisinde Erenköy istasyonundan herhangi bir veri alınamamıştır. Bu yüzden enterpolasyon haritaları oluşturulurken bu istasyon devre dışı bırakılmıştır. Harita üzerinde enterpolasyon yapıldıktan sonra oluşan değer aralıkları;

- 50.01 - 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kırmızı
- 45.01 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Turuncu
- 40.01 - 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Sarı
- 35.01 - 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Açık Yeşil
- 30.01 - 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Yeşil

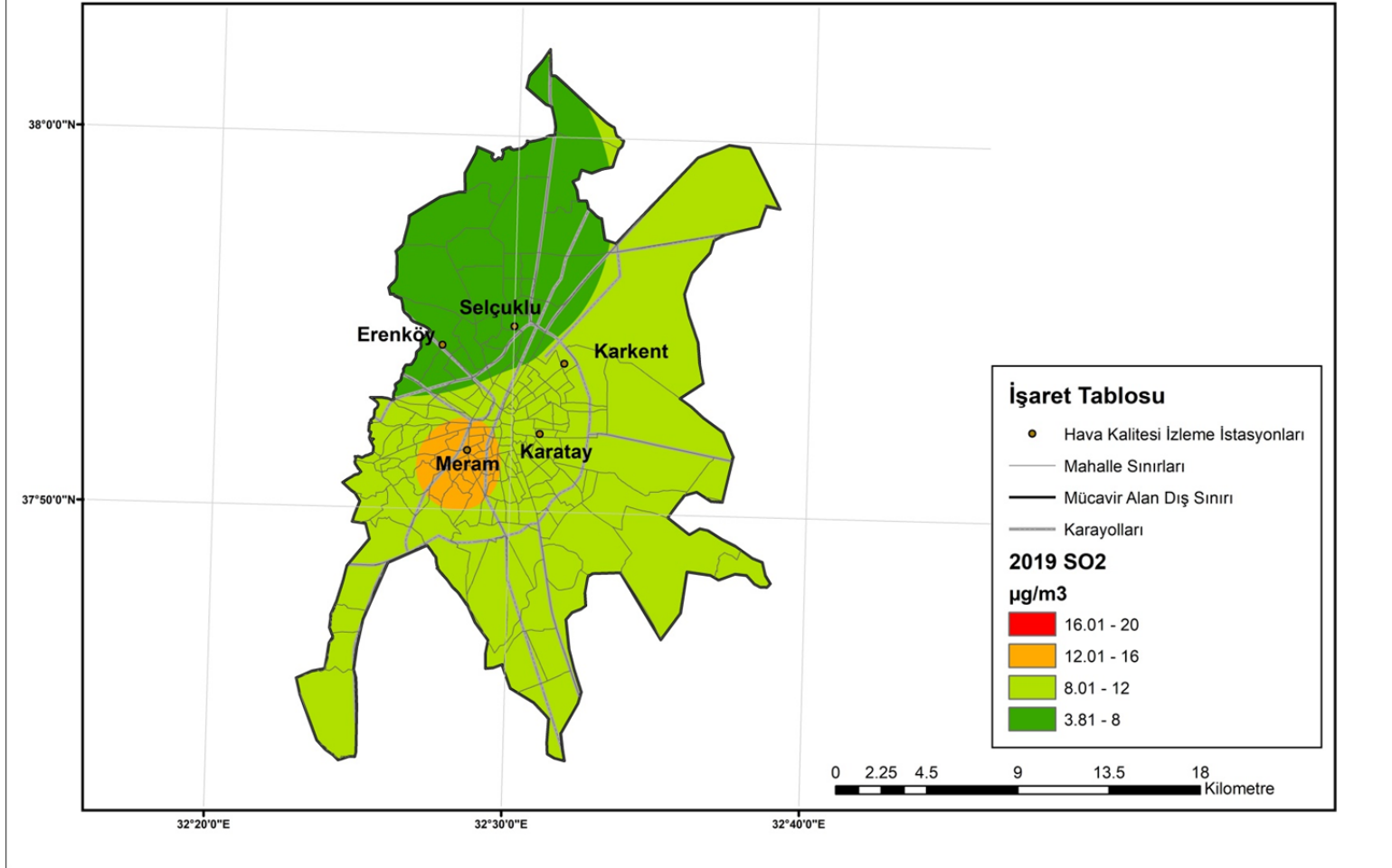
olacak şekilde renklendirilmiştir. En yüksek değerlerin 2020 yılında Erenköy ve Karkent istasyonlarının çevrelerinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.1 'de verilen Hava Kalitesi İndeksi ve Konsantrasyon Seviyelerine göre 24 saatlik PM10 ölçümleri;

- 0-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iyi
- 51-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ orta
- 101-260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hassas
- 261-400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sağlıksız
- 401-520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kötü
- >521 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tehlikeli

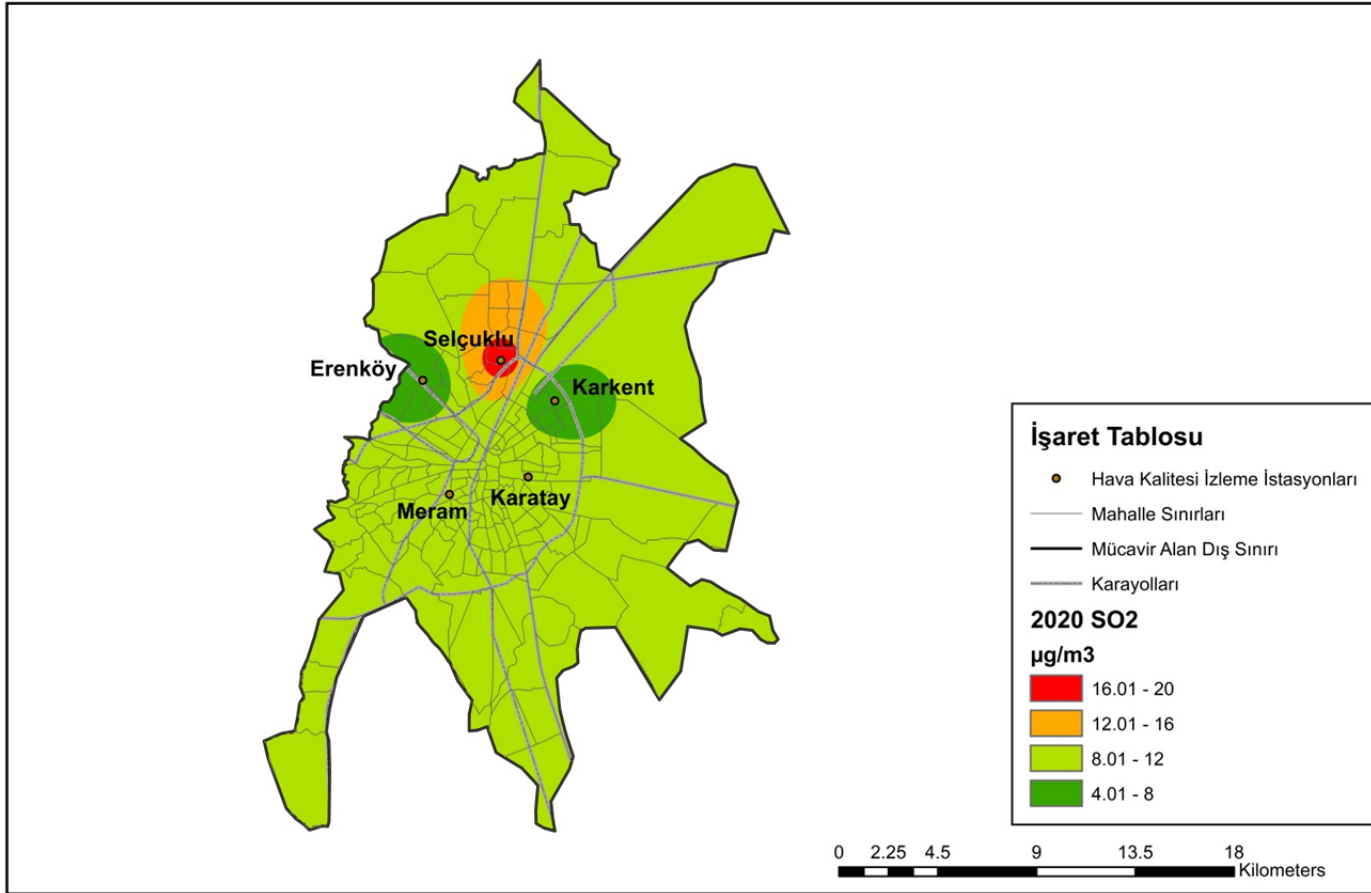
olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bu haritada oluşan değerler incelendiğinde 2019 ve 2020 yılları için alınan aylık ortalamaların genellikle iyi kategorisinde olduğu, zaman zaman orta kategoriye geçişin bulunduğu ve çok nadiren hassas kategorisine geçtiği görülmektedir.

2019 YILI KONYA İLİ MÜCAVİR ALANLARA AİT SO₂ KİRLİLİK HARİTASI



Şekil 6.20. 2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait SO₂ kirlilik haritası

2020 YILI KONYA İLİ MÜCAVİR ALANLARA AİT SO₂ KİRLİLİK HARİTASI



Şekil 6.21. 2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait SO₂ kirlilik haritası

Bu haritalar Konya ilinin mücavir alanları olan Karatay, Selçuklu ve Meram'ı kapsamaktadır. Bu 3 ilçede bulunan 5 istasyondan alınan veriler ışığında IDW enterpolasyonu yapılarak üretilmiştir. Harita üzerinde enterpolasyon yapıldıktan sonra oluşan renkler;

- 16.01 - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kırmızı
- 12.01 - 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Turuncu
- 8.01 - 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Açık Yeşil
- 4.54 - 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Yeşil

olacak şekilde renklendirilmiştir.

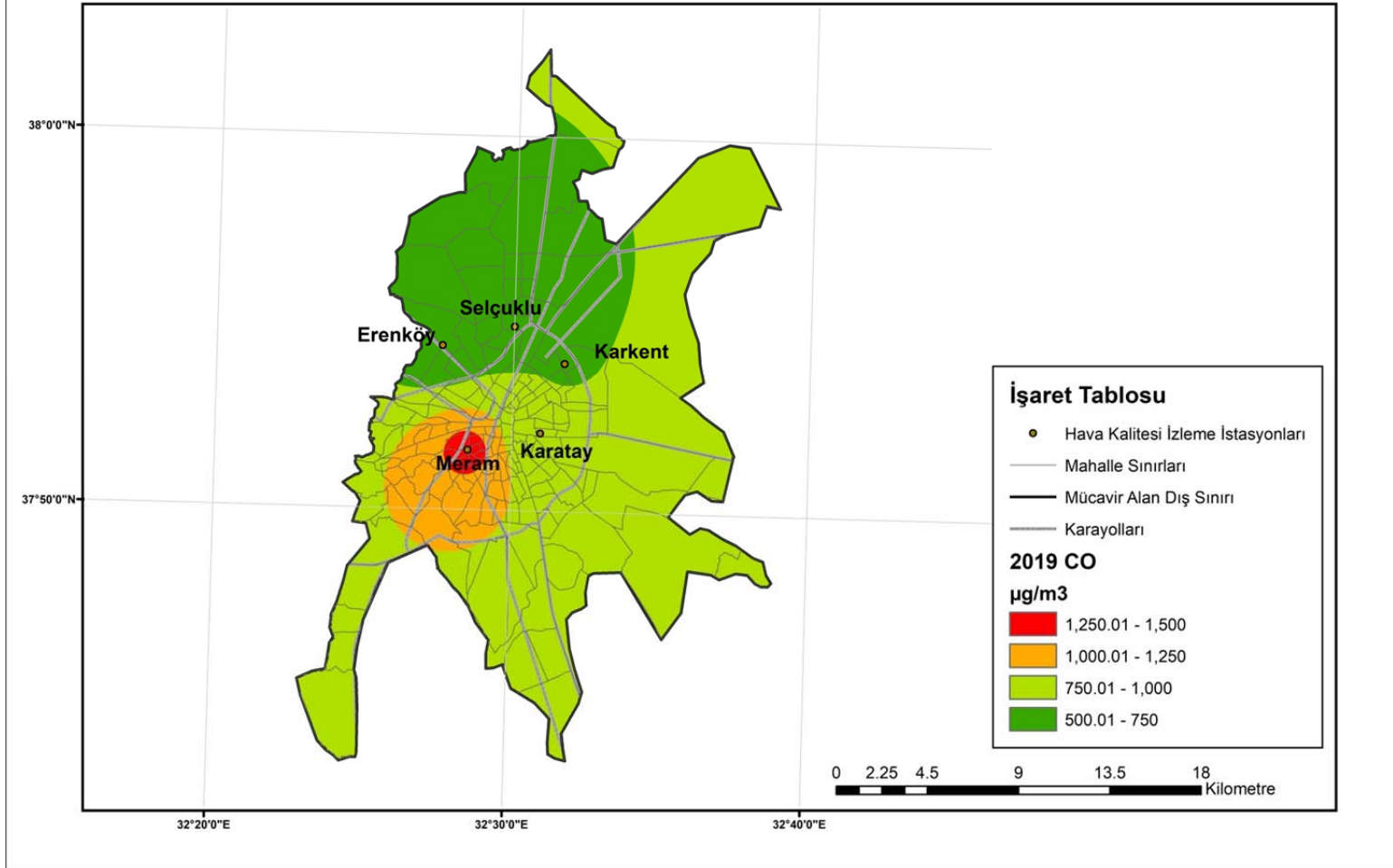
Tablo 4.1 'de verilen Hava Kalitesi İndeksi ve Konsantrasyon Seviyelerine göre 1 saatlik SO_2 ölçümleri;

- 0-100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iyi
- 101-250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ orta
- 251-500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hassas
- 501-850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sağlıksız
- 851-1100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kötü
- >1100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tehlikeli

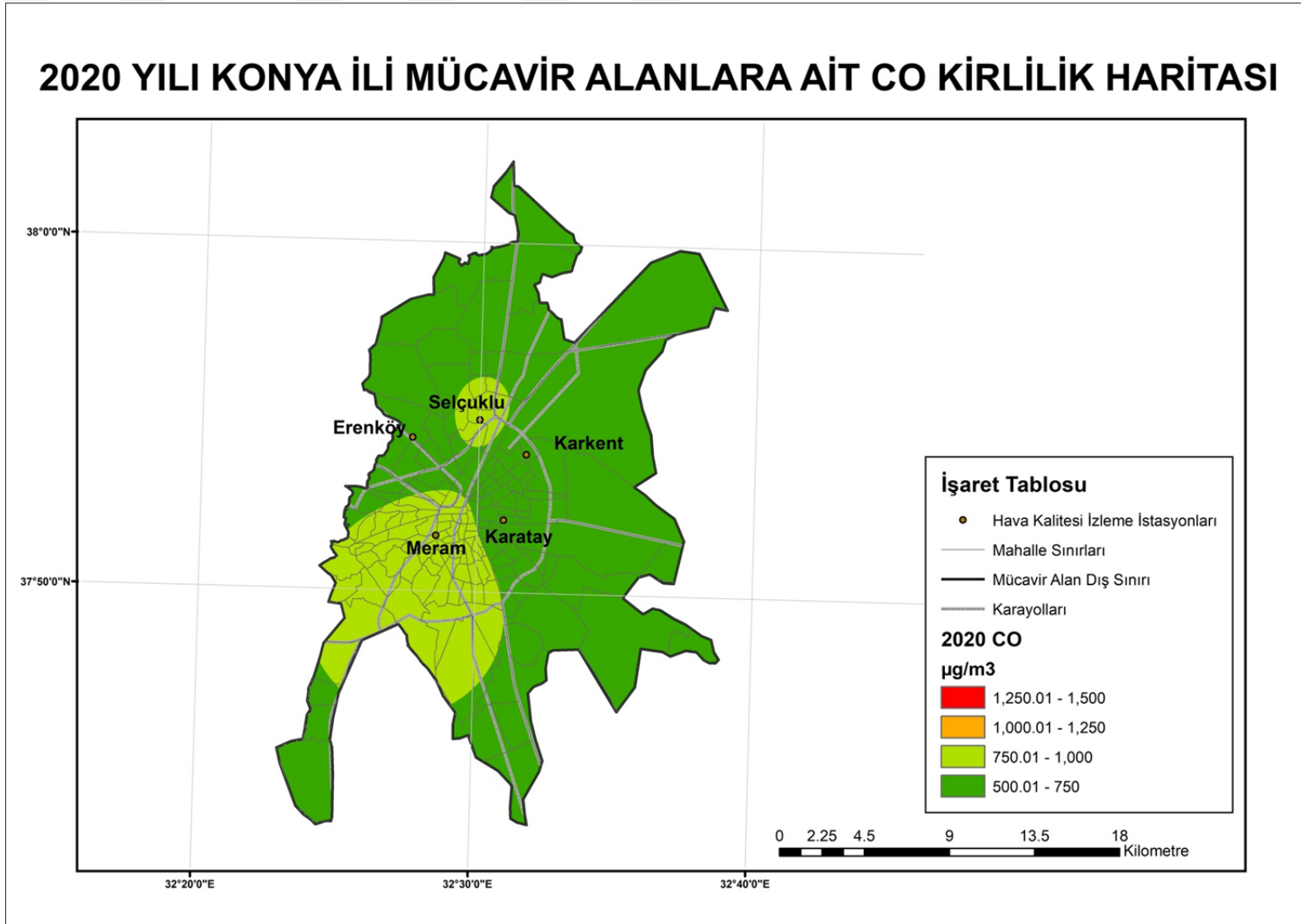
olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bu haritada oluşan değerler incelendiğinde 2019 ve 2020 yılları için alınan ortalamaların hepsi iyi kategorisinde bulunmaktadır.

Maksimum ve minimum değerler üzerinden bir değerlendirme yapıldığında ise en kirli yerin Meram, En temiz yerin ise Selçuklu ilçeleri olduğu gözlemlenmiştir.

2019 YILI KONYA İLİ MÜCAVİR ALANLARA AİT CO KİRLİLİK HARİTASI



Şekil 6.22. 2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait CO kirlilik haritası



Şekil 6.23. 2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait CO kirlilik haritası

Bu haritalar Konya ilinin mücavir alanları olan Karatay, Selçuklu ve Meram'ı kapsamaktadır. Bu 3 ilçede bulunan 5 istasyondan alınan veriler ışığında IDW enterpolasyonu yapılarak üretilmiştir. Harita üzerinde enterpolasyon yapıldıktan sonra oluşan renkler;

- 16.01 - 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Kırmızı
- 12.01 - 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Turuncu
- 8.01 - 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Açık Yeşil
- 4.54 - 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Yeşil

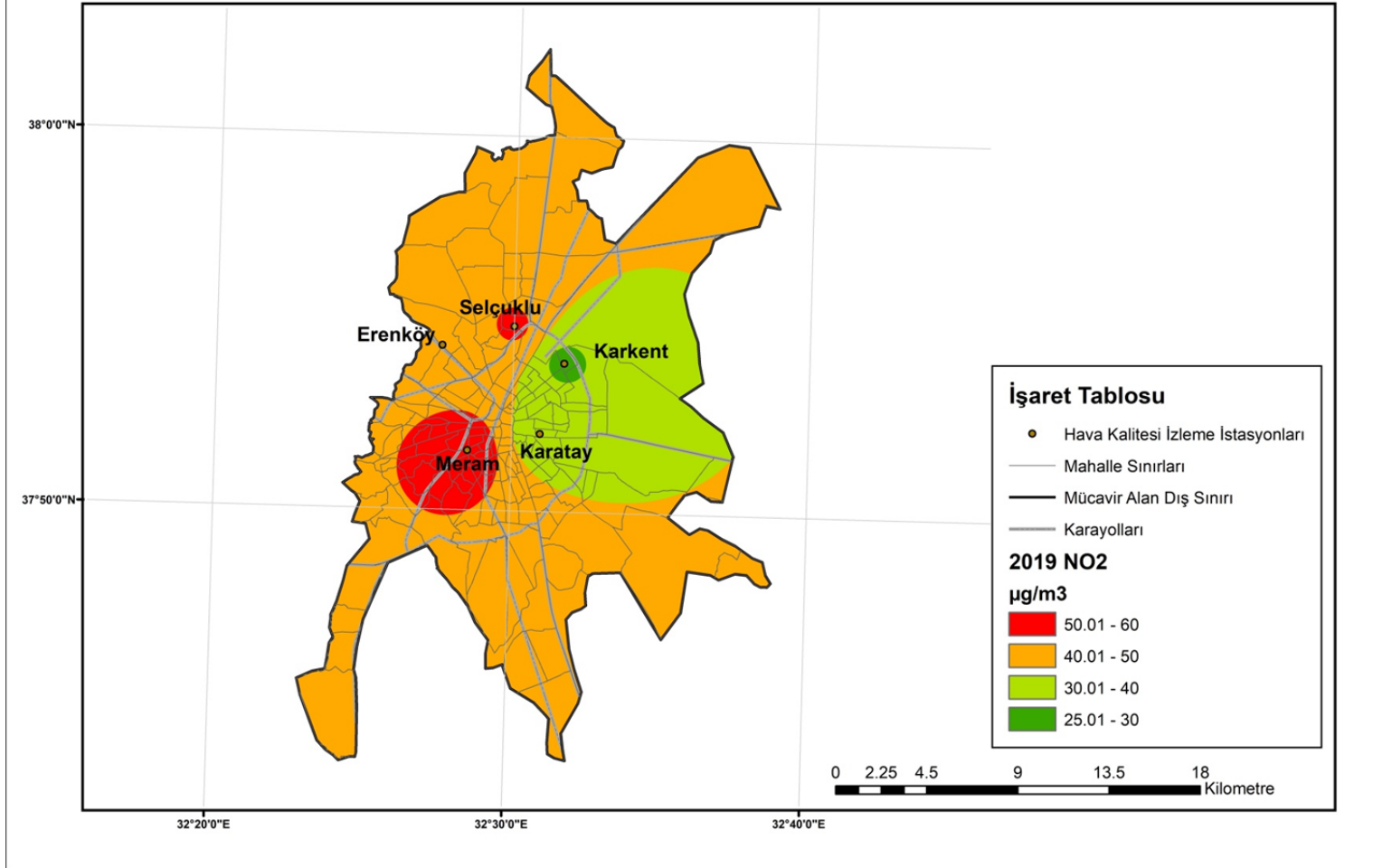
olacak şekilde renklendirilmiştir.

Tablo 4.1 'de verilen Hava Kalitesi İndeksi ve Konsantrasyon Seviyelerine göre 8 saatlik CO ölçümleri;

- 0-5500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ iyi
- 5501-10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ orta
- 10001-16000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hassas
- 16001-24000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sağlıksız
- 24001-32000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kötü
- >32001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ tehlikeli

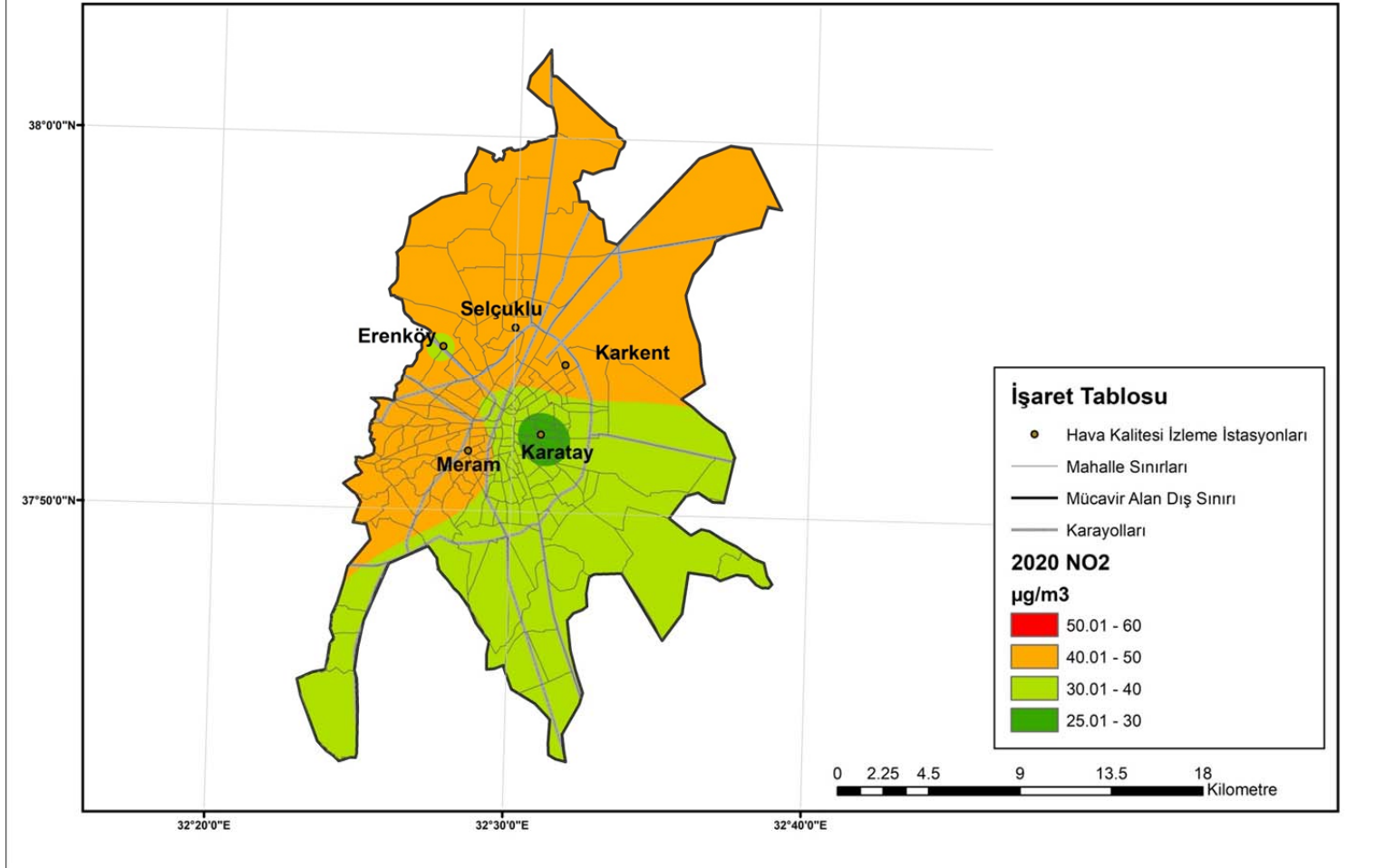
olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bu haritada oluşan değerler incelendiğinde 2019 ve 2020 yılları için alınan ortalamaların hepsi iyi kategorisinde bulunmaktadır.

2019 YILI KONYA İLİ MÜCAVİR ALANLARA AİT NO₂ KİRLİLİK HARİTASI



Şekil 6.24. 2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait NO₂ kirlilik haritası

2020 YILI KONYA İLİ MÜCAVİR ALANLARA AİT NO₂ KİRLİLİK HARİTASI



Şekil 6.25 2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait NO₂ kirlilik haritası

Bu haritalar Konya ilinin mücavir alanları olan Karatay, Selçuklu ve Meram'ı kapsamaktadır. Bu 3 ilçede bulunan 5 istasyondan alınan NO₂ verileri ışığında IDW enterpolasyonu yapılarak üretilmiştir. Harita üzerinde enterpolasyon yapıldıktan sonra oluşan renkler;

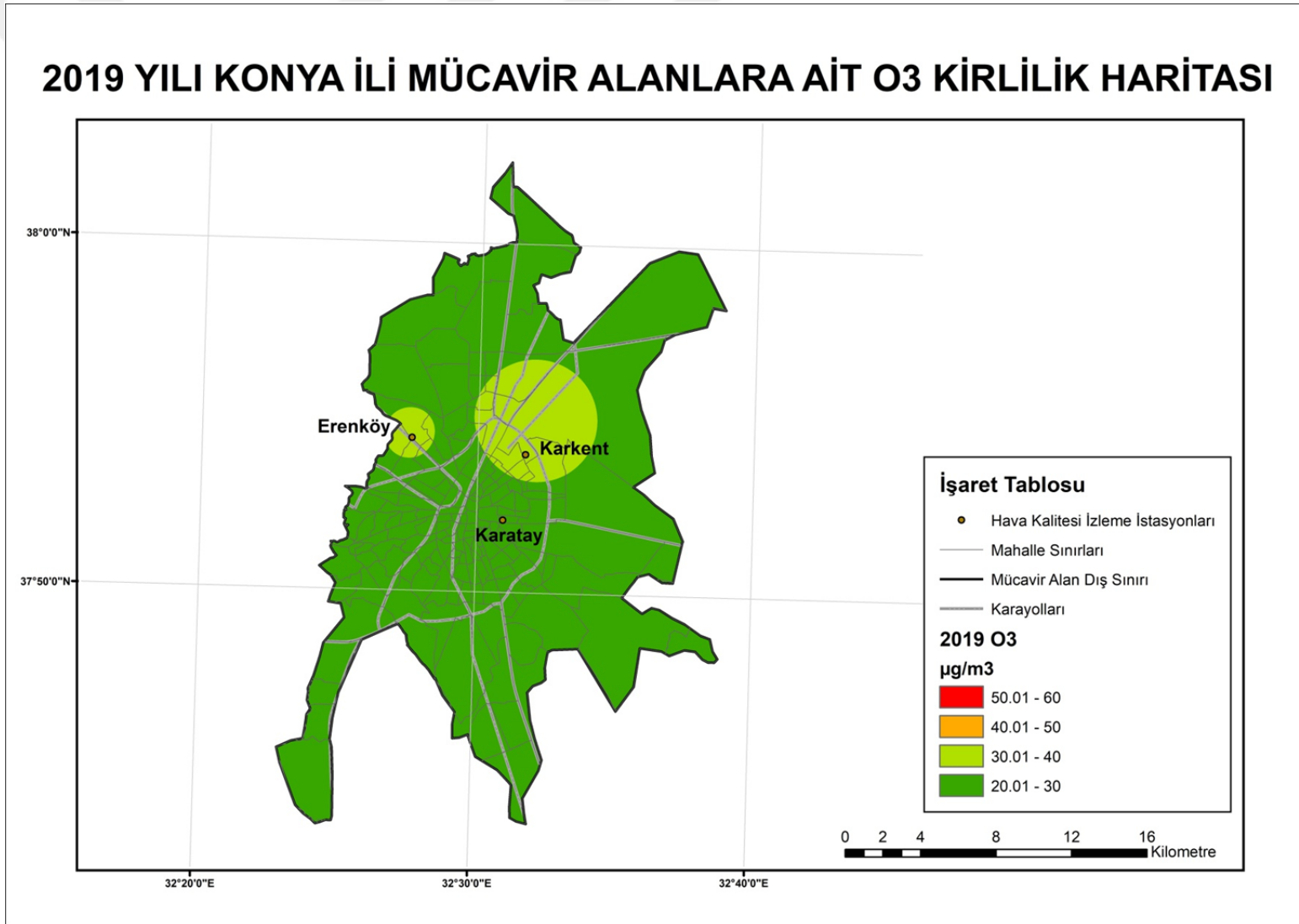
- 50.01-60 µg/m³ Kırmızı
- 40.01-50 µg/m³ Turuncu
- 30.01-40 µg/m³ Açık Yeşil
- 25.0-30 µg/m³ Yeşil

olacak şekilde renklendirilmiştir.

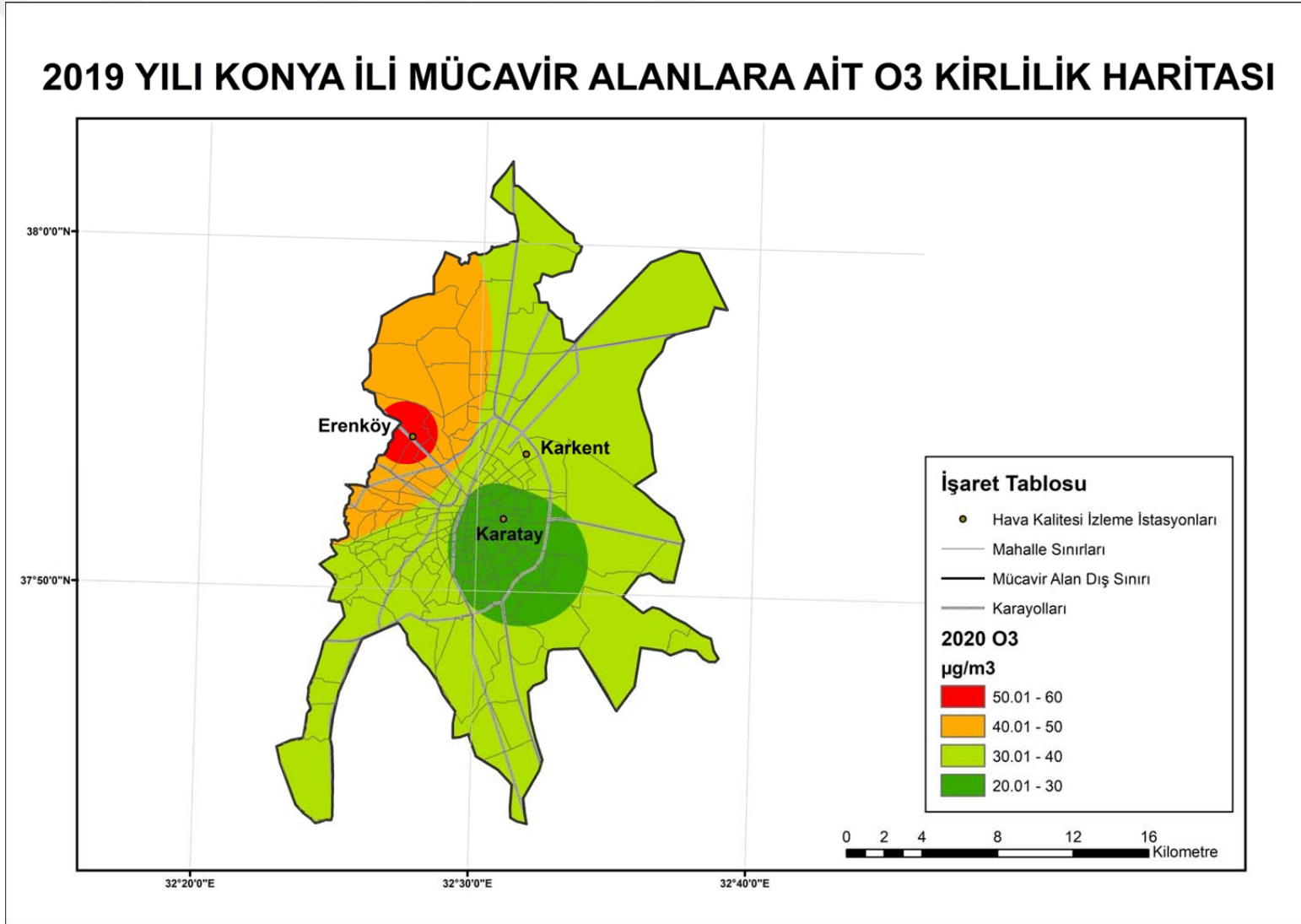
Tablo 4.1 'de verilen Hava Kalitesi İndeksi ve Konsantrasyon Seviyelerine göre 1 saatlik NO₂ ölçümleri;

- 0-100 µg/m³ iyi
- 101-200 µg/m³ orta
- 201-500 µg/m³ hassas
- 501-1000 µg/m³ sağlıksız
- 1001-2000 µg/m³ kötü
- >2001 µg/m³ tehlikeli

olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bu haritada oluşan değerler incelendiğinde 2019 ve 2020 yılları için alınan ortalamaların hepsi iyi kategorisinde bulunmaktadır.



Şekil 6.26 2019 yılı Konya ili mücavir alanlara ait O₃ kirlilik haritası



Şekil 6.27 2020 yılı Konya ili mücavir alanlara ait O₃ kirlilik haritası

Bu haritalar Konya ilinin mücavir alanları olan Selçuklu ve Karatay'ı kapsamaktadır. Diğer kirleticilerin aksine O₃ verisi yalnızca bu 3 istasyondan sağlanmaktadır. Bu 2 ilçede bulunan 3 istasyondan alınan O₃ verileri ışığında IDW enterpolasyonu yapılarak üretilmiştir. Harita üzerinde enterpolasyon yapıldıktan sonra oluşan renkler;

- 50.01-60 µg/m³ Kırmızı
- 40.01-50 µg/m³ Turuncu
- 30.01-40 µg/m³ Açık Yeşil
- 21.88-30 µg/m³ Yeşil

olacak şekilde renklendirilmiştir.

Tablo 4.1 'de verilen Hava Kalitesi İndeksi ve Konsantrasyon Seviyelerine göre 8 saatlik NO₂ ölçümleri;

- 0-120 µg/m³ iyi
- 121-160 µg/m³ orta
- 181-240 µg/m³ sağlıksız
- 241-700 µg/m³ kötü
- >701 µg/m³ tehlikeli

olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Bu haritada oluşan değerler incelendiğinde 2019 ve 2020 yılları için alınan ortalamaların hepsi iyi kategorisinde bulunmaktadır. Sınır değere de ulaşmamıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Konya İli mücavir alanlarında yapılan bu çalışmada elde edilen veriler grafikler aracılığıyla incelenmiş, elde edilen bilgiler doğrultusunda hava kirliliği haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanarak oluşturulmuştur. Hava kirliliği analizi yapmak için 2019 ve 2020 yıllarında toplanan veriler karşılaştırılmıştır. Bu tarihler arasında inceleme yapılmasının öncelikli sebebi; 2020 yılında tüm dünyayı da etkisi altına alan pandemi sürecinin hava kalitesi üzerinde varsa etkilerinin bilinmesi gerekliliğidir.

1 Saatlik, 8 saatlik ve 24 saatlik olarak kaydedilen hava kirletici verilerinin aylık ortalamaları alınarak yapılan genel değerlendirmeler; Türkiye sınırları içinde yaşanan tam kısıtlama, kısmi kısıtlama ve tam kapanma süreçleri için detaylı olarak incelenmiştir. Bu incelemeler doğrultusunda çalışma alanının, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği sınır değerlerine göre iyi olarak değerlendirilebileceği saptanmıştır. Senenin bazı zamanlarında mevsimsel faktörler, yakıt tüketimi gibi yapay kaynaklı sebeplere bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Ancak Konya'da hızla artan nüfus yoğunluğunun, endüstrinin hızla gelişmesinin ve sanayi ağı içerisinde önemli bir noktada olmasının olumsuz etkileri ilerleyen süreçte gerekli önlemler alınmazsa devam edecektir. Bu sebeple gerekli hava kirliliği filtreleri kullanılmalı ve denetimler arttırılmalıdır.

Hava İzleme İstasyonu verilerinin bazı günlerinde kayıt bulunmayışının sebebi ise o istasyonda bakım ya da arıza olmasından kaynaklanmaktadır. Hava izleme istasyonlarından elde edilemeyen veri istatistikleri ise aşağıda belirtilmiştir:

Karkent İstasyonu (PM10, SO2, CO, NO2, O3)

- 26.03.2019 tarihinde aktif olarak veri almaya başlamış,
- PM10 ve SO2 verisini; 02.04.2019 tarihinden itibaren
- CO verisini; 12.06.2019 tarihinden itibaren
- O3 verisini; 11.09.2019 tarihinden itibaren ve
- NO2 verisini ise 04.10.2019 tarihinden itibaren kayıt altına almıştır.

- 13.01.2020 – 17.08.2020 tarihleri arasında NO2 verisi kaydedilmemiştir. (218 Gün)
Karatay İstasyonu (PM10, SO2, CO, NO2, O3)
 - 13.01.2020 – 17.08.2020 tarihleri arasında O3 verisi kaydedilmemiştir. (149 Gün)
Erenköy Bld. İstasyonu (PM10, SO2, CO, NO2, O3)
 - 01.01.2019 – 30.06.2020 tarihleri arasında yalnızca 1 gün PM10 değeri kaydedilmiştir. Kalan 545 gün veri kaydedilmemiştir.
 - 13.07.2020 – 9.11.2020 tarihleri arasında PM10 verisi kaydedilmemiştir. (120 Gün)
 - 18.07.2019 – 23.12.2019 tarihleri arasında NO2 verisi kaydedilmemiştir. (159 Gün)
 - 08.07.2020 – 18.08.2020 tarihleri arasında NO2 verisi kaydedilmemiştir. (42 Gün)
Meram İstasyonu(PM10, SO2, CO, NO2)
 - 07.01.2019 tarihinde veri almaya başlamış,
 - CO verisini; 12.06.2019 tarihinden itibaren,
 - NO2 verisini; 04.10.2019 tarihinden itibaren kayıt altına almıştır.
 - 12.03.2019 – 02.04.2019 tarihleri arasında PM10 verisi kaydedilmemiştir. (21 Gün)
 - 04.10.2019 – 02.12.2019 tarihleri arasında SO2 verisi kaydedilmemiştir. (60 Gün)
 - 10.03.2020 – 18.08.2020 tarihleri arasında NO2 verisi kaydedilmemiştir. (161 Gün)
 - 10.11.2020 – 04.12.2020 tarihleri arasında NO2 verisi kaydedilmemiştir. (24 Gün)
- Selçuklu Bld. İstasyonu (PM10, SO2, CO, NO2)
- 5.02.2019 - 20.02.2019 tarihleri arasında PM10 verisi kaydedilmemiştir. (16 Gün)
 - 31.03.2019 – 26.10.2019 tarihleri arasında PM10 verisi kaydedilmemiştir. (210 Gün)

- 31.10.2019 – 13.11.2019 tarihleri arasında PM10 verisi kaydedilmemiştir. (14 Gün)
- 30.11.2019 – 12.12.2019 tarihleri arasında PM10 verisi kaydedilmemiştir. (13 Gün)
- 17.08.2019 – 27.08.2019 tarihleri arasında PM10, SO2, CO, NO2 verisi kaydedilmemiştir.(11 Gün)
- 12.04.2019 – 08.07.2019 tarihleri arasında NO2 verisi kaydedilmemiştir. (88 Gün)
- 30.05.2020 – 29.07.2020 tarihleri arasında SO2 verisi kaydedilmemiştir. (61 Gün)
- 31.05.2020 – 10.07.2020 tarihleri arasında CO verisi kaydedilmemiştir. (41 Gün)
- 31.10.2020 – 25.11.2020 tarihleri arasında CO verisi kaydedilmemiştir. (26 Gün)

Belirtilen bu tarihler arasındaki büyük veri kaybının olduğu gözlemlenmiş ve daha doğru analiz yapılabilmesi için verilerin yapılan çalışma ışığında belli tarihler arasında kişisel olarak toplanmasının daha uygun olabileceğini göstermiştir.

7.2.Öneriler

Bu çalışma ışığında değerlendirilen verilerde büyük boşlukların olması sebebiyle verilerin kişisel olarak çalışma yapan kişi tarafından elde edilebileceği görülmüştür. Bu çalışmada olduğu gibi verilerin Hava Kalite izleme istasyonlarından elde edilmesi durumunda; daha güvenilir ve doğruluğu yüksek sonuçlar elde edilebilmesi için bakım sürelerinin kısaltılması ya da arıza durumunda hemen müdahale edilmesi, müdahale edilse dahi çözümün uzun süreceği aralıklarda geçici istasyon temin edilmesi önerilmektedir. Kirliliğin daha titiz biçimde incelenmesi için istasyon sayısı artırılmalıdır. Çalışma bölgesinde hızla gelişen endüstri, yakıt tüketimi ve araç kullanımı gibi faktörler de göz önüne alınarak sınır değer benzer değer aralığında mevcut kalabilmesi için fabrika ve araçlarda filtre kullanımı zorunlu hale getirilmelidir. Şahsi araçların kullanımının azaltılması, toplu taşıta ilginin artması

için çalışmalar yapılmalıdır. Özellikle kış aylarında ısınma amaçlı kullanılan fosil yakıtların kullanımına sınır getirilmeli ya da doğalgaz kullanımına teşvik edilmelidir. Bu konuda uygulanabilecek altyapı çalışmaları hızlandırılmalıdır.

Bu çalışmada hava kalitesi istasyonlarından alınan değerler üzerinden yapılan değerlendirmede 2019 ve 2020 yılları içinde ulusal sınır değeri çok fazla ihlal edilmediği görülmektedir. Fakat yine de hava kirliliği eylem planları düzenli olarak güncellenmeli ve her an hayata geçirilmeye hazır olmalıdır.



KAYNAKLAR

- Akçın, H., Uzun, G. A., Atalay, C., Şekertekin, A., 2015, Endüstriyel Alanlarda Risk Haritalarının Oluşturulması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart 2015, Ankara.
- Akış, B., 2013, İstatistiki Yöntemlerle Değer Belirleme ve Değer Haritası Üretimi-Selçuklu Örneği, *Selçuk Üniversitesi FBE Yüksek Lisans Tezi*, Konya.
- Akyürek, Ö., Arslan, O., Karademir, A., 2013, SO₂ ve PM₁₀ Hava Kirliliği Parametrelerinin CBS İle Konumsal Analizi: Kocaeli Örneği, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, 11-13 Kasım 2013, Ankara.
- Ay, F. E., Balta, M., Çolak, M., Semercioğlu, H., 2010, Hava Kirliliği ve Modellemesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü*.
- Ateş, M., Önder, D. E., 2019, ‘Akıllı Şehir’ Kavramı ve Dönüşen Anlamı Bağlamında Eleştiriler, *Megaron*, 14 (1), 41-50.
- Aydınlar, B., Güven, H., Kırksekiz, E., 2009, Hava Kirliliği Nedir, Ölçüm ve Hava Kalite Modelleme Yöntemleri Nelerdir, *Hava Kirliliği ve Modelleme Dergisi*, 1-19.
- Bildirici, İ.Ö. (2019) Kartografya, Atlas Akademi Kitabevi, Konya
- Buğdaycı, İ., 2012, İlköğretimde Harita Kullanımı Üzerine Bir İnceleme, Doktora Tezi, *Konya Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 195.
- Chaudhary, M. T., 2003, Türkiye’de İskenderun Bölgesindeki Hava Kirliliğinin Modellemesi, Doktora Tezi, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 307.
- Çetin, M., Demirci, K. O., 2016, Erzincan’da Doğal Gaz Kullanımının Hava Kalitesine Etkisi, *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (1), 8-18.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017, Türkiye’de Hava Kirliliğinin İzlenmesi ve Önlenmesine Yönelik Çalışmalar, *Ulusal Hava Kalitesi Yönetimi Çalıştayı Sonuç Bildirgesi ve Raporu*, 8-10 Mayıs 2017, Afyonkarahisar.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018, Hava Kalitesi Haber Bültenleri.
- Çilingir, B. M., 2016, Hava Kirliliği ve Akciğer, *J. Contemp Med.*, 6, 131-137.

- Danacıoğlu, Ő., 2013, Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Model Kavramı, *Coğrafiyacilar Derneği Yıllık Kongresi*, 19-21 Haziran 2013, İstanbul.
- Daylan, E. G., İncecik, S., 2002, İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 1 (2), 51-62.
- Demirarslan, K. O., 2015, Hava Kalitesi ve Değerlendirilmesinde Modelleme Yaklaşımı, VII Atmospheric Science Symposium, 28-30 Nisan 2015, İstanbul, 147-156.
- Demirarslan, K. O., Akıncı, H., 2016, Doğu Karadeniz Bölgesinde Kükürtdioksit (SO₂) Dağılımlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Belirlenmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 2 (2), 81-99.
- Demirarslan, K. O., Akıncı, H., 2018, CBS ve Hava Kalitesi Verileri Kullanılarak Marmara Bölgesinin Kış Sezonunda Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4 (1), 11-27.
- Dursun, Ő. (1997). Samsun İli Civarındaki Topoğrafik Yapının, bölgenin Hava Kirliliğine Etkisi, 20. Yıl Jeoloji Sempozyumu, Selçuk Üniv., *Müh. Mim. Fakültesi*, S, 211-215.
- Elbir, T., Müezzinoğlu, A., Bayram, A., Seyfioğlu, R. ve Demircioğlu, H., 2001, Ege Bölgesi Hava Kirleticisi Emisyon Envanteri, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3, 21-27.
- Elbir, T., 2004, A GIS Based Decision Support System for Estimation, Visualization and Analysis of Air Pollution for Large Turkish Cities, *Atmospheric Environment*, 38, 4509-4517.
- Elbir, T., Bayram, A., Kara, M., Altıok, H., Seyfioğlu, R., Ergün, P., Őimşir, S., 2010, İzmir Kent Merkezinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin İncelenmesi, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 1-17.
- Erbaşlar, T., Taşdemir, Y., 2007, Bursa Atmosferinde Ölçülen Klasik Hava Kirleticilerin Birbirleri İle Olan İlişkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 12 (2), 9-19.
- Erdoğan, E., 2012, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinde Modellerin Kullanımının Karar Verme Sürecindeki Rolü, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 174.
- Ergüt, Z., 2016, Mekânsal Dağılımın Veri Analizine Etkisi, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 178.

- Göçsu, S., 2019, Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yönteminin Jeodezik Açından İncelenmesi ve IDW-Optimal Yazılımının Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas, 123.
- Güler, M., Kara, T., 2007, Alansal Dağılım Özelliği Gösteren İklim Parametrelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Belirlenmesi ve Kullanım Alanları; Genel Bir Bakış, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 22 (3), 322-328.
- Hatay Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2018, Hatay İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu.
- İlker, A., Terzi, Ö., Şener, E., 2019, Yağışın Alansal Dağılımının Haritalandırılmasında Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması: Akdeniz Bölgesi Örneği. *Teknik Dergi*, 30(3), 9213-9219.
- İmal, M., Karapınar, Ç., Doğan, O., 2013, Hava Kalitesine Doğalgazın Etkisi: Kahramanmaraş Örnek Çalışması, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16 (2), 22-28.
- İncekara, S., Karakuyu, M., Karaburun, A., 2009, Ortaöğretim Coğrafya Derslerinde Yaparak Öğrenmeye Bir Örnek: Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Proje Temelli Öğretimde Kullanılması, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 8 (30), 305-322.
- Jensen, S.S., Berkowicz, R., Hansen, H.S. ve Hertel, O., 2001, A Danish Decision-Support GIS Tool for Management of Urban Air Quality and Human Exposures, *Transportation Research Part D.*, 6 (4), 229-241.
- Karabaş, A. S., 2012, Kayseri İli Baz Alınarak Enerji, Gürültü ve Hava Kirliliği Haritalarının Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Oluşturulması ve Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 71.
- Kapluhan, E., 2014, Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin (CBS) Coğrafya Öğretiminde Kullanımının Önemi ve Gerekliliği, *Marmara Coğrafya Dergisi*, 29, 34-59.
- Kılıç, A., 2006, Gemilerden Kaynaklanan Egzoz Yayılımları ve Dağılım Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 142.
- Koç, A., Yılmaz, S., Mutlu, E., 2016, Erzurum Kent Merkezinde Kitle Yeşil Alanların Hava Kalitesine Etkisi, *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 6 (4), 109-112.
- Konya Büyükşehir Belediyesi, 2021, Konya hakkında genel bilgiler, <http://www.konya.com.tr/genel-bilgiler/> [Ziyaret Tarihi:21 Mayıs 2021].
- Kök, F., 2018, Var Olan / Yeni Planlanacak Kentlerde Hava Kirliliğini Önleyecek/ Azaltacak Yöntem İçin Verilerin Toplanması / Değerlendirilmesi, Yüksek

- Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü*, Gaziantep, 115.
- Kudal, S., 2009, Hava Kirliliğinin Çevresel ve Mekânsal Modellenmesi, Analizi ve Tematik Haritalarla Görselleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 97.
- Kunt, F., Dursun, Ş., 2018, Konya Merkezinde Hava Kirliliğine Bazı Meteorolojik Faktörlerin Etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 54-61.
- Li, S., Tarboton, D. G., McKee, M., 2003, GIS-based temperature interpolation for distributed modelling of reference evapotranspiration. *Poster, AGU Hydrology Days*.
- Odabaşı, M., Bayram, A., Elbir, T., Seyfioğlu, R., Dumanoglu, Y., Örnektekin, S., 2008, Hatay-İskenderun Bölgesindeki Demir-Çelik Endüstrilerinden Yayınlanan Hava Kirlenici Emisyonlarının Toprak Kirliliğine Etkisi, *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, 22-25 Ekim 2008, Hatay, 581-594.
- Özcan, N. S., 2016, Kentsel Hava Kirliliğini Etkileyen ve Şehir Planlama İle Kontrol Edilebilen Fiziksel Faktörlerin Mekânsal İstatistik Yöntemleri İle İncelenmesi, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 194.
- Özdemir, F., 2008, Türkiye Genelinde Kükürt Dioksit ve Partiküler Madde Kirlilik Dağılımlarının Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 130.
- Özşahin, E., Eroğlu, İ., Pektezel, H., 2016, Keşan'da (Edirne) Hava Kirliliği, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 36, 83-100.
- Rüstemov, V., 2014, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve 3D Modelleme, *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 16 (II), 146-150.
- Sertel, E., Demirel, H., Kaya, S., 2007, Mekânsal Analiz İçin Jeostatistik Yaklaşım, *TUFUAB IV Sempozyumu*, 5-7 Haziran 2007, İstanbul.
- Şişman, E., 2019, Türkiye'de Seçilen Hava Kalitesi İzleme İstasyonları için Eğilim (Trend) Değerlendirmeleri, *Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5 (1), 134-152.
- T.C. Hatay Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Hatay İli 2017 Yılı Çevre Durum Raporu, 2018.
- Temiz, F., 2017, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Arazi Kullanımı/ Örtüsü Değişiminin İncelenmesi: Denizli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 102.

- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Hava Kirliliği Raporu 2017.
- TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, Hava Kirliliği Raporu 2018.
- Toros, H., Bağış, S., 2017, Hava Kirlilik Modellerinde Kullanılacak Emisyon Envanteri Oluşturulması için Yaklaşımlar ve İstanbul Hava Kirliliği Dağılımı Örneği, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32 (2), 1-12.
- Tosun, E., 2017, Türkiye'nin 2009-2016 Yılları Arasındaki Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 235.
- Tural, S., 2011, Gerçek Zamanlı Meteoroloji Verilerinin Toplanması, Analizi ve Haritalanması, *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 71.
- Selçuk, M., Uçar, D., Uluğtekin, N., Bildirici, İ. Ö., Gökgez, T., Başaraner, M., ... & Doğru, A. Ö. (2006). Sayısal Kartografya ve Mekansal Bilişim.
- Yanalak, M., 2002, Yön Ve Ters Uzaklık Ağırlıklı Ortalama İle Enterpolasyon, *Harita Dergisi*, 127, Ocak, Ankara.
- Yomralioğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, KTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, ISBN: 975-97369-0-X, Seçil Ofset, İstanbul.
- Zeydan, Ö., 2014, Zonguldak Bölgesi PM10 Konsantrasyonu Dağılımının Modellenmesi, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 199.
- Zou, B., Peng, F., Wan, N., Wilson, J. G., Xiong, Y., 2014, Sulfur Dioxide Exposure and Environmental Justice: A Multi-Scale and Source-Specific Perspective, *Atmospheric Pollution Research*, 5, 491-499.
- URL-1 < [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). > [Ziyaret tarihi 24.10.2019].
- URL-2 < <https://www.who.int/airpollution/news-and-events/how-air-pollution-is-destroying-our-health>. > [Ziyaret tarihi 24.10.2019].
- Sağlık ve Çevre Birliği (HEAL - Health and Environment Alliance), HEAL Bilgilendirme Notu, 2018.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020, *Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı*, Sürekli İzleme Merkezi, <https://sim.csb.gov.tr/Home/HKI?baslik=HAVZA%20%C4%B0ZLEME%20%C4%B0STEM%C4%B0> [Ziyaret Tarihi:19 Kasım 2020].