

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
COĞRAFYA BİLİM DALI

**BURSA KENTİ'NİN HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN COĞRAFİ
FAKTÖRLER VE KİRLETİCİLERİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ
DEĞİŞİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

CANSU DUMAN

İstanbul, 2017

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA ANABİLİM DALI
COĞRAFYA BİLİM DALI

**BURSA KENTİ'NİN HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN COĞRAFİ
FAKTÖRLER VE KİRLETİCİLERİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ
DEĞİŞİMİ**

Yüksek Lisans Tezi

CANSU DUMAN

Danışman: PROF. DR. NURİYE GARİPAĞAOĞLU

İstanbul, 2017



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ ONAY BELGESİ

COĞRAFYA Anabilim Dalı COĞRAFYA Bilim Dalı TEZLİ YÜKSEK LİSANS öğrencisi CANSU DUMAN'ın BURSA KENTİNİN HAVA KALİTESİNİ ETKİLEYEN COĞRAFİ FAKTÖRLER VE KİRLETİCİLERİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 08.06.2017 tarih ve 2017-13/14 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi 02 / 02 / 2017

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

1.	Tez Danışmanı	Prof. Dr. NURİYE GARİPAĞAOĞLU	
2.	Jüri Üyesi	Prof. Dr. NURTEN GÜNAL	
3.	Jüri Üyesi	Doç. Dr. MESUT DOĞAN	

GENEL BİLGİLER

İsim ve Soyadı : Cansu (ALAN) DUMAN

Anabilim Dalı : Coğrafya

Programı : Coğrafya

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nuriye Garipağaoğlu

Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Temmuz 2017

Anahtar Kelimeler : Hava Kirliliği, Hava Kalitesi, Bursa Kenti, Hava Kirleticileri, Mekansal Analiz

ÖZET

Hava kirliliği geçmişten günümüze önemi giderek artan bir sorundur. Global açıdan çeşitli yönleriyle incelenen bu sorun, Türkiye’de de son yıllarda nedenleri ve sonuçları ile birlikte araştırılmaktadır. Bu çalışmada hava kirliliğini doğuran ve hava kirliliğini etkileyen faktörler olarak iki ana başlıkta incelenmiştir. Hava kirliliğini doğuran faktörler olarak; nüfus ve şehirleşmenin artmasıyla önemi daha da artan ısınmada kullanılan yakıtların neden olduğu emisyonlar, aynı zamanda endüstriyel tesislerde kullanılan yakıtlardan ve endüstriyel prosesler sırasında ortaya çıkan emisyonlar, son olarak da çizgisel kirlilik de denilen motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan emisyonlar ele alınmaktadır. Hava kirliliğini etkileyen etmenlerde ise fiziki coğrafya faktörlerine değinilmiştir. Hava atmosfer içerisinde dinamiktir ve iklim, yer şekilleri, bitki örtüsü gibi nedenler var olan kirliliğinin etkisini arttırmakta ve azaltmaktadır. Bu nedenden dolayı bir bölgenin hava kalitesini incelerken fiziki coğrafya etmenleri de önem arz etmektedir.

Çalışmada Bursa Kenti hava kirliliğini doğuran faktörler irdelenmiştir. Daha sonra hava kirliliğini etkileyen fiziki coğrafya etmenlerine değinilmiştir. Bursa Kenti iklimi, yer şekilleri ve bitki örtüsü incelenerek hava kalitesiyle arasında bağlantı anlatılmıştır. Çalışmanın devamında Bursa Kenti hava kalitesi 1990-2016 yılları arasında partiküler madde ve kükürt dioksit emisyonları baz alınarak incelenmiştir. Bu yıllarda ölçülen kirleticilerin aylık ortalaması ay içerisinde ulaştığı maksimum değerler ve yanma dönemlerindeki konsantrasyon oranları incelenmiştir. Bulguların ikinci kısmında Bursa Kenti 2015-2016 yılları arasında mevcut bulunan 5 hava kalitesi ölçüm istasyonları verileri alınarak 10 farklı hava kirleticisi değerlendirilmiştir. Günlük ve aylık

ortalamalar ile değerlendirilen dönemde kirletici oranları mekânsal olarak analiz edilmiştir. Böylelikle kirleticilerin hangi bölgelerde yoğunlaştığını görölmektedir.

Araştırma sahası Türkiye'nin büyük kentleri arasında sayılmaktadır. Bursa Kenti Türkiye'nin büyük kentlerinden biri olmasının yanında Cumhuriyet tarihinden beri endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaştığı bir kenttir. Kent nüfusu arttıkça aritmetik nüfus yoğunluğu da artmıştır. 2016 yılı Bursa Kenti'nde metrekareye 1390 kişi düşmektedir. Aritmetik nüfus yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda da orantılı olarak konut sayısı, araç sayısı artmaktadır, bu da hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bunun yanında Kent'in büyük bir kısmının Bursa ovasına kurulması ve kenti çevreleyen dağların fiziki coğrafya açısından hava kalitesini olumsuz etkilemesi gibi nedenler de sayılabilmektedir.

GENERAL KNOWLEDGE

Name and Surname : Cansu (ALAN) DUMAN

Field : Geography

Programme : Geography

Supervisor : Professor Nuriye Garipağaoğlu

Degree Awarded and Date : Master – July 2017

Keywords : Air Pollution, Air Quality, City of Bursa, Air Pollutants, Spatial Analysis

ABSTRACT

Air pollution is an issue of increasing importance to the present and the past. This problem, which has been examined in various aspects from a global point of view, has been investigated in Turkey in recent years together with its causes and results. In this study, two main topics have been examined as factors that causes of air pollution and effects of air pollution. As factors causing air pollution; Emissions that are caused by fuels used in heating, which is further fueled by increased population and urbanization. As well as emissions from industrial fuels and industrial processes. Finally, emissions from motor vehicles, also called linear pollution, can be counted. In the factors affecting air pollution, physical geographical factors are mentioned. The air is dynamic in the atmosphere and it increases and decreases the effect of pollution depending on the reasons such as climate, landscape, vegetation cover. Because of these, physical geography factors are also important when examining the quality of a region.

In the study, Bursa City was examined based on the factors that cause air pollution and the current situation analysis was done. Later, physical geographical factors affecting air pollution were mentioned. The connection between Bursa City climate, landscape and vegetation cover and air quality is explained. In the continuation of the study, Bursa City air quality was examined between the years of 1990-2017 based on particulate matter and sulfur dioxide emissions. The monthly average of the pollutants measured these years and the maximum values reached during the month and the concentration ratios of the combustion periods are examined. In the second part of the findings, 10 different air polluters were evaluated by taking the data of 5 air

quality measurement stations, which existed between the year of 2015-2016 in Bursa City. In the period evaluated by daily and monthly averages, the pollutant rates were analyzed spatially. In this way, it can be seen in which regions the pollutants concentrate.

ÖNSÖZ

“Bursa Kenti'nin Hava Kalitesini Etkileyen Coğrafi Faktörler Ve Kirleticilerin Zaman İçerisindeki Değişimi” adlı bu çalışma, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Programı dahilinde hazırlanmıştır. Araştırma sahasındaki hava kalitesi ölçümleri bu çalışmanın temelini teşkil etmektedir.

Öncelikle memleketim ve üniversite eğitimime kadar yaşadığım şehir olan Bursa'yı daha yaşanabilir ve “yeşil” bir kent olması için yaptığım çalışmadan dolayı mutluluk duymaktayım. Çalışmanın Bursa Kenti hava kalitesinin iyileştirilmesine fayda sağlamasını dilerim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez sürecinde desteklerini esirgemeyen, her türlü yardım ve fedakârlığı sağlayan, her zaman bilgi, tecrübe ve güleryüzüyle yanımda olan Sayın Hocam Nuriye GARİPAĞAOĞLU' na, bünyesinde bulunduğum Marmara Üniversitesi Coğrafya Bölümü hocaları ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışma esnasında Bursa Kenti'ni daha iyi bir kent yapmak için uğraşan, bilgi ve tecrübelerini anlatan Sayın Prof. Dr. Kayıhan PALA'ya, veri temininde desteklerini esirgemeyen Bursa Nilüfer Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü çalışanlarına ve yüksek lisans eğitimim sırasında burs desteği sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Bu günlere gelmem de emeği olan hocalarıma ve sevgili aileme, maddi manevi her zaman yanımda olan, tez sürecinde yoğunluk ve sıkıntılarımı hafifleterek bana destek olan Eşim Burak DUMAN'a ve beni sabırla bekleyen kızım Ahsen Meral DUMAN'a sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLO LİSTESİ	viii
GRAFİK LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
KISALTMALAR	xv
GİRİŞ	1
I. Araştırma Sahasının Konumu, Sınırları ve Özellikleri	1
II. Araştırmanın Amacı	2
III. Materyal ve Metot	3
IV. Araştırma Alanıyla İlgili Çalışmalar	4
BİRİNCİ BÖLÜM	6
1. HAVA KİRLİLİĞİ TANIMI VE İLGİLİ KİRLETİCİLER	6
1.1. ATMOSFERİN YAPISI, BİLEŞİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ	6
1.2. HAVA KİRLETİCİLERİ (POLLÜTANLAR)	9
1.2.1. Gaz Halindeki Kirleticiler	10
1.2.1.1. Karbonlu Gazlar	10
1.2.1.2. Kükürtlü Gazlar	11
1.2.1.3. Azotlu Gazlar	12
1.2.1.4. Hidrokarbonlar	13
1.2.1.5. Fotokimyasal Oksitleyiciler: Ozon, PAN, Aldehitler	15
1.2.2. Partikül Halindeki Kirleticiler	16
1.2.2.1. İnce tozlar (dust)	17
1.2.2.2. Kimyasal buharlar (mist)	17
1.2.2.3. Kimyasal dumanlar (füme)	18
1.2.2.4. Yanma dumanları (smog)	18
1.2.2.5. Spray	18
1.3. ATMOSFER KİRLETİCİLERİNİN CANLI VE CANSIZ ORTAM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	18

1.3.1.	Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	19
1.3.2.	Kirleticilerin Hayvan Ve Bitki Toplulukları Üzerindeki Etkileri	22
1.3.3.	Yapılar ve Küresel İklim Üzerindeki Etkileri	23
1.4.	HAVA KİRLİLİĞİ KONTROLÜ	25
1.4.1.	Kaynakların Düzeltilmesi	25
1.4.2.	Kirleticilerin Toplanması.....	25
1.4.3.	Kirleticilerin Soğutulması.....	26
1.4.4.	Kirleticilerin Temizlenmesi	26
İKİNCİ BÖLÜM		27
2.	BURSA KENTİ'NDE HAVA KİRLİLİĞİNİ DOĞURAN SEBEPLER.....	27
2.1.	NÜFUS VE ŞEHİRLEŞME	28
2.1.1.	Yakıt Kullanımı ve Yakıt Kalitesi.....	33
2.1.2.	Motorlu Kara Taşıtları	39
2.2.	ENDÜSTRİLEŞME	42
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....		53
3.	BURSA KENTİ'NDE HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FİZİKİ COĞRAFYA FAKTÖRLERİ	53
3.1.	İKLİM	53
3.1.1.	Etkili Olan Hava Kütleleri ve Basınç Şartları	56
3.1.2.	Sıcaklık Şartları	58
3.1.3.	Nem	65
3.1.4.	Yağış	68
3.1.5.	Bulutlu ve Sisli Günler	72
3.1.6.	Basınç ve Rüzgarlar.....	75
3.2.	TOPOĞRAFİK ŞARTLAR	80
3.2.1.	Topoğrafyanın Şekli.....	82
3.2.1.1.	Dağlık Sahalar ve Platolar.....	82
3.2.1.2.	Ova Sahası	83
3.2.2.	Yükseklik.....	84
3.2.3.	Bakı.....	86
3.3.	BİTKİ ÖRTÜSÜ.....	88
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....		89
4.	BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ (1990-2016).....	89

4.1. TÜRKİYE’DE HAVA KALİTESİNİN KORUNMASINA YÖNELİK YASAL DÜZENLEMELER VE STANDARTLAR.....	89
4.1.1. Hava Kalitesi İndeksi.....	93
4.2. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNDE ZAMANSAL DEĞİŞİMLER (1990-2016).....	95
4.2.1. Bursa Kenti’ndeki Kirletici Konsantrasyonlarının Zaman İçerisindeki Değişimi (1990-2016)	97
4.2.1.1. Partiküler Madde	97
4.2.1.2. Kükürtdioksit	107
BEŞİNCİ BÖLÜM.....	118
5. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN GENEL GÖRÜNÜMÜ.....	118
5.1. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (2015-2016)	119
5.1.1. Bursa Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri	119
5.1.1.1. Bursa İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri.....	121
5.1.2. Beyazıt Caddesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri	126
5.1.2.1. Beyazıt Caddesi İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri... ..	127
5.1.3. Kültürpark Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri	132
5.1.3.1. Kültürpark İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri.....	133
5.1.4. Uludağ Üniversitesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri.....	137
5.1.4.1. Uludağ Üniversitesi İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri.....	137
5.1.5. Nilüfer Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri	141
5.1.5.1. Nilüfer İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri.....	142
5.2. BURSA KENTİ HAVA KİRLETİCİLERİNİN METEOROLOJİK PARAMETRELERLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ	145
5.3. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN MEKANSAL ANALİZ YÖNTEMLERİYLE İNCELENMESİ.....	151
5.3.1. Bursa Kenti SO ₂ ve PM ₁₀ Kirleticilerinin 2015 - 2016 Yılları Mekansal Analiz Haritaları.....	153
SONUÇ.....	164
KAYNAKÇA.....	171

TABLO LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo 1: Kuru Havanın Bileşimi.....	7
Tablo 2: Bursa Kenti Sayım Yıllarına Göre Nüfus Miktarı ve Yıllık Artış Oranları.....	29
Tablo 3: Sayım Yıllarına Göre Bursa Kenti'nin Aritmetik Nüfus Yoğunluğu	30
Tablo 4: Bursa İli 2013 ve 2014 yılı Evsel Isınmada Kullanılan Katı Yakıtların Bazı Özellikleri	35
Tablo 5: Türkiye'de Sektörlere göre Doğalgaz Tüketim Miktarı (milyon Sm ³)	36
Tablo 6: 2005-2014 Yılları Doğal Gaz İthalat Miktarları (Milyon Sm ³).....	37
Tablo 7: Bursa İli Evsel Isınmada Kullanılan Doğalgaz Miktarı	38
Tablo 8: Farklı araç tipleri için emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri	40
Tablo 9: Bursa İli Motorlu Kara Taşıt Sayısı	41
Tablo 10: Bursa İli Açılan ve Kapanan Firma İstatistikleri.....	44
Tablo 11: Bursa'daki İlk 250 Firmanın Sektörlere Göre Dağılışı	45
Tablo 12: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Meteoroloji İstasyonlarının Ortalama Günlük Toplam Güneşlenme Süresi (sa-da) ve Ortalama Global Güneşlenme Şiddeti (cal÷cm ²) (1980-2014) ...	56
Tablo 13: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Aylık Ortalama Sıcaklıkları (°C) (1980-2014)	59
Tablo 14: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Düşük Sıcaklıklar (°C) (1980-2014).....	60
Tablo 15: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Maksimum Sıcaklığın 20 °C ve Büyük Olduğu Günler Sayısı (1980-2014).....	61
Tablo 16: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Minimum Sıcaklığın -0,1 °C ve Küçük Olduğu Günler Sayısı (1980-2014).....	63
Tablo 17: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Mutlak Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C) (1980-2014)	63
Tablo 18: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Mutlak Minimum Sıcaklık Değerleri (°C) (1980-2014)	65
Tablo 19: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Ortalama Buhar Basıncı (hPa) (1980-2014)	66
Tablo 20: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Nem Değerleri(%) (1980-2014).....	67
Tablo 21: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Toplam Yağış Ortalaması (mm) (1980-2014)	68
Tablo 22: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kar Yağışlı Günler Sayısı (1980-2014).....	71
Tablo 23: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kar Örtülü Günler Sayısı (1980-2014)	72
Tablo 24: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Bulutluluk Değerleri (1980-2014)	72
Tablo 25: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Bulutlu Günler Sayısı (1980-2014)	73
Tablo 26: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Kapalı Günler Sayısı (1980-2014).....	73
Tablo 27: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Sisli Günler Sayısı (1980-2014).....	74
Tablo 28: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Basınç Değerleri (hPa) (1980-2014)	76
Tablo 29: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Rüzgar Hızı (m_sec) (1980-2014)	78
Tablo 30: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Maksimum Rüzgar Hızı (m_sec) ve Yönü (1980-2014)	78
Tablo 31: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kuvvetli Rüzgarlı Günler Sayısı (1980-2014)	78
Tablo 32: Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği (1986) Hava Kalitesi Sınır Değerleri	91

Tablo 33: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY)Yönetmeliği EK-I A, Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerinde Kademeli Azaltımı (2008-2013).....	92
Tablo 34: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY)Yönetmeliği EK-I A, Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerinde Kademeli Azaltımı (2013-2019).....	93
Tablo 35: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları	94
Tablo 36: EPA Hava Kalitesi İndeksi.....	95
Tablo 37: 1990-2008 yılları arasında aktif olan hava kalitesi ölçüm istasyonları.....	96
Tablo 38: Bursa Kenti PM10 Konsantrasyonu Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)(1990-2016).....	98
Tablo 39: PM10 Konsantrasyonları Limit Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	100
Tablo 40: Bursa Kenti'nde Pm10 kirleticisinin Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)(1990-2016).....	102
Tablo 41: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun Vadeli Sınır Değerini Aştığı Gün Sayısı (1990-2008)	104
Tablo 42: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Kısa Vadeli Sınır Değerini Aştığı Gün Sayısı (1990-2008)	105
Tablo 43: Bursa Kenti'nde SO2 Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-2016).....	108
Tablo 44: HKKY Çerçevesinde verilen SO ₂ değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	110
Tablo 45: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-2016)	112
Tablo 46: Bursa Kenti'nde SO ₂ Konsantrasyonlarının Uzun Vadeli Sınır Değeri Aştığı Günler Sayısı (1990-2008).....	116
Tablo 47: Bursa Kenti'nde SO ₂ Konsantrasyonlarının Kısa Vadeli Sınır Değeri Aştığı Günler Sayısı (1990 – 2008)	117
Tablo 48: Bursa İli Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları.....	119
Tablo 49: Bursa İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları, Maksimum Konsantrasyonları ve Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (2015)	122
Tablo 50: Bursa İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları, Maksimum Değerleri ve Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (2016).....	123
Tablo 51: Bursa İstasyonu PM10 Kirleticisinin Maksimum Konsantrasyonlara Ulaştığı Ayların Günlük Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2015 – 2016)	124
Tablo 52: Bursa İstasyonu PM Kirleticisinin Maksimum Konsantrasyonlara Ulaştığı Günlerin Saatlik Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016)	125
Tablo 53: Beyazıt Caddesi İstasyonuna Ait Kirleticilerin Aylık Ortalamaları (2015)	128
Tablo 54: Beyazıt Caddesi İstasyonuna Ait Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları (2016)	129
Tablo 55: Kirleticilerin Günlük Ortalamalarının Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015-2016)	130
Tablo 56: NOX Kirleticisinin En Yüksek Ortalamalara Ulaştığı Ayların Günlük Ortalamaları (2015-2016)	131
Tablo 57: NOX Kirleticisinin En Yüksek Ortalamalara Ulaştığı Günlerin Saatlik Değerleri	132
Tablo 58: Kültürpark İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları (2015).....	134
Tablo 59: Kültürpark İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları (2016).....	135
Tablo 60: Günlük Ortalamalara Göre Kirleticilerin Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015-2016) ..	136
Tablo 61: Uludağ Üniversitesi İstasyonun Kirleticilerin Aylık Ortalamaları (2015)	138
Tablo 62: Uludağ Üniversitesi İstasyonun Kirleticilerin Aylık Ortalamaları (2016)	139
Tablo 63: Kirleticilerin Günlük Ortalamalarının Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015-2016)	139

Tablo 64: PM2.5 Kirleticisinin Maksimum Değere Ulaştığı Ayların Günlük Ortalamaları (2016)	140
Tablo 65: Nilüfer İstasyonunda Bulunan Kirleticilerin Aylık Ortalaması (2015)	142
Tablo 66: Nilüfer İstasyonunda Bulunan Kirleticilerin Günlük Ortalamaların Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015)	143
Tablo 67: Nilüfer İstasyonunda Bulunan Kirleticilerin Aylık Ortalaması (2016)	144
Tablo 68: Nilüfer İstasyonunda Ölçülen Kirleticilerin Ulaştıkları Maksimum Değerler (2016)	145
Tablo 69: Bursa Kenti'nde Ölçülen Kirleticiler ile Meteorolojik Parametreler Arasındaki İlişkiler (r^2)	147
Tablo 70: Bursa Kenti'nde ölçülen Diğer Kirleticilerin Meteorolojik Parametrelerle Arasındaki Lineer Model Sonuçları	148
Tablo 71: Ozon Konsantrasyonlarının Gün İçerisinde Meteorolojik Parametrelerle İlişkisi	150



GRAFİK LİSTESİ

Sayfa No:

Grafik 1: Bursa İli ilçelerinin Nüfus Oranları.....	31
Grafik 2: Türkiye'nin Kurulu Gücü	34
Grafik 3: Bursa İli Açılan ve Kapanan Firma İstatistikleri.....	45
Grafik 4: 2014-2015 Yılı Bursa İli ve Bazı OSB'lerin Doğalgaz Tüketim Miktarı Raporu	50
Grafik 5: 2014-2015 Yılı Bursa İli ve Bazı OSB'lerin Doğalgaz Tüketim Miktarı Raporu	50
Grafik 6: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Termik Rejim Diyagramı	59
Grafik 7: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Düşük Sıcaklık Değerlerinin Yıllık Seyri (°C).....	61
Grafik 8: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Maksimum Sıcaklığın 20 °C ve Büyük Olduğu Günler Sayısı.....	62
Grafik 9: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Ortalama Sıcaklık ve Yüksek Sıcaklık Değerlerinin Yıllık Seyri.....	64
Grafik 10: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Buhar Basıncının Yıllık Seyri	66
Grafik 11: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Nem Değerlerinin Yıllık Seyri.....	67
Grafik 12: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde İstasyonlara Göre Toplam Yağış Grafiği	69
Grafik 13: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Yağış Değerlerinin Yıllık Seyri	70
Grafik 14: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Toplam Yağışın Mevsimlere Dağılışı.....	70
Grafik 15: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kar Yağışlı Günler Sayısı	71
Grafik 16: Bursa Merkez İstasyonu Ortalama Bulutlu Günler Sayısının Mevsimsel Dağılışı	73
Grafik 17: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Sisli Günler Sayısı.....	74
Grafik 18: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Basınç Değerleri (hPa).....	76
Grafik 19: Bursa Kenti Meteoroloji İstasyonlarının Kuvvetli Rüzgarlı Günler Sayısı.....	79
Grafik 20: Bursa Kenti Hakim Rüzgar Yönleri ve Esme Sayıları	80
Grafik 21: Bursa Kenti PM10 Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları (1990-1999)	99
Grafik 22: Bursa Kenti PM10 Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları (2000-2008)	99
Grafik 23: PM10 Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları (2009-2016).....	100
Grafik 24: Bursa Kenti'nde Yanma Dönemleri PM10 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990 -1991; 2008 - 2009)	101
Grafik 25: Bursa Kenti'nde Yanma Dönemleri PM10 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2008 - 2009; 2015 - 2016)	101
Grafik 26: PM10 Kirleticisinin Maksimum Değerlerinin Yanma Dönemlerinde Aylık Ortalaması (1990-1991; 2008-2009)	103
Grafik 27: PM10 Kirleticisinin Maksimum Değerlerinin Yanma Dönemlerine Ait Aylık Ortalaması (2009-2010; 2015-2016)	103
Grafik 28: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerini Aştığı Gün Sayısı (1990-1998).....	105
Grafik 29: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerini Aştığı Gün Sayısı (1999 – 2008)	106
Grafik 30: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerini Aştığı Gün Sayısı (2009 - 2016)	107

Grafik 31-32: Bursa Kenti'nde Kükürt dioksit Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-2008).....	109
Grafik 33: Bursa Kenti'nde Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2009-2016).....	110
Grafik 34-35: Bursa Kenti'nde Kükürt dioksit Konsantrasyonlarının Yanma Dönemlerindeki Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-1991;2015-2016).....	111
Grafik 36: Bursa Kenti'ndeki SO_2 Konsantrasyonlarının Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990 – 1999)	113
Grafik 37: Bursa Kenti'ndeki SO_2 Konsantrasyonlarının Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2000- 2008)	113
Grafik 38: Bursa Kenti'ndeki SO_2 Konsantrasyonlarının Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2009 – 2016)	114
Grafik 39-40: Bursa Kenti'ndeki SO_2 Konsantrasyonlarının Yanma Dönemlerinde Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-1991; 2015-2016)	115
Grafik 41: Bursa Kenti'nde SO_2 Konsantrasyonlarının Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (1990- 1999)	117
Grafik 42: Bursa Kenti'nde SO_2 Konsantrasyonlarının Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (2000- 2007)	118
Grafik 43: Bursa Kenti'nde Pm Konsantrasyonlarının gün içerisindeki dağılımı	126
Grafik 44: Ozon Kirleticisinin Gün İçerisindeki Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	136
Grafik 45: Ozon Konsantrasyonlarının Sıcak – Soğuk Dönem Ortalamaları	149
Grafik 46: Ozon Konsantrasyonlarının Gün İçerisinde Meteorolojik Parametrelerle İlişkisi.....	150

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1. Araştırma Sahasının Konumu.....	1
Şekil 2. Bursa İli İlçelere Göre Yerleşim Haritası.....	32
Şekil 3: 2014 Yılı İtibariyle Türkiye'deki Kurulu Gücün Kaynak Kullanımı	34
Şekil 4: Doğalgaz arzı sağlanan yerler (2004-2010).....	38
Şekil 5: Bursa İli Planlı Sanayi Alanları	48
Şekil 6: Bursa Kenti Organize Sanayi Bölgeleri	49
Şekil 7: Güneş ışınlarının geliş açılarının Uludağ'ın yamaçları boyunca gösterdiği değişim.....	55
Şekil 8: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Yıllık Ortalama Gerçek Sıcaklık Dağılışı Haritası.....	60
Şekil 9: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Ortalama Yıllık Yağış Dağılımı	69
Şekil 10: Bursa Kenti Rüzgar Frekansı	79
Şekil 11: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Yükselti Modeli	81
Şekil 12: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Eş Yükselti Eğrileri.....	85
Şekil 13: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Bakı Haritası.....	87
Şekil 14: 1990-2008 yılları arasında aktif olan hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumu	97
Şekil 15: Bursa Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu	120
Şekil 16: Beyazıt Caddesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu.....	127
Şekil 17: Kültürpark Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu	133
Şekil 18: Uludağ Üniversitesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu	137
Şekil 19: Nilüfer Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu.....	141
Şekil 20: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılları Ortalamasının Mekansal Analizi	153
Şekil 21: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Yanma Dönemi Ortalamasının Mekansal Analizi	154
Şekil 22: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ocak Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	155
Şekil 23: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Şubat Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	156
Şekil 24: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Mart Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	156
Şekil 25: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Nisan Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	157
Şekil 26: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Mayıs Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	157
Şekil 27: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Haziran Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	158
Şekil 28: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Temmuz Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	159

Şekil 29: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ağustos Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	159
Şekil 30: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Eylül Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	160
Şekil 31: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ekim Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	160
Şekil 32: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Kasım Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	161
Şekil 33: Bursa Kenti'nde SO ₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Aralık Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi	161
Şekil 34: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ortalamasının Mekansal Analizi	162
Şekil 35: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yanma Dönemi Ortalamasının Mekansal Analizi	163

KISALTMALAR

BaP: Benzo (a) Piren

BBB: Bursa Büyükşehir Belediyesi

BTSO: Bursa Ticaret Ve Sanayi Odası

CBS: Coğrafya Bilgi Sistemi

DMİGM: Devlet Meteoroloji İleri Genel Müdürlüğü

EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu

HEAL: Health And Environment Alliance

HKDY: Hava Kalitesi Değerlendirme Yönetmeliği

HKKY: Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği

KVS: Kısa Vadeli Sınır Değer

OSB: Organize Sanayi Bölgesi

PAH: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar

TUİK: Türkiye İstatistik Kurumu

UÇES: Ab Entegre Çevre Uyum Stratejisi

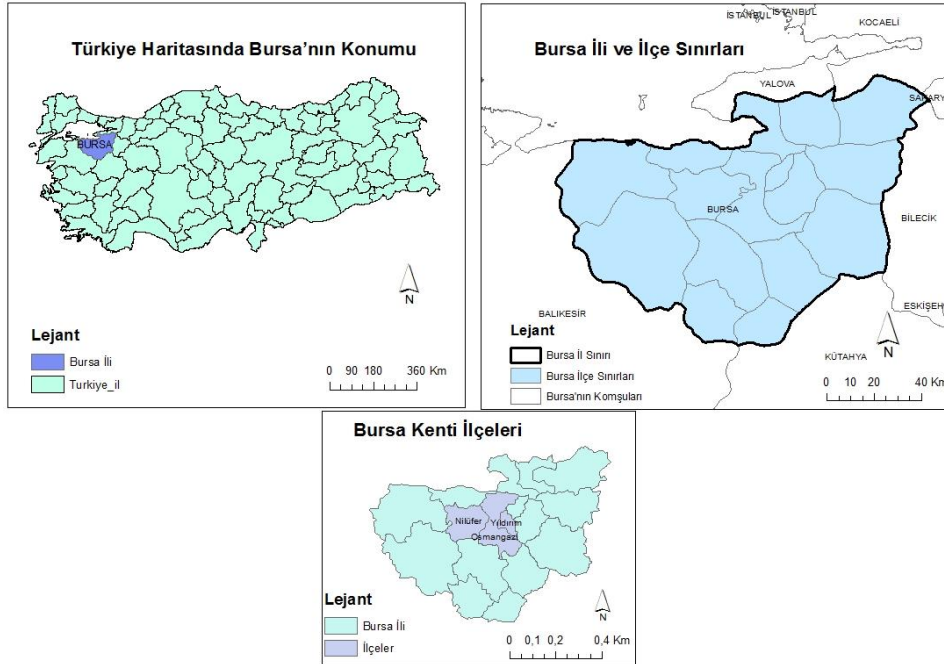
UVS: Uzun Vadeli Sınır Değer

WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık rgt)

GİRİŞ

I. Araştırma Sahasının Konumu, Sınırları ve Özellikleri

Bursa ili $28^{\circ}10'$ ve $30^{\circ}30'$ doğu boylamları ve $40^{\circ}40'$ ve $39^{\circ}35'$ kuzey enlemleri arasında Marmara Denizi'nin güneyinde bulunan nüfus itibarıyla Türkiye'nin büyük illeri sıralamasında 4. sıradadır. Kuzeyde Kocaeli, Yalova, İstanbul ve Marmara Denizi, Doğuda Bilecik, Adapazarı, batıda Balıkesir, güneyde Kütahya illeriyle çevrilidir. 17 ilçesi (Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım, İnegöl, Kestel, Gürsu, İznik, Yenişehir, Orhangazi, Gemlik, Mustafakemalpaşa, Mudanya, Orhaneli, Karacabey, Keles, Harmancık, Büyükorhan) ile toplam 10.819 km².lik yüzölçümüne sahip olan Bursa topraklarının büyük bir kısmı Marmara Bölgesi sınırları içindedir. Ancak güney ilçelerinin bir kısmı Ege Bölgesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Bursa Şehri'ne 1987'de büyükşehir statüsü verilmiş olup Nilüfer, Osmangazi, Yıldırım isimli 3 semt ilçesi oluşturulmuştur. Bunlar, 2013 yılına kadar Bursa Büyükşehir Belediyesi sınırları içerisinde kalan ilçelerdir. 2013'ten itibaren büyükşehir yasası ile birlikte diğer ilçelerde Kent sınırları içerisinde sayılmaktadır. Ancak çalışmada kent sınırları içerisinde Osmangazi, Nilüfer ve Yıldırım ilçeleri kabul edilmiş ve incelenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma Sahasının Konumu

II. Araştırmanın Amacı

Yüksek lisans çalışması olarak hazırlanan bu çalışmada; Bursa Kenti hava kalitesi incelenmiş; hava kirliliğini doğuran ve hava kirliliğine etki eden etmenler açısından değerlendirilmiştir. Hava kirliliği canlı ve cansız ortamı tehdit eden bir durumdur. Bunun yanı sıra etkileri sadece günümüzde değil, gelecek nesilleri de kapsamaktadır. Bu yüzden nüfusun yoğun olduğu kentlerimizde her an soluduğumuz havanın kalitesinin incelenmesi gerekmektedir.

Araştırma sahası sanayi, hizmet gibi birçok fonksiyonu bünyesinde barındıran ve yakın çevresinde yoğun tarımsal faaliyetlerin sürdürüldüğü, her geçen gün gelişen bir Kent'tir. İstanbul'a olan yakınlığı ve tarih boyunca köklü bir kent geçmişine sahip olması, Kent'in yoğun nüfuslanmasını sağlamaktadır. Bursa Kenti'nin araştırma sahası olarak seçilmesinin bir nedeni ise bulunduğu konum ve jeomorfolojik özelliklerdir. Kent'te Marmara Bölgesi'nin en yüksek dağı, Uludağ (2543 m) bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ovayı çepeçevre saran yükseklikleri 1000 m'yi bulan sıradağlar Kent'in çevresinde engebeli araziye oluşturmaktadır. Ayrıca Marmara Denizi'ne kıyısı bulunan Bursa İli'nde rakım 0 m'den Merkez'de 100 m'ye ve Uludağ zirvede 2543 m'ye kadar çıkmaktadır. Kent ve yakın çevresinin içerisinde bulunduğu topoğrafik yapı nedeniyle, genellikle etrafında çevrili yüksek sahalardan gelen yatay yönlü hava akımlarına kapalıdır. Bu durumda da kirli hava havzada dağılmayıp birikme eğilimi göstermektedir. Ayrıca havzalar ve vadi içleri hava kirliliği açısından olumsuz etki yapan sıcaklık terselmesi olayına da zemin hazırlamaktadır. Kenti çevreleyen yüksek alanlardan gelen soğuk hava kütleleri buralara akmakta ve havza tabanında çökmektedir. Sıcaklık terselmesinden kaynaklanan durum ile de kirli hava bir süre havzada kalmaya devam etmektedir.

Araştırmanın amacı kentlerde hızla artan hava kirliliği problemini doğuran nedenleri ve hava kirliliğine etki eden fiziki coğrafya faktörlerini değerlendirmek; Bursa Kenti hava kalitesini zaman içerisinde değişimini ve şimdi ki durumunu incelemektir. Elde edilen veriler ışığında yapılan çalışmanın sonucunda hangi kirleticilerin Kent'te daha etkili olduğu, hangi bölgelerde kirliliğin yoğunlaştığı tespit edilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

III. Materyal ve Metot

Öncelikle çalışma sahasında literatür taraması yapılarak Kent'in hava kalitesini irdeleyen çalışmalar incelenmiş ve Bursa Kenti beşeri ve fiziki özelliklerini içeren çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Literatür çalışması yapılırken, bir taraftan da resmi kurumlardan Bursa Kenti meteorolojik bülteni ve Bursa Kenti hava kalitesi ölçümleri talep edilmiştir.

Bursa Kenti sınırlarında ve yakın çevresinde bulunan Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 4 farklı istasyondan(Bursa Merkez, Gemlik, Mudanya, Uludağ Zirve) alınan 1980-2014 yılları arasındaki veriler Microsoft Excel kullanılarak tablo ve grafik haline getirilmiştir. Çalışmada kullanılan haritaların yapımında ise ArcGIS 10.5 kullanılmıştır. Bursa Kenti nüfus, sanayi, taşıtlar ile ilgili veriler ise ilgili Bakanlık ve Müdürlükler'in resmi sitelerinden ve TÜİK üzerinden elde edilmiştir.

Bursa Kenti hava kalitesi verileri ise 1990 – 2007 yılına TÜİK resmi sitesi üzerinden Sağlık Bakanlığı hava kalitesi ölçümlerinden, 2007-2011 yılına kadar veriler ise yine TÜİK üzerinden “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Hava Kalitesi” ölçümlerinden temin edilmiştir. 2011-2016 yılları arasındaki veriler ise “Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı” sistemi üzerinden temin edilmiştir. Bursa Kenti içerisinde halen aktif olarak veri sağlayan 5 hava kalitesi ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Bunlardan biri; (Bursa istasyonu) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na, 3'ü (Kültürpark, Beyazıt Caddesi, Uludağ Üniversitesi istasyonları) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü'ne, biri de (Nilüfer istasyonu) Nilüfer Belediyesi'ne aittir. Nilüfer Belediyesi'ne ait olan veriler Nilüfer Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Elde edilen veriler Microsoft Excel kullanılarak tablo ve grafik haline getirilmiştir. Çalışmada kullanılan haritaların yapımında ise ArcGIS 10.5 kullanılmıştır.

Çalışma 5 bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde genel olarak hava kirliliği ve kirleticileri anlatılmış, hava kirliliğinin canlı ve cansız ortam üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir. Daha sonra da hava kirliliği kontrolünde kullanılan metotlara değinilmiştir.

İkinci bölümde hava kirliliğini doğuran sebepler incelenmiştir. Bu bölümde Bursa Kenti'nin nüfusu, endüstriyel alanları ve motorlu kara taşıtlarından bahsedilmiş ve bu sebeplerin hava kalitesiyle olan ilişkisi irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise hava kirliliğini etkileyen fiziki coğrafya faktörleri anlatılmış, Bursa Kenti iklim, topoğrafik şartlar, yükseklik, bakı ve bitki örtüsü gibi fiziki coğrafya faktörleri açısından değerlendirilmiş, hava kirliliği ile ilgili arasındaki bağlantıya değinilmiştir. İklim elemanlarında ise sıcaklık, yağış, nem, basınç ve rüzgarlar incelenmiştir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde Bursa Kenti hava kalitesi zaman içerisindeki durumu değerlendirilmiştir. 1990-2016 yılları arasında Bursa Kenti'nde bir istasyondan alınan veriler ışığında Kent'in kükürtdioksit ve partiküler madde kirlenmesi incelenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise Bursa Kenti hava kalitesinin genel görünümü 2015 ve 2016 yıllarında saatlik verilerle değerlendirilmiştir. Bu bölümde Kent'te aktif olan 5 istasyondan alınan hava kirleticileri (NO, NO₂, NO_x, SO₂, CO, HK, O₃, PM₁₀ ve PM_{2,5}) verileri Microsoft Excel kullanılarak tablo ve grafik haline getirilmiştir. Bölümün sonunda hava kirliliğinin yoğunlaştığı bölgeleri incelemek için de mekânsal analiz yöntemleri (IDW), ArcGIS 10.5 programı kullanılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda Bursa Kenti hava kalitesi değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

IV. Araştırma Alanıyla İlgili Çalışmalar

Cindoruk, 2006: Cindoruk, "Bursa'nın Öncelikli Çevre Sorunlarının Tespiti Ve Eylem Planı Geliştirilmesi" adlı çalışmasında Bursa Kenti'nin, merkez ilçeleri baz alınarak, ilk olarak çevre sorunlarını belirleyip, daha sonra sorunların çözümleri hedeflenmiştir.

Erbaşlar, 2005: Erbaşlar, yüksek lisans tez çalışması olan "Bursa Atmosferindeki Klasik Hava Kirleticileri Konsantrasyon Seviyeleri Ve Birbirleri İle İlişkilerinin Değerlendirilmesi" çalışmasında klasik hava kirleticileri olarak tabir edilen; NO, NO₂, NO_x, SO₂, CO, HK, O₃ ve PM konsantrasyonları 7 semtte bulunan ölçüm cihazları vasıtasıyla ölçülmüştür. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kükürtdioksit ve partiküler kirlenme de en kirli semt Arabayatağı olduğu görülmüştür.

Ertürk, 1994: “Bursa’da Sosyo-Ekonomik Değişim Ve Hava Kirliliği Sorunu” adlı kitabında Bursa’nın yapay ve doğal çevre özellikleri anlatılmış, ikinci bölümde de Bursa hava kirliliği üzerinde durulmuştur.

Ethemoğlu, 1996: “Bursa Büyükşehir İçin Mevsimlere Göre Hava Kirliliği Analizi” isimli yüksek lisans tez çalışmasında öncelikli olarak çevre sorunlarına değinilmiş ve hava kirliliği incelenmiştir. Tezin devamında hava kirliliği kontrol mekanizmaları üzerine yoğunlaşmıştır.

Işık, 1986: “Bursa’da Çevre Kirliliği ve Hava Kirliliği Kontrolü” adlı yüksek lisans tezinde toprak, su ve hava kirliliğinin hangi boyutlarda olduğu araştırılmıştır. Toprak ve su kirliliği irdelenmiş, yüzeysel hava kirliliği ise kontrolü ile beraber incelenmiştir.

Özer, 2003: Özer, “Bursa’da Hava Kirliliği Sorunu ve Alternatif Enerji Kaynakları” adlı yüksek lisans tez çalışmasında Bursa’daki hava kirlleticileri incelenmiş, enerji kaynaklarıyla bağlantı kurulmuştur. Çalışmanın sonunda alternatif enerji kaynakları kullanımı için önerilerde bulunulmuştur.

Pala ve ark., 2002: “Blood Lead Levels of Traffic Policeman in Bursa” adlı çalışmalarında Bursa’da dışarıda görev yapan trafik polisleri ile içeride görev yapan polis memurlarının kandaki kurşun seviyeleri karşılaştırılmış ve ortalama 5 yıldan daha fazla dışarıda görev yapan trafik polislerinin kandaki kurşun seviyeleri daha fazla çıktığı görülmüştür.

Pala ve ark., 2012: ““Evaluation of Respiratory Functions of Residents Around the Orhaneli Thermal Power Plant in Turkey” adlı çalışmalarında Orhaneli termik santralinin çevresindeki insanların solunum fonksiyonları incelenmiştir. Orhaneli Termik Santrali’nin civarından yaşayan 15 yaş ve üzeri 2350 bireyin sağlık problemlerini incelemiştir. Araştırmanın neticesinde ise hiç sigara içmemesine rağmen 795 kişide solunum yetmezliği gibi bazı problemler teşhis edilmiş ve hastaneye yönlendirilmiştir.

Payan, 1997: “Bursa İlinin Hava Kirliliği Haritası Çıkartılması” isimli yüksek lisans tezinde 1995-1996 yılları arasında ölçülen kükürt dioksit ve azot oksit ölçümlerine dayanılarak hava kirliliği haritası oluşturulmuştur. Payan, kriging yöntemi kullanarak haritaları oluşturmuştur.

Taşdemir, 1999: "Winter Season SO₂ Measurements in Bursa and Comparison with Rural and Urban Area Values" isimli makalesinde kükürtdioksit ölçümleri Bursa Kent merkezinde ve Uludağ Üniversitesi Kampüsü'nde gerçekleştirilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. HAVA KİRLİLİĞİ TANIMI VE İLGİLİ KİRLETİCİLER

1.1. ATMOSFERİN YAPISI, BİLEŞİMİ VE HAVA KİRLİLİĞİ

Havada bulunan kirletici maddeleri tanımlayabilmek için öncelikle dünyamızı saran atmosferin yapısını, bileşimini ve canlı cansız bütün varlıklar için önemini tanımlamak gerekmektedir. En bilinen manada atmosfer dünyayı çepeçevre saran, yoğunluğu yerden uzaklaştıkça azalan ve yaklaşık 10.000 km kalınlığa sahip bir gaz küredir. Atmosfer çeşitli tabakalardan oluşmuş ve her bir tabaka kendine özgü özelliklere sahiptir. Bu durum ekolojik açıdan da önemli sonuçlar doğurmaktadır. Yeryüzüne en yakın katman troposferdir ve bütün iklim olayları bu katmanda cereyan etmektedir. Fakat troposfer kadar önemli olan iyonosfer ve ozonosfer katmanları güneşten gelen zararlı ışınları tutarak canlılar için uygun olanlarını yeryüzüne ulaştırmaktadır. Atmosferin bu özelliği ayrıca güneşten gelen radyasyonun sadece %48'lik kısmının yeryüzüne ulaştırılmasını sağlamakta ve yer radyasyonunun da uzaya geri dönmesini engellemektedir. Yeryüzünde tutulan güneş enerjisi ise troposfer katında bulunan canlılar elverişli yaşam ortamı için kullanılmaktadır (Erol, 2014, s. 15). Atmosfer canlı yaşamı için vazgeçilmezdir. En küçük hücreden insana kadar canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için oksijene ihtiyaç vardır. İnsanlar beslenmeden 1 haftaya kadar yaşayabilirler, ancak havasız birkaç dakika anca yaşayabilirler.

Atmosfer de bulunan hava dinamiktir. İçerisine giren gazlar, sıvı ve katı maddelerle değişen ve devamlı hareket halinde olan atmosferin en alt katmanında bulunan troposfer temiz ve kuru havanın bileşimlerinin büyük bir çoğunluğunu içerisinde bulundurmaktadır (Muslu, 2000, s. 192).

Tablo 1: Kuru Havanın Bileşimi

Gazlar	Konsantrasyon (ppm)
Azot (N ₂)	780 900,0
Oksijen (O ₂)	209 400,0
Argon (Ar)	9 300,0
Neon (Ne)	18
Helyum (He)	5,2
Kripton (Kr)	1
Ksenon (Xe)	0,08
Karbondioksit (CO ₂)	315
Metan (CH ₄)	1,0 – 1,2
Hidrojen (H ₂)	0,5
Azot oksit (N ₂ O)	0,8
Azot dioksit (NO ₂)	0,02
Ozon (O ₃)	0,01 – 0,04

Kaynak: (Garipağaoğlu, 2015, s. 15)

Pek çok araştırmacı kuru havanın bileşimi konusunda Tablo 1. de verildiği gibi olduğunu düşünmektedir. Hava kirleticilerini ise bu tabloda bulunmayan herhangi bir maddenin atmosferde bulunmasıyla açıklanmıştır. Fakat böyle ideal temiz bir hava atmosferin hiçbir yerinde bulanamayacağı için önemli olan kirletici sayılan maddelerin bulunması değil, konsantrasyon bakımından canlı yaşamını ve çevreyi tehdit edecek düzeyde olması hava kirliliğine neden olmaktadır (Karpuzcu M. , 1994, s. 135).

Ayrıca kuru havanın bileşiminde bulunan azot oksitleri, ozon, karbondioksit ise atmosferde doğal kirleticilerden sayılmaktadır. Fakat kuru havanın bileşiminde kabul edilenlerin haricinde kirletici olarak bulunan bazı gazlar (CO,SO₂,SO₃,H₂S,HF), su buharı, toz, kurum, polen, bakteri, böcek, mantar, radyoaktif maddeler, yoğunlaşma çekirdekleri, tuz spreyleri gibi canlı ve cansız varlıkları da mevcuttur. Kuru havanın bileşiminde bulunan karbondioksit, oranını koruduğu sürece kirletici sayılmadığı gibi su buharı da kirletici sayılmaz. Fakat yanma sırasında ortaya çıkan karbondioksit kirletici etkiye sahiptir (Garipağaoğlu, 2015, s. 16).

Daha önce de bahsedildiği gibi temiz havanın bileşimi haricinde kalan her madde kirletici olarak sayılmaktadır. Lakin böylesine ideal temiz havayı bulmak

mümkün değildir. Bu bağlamda herhangi bir atmosferik ortam içerisinde, havanın doğal bileşeninde bulunan madde oranlarının değişmesi ve çevredeki canlı ve cansız varlıklara zarara neden olacak düzeylere ulaşmasına hava kirliliği denir (Kırımhan, 2006, s. 1). Kirletici maddelere ait limit değerler ulusal ve uluslararası yasa ve yönetmeliklerle düzenlenmiştir.

Aslında insanoğlu için hava kirliliği kavramı yeni bir kavram değildir. Ateşin bulunmasıyla ortaya çıkan karbon oksitler, kükürt oksitler, duman ve sisler mağaraları yaşanmaz hale getirmiş ve baca sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Bunun en güzel örneği Neolitik döneme ait olan Çatalhöyük'tür. Çatıdan eve girişin olduğu bölümde ocağında bulunması bize baca sisteminin kullanıldığını göstermektedir. Bir diğer örneği de 2000 yıl önce yaşamış olan Seneca yazılarında Roma'daki hava kirlenmesinden şikayet ediyordu. Hava kirlenmesi kontrol için siyasal anlamda atılan ilk adım ise 1273 yılında Kral 1. Edward döneminde İngiltere'de bir kömür çeşidinin yasaklanmasıyla atılmıştır. Hatta bu çağlarda kömür kullandığından dolayı bir adam idam edilmiştir (Muslu, 2000, s. 191).

Hava kirliliğinin 13. yüzyılda Avrupa'da kömürün sık kullanılması ve şehirleşmenin artmasıyla yoğun hissedilmesine rağmen bilimsel tartışmalara neden olması 1800'leri bulmuştur. Bu yıllarda Shelley "Hell is a city much like London -- A populous and a smoky city; Cehennem, olsa olsa Londra gibi kalabalık ve dumanlı bir yerdir." diye kaleme almıştır (Shelley, 2016). Bilinen hava kirliliği kaynaklı ölümler ise ilk defa 1911 yılında kömür yakılmasından dolayı meydana gelmiştir ve 1150 kişi ölmüştür. Bu olay üzerine Dr. Harold Antoine Des Vouex yazdığı raporda Londra şehrindeki hava kirliliğini ifade etmek için duman (smoke) ve sis (fog) karışımını kullanarak smog kelimesini kullanmıştır (Muslu, 2000, s. 191). Bu dumanlı sisli hava olayı insanlar içinde yeniydi ve anlamlandırmakta zorlanıyorlardı. 1943'te Los Angeles'ta meydana gelen kirlilik ise Avrupa'da görülen kirlilikten çok daha farklıydı. Meteorolojik bakımdan da daha rüzgarsız ve durgun hava sayılabilecek bölgede kirliliğin asıl nedeni kükürtdioksit değil petrol ürünleriydi (Sayın, 1989, s. 15). Amerika Los Angeles'taki felakete uğraşırken 1948 yılında Pennsylvania Donora'da 20 kişinin ölümü ve 7000 kişinin hastalanmasıyla sonuçlanan bir felaket yaşanmıştır. Kayıtlara Donora Pusu olarak geçen olay bölgedeki hava kirliliğinin sıcaklık terselmesi yüzünden 5 gün boyunca bir duvar gibi şehri kaplaması sonucu meydana gelmiştir.

1952 yılında Londra’da meydana gelen bir diğer felaketten sonra hava kirliliği üzerine yapılan çalışmalarda artmalar olmuş, bilim insanları sadece kükürtdioksit değil diğer kirleticileri de araştırmaya başlamıştır.

1.2. HAVA KİRLETİCİLERİ (POLLÜTANLAR)

Hava kirleticilerinin sınıflandırılmasında iki grup kullanılır; birincil (primer) kirleticiler ve ikincil (sekonder) kirleticiler.

Birincil kirleticiler doğrudan doğruya havaya karışmış, canlılara ve çevreye zarar verecek konsantrasyona ulaşmış kirleticilerdir. Bu kirleticiler daha önce bahsedilen kuru havanın bileşimi haricinde havada bulanabilecek gazlar olabileceği gibi, yoğunlaşma çekirdekleri, çiçek tozu zerrecikleri, yangın dumanları, volkanik olaylardan ortaya çıkan ince tozlar gibi tabii olaylardan kaynaklı kirleticilerde olabilirler. Birincil kirleticiler doğrudan kirlenmeye yol açarlar (Garipağaoğlu, 2015, s. 17).

İkincil kirleticiler ise bir veya birden fazla kirleticinin kimyasal reaksiyonları girmesi ve yeni bir kirleticinin oluşmasıyla ortaya çıkarlar. Bu kirleticiler atmosferde su buharı ve yoğunlaşma çekirdekleri sayesinde reaksiyona girerler. Kirleticilerin atmosferde dağılışı, içerisindeki maddelerin boyutlarına ve çökme hızlarına göre değişmektedir. Eğer kirleticinin içerisinde bulunan maddelerin çapı büyük ve çökme hızları yüksek ise atmosferde uzun süre kalamazlar ve böylelikle atmosferde reaksiyona girerek ikincil kirleticinin oluşması ihtimali düşüktür. Bunun tam tersi olsa yani unsur boyutları küçük çökme hızı ise yavaş olursa atmosferde kalma zamanı artar ve diğer kirleticilerle reaksiyona girerek ikincil kirleticileri oluştururlar. Aynı zamanda atmosferde uzun süre kalması hava dolaşımıyla farklı yerlere de kirliliğin taşınmasına neden olmaktadır (Garipağaoğlu, 2015, s. 18). Sağlık açısından ise 1 ve 0,5 mikrondan daha küçük kirleticiler üst solunum yollarında daha fazla tutunarak tahrişe neden olmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı ikincil kirleticilerin oluşumunda kirleticilerin konsantrasyonları, dağılımları, havanın durgun ya da hareketli olması gibi nedenler etkili olmaktadır. Durgun hava şartlarında kirleticiler bir bölgede toplanır ve aşırı kirlenmeye neden olurlar. Özellikle büyük hava kirliliği felaketleri böyle durgun havalarda inversiyonunun da devreye girmesiyle oluşmuştur. Rüzgarlı havalarda ise

kirleticiler hava hareketi yönünde dağılmaktadır. Bunun en güzel örneklerinden biri İstanbul'da hava kirliliğinin olduğu dönemlerde Boğaz'ın koridor rolü oynamasıyla beraber yakın çevreye hava kirliliğini dağıtmasıdır.

Atmosferde bulunan kirleticiler gaz halinde ve parçacık halinde olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

1.2.1. Gaz Halindeki Kirleticiler

1.2.1.1. Karbonlu Gazlar

Karbon canlı yaşamı için temel maddelerden biridir. Karbonun yeryüzünde dört önemli kaynağı vardır. Bunlar; atmosfer(hava küre), litosfer(taş küre), hidrosfer(deniz ve tatlı sular) ve canlılardır. Atmosferde karbondioksit halinde; karada çoğu kez kömür, doğalgaz, kireçtaşı halinde; suda bikarbonat ve karbondioksit halinde; canlılarda ise tüm organik moleküllerin yapıtaşını oluşturmaktadır. Bilindiği üzere havada bulunan karbondioksit su buharı ve çeşitli besleyici tuzlarla birleşerek fotosentez yaparlar ve bunun sonucunda oksijen ve organik maddeler üretilir. Solunumda ise bunun tam tersi olarak karbondioksit ve su açığa çıkar (Kışlalıoğlu & Berkes, 2009, s. 135).

Temiz havanın bileşimde bulunan karbondioksitin (CO_2), dünya üzerinde fosil yakıtların kullanımına bağlı olarak konsantrasyonu artmıştır ve artan kısım kirletici konumuna gelmiştir. Bu gazın yılda ortalama 0,7 ppm arttığı tahmin edilmektedir, bu da sera etkisine oluşturarak yer radyasyonunu engeller ve sıcaklığın artmasına neden olur. Bu artış özellikle şehirlerde kullanılan enerji miktarını etkileyebilir (Garipağaoğlu, 2015, s. 19).

Karbon içerikli maddelerin tam olarak yanmaması nedeniyle ortaya çıkan karbon monoksit; renk içermeyen, kokusuz, zehirli bir gazdır. Atmosferde bulunan karbon monoksitin yaklaşık %90'ı bataklık gazının oksidasyonundan ortaya çıkan metandır. Bu gazı ise havadaki kimyasal maddeler ve topraktaki mikroorganizmalar daha az zararsız olan karbondioksite çevirmektedir. Geriye kalan %10 ise insanlardan kaynaklanmaktadır. Oran olarak bakıldığında küçük gibi görülse de büyük şehirlerde karbon monoksit gazı salınımı dünya ortalamasının 50 ila 100 katı büyüklüğünde

olabilir. Bu durumun nedenlerin biri de şehirlerde trafiğin yoğun olmasıdır. Bir kişi büyük şehirlerde yoğun trafikte araç içerisinde 25 ila 115 ppm, karayollarında ise 10 ila 75 ppm karbonmonoksit maruz kalır. Kandaki hemoglobinin ile birleşerek kısa zamanda oksijen noksanlığına neden olan zehirli gaz 750 ppm'de daha fazla maruz kalındığında ölümlere neden olmaktadır. 50 ila 100 ppm konsantrasyona bir iki saat maruz kalındığında ise şiddetli baş ağrısı oluşmaktadır (Muslu, 2000, s. 202).

1.2.1.2. Kükürlü Gazlar

Gaz kirleticiler arasında en bilineni olan kükürlü gazlar, yanıcı olmayan renksiz bir gazdır. En önemli kükürlü gazlar; kükürt dioksit (SO_2), kükürt trioksit (SO_3) ve hidrojen sülfür (H_2S)dir. Bu gazlarla kimyasal reaksiyona girerek ikincil kirleticiler ise; sülfürik asit (H_2SO_4) ve sülfat (SO_4) tuzlarıdır (Kırımhan, 2006, s. 54). Genel olarak SO_x sembolüyle gösterilen kükürt dioksit ve kükürt trioksit gazlarının tadı ekşi, korozyon yapıcı ve zehirlidirler. Atmosferde yapay olarak ortaya çıkan SO_2 'nin yanında, doğal kökenli SO_2 gazı da bulunmaktadır. Kükürt canlı yaşamı için başlıca kimyasal maddelerden biridir ve doğal olarak kaynakları yanardağlar, kayalardaki demir sülfid (FeS) ve bataklıklardan yayılan hidrojen sülfid gazı H_2S gibidir. Oksijensiz sistemlerde genel olarak organik maddelerin ayrışmasıyla ortaya çıkan çürük yumurta kokusunun sebebi hidrojen sülfid (H_2S) gazıdır (Kışlalıoğlu & Berkes, 2009, s. 141). Atmosferdeki kükürlü gazların başlıca kaynakları, fosil yakıtların kullanıldığı sahalar; termik santraller, kalitesiz katı yakıt kullanan endüstriyel tesisler ve evlerdir. Fosil yakıtlar az miktarda kükürt içerseler bile yakıldıkları zaman oksijenle birleşerek kükürt oksitleri oluştururlar. En bilinen gazlardan olan kükürt dioksit ise atmosferde su buharıyla (H_2O) birleşerek asıl önemli kirletici olan korozif ve ciğerleri parçalayan sülfürik aside (H_2SO_4) dönüşür (Muslu, 2000, s. 211).

Kükürdün temiz hava içerisinde bulunabilecek minimum konsantrasyonunu tayin etmek güçtür. Bu durum kirleticilerin varlığına, kaynakla arasında olan uzaklığa ve kirleticileri maruz kalan çevrenin meteorolojik durumuna göre değişmektedir. Fakat endüstriyel faaliyetlerde ortaya çıkan ergitme işlemlerinde ve kömür yakımı sırasında ciddi miktarda kükürt açığa çıkmaktadır (Muslu, 2000, s. 210).

Kükürlü hidrojen (H_2S) ise kötü kokulu ve zehirli bir gazdır. Turba ve benzeri ıslak zeminde çürüyen bitkisel artıklar, çöpler ve kanalizasyonlar bu gazın oluşmasında ana kaynağı oluştururlar. Ayrıca doğal olarak oluşan volkan bacalarından çıkan

dumanda ve okyanuslardan da H₂S gazı açığa çıktığı gözlemlenmiştir. Sudaki çözünürlüğü az olmasına karşın oksijenle reaksiyona girerek kendinden daha tehlikeli bir gaz olan SO₂'ye dönüşen kükürlü hidrojen atmosferden kolay biçimde uzaklaşmamakta ve SO₂'ye kaynak oluşturmaktadır (Garipağaoğlu, 2015, s. 20).

1.2.1.3. Azotlu Gazlar

Karbon ve oksijen gibi hayat için vazgeçilmez bir madde de azottur. Canlı vücudunun temelini oluşturan proteinlerin yanı sıra, çeşitli hormon ve vitaminlerin yapısında ve kalıtım işlevini gerçekleştiren nükleid asitlerde bulunan azotun yeryüzünde iki büyük rezervi bulunmaktadır. Bunlardan ilki canlılara hayat veren atmosfer, diğeri ise canlılardır. Atmosferde %78'lik oranla en fazla bulunan azot gazı (N₂), bazı mikroorganizmalar hariç canlılar tarafından kullanılamaz. Bunun yerine bitkiler tarafından inorganik nitrat (NO₃) ve amonyum tuzları (NH₄) halinde kullanılır. Nitrat tuzlarının az olduğu topraklarda verimlilik de az olmaktadır. Bu nedenle çevrede azot eksikliği, protein eksikliği ve beslenme eksikliği demektir. Havadaki azot gazının kimyasal reaksiyonlarla bitki ve hayvanların kullanabileceği forma dönüşmesi canlı devamlılığı için önem arz etmektedir (Kışlalıoğlu & Berkes, 2009, s. 137-138).

Atmosferde bulunan azotlu bileşikler 5 değişik formda ortaya çıkmaktadır. Bunlar; diazot oksit (N₂O), azot monoksit (NO), amonyak (NH₃), azot dioksit (NO₂) ve gibi gazlar ve amonyum (NH₄⁺) ve nitrat (NO₃⁻) tuzlarıdır. Topraktaki bakteriler ve atmosferin üst kesimlerinde bulunan azotun (N₂), oksijen ve azotla reaksiyona girerek renksiz bir gaz olan N₂O'yu oluşturmaktadır. Bu gaz gündelik hayatta anestezi de kullanılmakta ve kirletici özelliği bulunmayan bir gazdır (Kırımhan, 2006, s. 55).

Atmosferde eser miktarda bulunan ve kirletici özelliği olmayan diğer azot oksitlere örnek olarak N₂O₃, N₂O₄, NO₃ ve N₂O₅ gösterilebilir. Nitrit oksit veya azot monoksit (NO), hem doğal olarak hem de beşeri faaliyetler sonucu çevreye yayılmaktadır. Fosil yakıtların yüksek sıcaklıkta yanması sonucunda, atmosferdeki azotun termal bağlanmasıyla ortaya çıkan azot monoksit; azot dioksit (NO₂) ile birlikte yayılır (Karpuzcu M. , 1994, s. 196). Azotlu gazlardan biri de amonyak (NH₃)'tür. Kirletici olan amonyak gazı doğal yollardan yayılmasına rağmen kirletici sayılmasının nedeni insan faaliyetlerine bağlı olarak çevreye yoğun konsantrasyonlarda

yayılmasıdır. Daha çok biyolojik ayrışma sonucunda meydana gelen bu gaz, atmosferde değişik reaksiyonlara uğramaktadır. %75 oranında ıslak yüzeylerde absorbe edilerek (NH_4^+) formuna dönüşen gaz; %25 oranında ise gaz ya da amonyum halindeki asitlerle reaksiyona girebilir ya da nitrata dönüşebilir. Atmosferde daha çok gaz halinde bulunan azot oksitler, atmosferi uygun parçacık boyutuna geldiğinde terk eder. Özellikle nitrit veya nitratlı bileşiklere dönüşen azot, atmosferde döngüyü tamamlama da önemli rol oynamaktadır. Seinfeld (1975)'in çalışmasında geçen şekilde azotlu bileşiklerin atmosferdeki çevrimi ve kaynakları verilmiştir. Azot oksitleri daha çok insan faaliyetleri ile oluşmakta olup, azot dioksitler su buharı ile birleşerek nitrit veya nitrat tuzlarına dönüşmektedir.

Azot dioksit keskin koku veren bir gazdır. Bu gaz elektrik santrallerinde, içten yanmalı motorlarda, endüstri tesislerinde ve yüksek sıcaklıklarda atmosferdeki azotun oksijenle birleşmesinden kaynaklanır. NO_2 gazının ciğercileri tahriş edip bazı bitkilere zarar verdiği bilirse de, asıl problem gaz halindeki bulunan organik hidrokarbonlarla güneş ışığının da reaksiyonda girerek fotokimyasal oksitleyicilere dönüşmesidir. İkincil kirleticilerden olan fotokimyasal oksitleyicilerin en tanınmış ozondur. Havada katı veya sıvı parçacıklarıyla "fotokimyasal smog" adı verilen kirleticileri oluştururlar. İlerleyen bölümlerde bu tip kirleticilerden ayrıntılı bahsedilmektedir. Azot oksitlerin konsantrasyon oranları alev ve baca gazlarının sıcaklığını azaltarak nispeten kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Fakat otomobillerden meydana gelen kirlilik için alınan önlemler yetersizdir ve daha zordur. Bunun için özel katalizörler ve motor sıcaklığının düşürülmesi gerekmektedir. Fakat bu durumda da yetersiz yanmadan kaynaklı hidrokarbon ve karbon monoksit gazı açığa çıkmaktadır (Muslu, 2000, s. 213).

1.2.1.4. Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar yapısında yalnız karbon ve hidrojen meydana gelen organik bileşiklerdir. Hidrokarbonlar tek başlarına kirletici sayılmazken; fotokimyasal reaksiyonlara girerek zehirli ve kirletici olan "smog" haline gelirler. Karbon sayısı 1-4 arası olan hidrokarbonlar gaz haline bulunur, 4'ten fazla olanlar ise sıvı fazdadır. Atmosfer kirlenmesine ise gaz halinde olup, buhar basıncı düşük olan ve kolay buharlaşabilen hidrokarbonlar sebep olur (Calvert & Englund, 1984).

Karbon ve hidrojenlerden oluşan metan, butan, benzen gibi hidrokarbonlar, yanmamış ve kısmen yanmış benzinin ve endüstride kullanılan solventlerin

buharlaşmasıyla atmosfere karışırlar. Atmosferde bulunan hidrokarbon kaynaklarının nedeni hem doğal hem de insan faaliyetleridir. Bunlardan %15'i insan faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Fakat yerleşim alanlarında yüksek konsantrasyonlara ulaşır. Doğal kaynaklı bulunan hidrokarbonların en önemlisi mikrobiyal bozulmalarda oluşan biyolojik reaksiyonlardır. Atmosferde en çok bulunan hidrokarbon metandır. Doğal yollardan meydana gelen biyolojik bozulmalar neticesinde her yıl yaklaşık 250 milyon ton metanın atmosfere yayıldığı ölçülmüştür (Finlayson-Pitts, 1986). Atmosferdeki metan (CH₄) oranları 1,2- 1,5 ppm arası normal kabul edilmesine rağmen yerleşim alanlarında bu değer çok üstüne çıkmış görülmektedir. Metan gazı tıpkı karbondioksit gibi yıllar içerisinde atmosferdeki konsantrasyonu artmaktadır. Sera gazlarından biri olan metan, küresel iklim değişikliğinin en önemli sorumlularındandır (Kırımhan, 2006, s. 66).

ABD'de 1986 yılında yapılan çalışmada hidrokarbonların yapay kaynakları ve konsantrasyon miktarları belirlenmiştir. Diğer kirleticilerde de olduğu gibi hidrokarbonlarında en önemli yapay kaynağı endüstriyel proseslerdir (Finlayson-Pitts, 1986).

Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ise 2 veya daha fazla benzen halkasından oluşan organik bileşiklerdir. Suda çözünürlüğü az, yağda çözünürlüğü fazla olan PAH'lar daha çok parçacıklar üzerine absorbe edilir. Suda çözünen ve ya partiküller üzerine bulunan PAH ışık dalgalarını etkisiyle elektrik akımını da geçirmektedir (WHO, 1987). Polisiklik aromatik hidrokarbonlar atmosferde uzun süre kalmazlar. Yüzlerce çeşit PAH olmasına rağmen bunların sadece yüksek konsantrasyonda olanları zararlıdır. Özellikle "benzo (a) piren" kansiyonejik (kanserojen) kirleticilerden sayılmaktadır. 1981'de Federal Almanya'da BaP ile ilgili yapılan çalışmalarda emisyonlarının toplam miktarı 18 ton olarak kaydedilmiştir. Bunlardan %30'una kok üretim, %36'sına ısınmada kömür kullanımı, %13'üne motorlu araçlar, %0,5'den daha azına ise ısıtmada gaz kullanımı ve kömür yakan güç kaynakları neden olmaktadır (WHO, 1987). Bu yıllarda ısıtmada sert kömür briketleri kullanıldığından dolayı konsantrasyonlar daha fazladır. Briket yapımında bağlayıcı madde olarak zift kullanılmaktadır ve buda %1 kadar BaP ihtiva etmektedir. PAH'ların özellikle akciğer kanserinde önemli rol oynadıkları son yıllarda yapılan çalışmalarda görülmektedir (Gümüş, 1991, s. 85).

1.2.1.5. Fotokimyasal Oksitleyiciler: Ozon, PAN, Aldehitler

Fotokimyasal oksitleyiciler genel manada hidrokarbonlarla azot oksitlerin güneş ışığının etkisiyle reaksiyona girmesi sonucu oluşan ikincil kirleticilerdir. Katı veya sıvı parçacıklarıyla bir bütün halinde meydana gelen bu karışıma ise fotokimyasal smog adı verilir. Fotokimyasal oksidantlar arasında atomal oksijen (O), moleküler oksijen (O₂), peroksi propinil nitrat (PPN), peroksi asetil nitrat(PAN), peroksi butil nitrat (PBN), azot dioksit (NO₂), hidrojen peroksit (H₂O₂), Ozon (O₃), aldehitler, ve alkali nitratlar sayılabilir (Erbaşlar, 2005, s. 16). En zararlı fotokimyasal oksitleyiciler; ozon, Peroksi Asetil Nitrat (PAN), ve çeşitli aldehitlerdir.

Ozon; hava kirliliği ile en fazla alakası olan fotokimyasal oksidan olup, düşük konsantrasyonlarda dahi tarım ürünlerini ve otomobil lastiklerini harap etmektedir. Hatta bazı otomobil kazalarının ozon gazının sebep olduğu lastik patlamalardan ve buna benzer teknik arızalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir (Karpuzcu M. , 1994, s. 197). Atmosferin üst katmanlarında solar radyasyon etkisiyle oluşan ozon, düşük konsantrasyonlarda bile alt katmanlarda difüzyona uğrar. Basit bir orman yangınında ve şimşeklerde bile düşük miktarda ozon konsantrasyonu açığa çıkmaktadır. Herhangi bir müdahale olmadan havadaki ozon konsantrasyonu 0,1 - 0,4 ppm arasında değişmektedir (Erbaşlar, 2005, s. 18). Bu seviyenin üzerine çıktığında insanlarda burun ve boğaz iltihaplanmalarına, 1- 3 ppm arasında ise aşırı yorgunluk hissine neden olmaktadır. Çok yüksek konsantrasyonlarda ise kısırlığa hatta ölüme yol açabilir (Karpuzcu M. , 1994, s. 198). PAN bileşikleri ve aldehitlerde çok düşük konsantrasyonlarda bile bitkilere zarar verip insanlarda göz tahrişine neden olurlar. Bu kirleticiler ek olarak birde daha çok endüstriyel üretimden kaynaklanan Hidrojen Flüorür (HF) gazı bulunmaktadır. Bu gazın salınımına neden olan kaynaklardan bazıları; demir-çelik fabrikaları, alüminyum fabrikaları, süper fosfat gübre fabrikalarıdır. Bunların yanında cam sanayi, tuğla, çömlek, seramik imalatı yapan tesislerde flüorür gazına rastlanmaktadır. Ayrıca ısınmada kullanılan kömürde ve kömürlü çalışan termik santrallerde kullanılan kömürün özelliklerine göre flüorür gazı bulunmaktadır (Kırımhan, 2006, s. 55).

Tüm bu organik gaz ve parçacıklar atmosferde öncelikle su buharı ile daha sonra da güneş ışığının da etkisiyle reaksiyona girerek daha karmaşık yapıdaki ikincil kirleticileri oluşturmaktadırlar. Bu şekilde oluşan kirleticiler birincil kirleticilerden daha

tehlikelidir (Kırımhan, 2006, s. 56). Fotokimyasal sislerin oluşumu dinamik bir olaydır. Büyük ölçüde güneş ışığına bağlı olduğunda sabah saatlerinden itibaren artışa geçmekte ve gün içinde yoğunlukları değişmektedir (Karpuzcu M. , 1994, s. 197).

Literatüre “Los Angeles sisi” olarak geçen fotokimyasal smog ilk olarak 1941 yılında Los Angeles’ta kahverengi havanın rahatsızlık vermesiyle geçmiştir. 1960'lara kadar SO₂ kontrolü yaparak önlenmeyen çalışan kahverengi sisin asıl nedeni, Arie J. Haagen Smith adlı bir biyokimyacının çalışmasıyla ortaya çıkmıştır. Aslında meyvelere koku veren kimyasalları tanımaya çalışan araştırmacı, daha sonraları rahatsızlık veren ozon gazını fark etmiştir. Havadaki kirlilikle ilgisi olduğunu düşünüp hava numunesini konsantre hale getirdi. Ve sonrasında ise fotokimyasal sisin ana kirleticileri olan; ozon, hidrokarbon, aldehit ve diğer organik bileşikler ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine ilgililer petrol rafinelerinde yayılan hidrokarbon konsantrasyonlarına sınırlama getirmiş, buna rağmen ciddi bir değişiklik olmamıştır. Daha sonraları hidrokarbonların asıl kaynağı olan egzoz gazlarına müdahale edilmiş, hidrokarbonlarla birlikte göz tahrişleri de yavaş yavaş azalmaya başlamıştır. Hidrokarbon seviyelerinde %12'lik bir azalma kaydedilirken, bu seferde NO ve NO₂ 'lerde %28'lik bir artış olmuştur. Bunun sebebi ise egzostta hidrokarbon ve karbondioksit oranlarını azaltmak için, hava girişini arttırarak tam yanmayı sağlamışlardır. Daha fazla havanın içeriye girmesi ve yanmayı sağlamak içinde motorun sıcaklığını arttırmak zorunda kalmışlardır. Bu durumda da motor içerisindeki azot ve oksijenin reaksiyon hızını arttırmış olup NO₂ gazının salınımına neden olmuşlardır. Sonradan anlaşılmıştır ki içten yanmalı motorlarda her iki kirleticiyi de azaltmak mümkün değildir. Son yıllarda yapılan çalışmalarla egzosta takılan bir katalizör yardımıyla NO çıkışını azaltmak mümkündür (Muslu, 2000, s. 206).

1.2.2. Partikül Halindeki Kirleticiler

Hava kirliliğinde etkin rol oynayan diğer kirleticiler ise salımının olduğu ortamda veya taşındığı yerlerde atmosferde asılı olarak hareket eden ve büyüklüklerine göre çökelebilen parçacıklardır (Kırımhan, 2006, s. 69). “Ortalama molekül büyüklüğü 0,0002 µm çaptan büyük olan ve havada bir süre asılı kalabilen her türlü maddeye partikül madde” denir (Tırıs, Kalafatoğlu, & Okutan, 1993, s. 67). Buna göre yalnızca maddenin yoğunluğu da göz önüne alınırsa en iri partikül boyutu maksimum 500 µm kadar çapta olması gerekir (Tırıs, Kalafatoğlu, & Okutan, 1993, s. 68). Çökme eğilimleri yüzünden ise tozluluk yaklaşık 40 mikrondan daha iri parçacıklarda görülmez

(Müezzinoğlu A. , 1987). 0,1 µm den küçük partiküller molekül özellikleri taşıyarak Brown hareketleri (rastgele hareketler) yaparlar. 1-20 µm arasındaki tanecikler ise kendisini taşıyan gaz moleküllerin özelliklerini taşırlar. 20 µm'den büyük olan iri partiküller ise boyutlarından dolayı havada asılı kalma süreleri kısalmaktadır (Erbaşlar, 2005, s. 7).

Partiküler maddeler sadece boyutlarına göre değil; kökenleri, cisim halleri ile de birbirlerinden ayrılırlar. Köken bakımından organik ve inorganik olarak ayrılmaktadırlar. Organik partiküller bakteriler, virüsler, polenler, sinekler, böcekler, tuz sprayleri vb. kirleticilerdir. İnorganik kirleticiler ise beşeri veya doğal faaliyetler sonucunda ortaya çıkan kirleticilerdir. Deniz tuzu, kum, çimento, kurşun, toz bu tarz kirleticilere örnek verilebilir. Atmosferde bulunan veya bir kirleticisi noktasından atmosfere salınan partikül halindeki kirleticiler, atmosferde bulunan diğer metal ve metal olmayan maddelerle birleşerek karmaşık yapıda kirleticiler oluştururlar (Garipağaoğlu, 2015, s. 21). Bunlardan bazıları;

1.2.2.1. İnce tozlar (dust)

Daha ince partikül yapısına sahip kömür, kül, çimento gibi maddelerin taşınması veya işlenmesi sırasında havaya karışan katı parçacıklar, mekanik atölyelerden doğrudan atmosfere yayılan ince tanecikler, kum yıkama veya püskürtme işlemleri esnasında ortaya çıkan tor zerrecikler ince tozlar(dust)kategorisine girmektedir.

1.2.2.2. Kimyasal buharlar (mist)

Herhangi bir buharın kimyasal olarak yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan sıvı zerreciklerdir. Sülfürik asit buharlarının oluşumu bu tip kirleticilere en güzel örnektir. Kükürt trioksit gazları 22°C'de yoğunlaşarak sıvı halini alırlar, SO₃ gazları hidroscopik yani havadan nem çekme özelliğine sahip olduğundan, havadaki su zerrecikleriyle reaksiyona girerek, sülfürik asidi meydana getirir. Bu kirleticilerin çapları 0,5 – 3,0 mikron arasında değişmektedir.

1.2.2.3. Kimyasal dumanlar (füme)

Buharların süblimleşme, damıtma veya yoğunlaştırılması sonucunda meydana gelen bir metal oksittir. Yüksek sıcaklıkta gaz haline gelmiş metalin oksitlenerek yoğunlaşmasıyla ortaya çıkan cıva ve kurşun oksitler kimyasal dumanlara örnek verilebilir. Genellikle kimyasal duman çapları 0,03 – 0,3 mikron arasında değişmektedir.

1.2.2.4. Yanma dumanları (smog)

Karbon içerikli maddelerin yanma esnasında tam yanmaması nedeniyle ortaya çıkan katı zerreciklere yanma dumanları (smog) adı verilmektedir. Bu dumanların çapları yaklaşık 0,05 – 1 mikron arasında değişmektedir.

1.2.2.5. Spray

Herhangi bir sıvı maddenin atomların ayrılması neticesinde ortaya çıkan sıvı zerreciklerdir (Karpuzcu M. , 1994, s. 205).

1.3. ATMOSFER KİRLETİCİLERİNİN CANLI VE CANSIZ ORTAM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Atmosfer kirleticilerinin etkileri değişkendir. Özellikle bu değişkenlik; kirleticiler maddelerin cinsin ve miktarına, kirleticiler kaynağın özelliklerine, taşıyıcı ve alıcı ortamın özelliklerine bağlıdır. Kirleticiler maddelerin gaz, sıvı veya katı halde olup, kaynaktan ayrıldığı anda birincil, ikincil veya üçüncül kirleticilerle reaksiyona girmesi etkilerini büyük oranda etkilemektedir. Ayrıca kirleticiler kaynağa yakın olmak öncelikli risk bölgesinde olmak demektir. Hava kirliliği alıcı kaynaklar baz alınır, yakın çevresinde başlayarak, birkaç yüz metreden yüzlerce kilometreye kadar olan alandaki canlı ve cansız varlıkları etkilemektedir. Kimi zaman kirleticiler kaynağa en yakın mesafede etkisini gösterirken, kimi zamansa atmosferik olayların etkisiyle çok uzak alanlara taşınmaktadır. Bu sebeplerden dolayı hava kirliliği yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası kulvarlarda ele alınmaktadır (Kırımhan, 2006, s. 153). Atmosfer kirleticilerinin insan sağlığı üzerinde etkileri, bitki ve hayvanlar ve yapılar üzerindeki etkileri olmak üzere iki alt başlıkta incelenebilir. Ayrıca hava kirliliğinin neden olduğu düşünülen asit yağmurları ve küresel ısınma etkileri bu başlık altında incelenecektir.

1.3.1. Kirleticilerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Hava kirliliği tüm dünyada sağlığı tehdit eden önemli bir faktördür. Her ne kadar uzun bir dönem hastalıkların hatta ölümlerin ana nedeni olarak hava kirliliği görülme de; hastalıklarla alakalı küresel düzeyde yapılan bir araştırma, hava kirliliğinin sağlığı tehdit eden risk faktörlerinden biri olduğunu göstermiştir (IHME, 2014). Dünya üzerinde yaklaşık 7 milyon kişi hava kirliliğinden erken yaşta ölmektedir; bunlardan 400,000 kişi ise Avrupa Birliği'nde olduğu kaydedilmiştir (EEA E. , 2014). OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) raporlarına göre ise de 2050 yılında dünya genelinde çevresel faktörlere bağlı ölümlerin birinci nedeni dış ortam hava kirliliği olacağı belirtilmektedir (OECD, 2012). Aslında hava kirliliğinden öldüğü varsayılan hiçbir hasta yoktur. Bunun yerine raporlarda; kronik bronşit, mide, akciğer kanseri veya kalp hastalıkları geçmektedir (Muslu, 2000, s. 202). Hatta son yıllarda yapılan çalışmalara göre hava kirliliği kansere neden olan en önemli çevresel faktör olarak gösterilmiştir (IARC, 2013). Türkiye ise Avrupa'da görülen hava kirliliğine bağlı ölümlerde ilk sırada yer almaktadır. 2010 yılında Türkiye'de dış ortam şartlarında ozona ve partiküler maddeye maruz kalma sebebiyle 28924 kişinin erken yaşta öldüğü kaydedilmiştir (OECD G. , 2014).

İnsan sağlığı açısından etkileri bilinen ve dikkat edilmesi gereken kirleticiler; partiküler maddeler, karbon monoksit, ozon, azot oksitler, kükürt oksitler, kurşun, cıva, berilyum gibi ağır metallerdir. Partiküllerin solunum işlevini yerine getiren organlarda etkileri ve birikme yerleri özellikle partikül boyutuna göre değişmektedir. Her gün içimize çektiğimiz 7620 lt hava önce nefes borusundan içeriye girerek önce büyük sonra küçük hava borularından geçer ve broşların uçlarına kadar ilerler. Son olarak *bronşiol tüpler* olarak adlandırılan bu ince tüplerden sayıları 300 milyondan fazla olan hava keselerine geçmesiyle son bulur. Havadaki oksijen ise alveol keselerinin cidarları içerisinden geçip kandaki hemoglobinin ile buluşur. Bu işlemde hava geri verildiğinde ise karbon dioksit, alveol cidarlarından kese içine doğru verilir ve aynı yoldan geri atılır (Muslu, 2000, s. 203).

Aslında vücudumuzun kirli havaya karşı müdafaa gücü vardır. Özellikle burnumuzun içinde bulunan *cilia* adı verilen titretilen tüyler parçacık halindeki katı maddeleri filtre ederek tutmaktadır. Fakat atmosferde bulunan kimyasal maddeler bu tüycükler tarafından tutulamaz. Ayrıca akciğerlerde alveolların olduğu bölgede "cilia"lar

olmadığı için kirleticiler buralarda birikir ve uzun dönem kalabilirler. Özellikle partiküler maddelerin boyutları tehlike arz etmesi konusunda önemlidir. 0,1 mikrondan küçük çaplı tanecikler, Brownian hareketleriyle alveollara kadar ulaşabilmekte ve “alveoli” denilen çukurlara yerleşmektedir. 1 mikrondan daha büyük tanecikler ise bu bölgeye ulaşmadan tutulurlar (Karpuzcu M. , 1994, s. 210).

Sağlıklı bir akciğer dokusu nefes alıp verirken daha kolay açılıp kapanması için süngerimsi ve elastiktir. Fazla miktarda partikül maddelere, NO₂ ve ozon gibi kirleticilere maruz kalan akciğer katılarak elastikliği bozulur ve nefes alıp verme özelliğini yitirmeye başlar. Kalp kanı pompalamak için daha fazla çalışır, neticede kalp büyür ve performansı düşer. Bu da canlıların ömrünü kısaltır. Yapılan bir araştırmada yıllarca şehirde yaşayan genç bir bireyin akciğer dokusunun normalde pembemsi tonlarda olması gerekirken siyahlaşmış olduğu görülmüştür (Muslu, 2000, s. 203). Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency – EEA) 2014 verisine göre Türkiye’deki kentsel nüfusun %97,2’si sağlıksız oranlarda partiküler maddeye maruz kalmaktadır (EEA, 2014).

Kirleticilere maruz kalan bireylerde solunum bulgularında, enfeksiyona bağlı hastalıklarda artış; akciğer iltihabı, akciğer fonksiyonlarında azalma, astık atakları ve buna bağlı hastaneye yatışlarda artış; kronik tıkaçıcı akciğer hastalığı (KOA) ve akciğer kanserinde artış görülmektedir (HEAL, 2015, s. 2). Yapılan çalışmalarda yüksek PM konsantrasyonlarının özellikle çocuklarda akciğer fonksiyonlarının yavaş geliştiğini göstermektedir (Gauderman, 2002, s. 78). Hava kirliliğinin daha az olduğu alanlara yerleştirilen çocuklarda iyileşme görülürken, daha kirli bölgelere yerleştirilenlerde ise akciğer fonksiyonlarında kötüleşme olduğu kaydedilmiştir (Avol, 2001, s. 2068).

Hava kirliliğine uzun dönem maruz kalma astım vakalarında artışa neden olduğu gibi, var olan solunum rahatsızlıklarında da –amfizem, KOA ve akciğer kanseri gibi kronik hastalıklarda da - ciddi bir artış olmaktadır. KOA, bireyin normal nefes alıp verişini zorlaştıran ve ölüme sonuçlanabilen bir akciğer hastalığıdır. Geçtiğimiz 20 yıl içerisinde KOA hastalığından hayatını yitiren kişi sayısı %60’ın üzerinde artış göstermiştir (HEAL, 2015, s. 2).

Partiküler madde kirlenmesinde en zararlı maddelerden olan kurşun ve berilyuma, maruz kalındığında kana karışarak; kırmızı kan hücrelerinin gelişmesini ve

olgunlaşmasını engellemektedir. Uzun bir süre benzinde kullanılan kurşun özellikle trafiğin yoğun olduğu bölgelerde sağlığı ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. 2001 yılında Bursa'da dışarıda görev yapan trafik polisleri ile içeride görev yapan polis memurlarının kandaki kurşun seviyeleri karşılaştırılmış ve ortalama 5 yıldan daha fazla dışarıda görev yapan trafik polislerinin kandaki kurşun seviyeleri daha fazla çıkmıştır (Pala, Nalan, & ark., 2002, s. 362). Berilyum elementinin ise $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bile olsa, akciğerlerden kana karışarak zehirli olduğu gözlenmiştir. Bu kirleticiye maruz kalındığında oluşan başlıca belirtiler; nefes darlığı, kilo kaybı, öksürük ve bazen de kemik dokularında bozulmalardır. Bunun yanı sıra aldehitler ile göz rahatsızlıkları arasında bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir (Karpuzcu M. , 1994, s. 210).

Son yıllarda yapılan araştırmalarda hava kirliliğinin kardiyovasküler sistemler üzerinde de doğrudan ve dolaylı yollardan etkili olduğu ortaya konulmuştur (WHO, 2003). Kirleticilerin kardiyovasküler sistemler ve akciğer reseptörleri üzerindeki doğrudan etkileri bulunmaktadır. Bunlar; çözünebilir $\text{PM}_{2.5}$ içindeki geçiş metalleri ve çok ince boyutta partikül maddeler ve kirletici gazlar, akciğer epitelini geçerek oradan dolaşıma katılırlar. Dolaşıma katılan kirleticiler doğrudan kalbe ulaşarak bir saat içinde gelişen ani kalp krizlerine neden olmaktadır. Kirleticilerin neden olduğu oksidatif stres /inflamasyon ile birlikte birkaç saat ya da birkaç gün arasında değişen akut ve kronik etkiler daha az ortaya çıkmaktadır (HEAL, 2015, s. 2). Kirleticilerin genel olarak kardiyovasküler etkileri; kalbin otonomik fonksiyonunda bozulmalar, kalp kaynaklı göğüs ağrısı, kan basıncının yükselmesi, damar sertleşmesi, hemostatik sistem, tromboz ve akut faz reaktanları, ST segment değişikliği, sol ventrikül fonksiyonlarıdır (Kardeşoğlu, Yalçın , & Işılak, 2011, s. 99).

Havadaki partiküler maddenin çözünmesiyle ortaya çıkan ağır metaller özellikle çocuklar için nörotoksittir. Gelişmekte olan bilişsel fonksiyonlarında yavaşlama, daha sonraları da sözel bellek ve sözel akıcılığı etkilemektedir. Saldırganlık, depresyon ve uyku bozuklukları gibi davranış sorunları, antisosyal ve ihmalkar davranışların nedeni olarak kurşuna maruz kalma gösterilmiştir. Aynı zamanda anne karnında maruz kalınan cıva, bebeğin beyin ve sinir sistemi gelişmesini olumsuz etkileyerek, bilişsel düşünme, dil ve ince motor beceriler hafıza dikkat gibi görsel beceriler üzerinde etkileri görülmektedir. Bunun yanında ilerleyen dönemlerde aralarında obezite diyabetik, prostat ve göğüs kanseri gibi hormonlarla alakalı hastalıkların nedenleri arasında sayılmaktadır (HEAL, 2015, s. 3).

1.3.2. Kirleticilerin Hayvan Ve Bitki Toplulukları Üzerindeki Etkileri

Hava kirliliği insan sağlığı üzerinde etkisi olduğu kadar diğer canlı ve cansız varlıklar üzerinde de etkisi önemlidir. Bunun nedeni ise kirleticilerin ekolojiji de olumsuz etkilemeleridir. Özellikle sera gazlarının neden olduğu iklim değişikliği, ozon tabakasındaki ozon gazının derişimi nedeniyle zararlı ışınların daha fazla yeryüzüne ulaşması, katı, sıvı veya gaz halindeki kirleticiler ve kirleticilerin neden olduğu asit yağmurları gibi nedenlerden dolayı ekosistem ciddi zarar görmektedir (Kırımhan, 2006, s. 148).

Özellikle asit yağmurları tesirleri bitki ve yapılar üzerinde azımsanmayacak kadardır. Yağmur suları yapısı bakımından hafifçe asitlidir. Havadaki doğal olarak bulunan karbondioksitin yine havada az miktarda bile olsa bulunabilen kükürt ve nitrojen oksitlerin su ile tepkimeye girmesinden dolayı yağmur sularında olan asit, bu bileşimde bulunan kükürt ve nitrojenin artmasıyla yer yer asit yağmurlarına neden olmaktadır. Asit yağmurlarının ilk olarak fark edilmesi Kuzeybatı Avrupa'da olmuştur ve 1972'te 1. Uluslararası Dünya Çevre Kongresi'nde İsveçliler tarafından gündeme getirilmiştir (Kışlalıoğlu & Berkes, 2009, s. 144). Bu olayın ilk olarak İsveç, Norveç gibi İskandinav ülkelerinde fark edilmesinin en büyük nedeni; buralara yağın asidin Almanya ve İngiltere' de bulunan yoğun sanayi tesislerinden çıkan kirleticilerin rüzgârlarla taşınarak bu bölgeye ulaşmasındandır. Araştırmacılar asit yağmurlarının iç suları etkilediğini, göl ve nehirlerin doğal dengelerinin bozulduğunu ve bu göllerin zamanla canlı çeşitliliğini yitireceğini kanıtlamışlardır. Daha sonra yapılan çalışmalar ise sadece iç suların değil karasal ekosistem bünyesinde bulunan bitki örtülerinin de zarar gördüğünü göstermiştir (Whelpdale, 1983, s. 72-80). Aynı durumlar 1978 yılında Kanada'da ABD'den gelen kirleticilerden dolayı yaşanmıştır. Asit yağmurlarının uluslararası sorun haline gelmesinin nedeni; 1960'lı yıllarda atmosferdeki SO₂ konsantrasyonunu azaltmak için baca boyunun yükseltilmesi olarak görülmektedir. Yerel bazda kirletici etkisini azaltmak için alınan bu tedbirle ekolojinin temelinde bulunan "Birinci Termodinamik Kanunu"nda "*Enerji ve Maddenin Sakınımı*" olarak bilinen kanun gözardı edilmiştir. Çünkü bu kanuna göre doğada enerji ve maddeler hiçbir yolla yok olamaz. Seyreltilip dağıtılan kükürt dioksitler ekosistemde başka bir yerde kendini göstermektedir (Kışlalıoğlu & Berkes, 2009, s. 144). Asit yağmurları Türkiye'yi de etkilemektedir. Avrupa'dan gelen kirliliği hava Trakya ve Karadeniz'i etkilemektedir (Çakır, 1988, s. 35-44). Asit kireçle nötrale olmaktadır. Bu sayede

Doğu Karadeniz hariç diğer bölgelerde asit yağmurları etkisini kaybetmektedir. (Rodhe, 1989, s. 155-160)'de sunduğu asit yağışlarının etkili olduğu ülkeler haritasında Türkiye'nin bulunmaması ülke için ciddi bir sıkıntı olmadığını göstermektedir. Fakat yerel bazda asit yağmurlarının etkilerine Ergani bakır madenlerinin etrafında arazilerde, Murgul(Göktaş) Bakır Fabrikası, Samsun ve Gelemen'deki bakır izabe ve azot gübresi fabrikalarının çevrelerinde rastlanmaktadır (Çepel, 1983, s. 362).

Hava kirliliğinden etkilenen bitkilerin yapraklarında renk değişimleri, yaprak dokularında hasarlar ve büyümelerinde yavaşlama tespit edilmiştir. Özellikle yem bitkileri, yenebilen sebzeler, süs bitkilerinin besi değerleri düşer, büyümeleri yavaşlar, meyveleri küçülür. Farklı türde kirleticiler farklı türde bitkilere tesir etmektedir. Örneğin kükürt dioksit; buğday, elma ve pamuk türlerine daha çok zarar verirken, flörürler çayır ve çam kozalarına etki ederler. Ozon 0,15 ppm konsantrasyonunda tütün, domates, patates, fasulye gibi bitkilere zarar verirken; PAN kirleticisinin 0,01 ppm konsantrasyonuna 6 saat maruz kalan lahana ve fasulye yapraklarının renk değişimine uğramasıyla zarar görmektedirler (Karpuzcu M. , 1994, s. 210).

Bitkiler olduğu kadar hayvanlarda hava kirliliğinden etkilenmektedir. Geçmişteki büyük hava kirliliği felaketlerine bakıldığında hayvan ölümlerinin de kaydedildiği görülmektedir. 1948'de Pensilvanya'da yaşanan hava kirliliği felaketinde kanaryaların %20'si, köpeklerin % 15'inin etkilendiği görülmüştür. Daha sonraları ise kanaryalar hava kirliliğinin tespitinde deney hayvanı olarak kullanılmıştır. 1900'lerin başında ABD'de bulunan bir bakır işletmesinin yakında otlayan hayvanların öldüğü, yine Almanya'da bir fabrikanın civarında bulunan at ve sığırların kurşun ve çinkodan zehirlendikleri kayda geçmiştir (Karpuzcu M. , 1994, s. 210).

1.3.3. Yapılar ve Küresel İklim Üzerindeki Etkileri

Özellikle asit yağmurlarıyla metal, kireçtaşı ve mermer yapılara ciddi zarar verilmektedir. Bunun yanında kükürt dioksit ve sülfürik asit lastik, plastik ve bazı kumaş türlerine etki etmektedir. Yüzeyler üzerine biriken 0,3 mikrondan küçük kirleticiler eşyaların, binaların, yapıların zamanla tahrip olmasına neden olmaktadır. Trafiğin yoğun olduğu bir cadde üzerinde dairede oturan birey camları açık olduğunda eve biriken tozdan bunu çok net anlayabilir. Cam kapalı olsa dahi üzerinde biriken

partiküller maddi manevi külfettir. Bunun yanında fotokimyasal smog nedeniyle şehirleri kaplayan gri hava yüzünden ise daha fazla aydınlatmaya bu da daha fazla enerji harcanmasına neden olmaktadır. Daha fazla enerji ihtiyacı da daha fazla kirleticinin atmosfere salınmasına neden olmaktadır. Bu da insanların içinde bulunduğu kısır döngüyü göstermektedir (Muslu, 2000, s. 205).

Karbondioksit, metan, su buharı gibi sera gazları güneşten gelen kısa dalga boyundaki enerjinin dünyaya ulaşmasını, uzun dalga boyundaki enerjinin ise çıkışını kontrol etmektedir. Sera gazlarındaki artış dünya yüzeyine yakın bulunan atmosfer tabakalarında ısının daha fazla tutulmasına ve küresel iklim değişikliklerine neden olmaktadır (Türkiye Büyük Millet Meclisi, 2008). Kyoto Protokolü'nde belirlenen başlıca sera gazları; karbon dioksit, metan, hidroflorokarbonlar, nitrözoksit'dir. Bu gazlardan bazıları atmosferdeki sera etkisini doğrudan etkilerken, bazıları ise dolaylı yoldan katkı sağlamaktadır. Özellikle karbondioksit miktarındaki artış küresel iklim değişikliğini doğrudan etkilemektedir (Çelik, Bacanlı, & Görgeç, 2008). Fosil yakıt kullanımının artması, motorlu kara taşıt sayısının artması ve endüstriyel faaliyetler sırasında ortaya çıkan gazların sera etkisine katkıda bulunması gibi nedenler küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği sonucunda yeryüzünde ortalama sıcaklıkların artması, Dünya'nın bazı bölgelerinde ani sağanak yağışlar ve sellerin sayısının ve şiddetinin artarken bazı bölgelerde de kuraklıkları yaşanacağı tahmin edilmektedir. Bunun yanı sıra kutup bölgelerindeki buzulların erimesiyle denizlerin yükselmesi, verimli tarım arazilerinin sular altında kalması gibi senaryolar bulunmaktadır. Uluslararası İklim Değişimi Paneli (IPCC)'nin yaptığı çalışmalarda deniz seviyesinde 21 yüzyılda 0,18 m ile 0,59 m arasında artış olacağı, bu yüzden de Kiribati, Marshall adaları, Maldiv adaları, Tonga gibi yerleşmelerin sular altında alacağını belirtilmiştir (IPCC , 2007). Atmosferdeki sıcaklığın artmasına bağlı olarak deniz suyu sıcaklığında da artlar olmuş bu duruma uyum sağlayamayan mercan popülasyonunda da azalmalar meydana gelmiştir. Mercan kayalarının ölümü ise bulunduğu ekosistemin tamamını etkilemektedir (Matthies, Bidder, & Cardenosa, 2008).

1.4. HAVA KİRLİLİĞİ KONTROLÜ

Hava kirliliği insanlık tarihi boyunca etkisini hissettirmiş fakat insanlar için hava kalitesini iyileştirmek adına önlemler almak yakın tarihleri bulmuştur. Uzun yıllar bütün atıklarını doğaya salarak doğada rüzgârlarla kaybolduğuna inanan insanoğlu, bu atıkların kendisine ve çevresine ciddi zarar verdiğini fark edip; kirletici emisyonları sınırlandırması ya da önlenmesi için para harcaması oldukça zor olmuştur. (Karpuzcu M. , 1994, s. 164-175)'de hava kirlenmesi kontrolünü 4 ana başlık altında incelemiştir. Bunlardan ilki kirletici kaynaklarının düzeltilmesi ve müdahale edilmesidir. Daha sonra kullanabilecek yöntemler ise kirleticilerin toplanması, soğutma, temizleme tarzı kirletici kaynaktan ayrıldığında müdahale edilebilecek yöntemlerdir.

1.4.1. Kaynakların Düzeltilmesi

Hava kirliliğinin önlenmesinde en kesin ve en kolay yöntem aslında işi kaynağında çözmektir. Kirlenmeye neden olan kaynakların kontrolü ve düzeltilmesinde öncelikle kirlenmeye neden olacak maddelerin daha proses girişinde kirleticiden ayrı tutmak gerekir. Örneğin trafikte önemli bir kirletici olan kurşunu, benzin bileşeninden çıkartarak kirlenme kontrol altına alınabilmektedir. Benzinden çıkarılan kurşun, bu haliyle de kirletici konumundadır. Bu yüzden yine kaynaktan çıkışı olmadan içeriğinde bulunan kirletici maddelerin bazı işlemlerden geçirilerek azaltılması gerekmektedir. Ayrıca kükürt miktarı daha düşük olan yakıtları kullanarak da atmosfere salınan kükürt miktarı düşürülebilir. Kaynakların düzeltilmesinde yapılabilecek üçüncü yöntem ise kirleticileri minimum hasar verecek şekilde işletilmesidir. Özellikle yakma metotları ortaya çıkabilecek azotu azaltmada çok etkilidir. Yüksek sıcaklıklar sonucu meydana gelen azot monoksitler veya eksik yanma sonucu meydana gelen karbon monoksitler doğru yanma metotları kullanılarak azaltılabilir. Dördüncü yöntem ise aslında asıl tercih edilmesi gereken yöntemlerdir. Sınırlı ve kirletici olan fosil yakıtların kullanılmasının bırakılıp alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi gerekmektedir. Böylesi hem insanlık hem de çevre için daha avantajlıdır.

1.4.2. Kirleticilerin Toplanması

Hava kirlenmesinin kontrolü üzerine çalışanların en zorlandıkları yöntem kirleticilerin toplanmasıdır. Özellikle dağınık yerleşim gösteren sanayi kuruluşları ve

araçlardan çıkan egzoz gazlarını bir arada toplamak imkansızdır. Sanayi kuruluşlarının emisyon kontrolü için önce kirletici akımını kontrol altına almak, daha sonra da kontrol cihazlarını aktif olarak kullanmak gerekir.

1.4.3. Kirleticilerin Soğutulması

Kirleticiler kaynaktan ayrıldığında kontrol cihazlarına verilemeyecek kadar sıcak olduğundan öncelikle soğutma işlemine tabi tutmak gerekir. Emisyonların soğutulmasında kullanılan yöntemler; emisyonların seyreltilmesi, emisyonların su ile soğutulması ve emisyonların helezon şeklindeki borulardan geçerek soğutulmasıdır. Seyreltme metodu kirletici gazların minimum seviyede olması halinde kullanılabilir. Su ile soğutmada ise partikül ve gaz kirleticilerin bir kısmı temizlenmiş olur. Fakat geriye temizlenmesi gereken sıvı bir atık kalmaktadır. Kirleticilerin soğutulması için kullanılan en uygun yöntem borulardan geçirilerek yapılan işlemdir.

1.4.4. Kirleticilerin Temizlenmesi

Çok çeşitli temizleme cihazları geliştirilmiştir. Bu cihazlar kirletici kaynakların karakterine ve kontrol cihazının özelliklerine göre belirlenir. Özellikle partikül boyutuna uygun cihazlar kullanılmalıdır. Örneğin yüksek konsantrasyonlarda bulunan SO_3 ün temizliğinde su sprayleri kullanılır. Ancak temizleme sonunda ortaya çıkan H_2SO_4 için oluşacak korozyon problemi için dikkatli olmak gerekir. Emisyonların temizlenmesinde kullanılan temizleme cihazlarından bazıları şunlardır;

- **Çökeltme Odaları;** çalışma prensiplerinde, belli bir hızda alınan toz emisyonların daha geniş bir alana aktarılmasıyla akış hızının düşmesi ve yer çekiminin de etkisiyle çökmesidir (Cerit, 2016). Bu nedenle bu cihazlar sadece iri taneli partikülleri tutmaktadır.

- **Siklonlar;** daha çok ön tasfiye işleminde kullanılan siklonlar iri partiküllerin uzaklaştırılmasında etkin bir yöntemdir. Kirli hava konik tabanlı bir silindirin içine hızlı bir şekilde püskürtülür. Silindirin dış yüzeyine çarpan partiküller konik tabandan dışarıya atılır.

- **Torba Filtreler;** Vakum ve torba filtreler kullanılan en yaygın filtrelerden olup; torba filtreler mikrondan daha küçük partiküllerin tamamını ayırıştırır. Sanayide yaygın bir şekilde kullanılır. Fakat bu filtreler sıcaklık ve neme karşı duyarlıdır.

- **Islak Toplayıcılar;** Kullanımı pek çok şekil ve biçimde olan ıslak toplayıcılar özellikle ince partiküllerin ayrıştırılmasında kullanılmaktadır. Fakat bu sistem gerisinde kirli su ve buhar bıraktığı için sıkıntı oluşturmaktadır.

- **Elektrostatik Yoğunlaştırıcılar;** iki yüksek voltajlı elektrot arasında elektronla yüklenen partiküller pozitif elektrota doğru harekete geçerler. Ve böylelikle ortamdan ayrıştırılırlar. Çok etkili bir yöntem olan elektrostatik yoğunlaştırıcılar aynı zamanda maliyetlidir. Bu yüzden kullanımı yaygın değildir.

- **Adsorbsiyon;** organik kökenli kirleticilerin tutulmasında aktif karbon gibi adsorplayıcıların kullanıma dayalı bir sistemdir.

- **Yakma;** gaz halindeki kirleticileri yakarak, CO₂, H₂O ve invert maddelere dönüştüren bir yöntemdir. Yanabilen buharlara uygulanabilir.

- **Katalitik Yakma;** kirleticilerin kimyasal yapısını değiştirmeye yarayan bir katalizör kullanılır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. BURSA KENTİ'NDE HAVA KİRLİLİĞİNİ DOĞURAN FAKTÖRLER

Bir bölgede hava kirliliğini oluşmasına sağlayan temel etmenlerden biri yakıtların yanması sonucunda atmosfere verilen atık gazlardır. Yakıt içerisinde bulunan maddeler, yanmanın şiddetli ve sürekli olması ve yakıtların yanlış yakma teknikleriyle yakılmasıyla ortaya çıkan gaz, buhar ve partiküller bölgenin hava kalitesini etkilemektedir (Payan & Ertürk, 2002, s. 14). Türkiye'de görülen yanma faaliyetleri ise temel olarak yanmadan kaynaklı yakıtlardan, endüstriyel emisyonlardan ve motorlu kara taşıtlarından kaynaklanmaktadır. Özellikle evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıtların yüksek oranda kükürt içermesi, yanlış yakma tekniğiyle açığa çıkan zehirli gaz miktarının artması hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Endüstri faaliyetlerinde ise atık gazların yeterli tedbir alınmadan atmosfere salınması ve bu alanların konumlandırılmasında rüzgar ve topoğrafi gibi coğrafi şartların göz önünde bulundurulmamasıyla kirliliğe katkı sağlanmaktadır. Motorlu kara taşıtlarının etkisi ise

daha çok yanma dönemi olmayan zamanlarda trafiğin yoğun olduğu bölgelerde karşılaşılan hava kalitesinde görülmektedir. Özellikle metropol alanlarda motorlu taşıtlar hava kirliliğine neden olmaktadır. Hızla artan nüfus ve bunun sonucunda ortaya çıkan plansız kentleşme sorunu, her geçen gün trafikteki motorlu kara taşıt sayısının artması ve endüstriden kaynaklı birçok sorunun olması hava kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca atmosferik sirkülasyonla kirli havanın taşınmasıyla da hava kirliliğine neden olan sanayi kuruluşları sadece kendi bölgelerini değil yakın çevrelerini de etkilemektedir. Bursa Kenti'nin hava kirliliğini doğuran sebepleri de nüfus ve şehirleşme, onlara bağlı evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıtlar ve motorlu araçlardan kaynaklı kirlilik ve son olarak da endüstrileşme gibi ana faktörler ışığında incelenecektir (Garipağaoğlu, 2015, s. 36).

2.1. NÜFUS VE ŞEHİRLEŞME

Bir bölgede nüfus artışı, dağılışı ve hareketleri gibi özellikler hava kirliliği üzerinde oldukça etkilidir. Genel literatüre bakıldığında bile; kentsel alanda hava kirliliği tespiti çalışmaları kırsal alanda yapılanlardan bir hayli fazladır. Artan nüfus beraberinde göçü, plansız kentleşmeyi, evsel ısınmayı getirir. Ayrıca artan nüfusun istihdamıyla artacak endüstri faaliyetleri, enerji ihtiyacına binaen kurulacak termik santraller ve gelir düzeyi arttıkça trafiğe çıkan araç sayısı gibi sebepler hava kirliliğini direkt olarak etkilemektedir. Bu bağlamda bir bölgenin hava kirliliğinin nedenlerini anlayabilmek için nüfus ve şehirleşme ve endüstrileşme yapısına bakılması gerekmektedir.

Türkiye nüfusu 85 yıllık sayım sürecine bakıldığında her geçen arttığı görülmektedir. Bu artış bazı yıllarda fazla iken bazılarında ise normal seyretmiştir. 1927'de ülke nüfusu 13,6 milyon civarındayken, 1950'lerde yavaş bir artış temposu izleyerek 20,9 milyona ulaşmıştır. 1950'den sonra değişen ekonomik şartlarında etkisiyle nüfus artışı ivme kazanmış, bu bağlamda da iç göçler ve şehirleşme oranları artmıştır. 1950-1970 sürecinde 14,7 milyon artan nüfus, 1990'lara gelindiğinde 56,5 milyona ulaşmıştır. 2010'da nüfusu 73.722,988 kişi olarak açıklayan TÜİK, 2014 yılı itibariyle de 77.695.904 kişi olarak belirlemiştir (Garipağaoğlu, 2015, s. 37-40).

Bursa Kenti ise Osmanlılardan önce kale içinde kalmış bir Bizans tekfuruydu. Osmanlılar fethedip başkent yapınca Bursa'nın gelişme sürecine başlamış oldu. Bu dönemde önemli bir ticaret kenti olarak varlığını sürdüren Bursa, canlı bir ekonomik ve sosyal yapıya sahipti. Osmanlı fetihleri devam edip İstanbul başkent olmasına rağmen ticaret kenti unvanını elinde bulunduran Bursa'da ekonomik ve sosyal yapının canlı

olduğu bir kentlilik kültürü yerleşmiştir. Bu canlılık aynı zamanda nüfusun artmasına ve şehirleşme oranlarına da yansımıştır. Cumhuriyet'in ilanından sonra bir durgunluk evresine girilen kentte, ilk organize sanayi bölgesinin kurulmasıyla yeniden canlılık gelmiş, kent hızlı bir göç dalgasıyla yeniden bir kentleşme sürecine girmiştir. Ayrıca Balkanlar'dan göçen Türk nüfusunun büyük bir çoğunluğunun Bursa ve çevresine yerleştirilmesiyle, Bursa nüfusu önemli bir artış göstermiştir. 1970'li yıllarda da ilk üniversitenin Kent'te kurulması bölgeye olan iç göçleri etkilemiştir. Günümüzde ise 2.901.396 nüfusıyla Bursa ili metropoller arasında sayılmakta ve Türkiye'nin 4. Büyük kenti olma konumundadır (Keskin, Sağocak, & Arslan, 2015, s. 31).

18 Haziran 1987 tarihinde çıkarılan 3391 sayılı yasa ile Bursa "Büyükşehir" statüsüne girmiş olup, Bursa Ovası'nda bulunan birçok köy Bursa Büyükşehir Belediyesi sınırları içine alınmıştır. Osmangazi, Yıldırım, Nilüfer ise merkez ilçe olarak kabul edilmiştir. Gemlik, Mudanya Gürsu ve Kestel ilçeleri de merkez ilçeler arasına 2005 yılında çıkarılan "5216 sayılı Büyükşehir Belediye Yasası" ile katılmıştır. "12 Kasım 2012 tarihli 6360 sayılı kanun" ile de Bursa Büyükşehir Belediyesi sınırları il mülki sınırları olarak değişmiştir. Bu bağlamda kent olgusu da değişmiştir.

Tablo 2: Bursa Kenti Sayım Yıllarına Göre Nüfus Miktarı ve Yıllık Artış Oranları

Sayım Yılları	Nüfus Miktarı	Sayım Yılları Arası Nüfus Artış Miktarı	Sayım Yılları Arası Nüfus Artış Oranı (%0)
1965	306.753		
1970	379.484	72.731	10,3
1975	465.657	86.173	10,4
1980	607.221	141.564	10,7
1985	748.358	141.137	10,9
1990	901.860	153.502	11,1
2000	1.301.285	399.425	12,7
2007	1.562.828	261.543	12,2
2010	1.695.136	132.308	9,5
2015	1.867.726	172.590	11,5

Kaynak: (TUİK, 2017)

30 Mart 2014 yerel seçimlerinden sonra yürürlüğe giren 6360 sayılı kanun gereği diğer bütün büyükşehirlerde olduğu gibi il mülki sınırları büyükşehir statüsünü geçmiştir (Keskin, Sağocak, & Arslan, 2015, s. 33). Böylelikle 2013 ve 2014 yılı nüfus verilerinde kentli oranı %100 olarak belirlenmektedir. Ancak gerçek manada il idari sınırları, şehir sınırlarını karşılamadığından; çalışmada 3 büyük merkez ilçe (Osmangazi, Yıldırım, Nilüfer) sınırları, kent sınırları olarak kabul edilmiştir. Bursa Kenti 2016 nüfusu itibariyle Türkiye'nin 4. büyük kentidir.

Bursa kent nüfusu 1965-1980 yılları arasında artma eğilimi göstermiştir. 60'lar Bursa ekonomisi ve sosyal hayatı için bir canlanma zamanıdır. Devletin İstanbul'a yakın bölgelerde ticaret hinterlandını artırma politikası sayesinde İzmir, Tekirdağ gibi illerin yanında Bursa'ya ekonomik canlılık gelmiştir. Deniz ve karayolu bağlantıları dolayısıyla Bursa sanayileşme açısından öncelikli bölgeler listesine alınmıştır (Vural, 2008, s. 97). Bu tarihler arasında Bursa'da birçok sanayi alanı istihdama açılmış bu da Kent'e olan göçü arttırmıştır (Tablo 2). Fakat 90'lı yıllarda terörün de etkisiyle göç eden nüfus ekonomik nedenlerden dolayı Bursa'ya yerleşmiştir. Bursa'da "Kent Kültürü ve Kentlilik Bilinci Araştırması" verilerinde de bahsedildiği üzere Bursa'ya olan göçlerin sebepleri arasında ilk sırayı "ekonomik(iş bulma, iş kurma, ticaret) gibi sebepler oluşturmaktadır (BBB B. B., 2006).

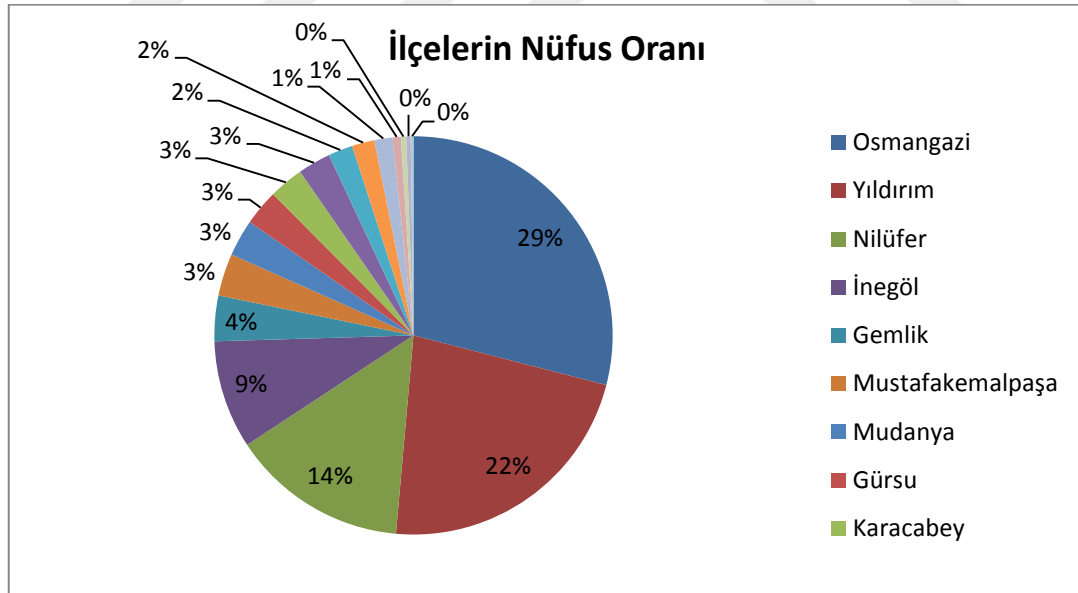
Tablo 3: Sayım Yıllarına Göre Bursa Kenti'nin Aritmetik Nüfus Yoğunluğu

Sayım Yılları	Kent Nüfusu	Yüzölçümü (km ²)	Aritmetik Nüfus Yoğunluğu
1965	306.753	1372	223
1970	379.484	1372	276
1975	465.657	1372	339
1980	607.221	1372	442
1985	748.358	1372	545
1990	901.860	1372	657
2000	1.301.285	1372	948
2007	1.562.828	1372	1139
2010	1.695.136	1372	1235
2015	1.867.726	1372	1361

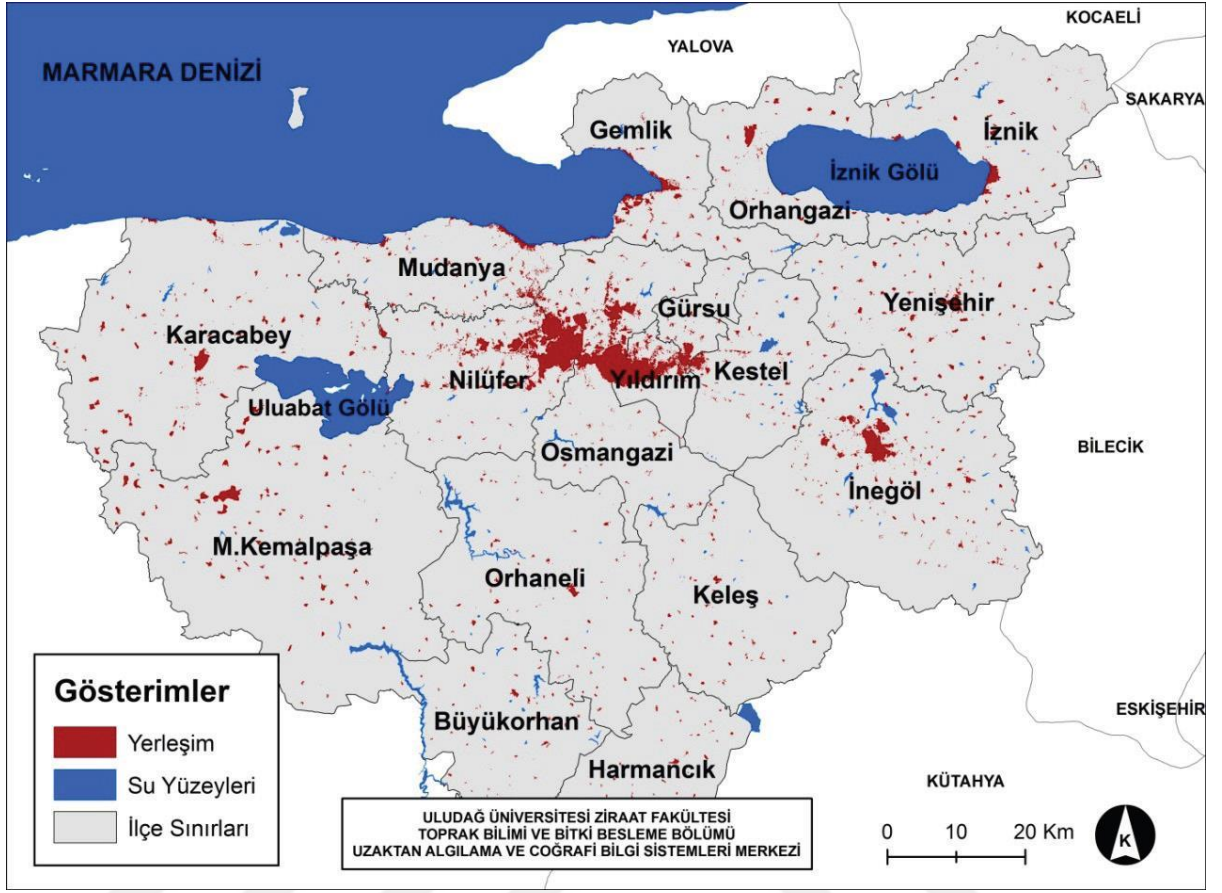
Kaynak: (TUİK, 2017)

2000'li yıllardan sonra bir miktar artma eğilimi gösterse de oranlar bazı yıllar düşmüş bazı yıllar artmıştır. Bunu önemli nedeni ise Bursa Kent'inin diğer büyük kentlerde olduğu gibi göç almanın yanında göç verme potansiyelinin de yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, nüfus miktarındaki artış sürekli devam etmektedir. Özellikle İstanbul'a her yıl göç vermektedir. 2014 yılı itibariyle 2.787.539 kişi olan Bursa nüfusu %16 civarında artışlarla artma eğiliminde olan kentlerimizdendir.

Aritmetik nüfus yoğunluğu bir bölgede metrekareye düşen nüfusu göstermektedir. Aritmetik nüfus yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda da orantılı olarak konut sayısı, araç sayısı artmaktadır, bu da hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Kent nüfusu arttıkça aritmetik nüfus yoğunluğu da artmıştır. Osmangazi ilçesi yüzölçümü 550 km², Nilüfer ilçesi 423.461 km², Yıldırım ilçesi ise 399 km² olup toplam yüzölçümü 1.372,461 km²'dir (TODAİE, 2015)(Şekil 2). 2016 yılı Bursa Kenti'nde metrekareye 1390 kişi düşmektedir. İstanbul'un aritmetik nüfus yoğunluğunun 2786 kişi olduğu düşünüldüğünde bu rakam ekonomisi ve sosyal hayatı canlı bir kent için normal kabul edilebilir(Tablo 3). Kent sınırları içerisinde kabul edilen 3 ilçe nüfusu, Bursa ili toplam nüfusunun % 65,82'sini oluşturmaktadır (TUİK, 2017) (Grafik 1).



Grafik 1: Bursa İli ilçelerinin Nüfus Oranları



Şekil 2. Bursa İli İlçelere Göre Yerleşim Haritası

Kaynak: (Aşık, Özsoy, Aksoy, & Katkat, 2013, s. 12)

Bursa il nüfusuna bakıldığında 1927'den günümüze kadar ilin kentleşme eğiliminde olduğu görülmektedir. İlk kez 1985 yılında kent nüfusu, kırsal nüfusunun önüne geçmiştir. 2013 yılına kadar kırsal nüfusu oranları %10'lara kadar düşmektedir. Bu durum Bursa Kenti'nin sadece başka illerden değil il sınırları içerisindeki kırsal alanlarından da göç aldığını göstermektedir. %100 kentleşmiş olarak gözüken Bursa İli'nde kırsal faaliyetler halen devam etmekte ve kırsal nüfus bulunmaktadır. Fakat değişen büyükşehir yasası ile bu bölgeler mahalle statüsüne geçmiştir. Kent merkezinden çok uzakta olan Uludağ dağ köylerinde bile köyün girişinde "örneğin; Sırlı Mahallesi'ne hoş geldiniz" yazmaktadır.

2013-2014 yılları Bursa'nın diğer illerden aldığı göçlerde; Türkiye'de toplamda 80.717 kişi olduğu görülmektedir. En çok göç alınan il ise 11.945 kişi ile İstanbul'dur. İstanbul'un kalabalık ve yoğunluğundan kaçan nüfusun yine sosyal ve ekonomik açıdan canlı olan Bursa'ya sığındıkları görülmektedir. İkinci sırada ise yine coğrafi

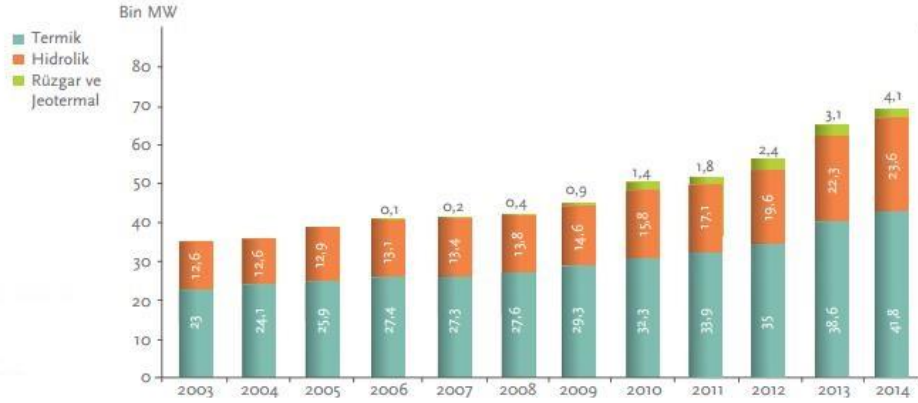
olarak yakın olan Balıkesir bulunmaktadır. Üçüncü sırada bulunan Erzurum gibi illerden alınan göç ise bir hayli fazladır. Bursa Türkiye'nin her yerinden göç almıştır.

Ayrıca farklı bir ilde nüfusa kayıt olup şu anda Bursa'da ikamet eden nüfus da azımsanmayacak kadar fazladır. 2014 nüfusu 2 787 539 olan Bursa'da il nüfusuna kayıtlı kişi sayısı 1.512.721'dir. Geri kalan nüfus ise başka illere kayıtlıdır. Erzurum nüfusuna kayıtlı 124.206 kişi Bursa'da ikamet etmektedir.

2.1.1. Yakıt Kullanımı ve Yakıt Kalitesi

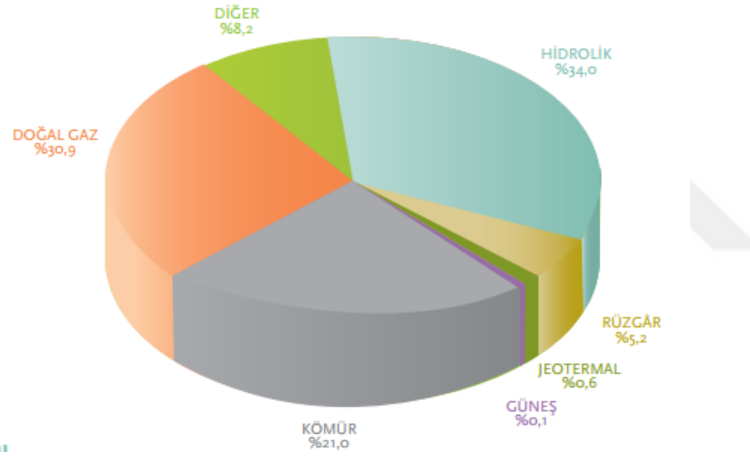
Hızla artan nüfus beraberinde hızlı ve çarpık bir kentleşmeyi de getirmiştir. Bu durum da özellikle evsel ısınmadan kaynaklı hava kirliliğini arttırmıştır. Kalitesiz katı yakıtların kullanımı, yanlış yanma teknikleriyle yanma faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi gibi durumlar bu sorunu ortaya çıkarmaktadır. Kış aylarında yanmadan kaynaklanan hava kirliliğinin temel sebepleri; düşük kalitede yakıtların iyileştirilme işlemine tabi tutulmadan kullanılması, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan kazanların bakımlarının düzenli olarak yapılmaması şeklinde sıralanabilir (UÇES, 2015).

Evsel ısınma için kullanılan başlıca enerji kaynakları odun, taş kömürü, linyit ve doğalgazdır. Türkiye 3. Zaman arazine kurulu bir ülke olduğundan linyit yatakları bakımında oldukça zengindir. Bu yüzden de evsel ısınma ve enerji üretiminde kullanılan yakıtlar arasında linyit kömürlerinin oranı fazladır. Türkiye'de yıllar içerisinde kullanılan enerji oranları grafikte verilmiştir(Grafik 2). Buradan da görüldüğü gibi 41,8'lik bir pay ile termik santraller başı çekmektedir. 2014 yılı kurulu gücün kaynak kullanımında ise %30,9 ile doğalgaz ilk sırada %21,0 ile kömür de ikinci sıradadır. Alternatif enerji kaynaklarının toplam kullanım ise %40 civarındadır (Şekil 3).



Grafik 2: Türkiye'nin Kurulu Gücü

Kaynak: (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014, s. 69)



Şekil 3: 2014 Yılı İtibariyle Türkiye'deki Kurulu Gücün Kaynak Kullanımı

Kaynak: (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2014, s. 69)

Hava kalitesinin korunması yönetmeliğinde kömür içerisinde % 0,4 oranında kükürde izin vermektedir. Hâlbuki Türkiye'deki linyitlerin kükürt oranı % 1,0 ila 7,6 arasında değişmektedir. Taş kömürünün kükürt oranı ise nispeten daha düşük olmakla beraber %1,0 ila 2,4 arasındadır. Bu yüzden gerek evsel ısınmada gerekse de endüstriyel faaliyetlerde kükürt oranı düşük, kalorisi yüksek taş kömürü tercih edilmelidir. Devlet desteğinin yetersiz olması maddi durumu iyi olmayan vatandaşları kalitesiz yakıtlar kullanmaya itmektir. Bunun yanında kömürden doğalgaza geçiş masraflarını da karşılayamamaktadırlar (Garipağaoğlu, 2015, s. 57). Gecekondu mahallelerinde sıkça rastladığımız kömür kullanımı Kent'in havasını da olumsuz

etkilemektedir. Ayrıca termik santraller bulunduğu çevrede eğer gerekli önlemler alınmaz ise hava kirliliği açısından tehlike arz etmektedirler. Bursa’da bulunan termik santraller ve emisyon durumları daha sonraki konularda ayrıntılı işlenecektir.

Tablo 4: Bursa İli 2013 ve 2014 yılı Evsel Isınmada Kullanılan Katı Yakıtların Bazı Özellikleri

Yakıtın Cinsi	Temin Edildiği Yer	Tüketim Miktarı(ton)	Yakıtın Özellikleri				
			Alt Isıl Değeri (kcal/kg)	Uçucu Madde (%)	Toplam Kükürt (%)	Toplam Nem (%)	Kül (%)
İthal Kömür	Rusya, G. Amerika	258.000	6000	20	0.9	10	16
Odun	Ormanlar	116.000					
Sosyal ve Yardımlaşma Vakfı Kömürü	TKİ-Soma, Tavşanlı, Orhaneli	42.343	4800		2	25	25

Kaynak: (Mahrukatçılar ve Benzerleri Odası, Orman Bölge Müdürlüğü ve İlçe Kaymakamlıkları, 2014)

1960'lara kadar Bursa Kenti'nde sobalı evler çoğunlukta bulunurken, yeni konutların inşa edilmesiyle linyit ve fuel-oil kullanımında artış gözlenmiştir (Tablo 4). Fakat konutlarda ve sanayide kullanılan bu yakıtlar yüksek kükürt içeriğine sahip ve kalorisi düşük yakıtlardı (Özer, 2003, s. 100). 1980'li yıllarda ise petrol ve fuel-oil fiyatlarındaki artış nedeniyle kalorifer kazanlarında da kalitesiz kömür ve linyit kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum yetkililer tarafından fark edilerek 1982 yılında kömür yakılan kazanlara yasak getirilmiştir. Daha sonraları İl Hıfzısıhha Kurulu kararıyla SO₂ oranı düşük Seyitömer, Soma ve Demirsimaz kömürleri kullanılmaya başlanmış. Çan kömürü gibi SO₂ oranı yüksek kömürlerin ise kullanılmasının kısmen veya tamamen önlenmesine karar verilmiştir. Ayrıca kükürt oranı %1'in üzerinde olan kömürlerin Büyükşehir Belediyesi sınırları dahilinde satışına ve kullanımına yasak getirilmiştir. 1992 yılından itibaren ise Güney Afrika'dan getirilen ithal kömürler kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca hava kirliliğini önleyici olması bakımından 1992 yılında alınan kararlardan bir tanesi de Büyükşehir Belediyesi sınırlarına inşa edilen konutlarda güneş enerjisi sistemlerinin kurulmasını önermesiydi. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan hava kirliliğinin önüne geçilemeyince doğalgaz kullanımını teşvik edici yeni kararlar alınmıştır (İHK, 1987-2003).

Doksanlı yıllar itibariyle de özellikle konutlarda doğalgaza geçiş başlamıştır. "Doğal gazın başlıca bileşenlerini başta metan (CH₄) ve pentan (C₂H₆) olmak üzere

propan, butan ve daha ağır hidrokarbonlar ile N₂, CO₂, H₂S ve O₂ gibi gazlardır” (Gültekin & Örgün, 1993). Dünya’daki doğalgaz yatakları incelendiğinde her birinin farklı kimyasal bileşiklere sahip olduğu görülmektedir. Fakat bunların hiçbirinde hava kirliliğine nedeni olarak bilinen kükürt ve kükürt dioksit rastlanmaz. Bunun yanında doğalgazın yanmasıyla baca gazında fuel oil veya diğer katı yakıtlara oranla çok daha düşük azot oksitlere rastlanmaktadır (Gültekin & Örgün, 1993, s. 38).

Güneydoğu Anadolu, Trakya ve Batı Karadeniz bölgelerinde üretilen doğal gaz, üretim bölgelerinde bulunan dağıtım ve ithalatçı şirketlere gönderilmektedir. Fakat üretilenden fazla doğalgaz tüketildiği için ithal etmek zorunda kalınmaktadır. İthalat rakamları 2012 yılında 40 milyon m³’ü aşarak rekor seviyeye ulaşmıştır. İthal edilen doğalgazın büyük bir çoğunluğu Rusya’dandır. Bununla birlikte İran, Azerbaycan, Cezayir, Nijerya gibi ülkelerden de doğalgaz ithalatı gerçekleştirilmektedir (Tablo 6). Ülkemizin, doğal gazda ithalatta önemli ölçüde Rusya’ya bağımlılığı söz konusudur. Spot LNG ithalatının artmasıyla birlikte Rusya’dan yapılan ithalat payının 2013 yılına oranla azaldığı görülmektedir. İthal ettiğimiz ve kendi ürettiğimiz doğalgaz ise çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. %48,12’lik pay ile öncelikle çevrim santrallerinde kullanılan doğalgaz, 2. sırada sanayi ve konutlarda kullanılmaktadır (Tablo 5) Tabloda kullanılan birim standart metreküp (sm³)’dür, sıvılaştırılmış doğalgaz için kullanılır. 1 sm³ 10,64 kwh eder.

Tablo 5: Türkiye’de Sektörlere göre Doğalgaz Tüketim Miktarı (milyon Sm³)

Sektörler	Miktar	Payı (%)
Dönüşüm/Çevrim Sektörü	23.441,97	48,12
Enerji Sektörü	367,41	0,75
Ulaşım Sektörü	86,56	0,18
Sanayi Sektörü	12.375,53	25,40
Hizmet Sektörü	3.018,49	6,20
Konutlar	9.304,42	19,10
Diğer	122,80	0,25
Genel Toplam	48.717,18	100

Kaynak: (EPDK, 2014)

Tablo 6: 2005-2014 Yılları Doğal Gaz İthalat Miktarları (Milyon Sm³)

	Rusya	İran	Azerbaycan	Cezayir	Nijerya	Diğer*	Toplam
2005	17.524	4.248	0	3.786	1.013	0	26.571
2006	19.316	5.594	0	4.132	1.100	79	30.221
2007	22.762	6.054	1.258	4.205	1.396	167	35.842
2008	23.159	4.113	4.580	4.148	1.017	333	37.350
2009	19.473	5.252	4.960	4.487	903	781	35.856
2010	17.576	7.765	4.521	3.906	1.189	3.079	38.036
2011	25.406	8.190	3.806	4.156	1.248	1.069	43.874
2012	26.491	8.215	3.354	4.076	1.322	2.464	45.922
2013	26.212	8.730	4.245	3.917	1.274	892	45.269
2014	26.975	8.932	6.074	4.179	1.414	1.689	49.262

Kaynak: (EPDK, 2014)

*Spot LNG ithalatının yapıldığı ülkeleri temsil etmektedir.

1989 yılında BOTAŞ'ın kurduğu Bursagaz (Bursa Şehirçi Doğalgaz Dağıtım Ticaret ve Taahhüt AŞ) 1992 yılında doğalgaz arzına başlamıştır. 2004 yılında özelleştirme kapsamına giren Bursagaz'ın %10'u Bursa Büyükşehir Belediyesi'ne, %10'u Çalık Holding'e, %80 oranında hisse payı ise EWE AG bünyesinde olan EWE Turkey Holding'e aittir. Halen aynı ortaklarla faaliyette olan Bursagaz; Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım, Kestel, Gürsu, Mudanya ve 2014 yılı itibariyle İznik ilçelerine doğalgaz sağlamaktadır. 2014 yılında 5.496 km'lik şebeke uzunluğu, 734.373 müşteri sayısı, 3.115 milyon m³ gaz hacmine ulaşmıştır. 2015 yılı itibariyle ise 2015 yıl sonu itibarıyla 5.665 km'ye ulaşmıştır (Bursagaz, 2015, s. 12).

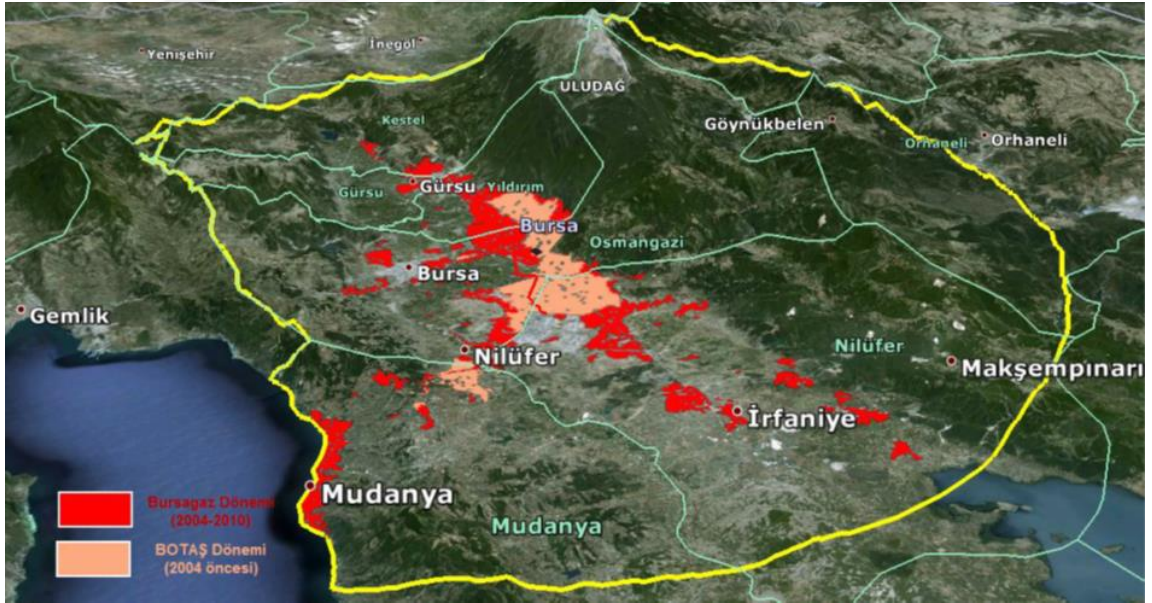
1992 yılında doğalgaz arzı öncelikle Organize Sanayi Bölgeleri'ne gerçekleştirilmiştir. Ekim 1992'de ise 90.000 konut için çalışmalar başlamıştır. Aynı yıl içerisinde Kaplıkaya bölgesinde bulunan 1450 konutun merkezi ısınma sistemlerinde doğalgaz kullanılmaya başlanmıştır. 1993 yılı itibariyle İl Mahalli Çevre Kurulu tarafından alınan bir karar ile doğalgaza dönüşüm sağlanabilen yerlerde doğalgaz kullanımı, diğer bölgelerde ise ithal kömür veya özel kalorifer yakıtı kullanımı tavsiye edilmiştir. Eysel ısınmada kullanılan doğalgaz miktarındaki değişimler ise tabloda gösterilmiştir. Bazı yıllar düşüş olsa da 2011 yılı itibariyle 610 milyon m³ doğalgaz kullanılmıştır (Tablo 7). Yapılan altyapı çalışmalarının neticesi olarak Bursa'da doğalgaza geçiş yapan abone sayısı 1999 yılında 128.152, 2005 yılında 301.540

olmuştur. 2015 yılsonu itibarıyla ise abone sayısı 884.480 BBS'ye yükselmiştir. Bu rakam her geçen yıl da artmaktadır (Bursagaz, 2015) (Özer, 2003, s. 108).

Tablo 7: Bursa İli Eysel Isınmada Kullanılan Doğalgaz Miktarı

Yıllar	Tüketim Miktarı (m ³)
2004	251.492.959
2005	252.996.524
2006	159.093.431
2007	423.977.011
2008	434.823.402
2009	414.974.356
2010	414.974.356
2011	610.934.242
2012	573.039.599
2013	544.533.468
2014	700.000

Kaynak: (İÇRD Bursa, 2004-2014)



Şekil 4: Doğalgaz arzı sağlanan yerler (2004-2010)

Kaynak: (Bursagaz, 2014)

Şekil 4'deki haritaya bakıldığında 1992-2004 yılı arasında BOTAŞ'ın çalışmalarıyla Bursa Kent merkezine doğalgaz arzı sağlanmıştır. Bursagaz'ın devralmasıyla ile de Kent merkezi civarına ve yakın çevredeki ilçelere doğalgaz

ulaşmıştır. Özellikle Kestel, Gürsu, Mudanya ve Nilüfer ilçelerine yapılan çalışmalar haritada görülmektedir.

Doğalgaz sadece evsel ısınmada değil aynı zamanda elektrik üretiminde de kullanılmaktadır. Bursa'da bu amaçla kurulmuş 5 adet çevrim santrali bulunmaktadır. Bunlar;

- TEAŞ Ovaakça Doğalgaz Çevrim Santrali
- Zorlu Enerji Elektrik Üretimi Otoprodüktör Grubu A.Ş. Doğalgaz Çevrim Santrali
- Entek Elektrik Üretimi Otoprodüktör Grubu A.Ş. Doğalgaz Çevrim Santrali
- BOSEN Enerji Elektrik Üretimi Otoprodüktör Grubu A.Ş. Doğalgaz Çevrim Santrali
- BİS Enerji Elektrik Üretimi Otoprodüktör Grubu A.Ş. Doğalgaz Çevrim Santrali'dir.

Daha çok organize sanayi bölgelerinde kurulmuş olan santraller, var olan elektrik ihtiyacını karşılamaktadır (Özer, 2003, s. 110).

2.1.2. Motorlu Kara Taşıtları

Geçmişte hava kalitesinin bozulmasının asıl nedeni olarak evsel ve endüstriyel yanma faaliyetleri gösterilirken, günümüzde mobilitenin de her geçen gün artmasıyla motorlu taşıtlardan kaynaklı yanmalara da dikkat verilmiştir. Özellikle nüfus yoğunluğu ve şehirleşmenin fazla olduğu kentlerde yılın her zamanı taşıt trafiğinin yoğun olması bu bölgelerde motorlu taşıttan kaynaklı hava kirliliğini sorun haline getirmiştir (Borrego, Tchepel, Barros, & Miranda, 2000, s. 4683-4690). 2015 Ekim ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı araç sayısı 19 milyon 793 bin 995 olmuştur. Bunlardan %52,8'ini otomobil, %16,3'ünü kamyonet, %14,8'ini motosiklet, %8,5'ini traktör, %4'ünü kamyon, %2,3'ünü minibüs, %1,1'ini otobüs, %0,2'sini ise özel amaçlı taşıtlardır (TÜİK-EGM, 2015).

Özellikle büyük şehirlerde yanma dönemi haricinde rastlanan hava kirliliğinin nedeni içten yanmalı motorlardan kaynaklı emisyonlardır. Motorlu taşıtlardan kaynaklı emisyonların özellikleri ve yoğunları; motor tipine ve ayarına, kullanılan yakıtın cinsine, kullanım tarzına ve atmosferik şartlara bağlıdır (Çakıroğlu, 1996). Motorlu taşıtlardan

kaynaklı kirleticiler; karbonmonoksit (CO), uçucu organik bileşikler (VOC), azot oksitler (NO_x) ve partiküler maddeler (PM)'dir. Bunlardan NO_x kirleticileri hem benzin, hem dizel yakıtlı araçlardan, CO ve VOC kirleticileri genellikle benzinli araçlardan, PM kirleticileri ise genellikle dizel yakıt kullanan araçlardan kaynaklanmaktadır (Winther, 1998) (Tablo 8). Bu kirleticiler tam bir yanma faaliyeti gerçekleştiğinde ortaya çıkmaktadır. Fakat tam yanma faaliyeti her zaman gerçekleşmediği için diğer kirleticiler de açığa çıkmaktadır. Toplam kirleticilerin %75'ini oluşturan egzoz gazlarının içeriğinde; yanmamış hidrokarbonlar(parafinler, olefinler ve aromatikler gibi), kısmen yanmış hidrokarbonlar (ketonlar, aldehitler, karboksilik asitler gibi), CO, NO_x, SCb, kurşun bileşikleri ve partikül maddeler bulunmaktadır (Alkaya & Yıldırım, 2000, s. 15-20).

Tablo 8: Farklı araç tipleri için emisyon hesaplamalarında kullanılan emisyon faktörleri

Araç Tipi		Birim	PM	NO _x	CO	VOC
Benzinli Otomobil	(1)*	g/km	-	3,25	4,27	0,73
	(2)**	g/km	-	4,11	5,00	0,75
Dizel Otomobil	(1)*	g/km	0,20	1,02	0,51	0,09
	(2)**	g/km	0,38	1,58	0,76	0,10
Dizel Kamyon 7,5t<Weight<16t	(1)*	g/km	0,44	4,13	1,95	0,96
	(2)**	g/km	0,34	4,37	1,52	0,71
Dizel Tır Weight>32t	(1)*	g/km	0,57	12,41	1,95	0,96
	(2)**	g/km	0,45	10,17	1,52	0,71
Dizel Otobüs	(1)*	g/km	0,41	7,95	1,80	1,02
	(2)**	g/km	0,27	9,41	1,15	0,63

*Saatte 90 km hız için hesaplanan emisyon faktörleri.

**Saatte 120 km hız için hesaplanan emisyon faktörleri.

Kaynak: (CITEPA, 2004), (Çetin, Karademir, Pekey, & Ayberk, 2010, s. 169)

Atmosferdeki kirletici emisyonlardan CO₂'nin %93, HC'nin %57'si NO_x'in %39 u SO₂'(Dizel) nin %1'i motorlu taşıt kaynaklıdır (Kılıç, Gümüş, & Bozkurt, 2006, s. 14). Motorlu taşıtlardan kaynaklı kirleticilerin insan sağlığına doğrudan ve dolaylı olarak etkileri bulunmaktadır. Bu kirleticiler yeryüzüne kimyasal tepkimeye girerek atmosferde ikincil kirletici olarak bilinen troposferik ozon (yer seviyesi ozonu) oluşmasına neden olmaktadır. Troposferik ozon ise bireylerde boğazda yanma, kaşınma, baş ağrısı, göğüs ağrısı, öksürük ve astım atakları gibi rahatsızlıklara neden olurken, sera gazı etkisi yaratarak tarım alanları ve ormanlık alanlardaki ağaç topluluklarına da ciddi zarar vermektedir (Nathanson, 1999).

Egzoz gazı salınımlarında belirleyici bazı unsurlar vardır. Bunlar;

Aracın yükü; her araç üretildiğinde asgari yakıt tüketimine sahiptir. Aracın yükü arttıkça motor da daha çok çalışmakta ve yakıt harcamaktadır. Kullanılan yakıt türüne göre bazı kirletici gazların salınımı artar.

Motorun çalışmaya başlaması; motorun ısıtılmadan çalıştırılması yüksek miktarda yakıt tüketimine yol açar.

Rölanti ise şehir trafiğinde vites değişimi gibi durumlar, şehrin yoğun trafiğin sıkça rastlanır ve yakıt tüketimini buna bağlı olarak da emisyon miktarını artırır.

Hız; uzun periyotlarda yüksek hızda giden araç daha fazla yakıt harcar. Ayrıca lastikleri iyi olmayan araçta sürtünmeye bağlı tüketilen yakıt miktarı artmaktadır (Enemari, 2001, s. 4).

Artan motorlu taşıt sayısı özellikle nüfus yoğunluğu fazla olan şehirler için kaçınılmazdır. Türkiye'nin 4. Büyük Kenti olma özelliği olan Bursa'da motorlu kara taşıt sayısı her geçen yıl artmaktadır. 2014 yılı itibariyle kişi başına düşen motorlu taşıt sayısı 0,24'dür. Bu haliyle araç yoğunluğu en fazla kentlerimizden biridir (Tablo 9).

Tablo 9: Bursa İli Motorlu Kara Taşıt Sayısı

Yıllar	Toplam	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon	Motosiklet	Özel amaçlı taşıtlar	Traktör
2011	574 926	293 585	8 546	11 046	117 848	22 750	67 840	922	52 389
2012	607 585	313 599	8 652	11 780	124 562	23 304	71 529	883	53 276
2013	642 836	339 469	10 550	9 980	129 209	23 809	74 259	1 065	54 495
2014	680 835	364 903	11 212	9 238	134 143	24 335	79 358	1 277	56 369
2015*	722 984	391 837	12 215	9 075	140 769	25 528	84 143	1 487	57 930

* Ekim ayına kadar olan verileridir.

Kaynak: (EGM, 2015)

Özellikle taşıtın rölantide ve sürekli vites değiştirmesi yoğun trafik saatlerinde kentlerin ortak sorunudur. İnsanlar taşıtların içlerinde saatlerce taşıtlardan çıkan yoğun egzoz gazı salınımlarına maruz kalmaktadır. Rölanti devresi karbonmonoksit gazının en az salınım yaptığı devre olmasına rağmen, gaza fazlaca yüklenerek yapılan kalkışlar, vites boşta iken ara gaz verilmesi, yanlış vitesle aracı çalıştırma ve ani

duruşlar karbon monoksit salınımını birden arttırmaktadır. Bu nedenle özellikle trafiğin yoğun olduğu alanlarda çalışan trafik polisleri yoğun miktarda karbonmonoksit zehirlenmesine ve benzinin içerdği çeşitli zararlı kimyasallara da maruz kalmaktadır (Ethemoğlu, 1996, s. 133). Bursa'daki trafik polislerinin kanlarındaki kurşun seviyeleri (Pala, et al., 2002) tarafından incelenmiştir. Çalışmaya 21'i ofiste, geri kalanı ise sahada çalışan toplam 99 trafik polisi katılmıştır. Dışarıda çalışan memurların kanlarındaki ortalama kurşun seviyesi $9,4\pm 1,6$ µg/l iken, içeride çalışan memurların $8,7\pm 1,7$ µg/l'dir. Bu oran 15 yıl dışarıda ve içeride çalışan memurlarda ise sırasıyla $9,3\pm 1,3$ ve $8,2\pm 1,8$ µg/l çıkmıştır. Uzun dönem Tetraetil kurşuna maruz kalmak hafif migren, baş ağrısı, karın ağrısı gibi hafif sonuçlar doğururken, ağır kurşun zehirlenmelerinde, karaciğer fonksiyonlarında bozulma, sinir sistemi ve böbreklerde ağır hasarlara neden olmaktadır (Tatar, 2014, s. 23).

2.2. ENDÜSTRİLEŞME

Sanayi devrimiyle insan gücünün yerini makinelerin almasıyla sanayi toplumları oluşmuştur. Nüfus olarak artan toplumlar yaşamlarını devam ettirmek için üretmek zorundadırlar. Artan nüfusa paralel olarak endüstri faaliyetlerinin artması, zamanla endüstri bölgelerinin şehrin içinde kalmasına ve çevreyi doğrudan etkilemesine neden olmuştur.

Endüstriden kaynaklanan hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden biri sanayi tesislerinin kurulumunda yanlış yer seçimidir. Buna bağlı olarak zamanla sanayiler şehrin içinde kalmaktadır. Ayrıca hakim rüzgar yönüne kurulan sanayi tesisleri kirli havanın direkt olarak şehre yönelmesine neden olmaktadır. Ayrıca uygun teknolojilerin kullanılmayıp çevre korunması açısından gerekli tedbirleri alınmaması örneğin, baca filtreleme sistemleri, arıtma tesisleri gibi kirliliğin diğer bir nedenidir. Bunların yanında sanayi demekenerji tüketimi demektir. En az evsel ısınma kadar sanayinin de enerji ihtiyacı bulunmaktadır. Kullanılan enerjide katı yakıt kullanımı ve yüksek kükürt içerikli olmaları kirliliği daha da arttırmaktadır (Sonsuz , Kargıoğlu, Şıpka, & Oruç, 2011, s. 3).

Her sanayi tesisinin atmosfere bıraktığı kirleticiler farklı olmakla beraber genel olarak kirleticiler;

- Küller, ZnO, PbCl ve öteki ağır metaller gibi partiküller
- SO₂, SO₃, H₂S gibi kükürtlü bileşikler

- NO, NO₂, NO₃ (NO_x) gibi azot bileşikler
- O₃, CO, CO₂ gibi oksijen bileşikleri
- HF, HC, CFC gibi halojen bileşikleri
- Aldehitler ve Hidrokarbonlar gibi organik bileşiklerdir.

Burada geçen kimyasal bileşiklerin etkileri, çıkış kaynağı, bulunduğu ortama ve faaliyet alanına göre değişiklik göstermektedir (İÇRD Bursa, 2004-2014).

Bazı sanayi kollarının ise kirletici vasfı yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunlardan bazıları;

- Tekstil sanayi
- Petrol rafinerileri
- Petro-kimya entegre tesisleri
- Şeker sanayi
- Kimya sanayi ve zirai mücadele ilaçları
- Gübre sanayi
- Enerji üretimi(termik santraller)
- Selüloz ve kağıt sanayi
- Demir-çelik sanayideki çimento sanayi
- Deri sanayi
- Taş-toprak sanayi
- Lastik sanayisi (Garipağaoğlu, 2015, s. 62)

Bursa'daki sanayi gelişiminin en önemli adımları 1925'te İpekîş Fabrikası'nın ve 1933'te Sümerbank tarafından Merinos Yünlü Sanayii Müessesesi'nin faaliyete geçmesiyle atılmıştır. O zamanlar Merinos Fabrikası 16.000 kişinin geçimini sağlayacak kapasitedeydi. 1937'de Gemlik'te kurulan Suni İpek Fabrikası'yla da Bursa Kenti'ne doğru nüfus hareketliliği başlamıştır (Aytaç, 2004). 1960'lı yıllara gelindiğinde ise özellikle İstanbul'da yoğunlaşan sanayi faaliyetlerini başka bölgelere yönlendirmek için faaliyetler yürütülmüştür. Hem deniz hem de kara yolu bakımından İstanbul'a yakın olması, hem de ana güzergâhlar üzerine konumlanmış olması Bursa Kenti'ni sanayi merkezi haline getirmiştir (Vural, 2008, s. 95-102). Böylelikle Kent'e ilk organize sanayi bölgesi kurulmuş ve o tarihten beri birçok sanayi kolu Bursa'da faaliyet göstermektedir.

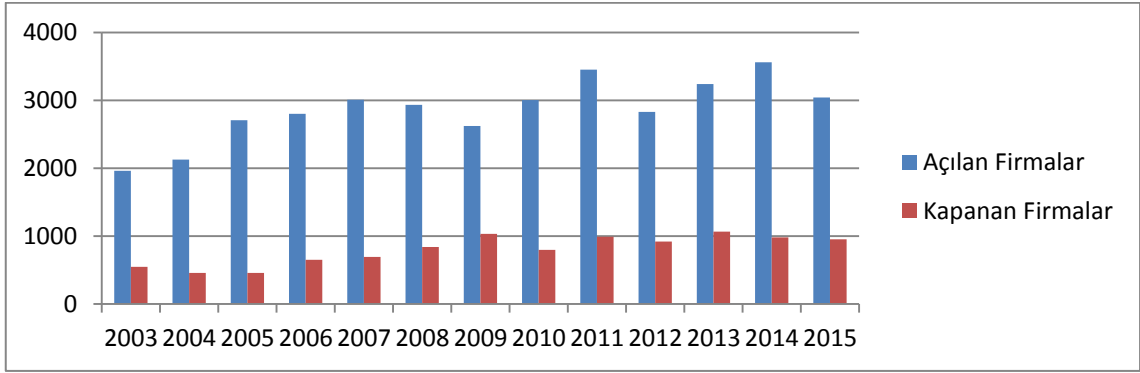
Bursa ekonomisi bakımından önemli bir yere sahiptir. Özellikle otomotiv, makine imalatı, tekstil, gıda Bursa'nın sanayisinde ve ihracatında ağırlıklı olan sektörlerdir. 1960'lardan sonra atağa geçen Türkiye sanayisinin %48'i Marmara Bölgesi'nde bulunmaktadır. Marmara Bölgesi'nde de %31'i İstanbul'da, %8'i ise Bursa'da olduğu görülmektedir. Bursa'da sanayi siciline kayıtlı 5804 işletmeyle, sanayisi gelişmiş ikinci il konumundadır (Anonim, 2012a).

Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Oda Sicil Müdürlüğü tarafından yapılan açılan ve kapanan firma istatistiklerine bakıldığında; 2015 Kasım ayında 290 firmanın açıldığını, 88 firmanın ise kapandığını görülmektedir (Tablo 10). İnşaat ve yapı kooperatifleri, , gıda-tarım ve hayvancılık, tekstil ve konfeksiyon ile hizmet sektörleri açılan firmaların sektörel dağılımında ilk sıralarda yer alırken, tekstil ve konfeksiyon, inşaat ve yapı kooperatifleri ile gıda-tarım ve hayvancılık gibi sektörler ise kapanan sektörlerin başında gelmektedir (BTSO, 2015).

Tablo 10: Bursa İli Açılan ve Kapanan Firma İstatistikleri

Yıllar	Açılan Firmalar	Kapanan Firmalar
2003	1960	550
2004	2128	457
2005	2707	458
2006	2800	652
2007	3006	695
2008	2931	838
2009	2622	1033
2010	3004	797
2011	3452	993
2012	2827	919
2013	3241	1068
2014	3558	982
2015	3040	951

Kaynak: (BTSO, 2015)



Grafik 3: Bursa İli Açılan ve Kapanan Firma İstatistikleri

Bursa'da 2013-2014 yılı itibariyle en büyük 250 firması istatistiklerine göre; İlk 250 de yer alan firma sayılarında en fazla artış yaşanan sektörler, perakende, tekstil ve hazır giyim ile inşaat sektörleridir. Azalış yaşanan sektörler ise otomotiv yan sanayi ve enerji sektörüdür. Plastik, sağlık, hizmet, çevre, eğitim ve danışmanlık, elektrik-elektronik, ve turizm sektörlerinin firma sayılarında bir değişiklik olmadığı görülmektedir (BTSO, 2015, s. 25). 2014 yılı firma sayısına göre 58 firma ile Tekstil ve hazır giyim başı çekmektedir. İkinci sırada ise 51 firma ile otomotiv yan sanayi gelmektedir (Tablo 11).

Tablo 11: Bursa'daki İlk 250 Firmanın Sektörlere Göre Dağılışı

SEKTÖRLER	2014 YILI FİRMA SAYISI 2014 YILI FİRMA SAYISI	2015 YILI FİRMA SAYISI 2015 YILI FİRMA SAYISI	ARTIŞ/ AZALIŞ
Otomotiv Yan Sanayi	51	56	5
Metal	11	13	2
Ekonomik İlişkiler ve Finans	4	6	2
Tekstil ve Hazır Giyim	58	59	1
Gıda Tarım ve Hayvancılık	28	29	1
Makine ve Teçhizat	17	18	1
Ağaç Orman Ürünleri ve Mobilya	3	4	1
Turizm	1	2	1
Enerji	6	6	0
Kimya	3	3	0
Otomotiv Ana Sanayi	3	3	0
Elektrik-Elektronik	2	2	0
Sağlık	1	1	0
İnşaat	12	11	-1
Plastik	6	5	-1
Hizmet, Eğitim ve Danışmanlık	5	4	-1
Lojistik	3	2	-1
Çevre	2	1	-1
Deri Kürk ve Ayakkabı	2	0	-2
Çimento Toprak Ürünleri ve Madencilik	5	2	-3
Perakende Ticareti	27	23	-4

Kaynak: (BTSO, 2015, s. 25)

%23,2 oranla tekstil ve hazır giyim Bursa ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Türkiye ekonomisinde de Bursa 'tekstil merkezi' olarak bilinmektedir. Geçmişten günümüze değin bu özelliği koruyan ilde 11 sentetik iplik fabrikasından 8'i faaliyet göstermiştir. Bu özelliğiyle de Dünya'da tek olma konumdadır (Aşık, Özsoy, Aksoy, & Katkat, 2013, s. 15).

En az tekstil ve hazır giyim sektörü kadar Bursa için önemli diğer bir sektör ise otomotiv ve muhtelif yedek parça üretimidir. 2 adet binek tipi otomobil, 2 adette minibüs, kamyonet gibi taşıtların üretildiği 4 adet büyük otomotiv firması bulunmaktadır. Bunun yanında istihdama öncülük eden 300'den fazla otomotiv yan sanayi firmaları bulunmaktadır. Bu firmalar kara taşıtları için her türlü parça ve aksesuar imalatı yapmaktadır. Ayrıca makine imalat sanayisi de Bursa ekonomisinin can damarlarından biridir. Döküm ameliyesinden son kurulum aşamasına kadar faaliyet gösteren birçok firma bulunmaktadır (Aşık, Özsoy, Aksoy, & Katkat, 2013, s. 16).

Tarımsal faaliyetler olarak da iyi bir konumda bulunan ilde gıda sanayisi de gelişen sektörler arasındadır. Et ve sütlü mamullerden, donmuş sebze meyve işlemeciliğine kadar faaliyet gösteren birçok firma bulunmaktadır. İmalat sanayisi olarak hemen hemen bütün sanayi kollarının faaliyet gösterdiği Bursa ili 'Türkiye'nin Sanayi Üssü' olma özelliğini elinde bulundurmaktadır (Aşık, Özsoy, Aksoy, & Katkat, 2013, s. 16).

Birçok sektörün aktif bir şekilde faaliyet gösterebilmesinin en önemli nedeni ise Bursa'daki organize sanayi bölgelerinin büyük rolü bulunmaktadır. 13 adet sicil almış OSB bulunduğu ilde, 2014 yılı itibariyle doluluk oranı; karma OSB'lerde %78, ihtisas OSB'lerde %8'dir (Anonim, 2012a).

Bunlardan en büyüğü 679 hektar büyüklüğünde olan Bursa Organize Sanayi Bölgesi'dir. 1966 yılında kurulumu tamamlanan OSB'de ağırlıklı sektörler; dokuma-giyim, madeni eşya ve elektrikli makineler sanayisidir. Eski adıyla Bursa Ticaret ve Sanayi Odası Organize Sanayi Bölgesi olan OSB'de 25.000'den fazla kişi istihdam etmektedir. Bursa İlinde bulunan diğer OSB'ler ise;

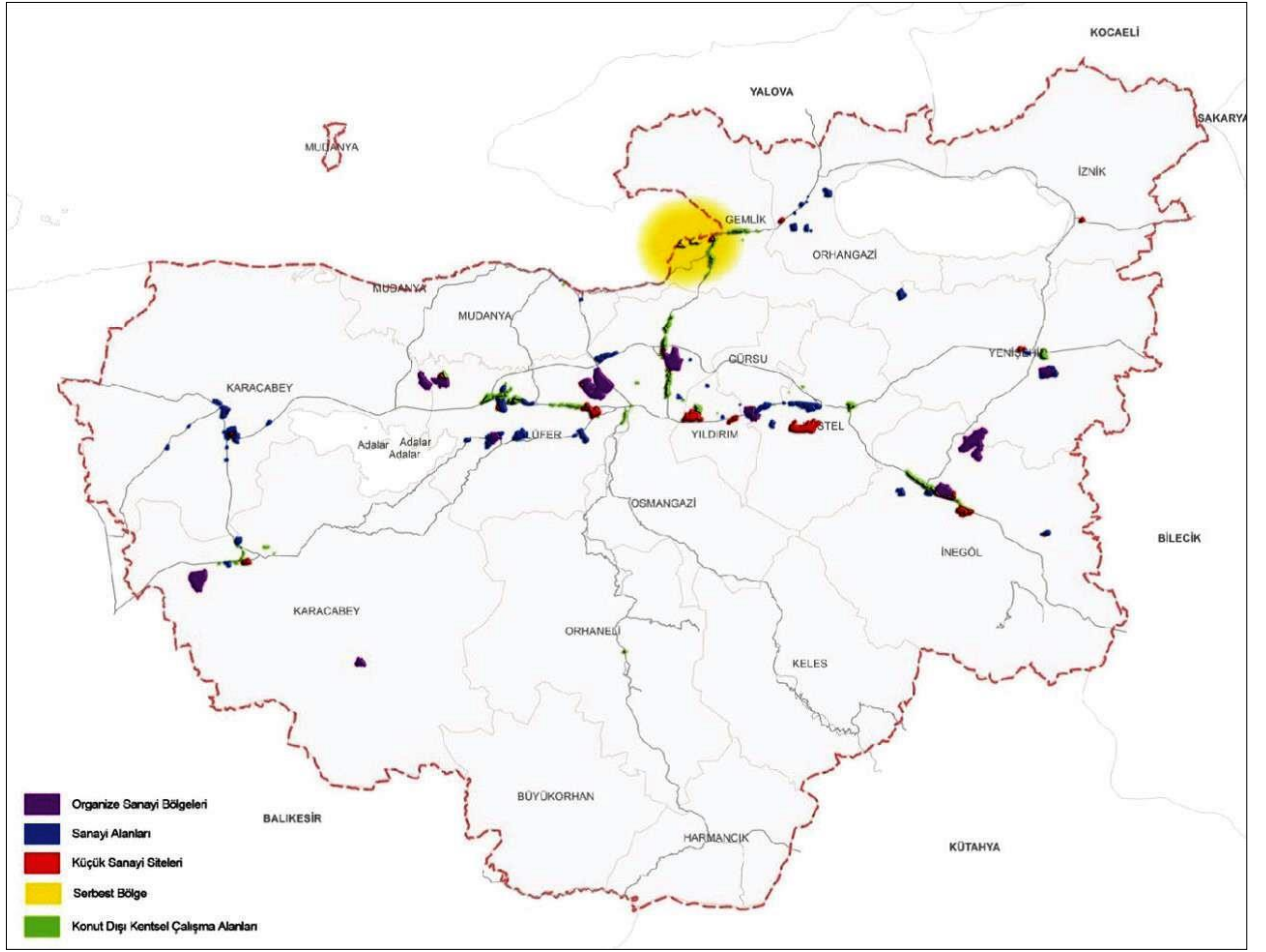
- İnegöl Organize Sanayi Bölgesi
- Mustafakemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi
- Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi
- Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi

- Kestel Organize Sanayi Bölgesi
- Bursa-Deri İhtisas Organize Sanayi Bölgesi

OSB'lerin haricinde Bursa'da faaliyet gösteren 13 sanayi sitesi bulunmaktadır. Faaliyet gösteren işyeri sayısı ise 3.041'dir (Anonim, 2012a).

OSB'lerin hava kirliliği açısından durumuna bakıldığında hem olumlu hem de olumsuz yanları olduğu bulunmaktadır. Olumlu tarafı çevre koruma ve düzenleme konularında organize sanayi bölgelerinin sürekli olarak denetim altında bulunmasıdır. Enerji tüketimleri, baca gazı emisyonları, atık su kontrolü gibi birçok alanda denetim sağlanmaktadır. Bunun sayesinde de organize sanayi bölgelerinde önlem almak nispeten daha kolaydır. Olumsuz tarafı eğer gerekli önlemler alınmaz ise ortaya çıkacak kirliliğin boyutlarının büyük olmasıdır. Bir bölgede yüzlerce sanayinin faaliyet gösteriyor olması bu bölgede kirliliği yoğunlaştırır. Birde hakim rüzgar yönüne konumlandırılmış ve ya şehrin büyüme doğrultusunda olup yıllar içerisinde şehrin ortasında kalan bir OSB hava kalitesi açısından olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Şekil 5). Bursa ili hakim rüzgar yönünün N50°E (% 49,3) olduğu düşünülürse özellikle Kent'in kuzeyine konumlandırılan Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi hava kirliliği açısından sıkıntı arz etmektedir. Ayrıca bu organize sanayi bölgesine yapılacak olan DOSAB termik santrali uzmanlar ve vatandaşlar tarafından büyük tepki çekmektedir.

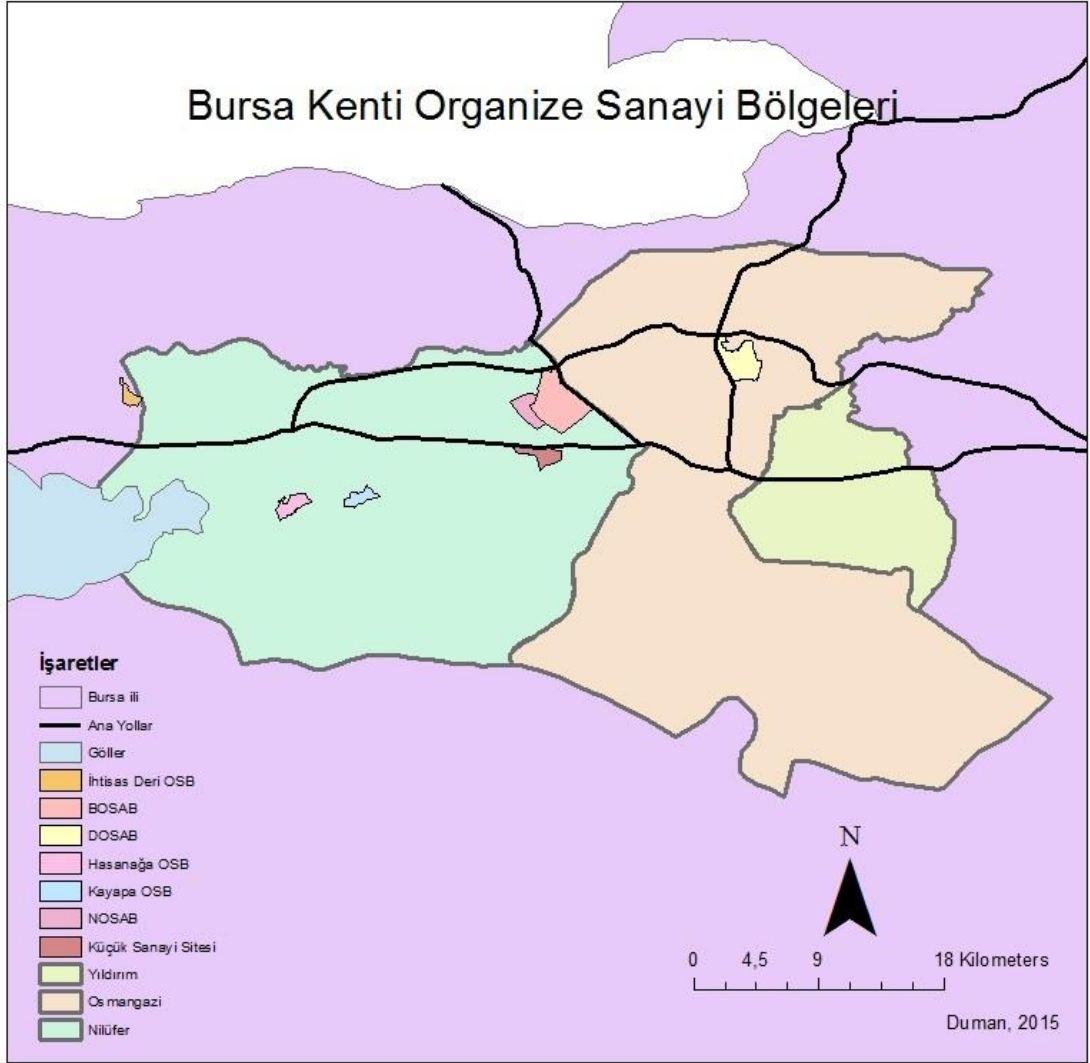
Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı emisyonlara bakıldığında; Bursa ekonomisinin can damarını oluşturan tekstil ve dokuma sanayisinden çıkan en önemli kirleticiler kumaşın işlenmesi sırasında oluşmaktadır. Bu işlemler sırasında toz, SO₂ ve organik buharların ve mistlerin çıkmasına neden olmaktadır. Demir çelik ve metal işleme sanayisinde ise kirlilik daha çok yüksek fırınlar ve ocakların metalleri eritme esnasında ortaya çıkan CO₂, toz, kül, metal oksit ve fümelerden kaynaklanmaktadır. Bunların yanında tehlike arz eden diğer bir sektör ise çimento sanayisidir. Bursa'da çimento ve toprak sanayisinde faaliyet gösteren 5 firma bulunmaktadır. Çimento endüstrisinde temel kirletici partiküler madde olup bunun yanında yanmadan kaynaklı kükürt, azot ve karbonlu azotlar da kirliliğe neden olmaktadır (Hayır, 2009). Özellikle çimento taneciklerinin küçük olması solunum probleminin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. 1 milyon/ton kapasiteli bir çimento fabrikasının 1 saatte taşıdığı toz miktarının yaklaşık 15 ton olması kirliliğin boyutlarının ne denli tehlikeli olduğunu göstermektedir (Sonsuz , Kargioğlu, Şıpka, & Oruç, 2011, s. 26).



Şekil 5: Bursa İli Planlı Sanayi Alanları

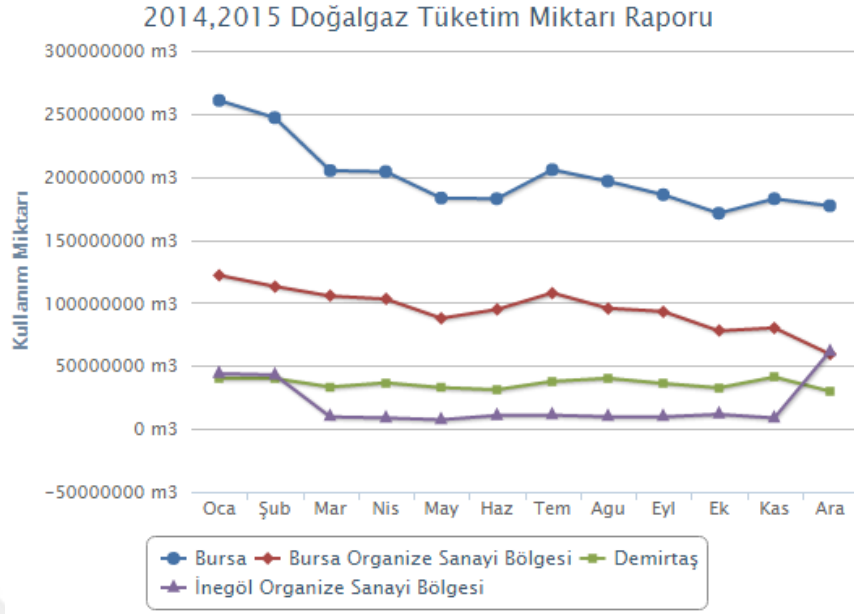
Kaynak: (Aşık, Özsoy, Aksoy, & Katkat, 2013, s. 20)

Endüstri faaliyetlerinden kaynaklanan kirleticilerinden biri de endüstrilerin enerji kaynaklarını sağlayan termik santrallerdir. Endüstriler için vazgeçilmez olan elektrik üretiminde genellikle kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Örneğin ABD elektrik ihtiyacının %90'nını kömür ve petrolden karşılamaktadır (Hayır, 2009). Kömür ve petrol açısından zengin olmayan Türkiye ise elektrik ihtiyacının bir kısmını linyitle çalışan termik santrallerden karşılamaktadır. “2014 yılı itibariyle 160,39 TWh'lik termik üretim; 97,5 TWh (%47,68) ile doğal gaz, 29,7 TWh (%14,61) ile linyit ve 27,586 TWh (%13,5) ile ithal kömürden elde edilmiştir. Geriye kalan yaklaşık 5 TWh ise taşkömürü, asfaltit vb. diğer termik kaynaklardan sağlanmıştır” (Çiftçi & Bilmez, 2014).



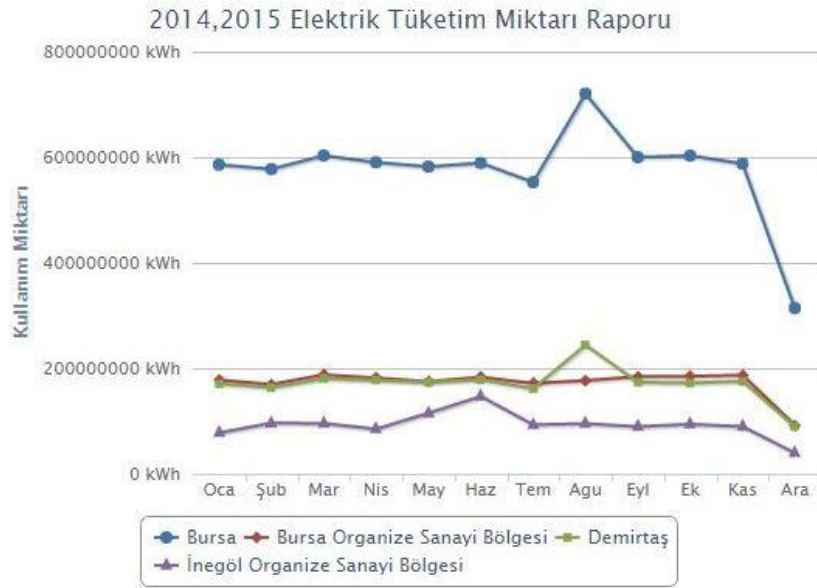
Şekil 6: Bursa Kenti Organize Sanayi Bölgeleri

Bursa ilinde ise 2014 yılında sanayide kullanılan katı yakıt miktarı 124.000 ton iken, tüketilen doğalgaz miktarı ise 1.300.000 m³tür (İÇRD Bursa, 2004-2014). Bursa’da bulunan organize sanayi bölgelerinin toplamında ve 3 büyük OSB’nin 2014-2015 yılı doğalgaz ve elektrik tüketimlerine bakıldığında; doğalgaz tüketiminin 250 milyon m³ aştığı, elektrik tüketiminin ise 700 milyon kWh olduğu görülmektedir (Grafik4-5) .



Grafik 4: 2014-2015 Yılı Bursa İli ve Bazı OSB'lerin Doğalgaz Tüketim Miktarı Raporu

Kaynak: (Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2015)



Grafik 5: 2014-2015 Yılı Bursa İli ve Bazı OSB'lerin Doğalgaz Tüketim Miktarı Raporu

Bursa ili sınırlarında faaliyette bulunan 1 termik, 5 doğalgaz çevrim olmak üzere 6 adet santral bulunmaktadır. Orhaneli de bulunan termik santral yine Orhaneli civarından çıkarılan linyit kömürüyle çalışmaktadır. Haziran 2015 itibariyle Çelikler Holding'e devredilen "Orhaneli Termik Santrali ortalama 1.062.128.875 kilovatsaat elektrik üretimi ile 328.304 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi,

metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi” ihtiyacını karşılayabilmektedir (Anonim, 2015).

Orhaneli termik santrali Bursa Kent merkezine 47 km uzaklıkta güneybatı istikametinde konumlanmıştır. Baca yüksekliği 270 m, deniz seviyesinden yüksekliği ise 360 m'dir. Santralde kullanılan linyit; %1.9 yanıcı sülfür, %26.52 kül ve %28.52 su buharı içermektedir (Yıldız, 1996, s. 14-16). Baca gazı desülfürizasyon filtresi 1999 yılında %99 oranında kükürt ve kül salınımını azaltmak için faaliyete geçmiştir (Avcı, 2005, s. 1-26).

Türkiye’de çıkarılan linyitlerin kül ergime sıcaklıkları düşüktür. Bu sayede yanma faaliyeti hızlı gerçekleşir ve yanma sırasında azot oksitler açığa çıkmaz. Fakat doğalgaz yanma faaliyetini yavaş gerçekleştirdiği için doğalgaz ile çalışan santrallerde azot oksit emisyonu bulunmaktadır. İnsan sağlığı açısından zararlı olan azot oksitler aynı zamanda yer seviyesi ozonu oluşmasına da neden olmaktadır (DPT, 2001, s. 9-2). Azot oksitlerin yoğun olduğu ortamda kısa süreli bulunmalarda solunum problemi, uzun süreli bulunmalarda ise akciğerde ciddi tahribata neden olmaktadır (TTB, 2000).

Baca gazı ve çıkan partiküllerin boyutları 10 µg ve daha azdır. Özellikle 2.5 µg ve daha küçük tanecikler solunum yollarında ciddi problemlere neden olmaktadır. Bu tanecikler astım, bronşit, amfizeme ve damar tıkanıklığına neden olan kirleticilerdir (Karatepe, Yavuz, Meriçboyu, & Öztürk, 1998, s. 629-930). Yanma sonucunda ortaya çıkan baca gazlarının içerisinde uranyum, radon gazı gibi radyoaktif maddeler de bulunmaktadır. Bu maddeler havaya, toprağa ve suya karışarak bütün ekosistemi tehdit etmektedir. Örneğin 1993 yılında havadaki radyasyon oranının yükselmesiyle Yatağan Termik Santrali’nin faaliyetine bir süre ara verilmiştir (Milliyet, 1993). Termik santrallerin neden olduğu kirlilik sadece havayı soluyan insan ve hayvanlara değil, orman ve tarım arazilerinde yetişen bitkilere de zarar vermektedir. Baca gazından ve diğer kirleticilerden dolayı ürün verimliliği düşmektedir (Garipağaoğlu, 2015, s. 66).

Termik santrallerin çevreye ve canlılara zararı birçok araştırmaya konu olmuştur. Bunlardan Pala ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmada (2012, s. 49)’da Orhaneli Termik Santrali’nin civarından yaşayan 15 yaş ve üzeri 2350 bireyin sağlık problemlerini incelemiştir. Araştırmanın neticesinde ise hiç sigara içmemesine rağmen 795 kişide solunum yetmezliği gibi bazı problemler teşhis edilmiş ve hastaneye yönlendirilmiştir.

Orhaneli Termik Santrali'nin çevreye verdiği zararlar halen tartışılırken yeni bir termik santral projesi gündeme gelmiştir. Bursa Kenti'ne yakın mesafede bulunan Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'ne kurulacak olan Buhar ve Elektrik Üretim Santrali, OSB'nin elektrik ihtiyacını karşılaması planlanmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2015 Haziran ayında verdiği olumlu ÇED raporunun ardından Bursa'da bulunan çevre sivil toplum örgütlerinin tepkisiyle Bursa İdari Mahkemesinde açılan davada "Keşif ve bilirkişi incelemesi yapılmasından sonra bu konuda yeniden bir karar verilinceye kadar yürütmeyi durdurma" kararı verilmiştir (DOSAB, DOSAB Buhar ve Elektrik Üretim Santrali Haberler, 2015).

DOSAB yetkilerine göre; yapılacak termik santral en son teknoloji imkanlara sahip olacaktır. Kömür ve kireç taşı nakliyesinden depolanması ve kazanlara taşınmasına kadar tamamen kapalı ortamlarda olacak ve hiçbir şekilde havayla temas etmeyecek, etrafa toz salınımı olmayacaktır. Ayrıca kömürün yanması sonucunda ortaya çıkan baca emisyonları ileri teknoloji filtreleme sistemleri sayesinde kontrol altında tutulacak, bunun yanında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı baca gazı salınımları 7/24 kontrol edebilecektir. DOSAB yetkilileri ayrıca bilirkişiler tarafından oluşturulan heyet tarafından denetlenmeyi de kabul etmektedirler. Bu proje sonunda yurt dışına 10 yıllık projeksiyonda 1 milyon dolar daha az doğalgaz faturası ödemeyi planlamaktadırlar (DOSAB, 2015). Proje gerçekleşirse, termik santral saatte 390 ton buhar ve 49,9 MW elektrik üretimi yapacak olup, bu üretim için günlük bin 200 ton kömür ve 150 ton kireç taşı yakılacaktır (Yüksel, 2014).

DOSAB yetkilileri verilen tepkilerin "doğalgaz lobisi" yüzünden olduğunu ve dışa bağımlılığımızı yitirmemizi istemiyorlar dese de uzmanlar, meslek odaları, çevre örgütleri ve halkın bir bölümü santralin yapılmasına karşılar. Bursa Tabip Odası bir broşür hazırlayarak Orhaneli Termik Santrali'nin çevresel problemlerine dikkat çekmiş ve Kent'e bu kadar yakın bir termik santralin halk sağlığını olumsuz yönde etkileyeceğini belirtmiştir (Yüksel, 2014). Tartışmalar halen devam ederken DOSAB yetkilileri Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporundan ikinci kez olumlu değerlendirme almış ve Bursa idari mahkemelerince açılan dava sonucunda "Keşif ve bilirkişi incelemesi yapılmasından sonra bu konuda yeniden bir karar verilinceye" kadar yürütmeyi durdurma kararı alınmıştır (DOSAB, 2015).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. BURSA KENTİ'NDE HAVA KİRLİLİĞİNİ ETKİLEYEN FİZİKİ COĞRAFYA FAKTÖRLERİ

3.1. İKLİM

Hava kirliliğini etkileyen fiziki faktörlerden olan iklimik şartlar; olumlu ve olumsuz olmak üzere iki şekilde etkilerler. İklimik şartların uygun olmadığı ölçülerde, atmosferdeki kirliliği daha da arttırmakta, ya da kirli havanın çevreye yayılmasına sebep olmaktadır. Uygunluğu ölçüsünde ise kirli havanın doğal yollardan dağılmasına ve etkisinin azaltılmasında olumlu etkisi bulunmaktadır. Hava kirlenmesinde önemli bir etkisi bulunan evsel ısınmadan kaynaklı yakıtların kullanılmasıyla özellikle yanma dönemini içine alan soğuk dönemin yansıttığı iklimik şartların bilinmesi gerekmektedir. Yanma döneminin dışındaki zamanlarda ise endüstriyel ve trafik kaynaklı kirlenmelerde iklimin etkisi daha zayıftır. Bursa Kenti hava kalitesinde evsel ısınmadan kaynaklı kirlenmenin daha fazla olduğundan hareketle özellikle yanma dönemindeki iklimik şartlar incelenecektir. Bu dönemde özellikle düşük sıcaklıklar, değişen basınç şartları ve inversiyon (ısı terselmesi) gibi iklim olayları bölgedeki hava kirliliği üzerinde etkilidir (Garipağaoğlu, 2014, s. 78).

36°- 42° paralelleri arasında bulunan Türkiye'nin, makroiklima zonları bakımından incelendiğinde tüm yıl boyunca belli bir hava kütesinin etkisinde kalan bir çekirdek saha olmadığı görülmektedir. Diğer bir deyişle Türkiye, dinamik-ijenetik iklimoloji açısından geçiş sahası konumundadır. Genel manada Türkiye, kışın kuzeyinde kalan kutbi hava kütlelerinin, yazın da güneyinde kalan tropikal menşeli hava kütlelerinin tesiri altındadır (Erinç, 1984, s. 296).

Bir bölgenin ikliminde plenatar faktörlere bağlı olarak meydana gelen coğrafi faktörlerinde etkisi bulunmaktadır. Bunları bölgenin fiziki coğrafya şartlarına bağlı olarak makroiklima karakterlerinde ortaya çıkan termik ve dinamik değişimler olarak ifade etmek mümkündür. Yükseklik, kara ve denizlerin dağılışına bağlı olarak karasallık ve orografi gibi fiziki coğrafya faktörleri iklimin üzerinde etkilidir (Erinç, 1984, s. 301).

Bursa Kenti ve yakın çevresi genel olarak ılıman bir iklim özelliklerine taşınmasına rağmen yeryüzü şekillerinin çeşitliliği, kuzey ve kuzeybatıdan gelen hava akımlarını karşılaması, dağlarla çevrili geniş çukurlukların olması ve Marmara Denizi'ne

kıyası olması itibariyle görülen iklim çeşitlenmiştir. Bursa ili sınırları içerisinde kalan Uludağ'ın ise kendine has bir iklim yapısı bulunmaktadır. Darkot ve Tuncel'e göre (Darkot & Tuncel, 1981) Marmara Bölgesi'nde sadece Uludağ'da görülen dağ iklimi, Bursa kent merkezinde her yönüyle ayrılmaktadır. Ortalama sıcaklıklar Uludağ'da yarı yarıya düşerken, ortalama yağış Bursa kent merkezinin neredeyse 2 katıdır. Yıl içerisinde seyreden basınç ve nem değerleri değişirken hakim rüzgar yönü de kuzeydoğu (%26) ve güneybatı (%23.3)'dir.

Türkiye'de görülen makroklima tipleri farklı araştırmacıların tasnif yöntemlerine göre ayrılmıştır. İlk olarak Köppen sistemine göre Türkiye'de 3 makroklima tipi mevcuttur. Bunlardan Cs(Akdeniz) iklimi en geniş sahayı kaplamaktadır (Erinç, 1984, s. 371). Köppen sınıflandırmasında ilk harfler büyük bitki topluluklarına göre ayrılan iklim tiplerini, ikinci harfler iklimin yağış rejimini, sıcaklık karakterlerini üçüncü harfler, bazı özel halleri ise dördüncü harfler göstermektedir. Buna göre Bursa kenti ve yakın çevresi kışı soğuk, yıllık sıcaklık 18°C'den az, en sıcak ay 18 °C'den fazla olan "Csak" sınıfına girdiği görülmüştür. Uludağ ve çevresi ise kışı soğuk ve yıllık sıcaklıkları 18 °C'den az olan "Csb" sınıfındadır (Erinç, 1984, s. 373).

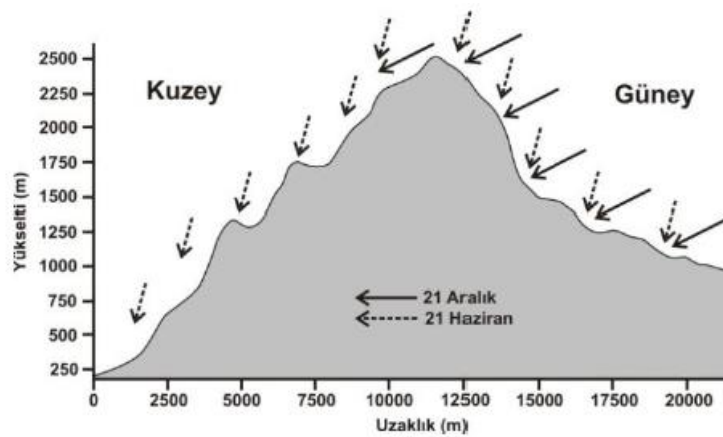
Diğer iklim sınıflandırmalarına bakıldığında ise; Rubner'in sıcaklık tabanlı yaptığı çalışmada Bursa Kent merkezini mutedil iklim tipinde, Uludağ'ı ise serin iklim tipinde değerlendirmiştir. Yağış oranlarına göre yaptığı sınıflandırmada ise Bursa kent merkezi kısmen nemli sınıfına girerken, Uludağ nemli iklim sınıfına girmektedir (Koç, 1998). Alissow tarafından farklı hava kütlelerine göre yapılan sınıflandırmaya bakıldığında; sıcak dönemde 4c sınıfına yani "kıtaların batı kıyılarında görülen subtropikal deniz iklimi – Akdeniz iklimi" tipine girdiğini, soğuk dönemde ise "orta kuşak kıtalarının batı kıyılarında görülen deniz iklimi" olan 5c sınıfına girdiği görülmektedir (Dönmez, 1984, s. 232). De Martonne'nin yağış ve sıcaklık verilerini baz alarak yaptığı sınıflandırmada ise Bursa Kenti subtropikal iklim tiplerinden Akdeniz iklim tipine girmektedir (Öztürk, 2010, s. 15).

Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemi Dünya'da ve Türkiye'de iklim çalışmalarında sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. Bu sınıflandırmanın temelinde iki durum vardır. Sıcaklıkla evapotranspirasyon arasındaki durum ve yağışla evapotranspirasyon arasındaki durumdur. Eğer bir bölgede yağış evapotranspirasyondan fazla ise bu bölgede toprak suya doymuş haldedir, su fazlalığı vardır ve bölge nemli bir iklime sahiptir. Tersine durumda ise yağışın

evapotranspirasyondan sürekli az olduğu yerlerde toprakta su noksanlığı vardır ve bu yerin iklimi kuraktır (Dönmez, 1984, s. 257). Thornthwaite iklim sınıflandırma sistemine göre ise, Uludağ "ikinci mikrotermal, çok nemli, su açığının olmadığı ve ya çok az olduğu deniz etkisine orta düzeyde açık (A,C'2,d,b'2)" iklim sınıfına girer (Türkeş & Öztürk, 2008, s. 92).

Bursa Kenti iklim özelliklerinin hava kirliliği açısından ele alındığında bu bölümde Bursa Kenti sınırlarında ve yakın çevresinde bulunan Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait 4 farklı istasyondan(Bursa Merkez, Gemlik, Mudanya, Uludağ Zirve) alınan 1980-2014 yılları arasındaki veriler Microsoft Excel kullanılarak tablo ve grafik haline getirilmiştir. Bursa Merkez istasyonu 100 m.'de, Gemlik istasyonu 10 m.'de, Mudanya 4 m.'de, Uludağ Zirve istasyonu ise 1877 m.'de konumlandırılmıştır. Çalışmada kullanılan haritaların yapımında ise ArcGIS 10.5 kullanılmıştır.

Bursa Kenti 40°N enlemi üzerinde yer aldığından 21 Haziranda güneş ışınlarını en dik aldığı zamandır. Bu tarihte güneş ışınları 73°'lik bir açıyla gelir. 21 Aralık'ta ise, güneş ışınlarını 26° açı ile 40°N enlemine en eğik geldiği zamandır (Yaltırak, Gazioğlu, Selim, & Yücel , 2004)(Şekil 7). Ortalama toplam günlük güneşlenme süresi ise 6,1 (sa-da)'dır. Güneşlenme süreleri ortalama olarak en az olduğu ay ise Aralık'tır. Ortalama global güneşlenme şiddeti ise 291,1 (cal=cm²)'dir. Güneşlenme şiddetinin en fazla olduğu ay ise Temmuz ayıdır(Tablo 12).



Şekil 7: Güneş ışınlarının geliş açılarının Uludağ'ın yamaçları boyunca gösterdiği değişim.

Kaynak: Türkeş, M. ve Öztürk, M. Z. (2008)

Tablo 12: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Meteoroloji İstasyonlarının Ortalama Günlük Toplam Güneşlenme Süresi (sa-da) ve Ortalama Global Güneşlenme Şiddeti (cal÷cm²) (1980-2014)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Güneşlenme Süresi	2,5	3,1	4	5,2	7,2	9,3	10	9,3	7,2	5,0	3,4	2,4	5,7
Güneşlenme Şiddeti	136,2	186,4	269	354,3	445,9	508,5	509,7	456,2	359,1	237,4	155,2	114,9	311,1

Kaynak: D.M.İ.G.M.

3.1.1. Etkili Olan Hava Kütleleri ve Basınç Şartları

Hava kütleleri açısından ele alındığında; Bursa ve çevresi Türkiye'nin diğer bölgeleri gibi, herhangi bir hava kütesinin kaynak sahası olmadığı için mevsimlere göre farklı hava kütlelerinin etkisi altına girmektedir. Bu nedenle kışın kuzeyden gelen Avrasya ve Kuzey Denizi üzerinde oluşan soğuk karakterli polar veya kutbi hava kütlesi ile yazın güneyden sokulan tropikal ve sıcak hava kütlelerinin etkisi altındadır (Atalay, 2013, s. 406). Diğer bir ifade ile Bursa farklı hava kütlelerinin geçiş alanı konumundadır.

Araştırma sahasında sıcak dönemde etkin olan basınç sistemleri; Basra alçak basıncı (Basra AB), Azor yüksek basıncı (Azor YB), ve gezici orta enlem alçak basınçlarıdır (GAB). Bu basınç sistemlerine bağlı olarak da kontinental tropikal (cT) ve zaman zaman denizel polar (mP) hava kütleleri etkisindedir. Denizel polar hava kütesinin etkili olduğu dönemde bölgede serinletici bir etki yapmaktadır (Koç, 2001, s. 37). Karakteristik olarak birbirinden farklı bu iki hava kütesinin karşılaşmasıyla ortaya çıkan cephesel yükselmeye de, sağanak yağış ve oraj olayları gözlenmektedir. Ama bu olay sıcak dönem için nadir görülür. Genel olarak tek hava kütesinin etkisi altında kaldığından yağış almamaktadır.

Soğuk dönemde ise, etkin olan basınç sistemleri Azor ve Sibiryaya yüksek basınçları ile İzlanda ve Akdeniz alçak basınçlarıdır. Dönem dönem Azor YB zayıflamakta, Sibiryaya YB etkili olmaktadır. En etkili hava kütlesi ise kuzeyden gelen soğuk karakterli karasal polar (cP) düşük sıcaklıklara ve kar yağışlarına neden olmaktadır (Koç, 2001, s. 49). Diğer bir etkili hava kütlesi olan denizel polar (mP) ise cP hava kütesinden daha nemlidir. Bu iki hava kütesinde güneye doğru geçiş eğilimi

olduğundan kararsızlardır. Fakat Uludağ yükseltisiyle karşılaşp yükselmek durumunda kalan hava kütleleri özellikle kuzey yamaçlarda orografik yağışlara neden olmaktadır.

Aynı zamanda Bursa'da yerel basıncın kış döneminde yüksek olması, soğuk havanın yükselemeyerek Bursa ovası üzerinde kalmasına, bu da sıcaklık terselmesine yol açmaktadır. Bunun sonucunda ise evsel yakıt kullanımından dolayı yanma döneminde artan hava kirliliği şehir üzerinde kalarak hava kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Bursa'nın iklimini etkileyen diğere bir faktör ise topografik etmenlerdir. Yeryüzü şekillerinin yükseltisi, dağların uzanış yönleri, bakı ve denize uzaklık (karasallık) gibi etmenler Bursa ikliminin şekillenmesinde önemli rol oynarlar.

Marmara Denizi'ne kıyısı olan Gemlik, Mudanya gibi ilçelerinde rakım 0 m iken, Bursa merkezde 100 m'yi, Uludağ zirvede ise 2543 m'yi bulmaktadır. İldeki bu yükselti farkı doğal olarak ortalama sıcaklık verilerine de yansımaktadır. Örneğın Bursa Merkez'de ortalama sıcaklık 14,7 °C iken, 1063 m yükseltide bulunan Keles'te sıcaklık 9,6 °C'dir. Yine aynı şartlardan dolayı yıllık ortalama düşen yağış miktarı yükselti arttıkça artmaktadır. Uludağ zirve 1325,6 mm yağış değeriyle Bursa merkezin 2 katı yağış almaktadır. Bursa'da dağlar doğu-batı istikametinde uzanmaktadır. Bu durumda kuzeyden gelen hava akımlarının karşılanmasına, ayrıca da kuzey ve güneyde bulunan dağların Bursa ovasını çepeçevre sarmasına neden olmuştur. Bu sayede özellikle Uludağ'ın kuzey yamacında bulunan bölgelerin bol yağış alması sağlanmaktadır. Ayrıca bakı faktörü sayesinde dağın güney yamaçları kuzey yamaçlarına göre daha çok ısınmaktadır. Dağlar kuzeydeki denizlere paralel uzandıkları için kuzeyden gelen nemli havayı Bursa ovasına fön rüzgarları şeklinde ilettikleri görülmektedir. Hakim rüzgar yönünün dağların uzanışından etkilendiği düşünöldüğünde, Bursa'daki hakim rüzgar yönlerinin doğu sektörlü olması bu durumla açıklanabilir. Denize olan uzaklık (karasallık) açısından bakıldığında ise; Marmara Denizi'ne yakın olan Gemlik, Mudanya gibi ilçelerinde günlük sıcaklık farkının az olduğu ve ortalama sıcaklık değeri lerinin yüksek olduğu görülmektedir. Aksine daha güneyde ve doğuda olan ilçelerde, (Harmancık, Keles, Yenişehir, İnegöl) kışın karasal şartların daha ağır bastığı görülmektedir (Abi, 2010, s. 27).

3.1.2. Sıcaklık Şartları

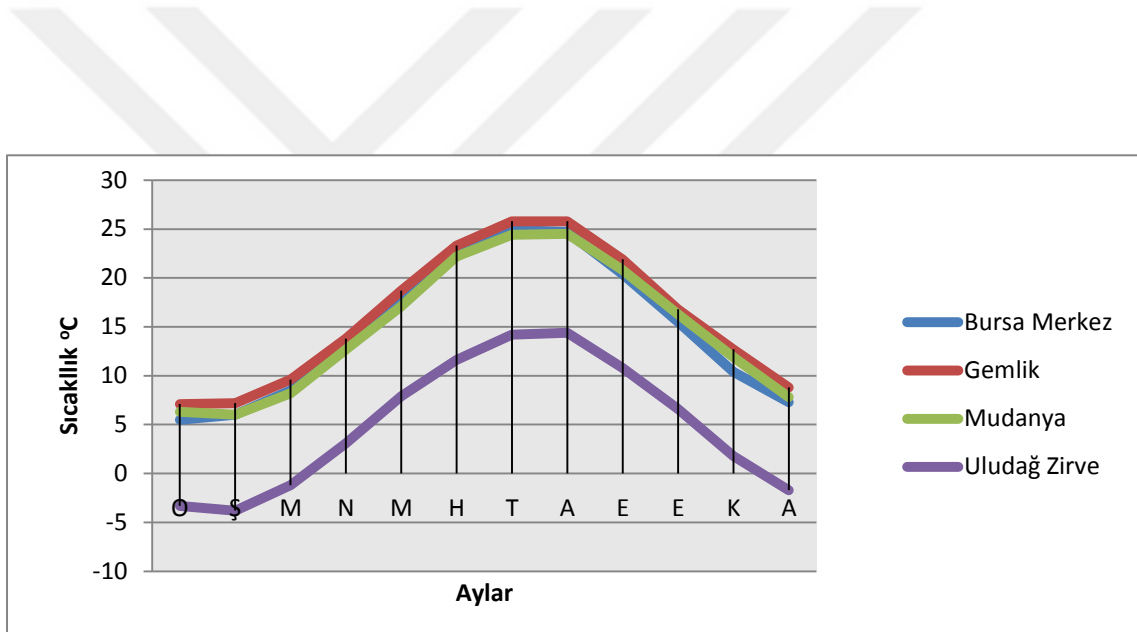
İklim elemanlarından sıcaklık ile hava kirliliği arasında sıkı bir bağ bulunmaktadır. Sıcaklık iklim elemanlarının en önemlisi sayılmaktadır. Bunun nedeni ise diğer iklim elemanlarının (yağış, nemlilik, basınç gibi) sıcaklığa bağlı olarak artmakta veya azalmakta olmasıdır (Ardel, Kurter, & Dönmez, Klimatoloji Tatbikatı, 1969, s. 11). Özellikle hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden sayılan yanma döneminde evsel yakıt kullanımı ile bölgenin sıcaklık değerleri birbiriyle bağlantılıdır. Bu bağlamda yıllık ve günlük sıcaklık ortalamaları, özellikle yanma dönemindeki maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ile günlük sıcaklık farkları, ayrıca sıcaklığın 0°C'nin altına düştüğü günler sayısı oldukça önemlidir. Sıcaklık değerleri evsel yanmanın derecesini ve süresini belirlemekte bu da kullanılan yakıt miktarına tesir etmektedir. Sonuç olarak bu durum da doğrudan hava kirliliğini etkilemektedir. Ülkemizde hava kirliliği ölçüm standartlarında 18°C'nin altına düştüğü mevsimden itibaren yanma dönemi başlatılmıştır. Genel literatürde Kasım – Mart arası olan bu dönem ülkenin coğrafi konumu, yükseklik, denizellik, karasallık gibi nedenler göz önüne alındığında bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Bu bakımdan özellikle aylık ortalama sıcaklıklar incelenip her bölgeye göre yanma dönemleri belirlenmelidir (Garipağaoğlu, 2014, s. 81).

Bursa Kenti'nde yanma dönemini belirleyebilmek için istasyonlara göre aylık ortalama sıcaklık değerlerine bakılmalıdır. Bu bağlamda yıllık ortalama sıcaklık Bursa Merkez'de 14,7 °C iken, en düşük sıcaklık Uludağ zirve (5,0 °C) istasyonuna aittir. 18°C'nin altında yanma döneminin başladığı varsayılırsa genel olarak bu dönem Ekim ve Nisan aylarını kapsamaktadır. Tabii ki de bu durum istasyonlara göre değişmektedir. Örneğin, Uludağ zirve istasyonunun yükseltisi fazla olduğundan Haziran ayında sıcaklıkların halen 11,6°C olduğu görülmektedir (Tablo 13). Uludağ zirve istasyonunda en yüksek sıcaklık Ağustos ayında 14,4 iken yıl boyunca 4 ay sıcaklıklar 0°C'nin altındadır. Dağ köylerinin bulunduğu bu bölgelerde yaz aylarında dahi geceleri yorganla uyumak ve evsel ısınmaya ihtiyaç duymak gayet normaldir (Grafik 7).

Tablo 13: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Aylık Ortalama Sıcaklıkları (°C) (1980-2014)

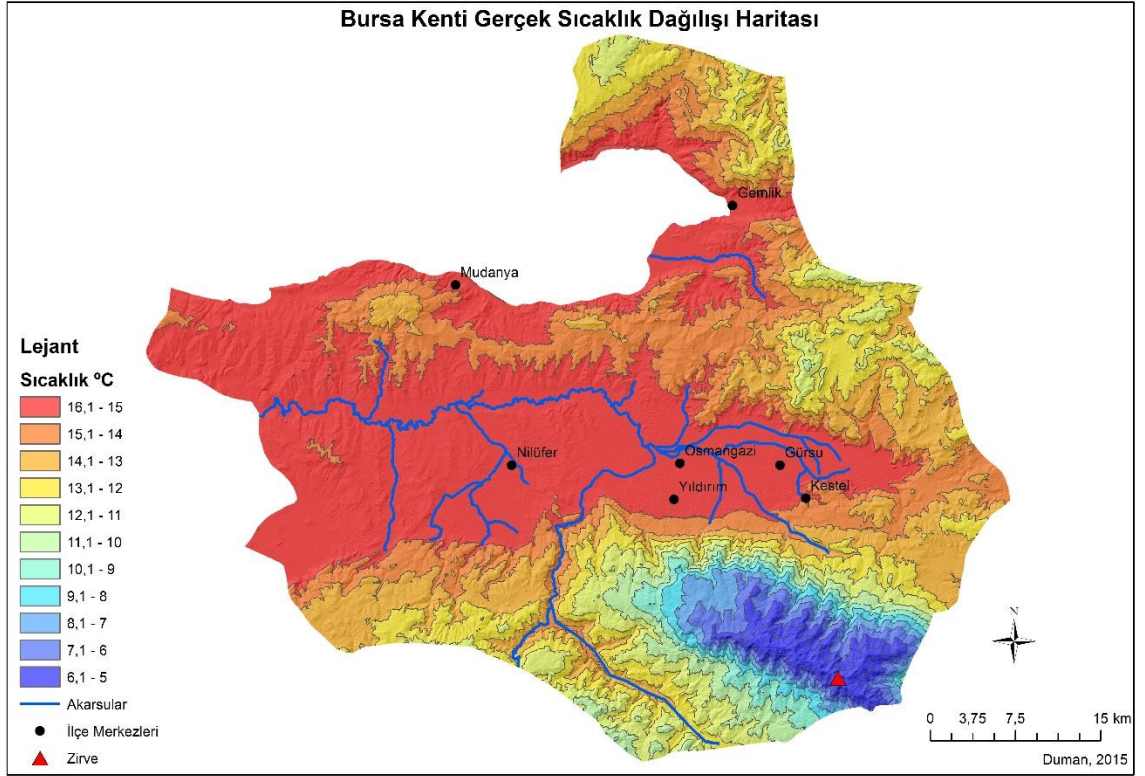
İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Bursa Merkez	5,5	6,0	8,5	13,1	17,8	22,5	24,9	24,7	20,4	15,5	10,4	7,3	14,7
Gemlik	7,1	7,2	9,6	13,8	18,7	23,3	25,8	25,8	21,9	16,8	12,7	8,8	16,0
Mudanya	6,3	6,0	8,2	12,7	17,1	22,2	24,4	24,5	20,8	16,3	11,9	7,8	14,9
Uludağ Zirve	-3,3	-3,8	-1,2	3,1	7,9	11,6	14,2	14,4	10,8	6,6	1,8	-1,7	5,0

Kaynak: D.M.İ.G.M.



Grafik 6: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Termik Rejim Diyagramı

İstasyonların minimum sıcaklık ortalamalarına bakıldığında ise Bursa merkezde minimum sıcaklık ortalamasının ocak ayında 1,7 °C'ye kadar düşerken, genel olarak yıl içerisinde sıcaklığın daha ılıman seyrettiği görülmektedir. Aynı zamanda Gemlik, Mudanya gibi istasyonlar yükselteleri düşük ve denizel etkilere açık olduklarından yılın hiçbir ayı minimum ortalama sıcaklık olarak sıfırın altına düşmemektedirler. Fakat Uludağ zirve gibi dağlık bölgelerde, yükseltisi fazla alanlarda bulunan istasyonlarda özellikle Aralık-Mart ayları arasında minimum sıcaklık ortalamasının 0°C'nin altında olduğu görülmektedir. Hatta Uludağ zirve istasyonunda Kasım ayında başlayan düşük sıcaklıklar Nisan ayının sonuna kadar devam etmektedir (Tablo 14).

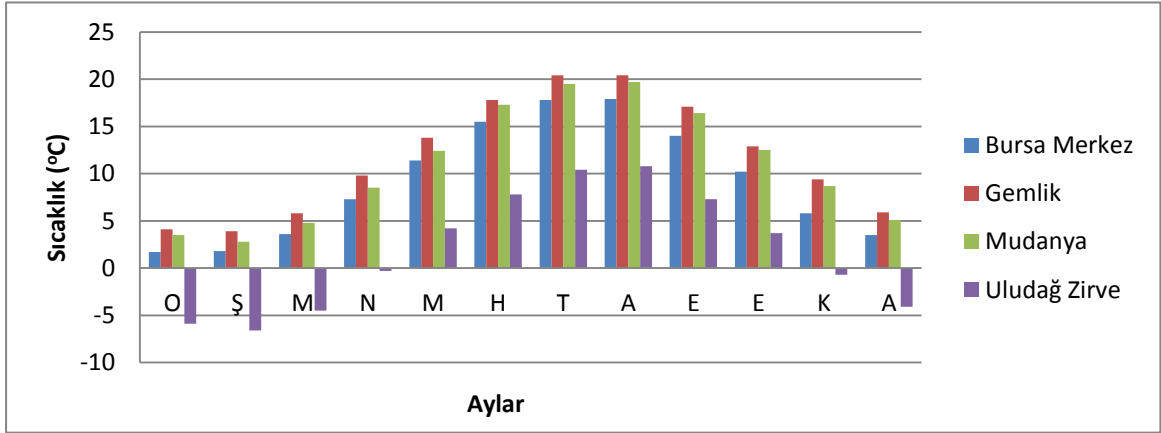


Şekil 8: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Yıllık Ortalama Gerçek Sıcaklık Dağılışı Haritası

Tablo 14: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Düşük Sıcaklıklar (°C) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Bursa Merkez	1,7	1,8	3,6	7,3	11,4	15,5	17,8	17,9	14	10,2	5,8	3,5	9,2
Mudanya	3,5	2,8	4,8	8,5	12,4	17,3	19,5	19,7	16,4	12,5	8,7	5,1	10,9
Uludağ Zirve	-5,9	-6,6	-4,5	-0,3	4,2	7,8	10,4	10,8	7,3	3,7	-0,7	-4,1	1,8

Kaynak: D.M.İ.G.M



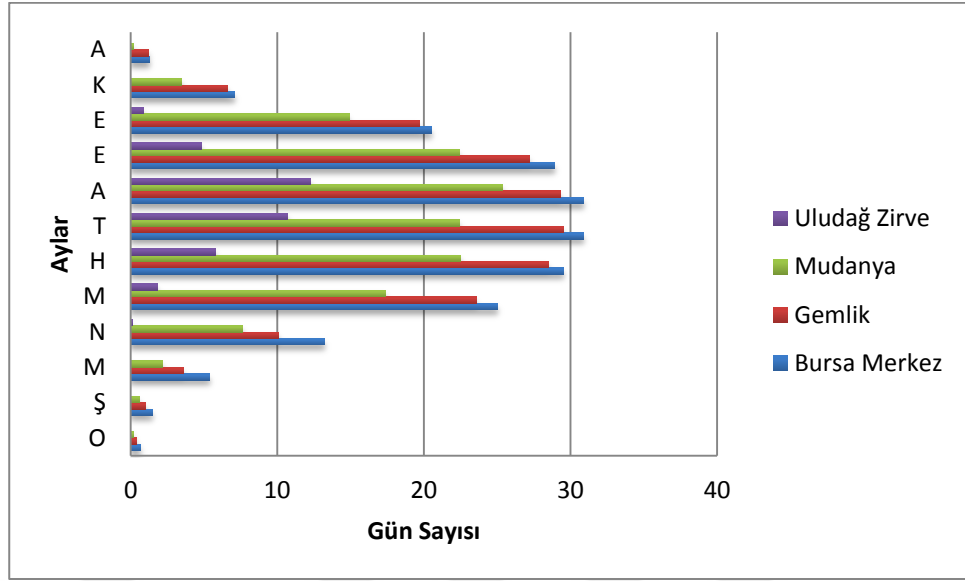
Grafik 7: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Düşük Sıcaklık Değerlerinin Yıllık Seyri (°C)

Maximum sıcaklığın 20°C ve üzeri olduğu günlerin sayısına bakıldığında Bursa merkez istasyonunun Haziran- Ekim ayları arasında neredeyse ayın tamamında sıcaklığın yüksek olduğu, Uludağ zirve istasyonunda ise sıcaklığın en yüksek olduğu Ağustos ayında bile 12,3 gün sıcaklıkların 20°C'nin üzerinde seyrettiği görülmektedir. Kasım-Nisan ayları arasında ise sıcaklıklar 20°C'yi bulamamıştır. Onun haricinde diğer istasyonlarda ise Mayıs - Kasım ayları arasında ayın büyük bir kısmının 20°C dolaylarında olduğu görülmektedir (Tablo 15).

Tablo 15: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Maksimum Sıcaklığın 20 °C ve Büyük Olduğu Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Toplam
Bursa Merkez	0,7	1,5	5,4	13,2	25,0	29,5	30,9	30,9	28,9	20,5	7,1	1,3	194,9
Gemlik	0,4	1,0	3,6	10,1	23,6	28,5	29,5	29,3	27,2	19,7	6,6	1,2	180,4
Mudanya	0,2	0,6	2,2	7,6	17,4	22,5	22,4	25,4	22,4	14,9	3,5	0,2	139,3
Uludağ Zirve	0,0	0,0	0,0	0,1	1,8	5,8	10,7	12,3	4,8	0,9	0,0	0,0	36,4

Kaynak: D.M.İ.G.M.



Grafik 8: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Maksimum Sıcaklığın 20 °C ve Büyük Olduğu Günler Sayısı

Yanma dönemi içerisinde günlük sıcaklık farkının fazla olması, minimum ve maksimum sıcaklıkların ortalamaları da yanma süresini ve şiddetini etkilemektedir. Uzun süren düşük sıcaklıklarda yanma şiddetli ve sürekli. Bunun sonucunda da havadaki kirletici konsantrasyonları artmaktadır. Özellikle 0°C'nin altında görülen don olayıyla birlikte sıcaklık terslemesinin meydana gelmesiyle kirli hava bölgenin üzerinde adeta bir tabaka halini almaktadır (Garipağaoğlu, 2014, s. 89). Sıcaklık terslemesinde ise bazı koşullar altında yerden yükseldikçe sıcaklığın azalması gerekirken, tersine artar ve belli bir düzeyde ise normal sıcaklık azalması görülür (Erol, 2014, s. 91). Örneğin donlu günlerin yaşandığı bir zamanda yerin ısısının çok düşük olması nedeniyle hava akımı gerçekleşemez, bu nedenle de hava tabaka halinde birikir. Özellikle yanmanın şiddetli olabileceği böyle durumlarda hava kalitesi minimum seviyelere düşmektedir. Ayrıca sıcaklık terselmeleri sırasında don olayının ortaya çıkmasıyla havada su buharı da yoğunlaştığından sis oluşur. Bu da hava kirleticilerinden kükürt dioksitin su buharıyla oksitlenmesine, sonucunda da insan sağlığı için son derece zararlı olan sülfürik asidin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda minimum sıcaklığın -0,1 °C ve küçük günler sayısı ortalaması hava kirliliği açısından önemlidir. Tabloya bakıldığında Bursa merkez istasyonunda yılın 6 ayında hava sıcaklıklarının 0°C'ye düşmediği görülmektedir (Tablo 16). En fazla düştüğü gün ise 10,8 gün ile Ocak ayındadır. Uludağ zirve istasyonu hariç diğer istasyonların Mayıs ayı itibariyle Kasım'a kadar sıfırın altına düşen günün olmadığı

görülmektedir. Sıfırın altına düşen günlerin en fazla olduğu istasyon ise 26,4 gün Ocak ayında Uludağ zirve istasyonu olmuştur. Onu ise 25,7 gün ile Şubat ayı takip etmektedir.

Tablo 16: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Minimum Sıcaklığın -0,1 °C ve Küçük Olduğu Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Toplam
Bursa Merkez	10,8	9,9	5,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	6,7	36,7
Gemlik	3,6	4,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0	10,5
Mudanya	2,7	4,5	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	9,7
Uludağ Zirve	26,4	25,7	24,5	14,6	4,1	0,4	0,0	0,0	0,7	5,9	14,0	24,5	140,80

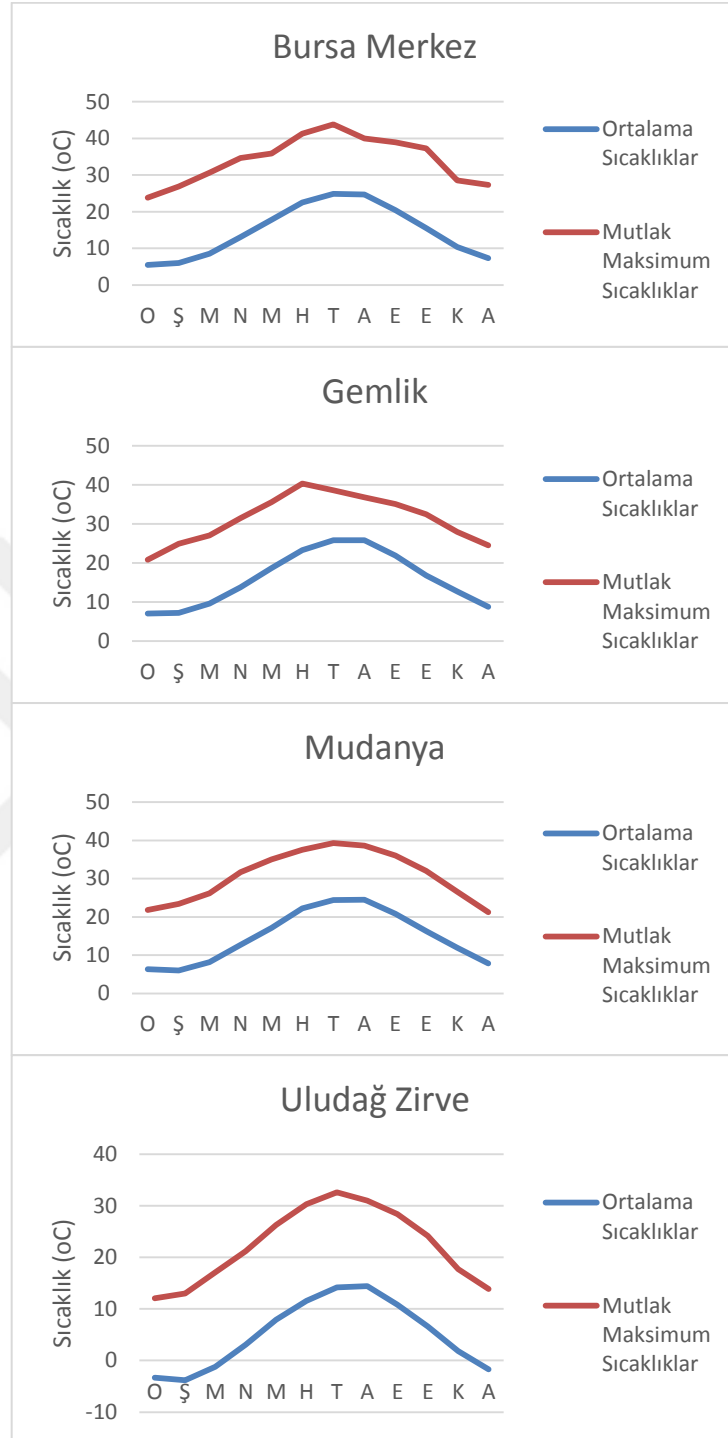
Kaynak: D.M.İ.G.M.

Mutlak maksimum sıcaklık değerleri bölgede belirlenen zamanlar içerisinde(1980-2014) görülen en yüksek sıcaklık değerleridir. Bursa Merkez'de en yüksek sıcaklık 43,8 °C ile 2000 yılında kaydedilmiştir. Yanma döneminde ise en yüksek sıcaklık değerleri Bursa Merkez istasyonuna aittir. Uludağ Zirve'de ise 32,6 °C ile temmuz ayında kaydedilen sıcaklık 1996 yılına aittir (Tablo 17).

Tablo 17: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Mutlak Maksimum Sıcaklık Değerleri (°C) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Bursa Merkez	23,8	26,9	30,6	34,6	35,9	41,3	43,8	40,0	38,9	37,3	28,5	27,3	43,8
Gemlik	20,8	24,9	27,1	31,5	35,6	40,3	38,6	36,8	35,1	32,5	28,0	24,5	40,3
Mudanya	21,8	23,4	26,2	31,7	35,0	37,5	39,3	38,6	36,0	32,0	26,6	21,2	39,3
Uludağ Zirve	12,1	13,0	17,1	21,2	26,3	30,3	32,6	31,0	28,4	24,2	17,7	13,9	32,6

Kaynak: D.M.İ.G.M.



Grafik 9: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Ortalama Sıcaklık ve Yüksek Sıcaklık Değerlerinin Yıllık Seyri

Mutlak minimum sıcaklık değerleri ise bölgede kaydedilen en düşük sıcaklıklardır. En düşük sıcaklık -22,2 °C ile 1985 Şubat ayında Uludağ Zirve istasyonunda kaydedilmiştir. Uludağ'a göre nispeten daha ılıman olan diğer istasyonlarda ise kaydedilen en düşük sıcaklık -16,4°C ile Bursa Merkez'dedir (Tablo 18). Mutlak minimum sıcaklıkların yaşandığı günlerin fazla olması o bölgede kullanılan yakıtında artmasına, buna bağlı olarak da havaya salınan kirleticilerde artış olmasına neden olmaktadır. Örneğin Uludağ'da haziran ve temmuz ayında dahi sıcaklık değerinin sıfırın altına düştüğü günlerin olması bu bölgede yanmanın yıl boyunca devam ettiğini göstermektedir.

Tablo 18: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Mutlak Minimum Sıcaklık Değerleri (°C) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık
Bursa Merkez	-11,8	-16,4	-8,0	-3,1	1,6	5,2	9,6	10,1	5,0	-1,0	-4,4	-8,4	-16,4
Gemlik	-5,5	-6,2	-3,3	2,0	3,6	10,8	14,0	14,5	10,6	3,8	0,5	-1,6	-6,2
Mudanya	-5,6	-6,5	-4,0	-0,8	4,4	8,8	14,4	11,2	9,3	6,0	0,3	-3,0	-6,5
Uludağ Zirve	-19,6	-22,2	-20,0	-14,6	-9,4	-4,3	-0,2	1,3	-2,8	-10,0	-16,5	-18,3	-22,2

Kaynak: D.M.İ.G.M.

3.1.3. Nisbi Nem

Atmosferdeki mevcut su buharının ifade eden terim, havanın nemliliğidir. Nemlilik bir çok farklı şekilde ifade edilir; mutlak nemlilik, spesifik nemlilik, karışım nispeti, su buharı basıncı ve nisbi nemliliktir. Havanın m³ başına içerdiği su buharının gram cinsinden ağırlığı mutlak nemlilik olarak ifade edilir. Su buharı basıncı ise havadaki su buharının oluşturduğu basıncı ifade eder. Milibar veya mm/Hg olarak gösterilir. Nemliliği ifade etmek için en çok kullanılan terim ise nisbi nemliliktir. Nisbi nem belli bir sıcaklıktaki hava kütlelerinin içerdiği su buharı miktarının ulaşabileceği en yüksek su buharı miktarına denir. Bu oran yüzdelik olarak ifade edilir (Erinç, 1984, s. 104).

Atmosferdeki nisbi nem hava kalitesi açısından olumlu ve olumsuz etkiye sahiptir. Olumlu etkisi, bilindiği üzere atmosferdeki nisbi nem, güneş ışınlarını absorbe ederek, havanın ısınmasını sağlamaktadır. Bu açıdan da yanma dönemi kısaltır ve havaya salınan kirlilik konsantrasyonlarını düşürür. Fakat olumsuz etkisi hava kirliliği açısından daha önemlidir. Hava kirleticilerinden olan ve özellikle evsel ve endüstriyel

yanmayla ortaya çıkan SO₂, nisbi nemin yüksek olduğu zamanlarda H₂O ile reaksiyona girerek H₂SO₄'ü yani sülfürik aside dönüşür. Bu yüzden özellikle yanma döneminde havadaki su buharı ne kadar yüksek ise, o oranda tehlike arz etmektedir.

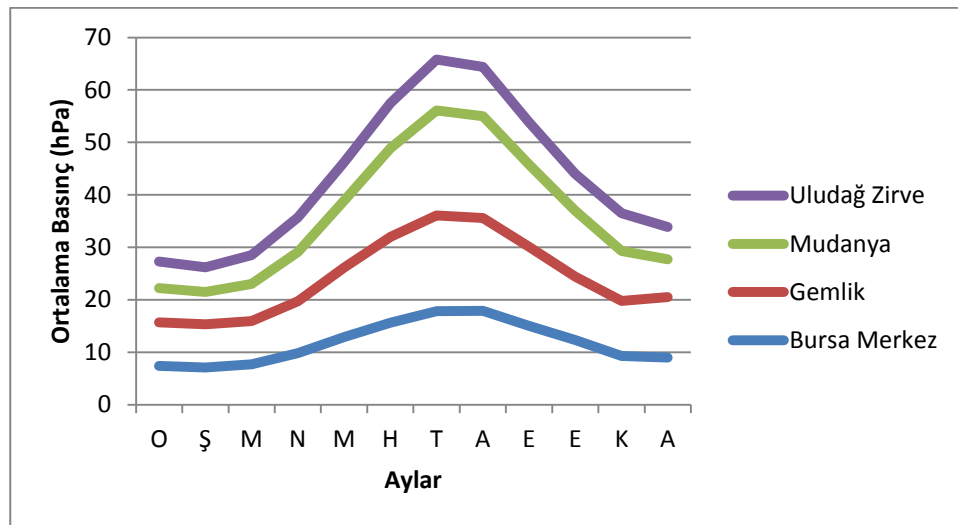
Su buharı basıncı ve havadaki nisbi nem miktarı yıl içerisinde ve bulunduğu konuma göre değişmektedir. Örneğin denize yakın olan bölgelerde su buharı basıncı yüksektir, buna karşılık yükseltinin arttığı alanlarda su buharı düşmektedir. Atmosferdeki nem miktarını belirleyen su buharı basıncı iç bölgelerde ve yaz aylarında neme doyma noktasına uzaktır. Fakat yanma döneminde ortalama su buharı basıncı genel olarak yüksektir. Bu da hava kirliliğini tetiklemektedir (Garipağaoğlu, 2014, s. 89).

Ortalama buhar basıncı genel olarak tüm istasyonlarda birbirine yakın değerlerde seyretmekte olup yaz aylarında artmaktadır. Yükseltisi fazla olan istasyonlarda ise genel olarak düşük seyretmektedir (Tablo 19).

Tablo 19: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Ortalama Buhar Basıncı (hPa) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Bursa Merkez	7,4	7,1	7,7	9,8	12,9	15,6	17,8	17,9	15	12,3	9,3	9	11,8
Gemlik	8,3	8,2	8,2	9,9	13,2	16,4	18,3	17,7	15,1	12,1	10,5	11,5	12,4
Mudanya	6,5	6,2	7,1	9,4	12,8	16,9	20	19,4	15,7	12,6	9,5	7,2	11,9
Uludağ Zirve	5,1	4,7	5,5	6,6	7,3	8,6	9,7	9,4	8,0	7,0	7,2	6,2	7,1

Kaynak: D.M.İ.G.M.



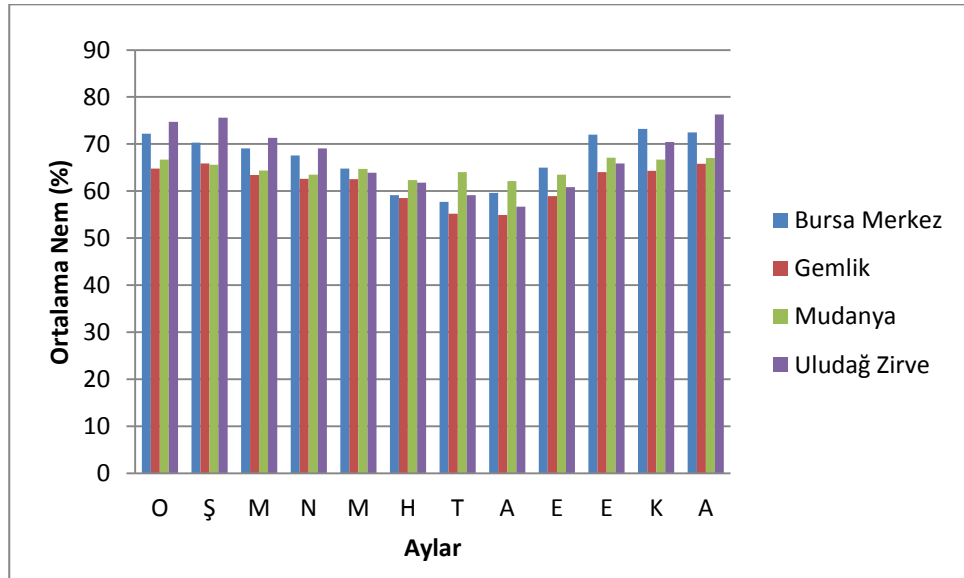
Grafik 10: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Buhar Basıncının Yıllık Seyri

Bursa Kenti'nde ortalama nisbi nem değeri %67,5'tir. Sıcaklıklar yükseldiğinde nisbi nem düştüğünden yaz ayları başlangıcı sayılan Nisan - Mayıs aylarında birçok istasyonda nemin düştüğü görülmektedir. Sıcakların düşmeye başladığı eylül ayından itibaren ise nisbi nemde artış görülmektedir. Nisbi nemin en fazla olduğu ay Aralık'tır. %76,3'lük ortalama nisbi nem ile aralık ayında Uludağ Zirve istasyonu en yüksek değere sahiptir (Tablo 20). Ayrıca Bursa'nın topoğrafyasından kaynaklı ortalama nisbi nem yüzdeleri kuzeyden güneye doğru artmaktadır.

Tablo 20: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Nisbi Nem Değerleri(%) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Bursa Merkez	72,2	70,3	69,1	67,6	64,8	59,1	57,7	59,6	65	72	73,2	72,5	66,9
Gemlik	64,8	65,9	63,4	62,6	62,5	58,5	55,2	54,9	58,9	64,0	64,3	65,8	61,7
Mudanya	66,7	65,6	64,4	63,5	64,7	62,3	64	62,1	63,5	67,1	66,7	67	64,8
Uludağ Zirve	74,7	75,6	71,3	69,1	63,9	61,8	59,1	56,7	60,8	65,9	70,4	76,3	67,1

Kaynak: D.M.İ.G.M.



Grafik 11: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Nisbi Nem Değerlerinin Yıllık Seyri

3.1.4. Yağış

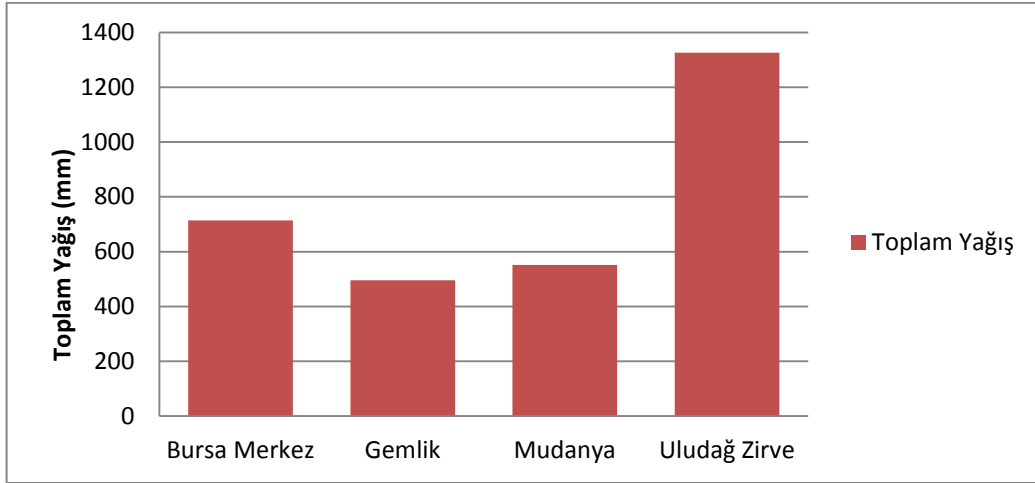
Özellikle yağmur şeklinde gerçekleşen yağışların atmosferdeki kirleticileri yıkayarak, buradan uzaklaştırdıkları bilinmektedir. Partiküler kirleticiler, SO₂, ve çözünebilen nitro oksitler yağışlar sayesinde atmosferden uzaklaşmaktadır. Özellikle yanma döneminde gerçekleşen yağışlar hava kalitesi açısından önem arz etmektedir. Bu bakımdan yağış grafiklerinde dikkati çeken yerler kışları bol yağış alan bölgelerdir. Ayrıca atmosferin yıkanmasında, yağış miktarında daha çok, yağışın hangi mevsimlerde düştüğü ve kaç gün yağış aldığı önemlidir (Garipağaoğlu, 2014, s. 91-93).

Bursa kenti Marmara geçiş iklimine sahip olduğundan yağışların büyük bir çoğunluğunu kış aylarında almaktadır. Yaz aylarında ise mutlak bir kuraklık olmayıp, yağış miktarı çok düşük seyretmemektedir. Bursa merkez istasyonunun toplam yağış 713,3 mm'dir. 101,8 mm ile en çok yağışı Aralık ayında almaktadır. En çok yağışı ise 7 ay boyunca 100 mm'nin üzerinde olan değerleriyle Uludağ zirve istasyonu almaktadır. En düşük yağışlar ise genel olarak ağustos ayında kaydedilmiştir (Tablo 21).

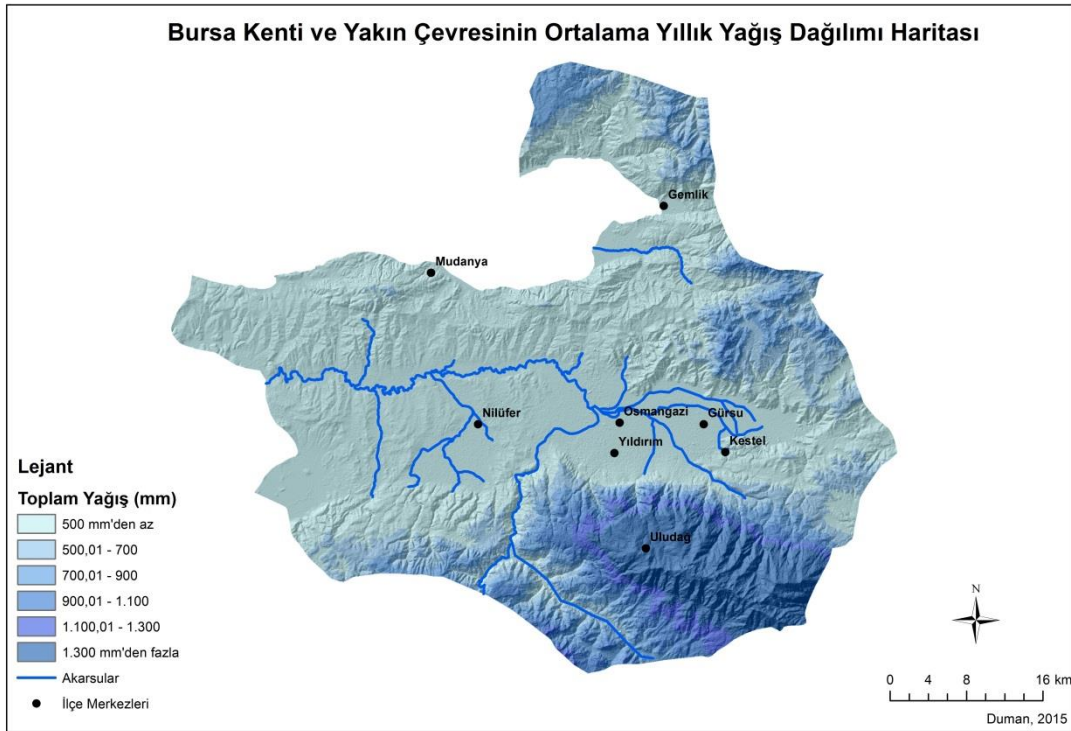
Tablo 21: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Toplam Yağış Ortalaması (mm) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
Bursa Merkez	83,7	74,5	69,1	66,7	43,6	38,5	19,1	13,5	41,0	80,7	81,1	101,8	713,3
Gemlik	66,8	48,6	35,0	48,5	37,3	20,3	24,3	6,2	18,6	51,8	67,2	70,3	494,9
Mudanya	75,6	63,9	37,5	59,9	31,0	23,4	17,4	12,2	27,6	57,1	63,1	83,0	551,7
Uludağ Zirve	158,8	151,8	138,7	118,5	87,9	68,2	42,5	28,8	57,0	124,6	159,7	189,1	1325,6

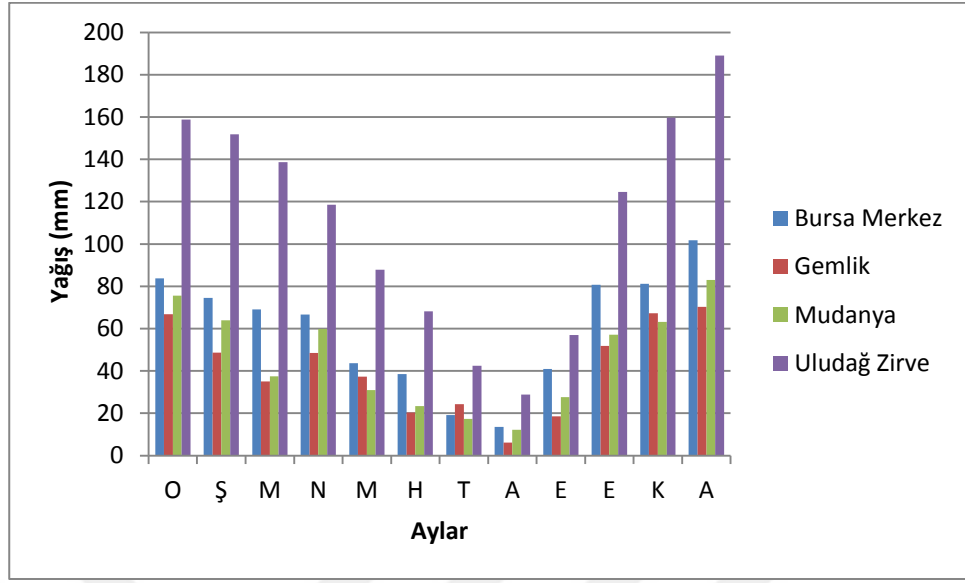
Kaynak: D.M.İ.G.M.



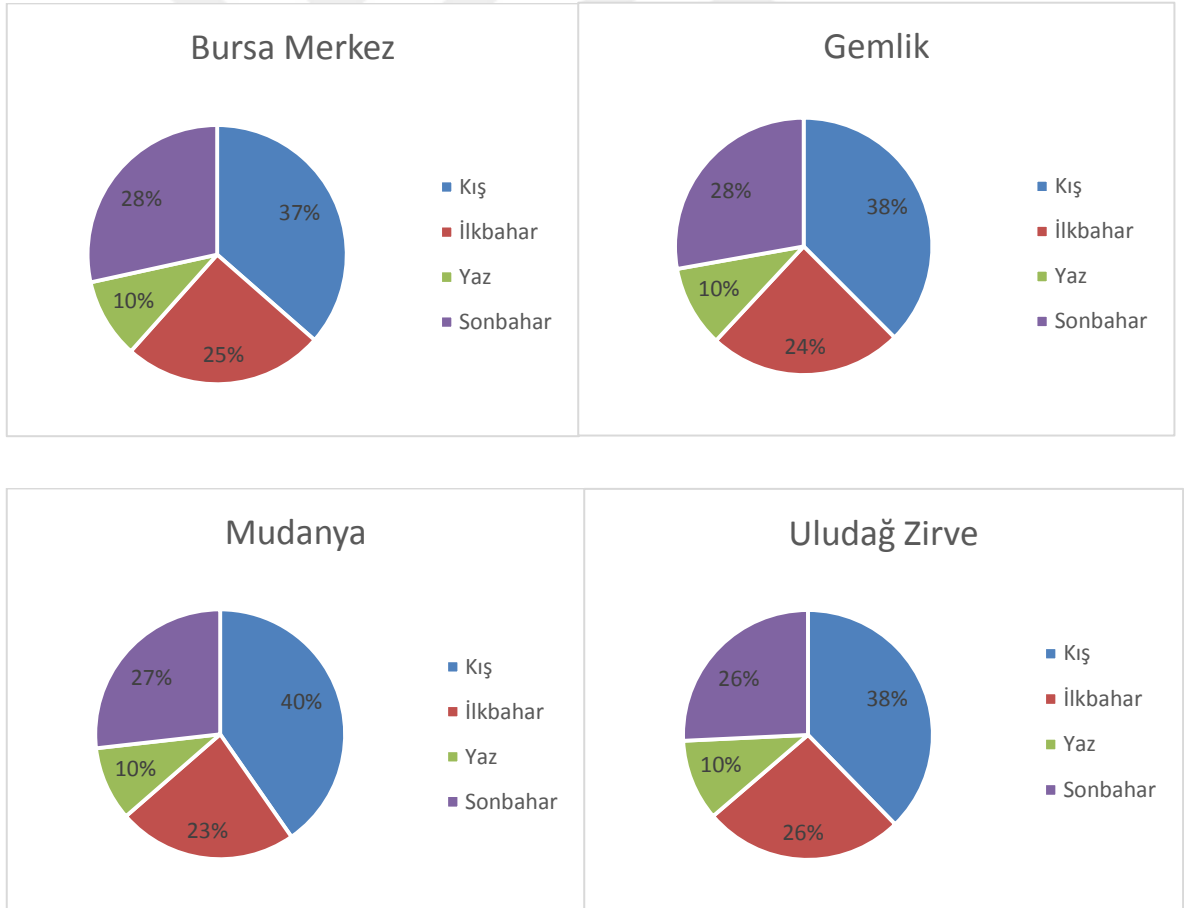
Grafik 12: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde İstasyonlara Göre Toplam Yağış Grafiği



Şekil 9: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Ortalama Yıllık Yağış Dağılımı



Grafik 13: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Yağış Değerlerinin Yıllık Seyri



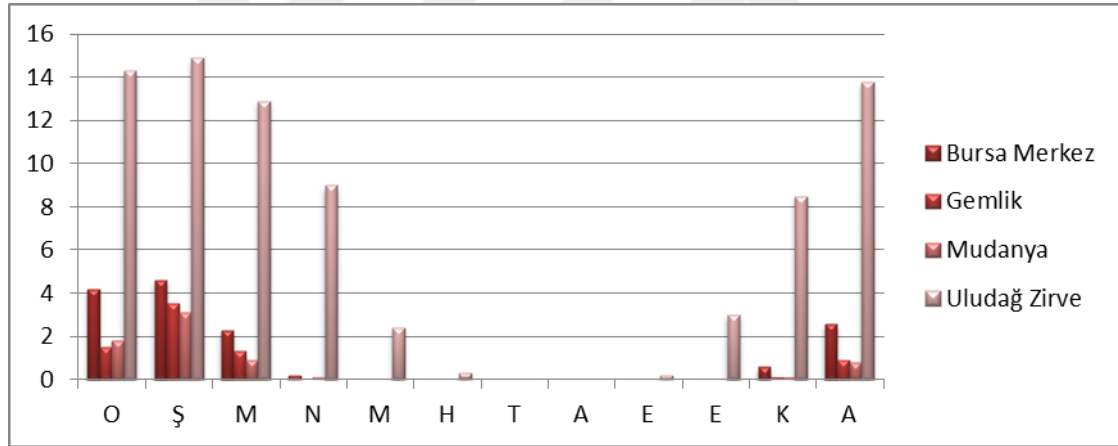
Grafik 14: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Toplam Yağışın Mevsimlere Dağılışı

Kar yağışlı günler sayısına bakıldığında ise Uludağ Zirve istasyonu hariç diğer istasyonlarda değerleri 0,1 ila 8,1 gün arasında seyretmektedir. Uludağ zirveden sonra en fazla kar yağışı Bursa Merkez istasyonuna düşmektedir. Mudanya, Gemlik gibi denize yakın yükseltisi az olan yerlere ise yılda toplam 6,8 ve 7,3 gün kar yağışı düşmektedir (Tablo 22). Kar yağışının da yağmur gibi atmosferi temizleyici özelliği vardır. Hatta insanlar arasında düşen ilk kar yenilmez çünkü havadaki kirliliği içinde barındırır diye bilinir.

Tablo 22: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kar Yağışlı Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
Bursa Merkez	4,2	4,6	2,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	2,6	14,5
Gemlik	1,5	3,5	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9	7,3
Mudanya	1,8	3,1	0,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,8	6,8
Uludağ Zirve	14,3	14,9	12,9	9,0	2,4	0,3	0,0	0,0	0,2	3,0	8,5	13,8	79,3

Kaynak:D.M.I.G.M.



Grafik 15: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kar Yağışlı Günler Sayısı

Bursa Kenti'nde karla örtülü günler sayısı Merkez'de en fazla 3,8 gün ile Şubat ayındadır. Nisan ayında ise kar yağışı olmakta fakat karın yerde uzun süre kalmadığı görülmektedir. Uludağ'da ise Ocak ayında 29,4 gün ile ayın tamamı karla kaplı geçmektedir(Tablo 23). Karın yerde kalış süresini etkileyen en önemli faktör terselmedir. Yeri kaplayan soğuk tabaka yüzünde hava akımı gerçekleşemez bu yüzden de kirli hava dağılamaz. Dağılamayan kirli hava tabakası da kentin üzerinde kalarak hava kalitesini olumsuz etkiler.

Tablo 23: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kar Örtülü Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	TOP
Bursa Merkez	3,0	3,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,6	9,5
Uludağ Zirve	29,4	24,8	25,3	25,3	8,1	0,1	0,0	0,0	0,0	4,3	16,1	25,6	159

Kaynak: D.M.İ.G.M.

3.1.5. Bulutlu ve Sisli Günler

Gökyüzünün bulutlu ve ya açık oluşu doğrudan atmosferdeki ışınların gelişini etkileyeceğinden, yanma döneminde harcanan yakıt miktarı ile kapalı günler doğru orantılıdır. Bulutlu günlerde kullanılan yakıt miktarı artacağından atmosfere salınan kirleticilerde bu günlerde yoğunlaşmaktadır. Açık günlerde ise tam tersine hava sıcaklığı yükseleceğinden yanma süreleri ve miktarı düşmektedir. Sisli havalar ise atmosferde oluşan sülfürik asit nedeniyle canlı sağlığı için tehlike arz etmektedir. Bu nedenle bulutlu ve sisli havalar hava kalitesi açısından olumsuz şartlar barındırmaktadır.

Bursa Kenti'nde genel olarak ortalama bulutluluk değeri 4,4'dir. Bulutluluk oranları yaz aylarında minimum seviyelere düşerken özellikle ekim ayı itibariyle artışa geçmektedir. 4,5'lik değeriyle Gemlik bulutluluk oranlarında başı çekmektedir. Bulutluluğun en az olduğu ay ise genel itibariyle Ağustos'tur (Tablo 24).

Tablo 24: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Bulutluluk Değerleri (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Bursa Merkez	6,0	6,1	5,6	5,1	4,0	2,8	2,0	1,9	2,6	4,0	5,2	6,0	4,3
Gemlik	6,1	6,5	6,1	5,5	4,2	2,6	2,0	1,8	2,1	4,6	6,1	6,6	4,5
Mudanya	6,2	6,3	5,7	5,4	3,7	2,6	1,9	1,8	2,8	4,1	5,3	6,4	4,4
Uludağ Zirve	5,6	5,8	5,3	5,3	4,2	3,3	2,3	2,1	2,7	4,0	5,3	6,0	4,3

Kaynak: D.M.İ.G.M.

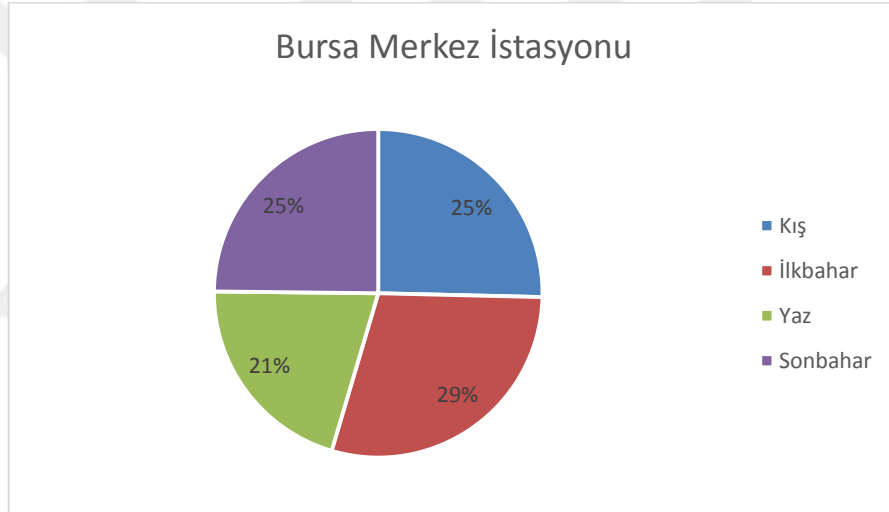
Toplam bulutlu günler sayısı ise 149,1'dir. Bazı istasyonlarda kış aylarında bu sayının 17'lere çıktığı görülmektedir. Yaz aylarında ise 7,1 güne kadar düşmektedir. Havanın kapalı olduğu günler sayısına bakılacak olursa Bursa genelinde toplam 182,5 gün olduğu, yine yaz aylarında bu değerlerin minimum seviyelere düştüğü kış aylarında

ise arttığı görülmektedir (Tablo 25). Bulutlu günler sayısının mevsimsel dağılışına bakıldığında ise %29 pay ile ilkbaharın ilk sırada yer aldığını görmekteyiz.

Tablo 25: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Bulutlu Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
Bursa Merkez	14,8	14,5	16,1	18,5	18,7	14,4	11,5	11,7	13,4	16,1	15,8	17,0	182,5
Gemlik	11,3	10,7	12,0	11,1	14,0	11,5	9,2	8,6	7,3	11,1	8,6	10,8	126,2
Mudanya	11,5	10,1	11,8	10,9	11,8	8,9	7,1	7,2	9,8	11,1	11,8	11,0	123,0
Uludağ Zirve	12,1	11,7	14,3	16,1	18,2	15,3	12,9	11,9	12,1	13,8	12,7	13,7	164,8

Kaynak: D.M.İ.G.M.



Grafik 16: Bursa Merkez İstasyonu Ortalama Bulutlu Günler Sayısının Mevsimsel Dağılışı

Tablo 26: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Kapalı Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
Bursa Merkez	10,6	9,4	8,9	6,2	3,2	1,1	0,7	0,4	1,1	4,3	7,5	9,4	62,8
Gemlik	12,6	12,7	12,7	9,8	5,1	1,5	1,5	0,9	2,3	7,2	12	12,9	91,2
Mudanya	9,9	8,4	7,6	6,9	2,9	1,9	0,8	0,9	1,8	4,9	5,9	9,2	61,1
Uludağ Zirve	10,1	10,3	9,1	7,2	4,1	2,3	0,9	0,9	2,2	5,3	9,5	11,5	73,4

Kaynak: D.M.İ.G.M.

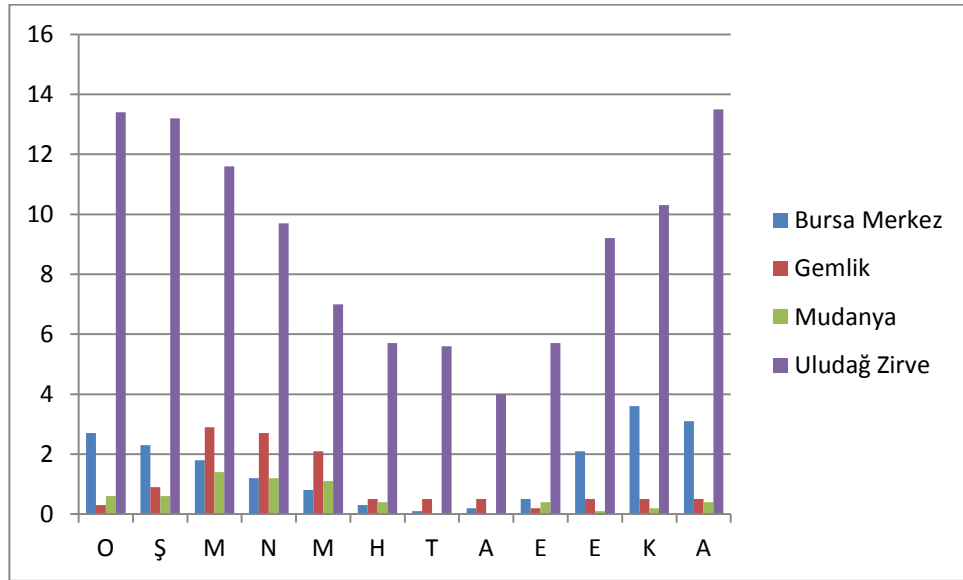
Bursa ve çevresinde soğuk veya sıcak bir hava kütesinin yatay hareketleri sonucunda oluşan adveksiyon sisleri (Atalay, 2013, s. 83) ile soğuk ve bulutsuz

gecelerde meydana gelen radyasyon sisleri görülmektedir. Marmara Denizi'nden gelen nemli ve sıcak hava ile soğuk karakterli kuzey rüzgarlarının karşılaşması özellikle ilkbahar aylarında bu durumu ortaya çıkarır (Abi, 2010, s. 34). Bursa genelinde toplam sisli günler sayısı 18,7 gündür. Sisli günlerin en fazla olduğu istasyon 108,9 gün ile Uludağ Zirve'dir. Sisin en fazla olduğu ay ise 17,5 gün ile aralık ayındadır. Sisin görüldüğü en az dönem ise yaz aylarıdır (Tablo 27).

Tablo 27: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Sisli Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
Bursa Merkez	2,7	2,3	1,8	1,2	0,8	0,3	0,1	0,2	0,5	2,1	3,6	3,1	18,7
Gemlik	0,3	0,9	2,9	2,7	2,1	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	12,1
Mudanya	0,6	0,6	1,4	1,2	1,1	0,4	0,0	0,0	0,4	0,1	0,2	0,4	6,4
Uludağ Zirve	13,4	13,2	11,6	9,7	7,0	5,7	5,6	4,0	5,7	9,2	10,3	13,5	108,9

Kaynak: D.M.I.G.M.



Grafik 17: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Sisli Günler Sayısı

3.1.6. Basınç ve Rüzgarlar

Atmosferdeki gazların dokunduğu yüzeye uyguladığı kuvvete atmosfer basıncı denir. Normal atmosfer basıncı 1013 mb olarak hesaplanmış, bu rakamın altındakiler alçak basınç, üstündekiler ise yüksek basınç olarak ifade edilirler (Ardel, Kurter, & Dönmez, Klimatoloji Tatbikatı, 1969, s. 99) Hava basıncı, atmosferdeki hava hareketlerini etkilediğinden hava kalitesi açısından önemli bir yere sahiptir. Kirleticilerin hızı, fiziksel ve kimyasal yapıları, atmosferde kalış süreleri gibi faktörler kirleticilerin çevreye verdiği zararlar bakımından önemlidir. Ayrıca kirliliğin yoğunluğu yükseldikçe diğer hava kütleleriyle karşılaşmasıyla azalmaktadır. Bu yüzden kirlilik yeryüzüne yakın seviyelerde daha fazladır denilebilir (Payan, 1997, s. 11-12). Atmosferde bulunan kirleticilerin dağılımını etkileyen en önemli faktörlerdeki biri atmosfer stabilitesi yani kararlılığıdır. Atmosferin kararlılığı hava içerisindeki dikey hareketlere veya türbülanslara direnç olarak tanımlanmaktadır. Eğer bir bölgede hava kararlı ise yani yeterli dikey hareketlilik ve karışım görülüyorsa, kaynaktan çıkan kirleticiler yeryüzüne yakın bölgede kalır, dağılmazlar. Atmosferin kararlılığı ise doğrudan bölgedeki yerel basınç şartlarına bağlıdır (Ertürk F. , 1996)

Bu durum yüksek basınç şartlarında kirli havanın yükselemeyerek alt tabakalarda sıkışıp kalmasına neden olmaktadır. Alçak basınç koşullarında ise, hava kararsız olduğundan yükselici hava hareketleri sayesinde alt tabakalardaki kirli hava dikey olarak hareketlenir ve böylelikle kirli hava dağılmış olur. Kısacası siklonal şartlarda hava az kirliken, aksine antisiklonal şartların olduğu devrede hava kirliliği konsantrasyonu nispeten daha yüksektir (Garipağaoğlu, 2014, s. 99).

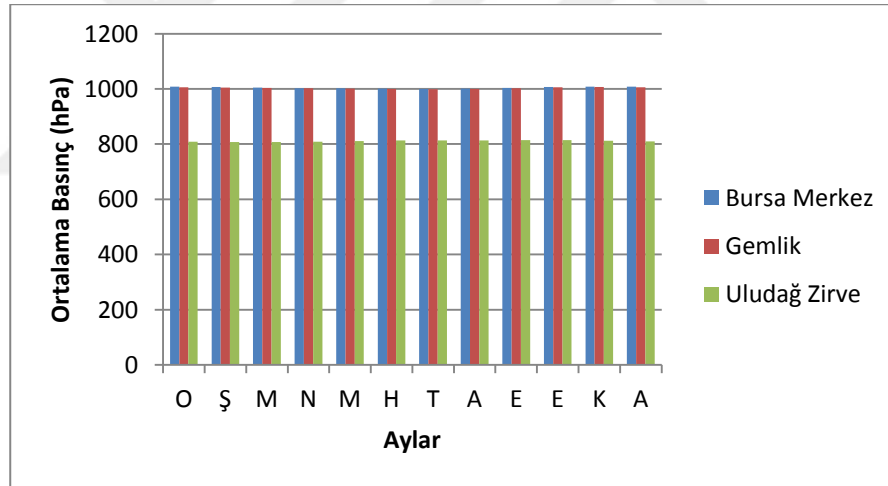
Bursa Kenti meteoroloji istasyonlarındaki ortalama basınç değerlerine bakıldığında yükseklik arttıkça basıncın düştüğü görülmüştür. Bursa merkez istasyonunda yıllık ortalama basınç 1004,3 iken, Uludağ zirve istasyonunda 810,9'dur(Tablo 28). Ayrıca yaz aylarındaki basınç değerlerinin kış aylarına nazaran daha düşük seyrettiği görülmüştür. Yanma dönemi içerisinde bulunan Kasım- Nisan arasında genel olarak istasyonlarda basınç değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu dönemde hava açık, rüzgar hızı düşük, sabahları hava sisli zemin karla kaplı, yer radyasyonu ve günlük sıcaklık farkları yüksek olduğundan hava kirliliği konsantrasyonu da genel olarak yüksektir. Karaların iç kısımlarında ilkbahar yaz aylarına doğru ısınan

hava yükselerek konvektif faaliyetler gerçekleşir. Bu sayede de havanın hareketlenerek temizlenmesi sağlanır (Abi, 2010, s. 29).

Tablo 28: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Basınç Değerleri (hPa) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Bursa Merkez	1007,8	1006,5	1005,0	1002,5	1002,4	1001,4	1000,0	1000,7	1003,8	1006,8	1007,5	1007,6	1004,3
Gemlik	1006,0	1004,3	1003,7	1002,1	1001,0	1000,1	998,9	999,4	1001,9	1005,5	1006,6	1006,2	1003,0
Uludağ Zirve	808,3	806,9	807,4	808,4	811,0	812,8	813,0	813,7	814,1	814,1	811,6	809,4	810,9

Kaynak: D.M.İ.G.M.



Grafik 18: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Basınç Değerleri (hPa)

Yatay hava hareketleri olan rüzgarlar, atmosferdeki kirli havayı yerleşim birimlerinin üzerinden taşıyarak hava kalitesine olumlu etki yapan klimatolojik faktörlerden birisidir. Rüzgarın yeterli olmadığı yerlerde ise kirli hava yerleşim üzerinde kalarak olumsuz etki yapmaktadır. Rüzgarın diğer bir etkisi kirli havayı yerleşim birimlerine doğru taşımasıdır. Bu yüzden özellikle kirlenici vasfı yüksek endüstri kuruluşlarını hakim rüzgar yönünde şehrin doğrultusuna kurmamak gerekmektedir. Ayrıca rüzgarın hızı ve frekansı da kirli havanın taşınmasında önemlidir. Ancak

rüzgarın olumlu etki edebilmesi için birçok şartın uygun olması gerekmektedir. Öncelikle doğal şartlar bakımından rüzgarın hızını kesebilecek herhangi bir yükselti olmaması gerekir. Ayrıca yüksek binalar, rüzgar yönüne dik uzanan caddeler, sokaklar olumsuz etki yaratmaktadır. Rüzgardan etkili bir şekilde yararlanabilmek için şehir planlanmasında hâkim rüzgar yönü düşünülüp cadde ve sokakların konumu ona göre ayarlanmalı, böylece hava koridorları oluşturulmalıdır. Ayrıca endüstri kuruluşları, termik santrallerin konumları şehrin gelecekte büyüme ihtimali düşünülerek şehre uzak konumlara ve hakim rüzgar yönü şehrin doğrultusundan uzak olacak şekilde olmalıdır (Garipağaoğlu,2014,s.100)

Bursa Kenti'nde çeşitli yönlerden esen rüzgarların hızları genellikle düşüktür. Yıllık ortalama rüzgar hızı 2,2 m/sn'dir (Tablo 29). Özellikle kıyılarda yer alan istasyonlarda (Gemlik, Mudanya) ortalama rüzgar hızı nispeten daha yüksektir. Bursa merkez istasyonunda hakim rüzgar yönü (% 49,3) N50°E iken, Uludağ zirve istasyonunda hakim rüzgar yönü (% 37,5) S23°E'dir (Şekil 10). Bu iki istasyon arasında yatay konum olarak fazla bir uzaklık olmamasına rağmen Uludağ'ın konumu ve yükseltisi yerel basıncın ve hâkim rüzgar yönünün değişmesine neden olmaktadır. Bursa'daki rüzgar şartları daha çok yerel koşulların etkisindedir. Bursa ovası güneyinde bulunan yüksek Uludağ kütlesi ile kuzeyinde bulunan nispeten daha alçak dağ kütleleri arasındadır. Bu özel topoğrafik şartlar GAB'ların etkisinin azalmasına ve böylelikle güneyden gelen hava kütlelerinin Uludağ'ı aşamamasına neden olmaktadır. Böylece Bursa Ovası sıcak-soğuk dönemlerde kuzeyden gelen hava kütlelerinin etkisi altında kalmaktadır (Öztürk, 2010, s. 16).

Bursa merkez istasyonundaki SW yönlü rüzgarlar ilkbahardaki sıcaklık artışında önemli rol oynamaktadır. Uludağ'da yaz döneminde kuzeyden esen rüzgarlar serinletici etki yaparken, bu nedenle nem artışı olmakta ve buharlaşmayı azaltmaktadır. İlkbahar, sonbahar ve kış dönemlerinde ise Uludağ'da egemen olan güney yönlü rüzgarlar, dağın kuzey yamaçlarından Bursa Ovası'na doğru inerken adyabatik olarak hız kazanır ve ova üzerinde fön özelliği taşıyan lodos rüzgarlarının oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle maksimum rüzgar hızları ve yönlerine bakıldığında Bursa Merkez istasyonunda SW yönlü rüzgarların yoğun olduğu görülmektedir. Hatta en hızlı esen rüzgarın 31.3 m/sn ise SSW yönlü olduğu görülmektedir (Tablo 30).

Tablo 29: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Ortalama Rüzgar Hızı (m_sec) (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Yıllık Ortalama
Bursa Merkez	2,1	2,2	2,2	2,1	2,0	2,0	2,2	2,1	1,7	1,5	1,6	2,1	2,0
Gemlik	3,1	3,2	2,8	2,6	2,7	2,7	2,9	3,0	2,7	2,7	2,9	3,2	2,8
Mudanya	3,8	3,6	3,5	3,1	2,9	2,7	2,8	2,9	2,8	2,8	2,9	3,6	3,1
Uludağ Zirve	2,6	2,8	2,6	2,4	2,4	2,6	2,7	2,5	2,1	2,3	2,5	2,7	2,5

Kaynak: D.M.İ.G.M.

Tablo 30: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Maksimum Rüzgar Hızı (m_sec) ve Yönü (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Bursa Merkez	27.2 SSE	23.6 S	29.8 S	23.8 S	23.4 SW	18.1 SSW	17.9 WSW	14.7 WSW	20.5 SW	24.6 WSW	26.5 S	31.3 SSW
Gemlik	9.4 NE	9.4 SW	9.4 N	9.4 NE	9.4 N	9.4 NE	9.4 NW	9.4 SW	9.4 NE	9.4 N	9.4 NE	9.4 NE
Mudanya	12.3 SW	12.3 SW	12.3 SW	9.4 NW	9.4 NE	9.4 NE	15.5 N	9.4 NE	9.4 SW	9.4 SW	9.4 W	12.3 SW
Uludağ Zirve	29.1 SE	30.1 SE	30.0 SE	27.0 S	25.9 S	25.8 ENE	21.5 NE	19.7 E	21.6 W	27.4 E	26.9 SE	29.1 SE

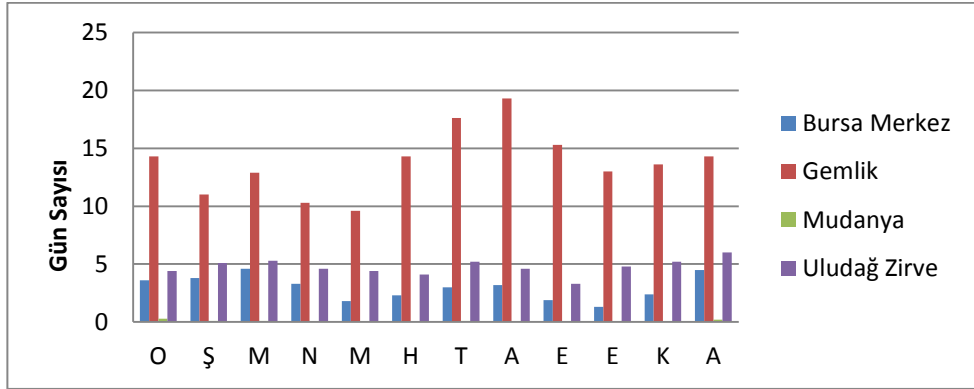
Kaynak: D.M.İ.G.M.

Bursa genelinde kuvvetli rüzgarlı günler sayısı ortalaması ise 64,7'dir. 165,5 gün ile en fazla toplama sahip olan istasyon Gemlik olurken, bazı istasyonlarda kuvvetli rüzgarlara rastlanmadığı görülmüştür (Tablo 31). Kuvvetli rüzgarlar havadaki kirliliğin dağılmasını sağlayarak hava kalitesine olumlu etkilemesinin yanında, evsel ısınmada kullanılan sobalardan çıkan karbon monoksit gazı nedeniyle her yıl Bursa'da ölümlere neden olmaktadır.

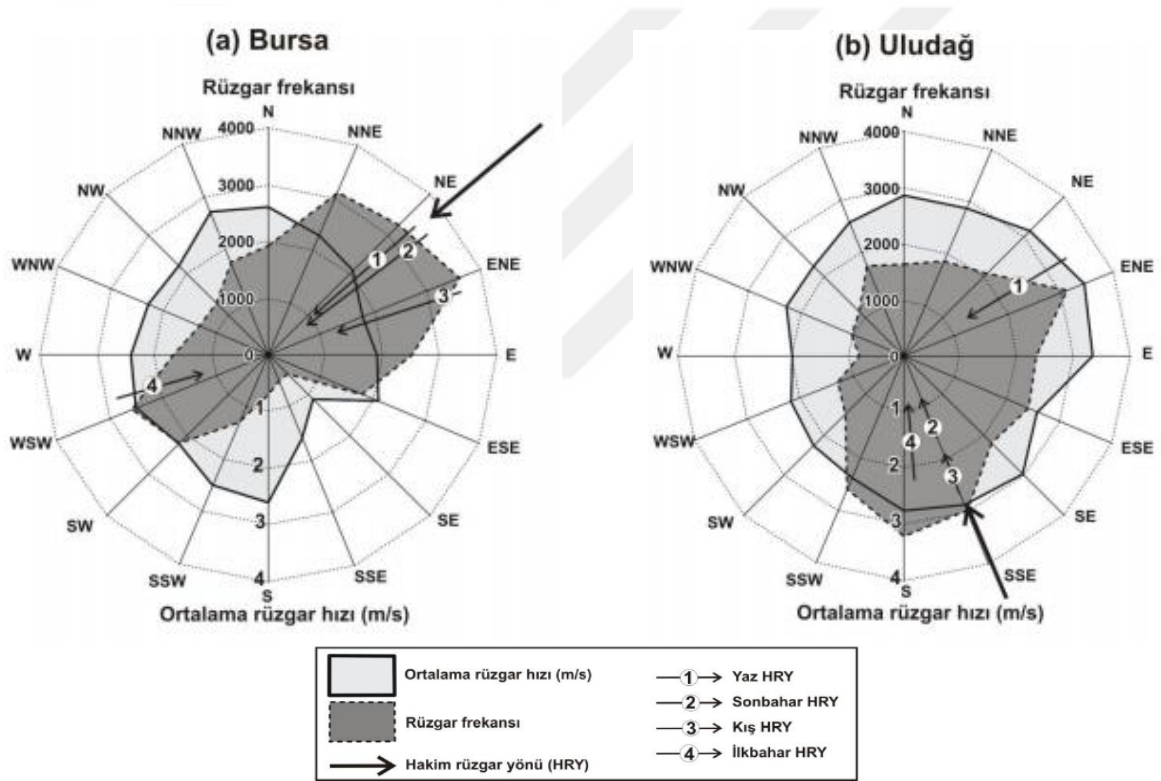
Tablo 31: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinde Kuvvetli Rüzgarlı Günler Sayısı (1980-2014)

İstasyon Adı	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Toplam
Bursa Merkez	3,6	3,8	4,6	3,3	1,8	2,3	3,0	3,2	1,9	1,3	2,4	4,5	35,7
Gemlik	14,3	11,0	12,9	10,3	9,6	14,3	17,6	19,3	15,3	13,0	13,6	14,3	165,5
Mudanya	0,3	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,8
Uludağ Zirve	4,4	5,1	5,3	4,6	4,4	4,1	5,2	4,6	3,3	4,8	5,2	6,0	57,0

Kaynak: D.M.İ.G.M.

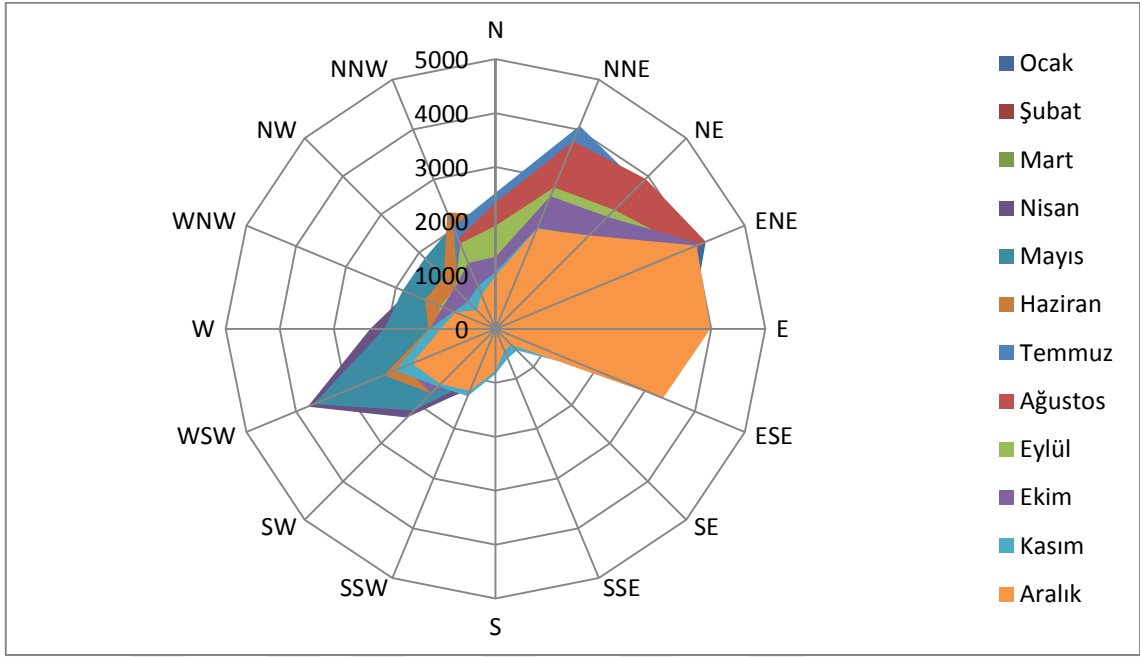


Grafik 19: Bursa Kenti Meteoroloji İstasyonlarının Kuvvetli Rüzgarlı Günler Sayısı



Şekil 10: Bursa (Merkez) İstasyonu Ve Uludağ (Zirve) İstasyonunun Hakim Rüzgar Frekansı (1975 – 2007)

Kaynak: (Öztürk, 2010, s. 17)



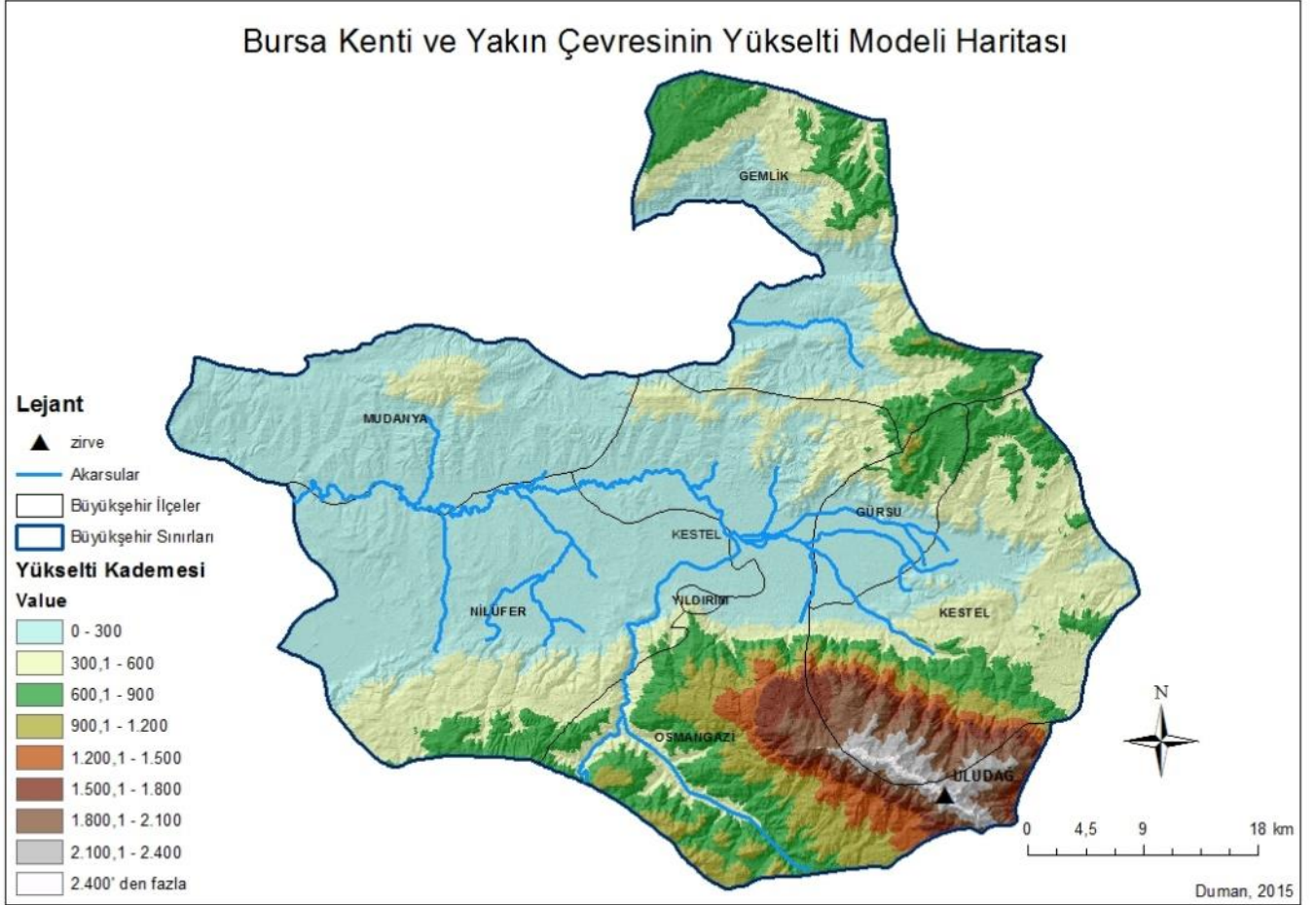
Grafik 20: Bursa (Merkez) İstasyonu Hakim Rüzgar Yönleri ve Esme Sayıları (1980 – 2014)

3.2. TOPOĞRAFİK ŞARTLAR

Yerleşim birimlerinin kurulduğu yerlerin topografik özellikleri bölgenin hava kalitesi etkilemektedir. Özellikle topografyanın şekli, yükselti, bakı gibi özellikler hava kalitesini olumlu ve ya olumsuz etkilemektedirler. Bu etki daha çok hava kirliliğini konsantrasyonu ve havada kalış süreleriyle alakalıdır (Garipağaoğlu, 2014, s. 103). Bu özelliklerin Bursa Kenti hava kalitesi üzerinde oynadıkları rolü anlayabilmek için her birini ayrı ayrı incelemek gerekmektedir.

Genel olarak Bursa Kenti topografik özelliklerine bakıldığında, Kent'te Marmara Bölgesinin en yüksek dağı olan Uludağ (2543 m) bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ovayı çepeçevre saran yükseklikleri 1000 m'yi bulan sıradağlar Kent'in çevresinde engebeli araziye oluşturmaktadır. Ayrıca Marmara Denizi'ne kıyısı bulunan İl'de rakım 0 m'den Merkez'de 100 m'ye ve Uludağ zirvede 2543 m'ye kadar çıkmaktadır. Yükselti kuzeyden güneye doğru gidildikçe artmaktadır. İlin topraklarının %35'ini kaplayan

dağlar doğu- batı istikametinde uzanmaktadır. Toplam yüzölçümü 10. 819 km² olan Bursa ili topraklarının % 17'sini ovalar oluşturmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Yükselti Modeli

3.2.1. Topoğrafyanın Şekli

Araştırma sahasının önemli bir kısmı Bursa Ovası'nı karşılamaktadır. Bursa Ovası ise kuzey ve güneyde bulunan yüksek dağlık alanlardan ve platolardan, doğu ve batı kesiminde ise nispeten daha alçak eşiklerden meydana gelen havza tabanıdır. Bu özelliği ile araştırma sahası ve yakın çevresinin jeomorfolojik açıdan iki ana öğeye ayırarak incelemek mümkündür. Bunlardan biri yükseltisi 2543 metreye kadar çıkan ve ovayı çepeçevre saran dağlık alanlar ve platolar. Diğeri ise Kent'in ortasında bulunan ovadır (Köpük, 2003, s. 86).

3.2.1.1. Dağlık Sahalar ve Platolar

Araştırma sahası içerisinde bulunan en yüksek alan 2543 m. yükseklikle Uludağ'dır. Uludağ sırası adıyla anılan masifin sınırları Uluabat Gölü'nün güneydoğu kenarıyla Bozüyük depresyonunun güneyi olarak belirtilmiştir. Kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan, çekirdeği granit ve gnaystan olan masif metamorfik birinci zaman kayalarından oluşmuştur (Ardel A. , 1947, s. 65). Masifin en yüksek kısmı Bursa-İnegöl meridyeni arasındaki parça olup uzunluğu 40 km, genişliği 15-22 km'dir. Simetrik olmayan Uludağ kütlesi, güney kenarı kuzey kenarına göre daha diktir. Ayrıca zirveler de dağın güney kenarında bulunmaktadır. Kuzey kenarı Bursa Ovası'na 35-40° bir eğimle inmektedir. Kazancıbayır eşiği ile Uludağ arasında bir tepeler bölgesi doğuya doğru uzanmaktadır. Bursa Ovası kenarında Sarıalan, Kirazlı yayla, Kadiyayla, Sobran yaylaları bulunmaktadır. Bu yaylaların üstünde ise 2400 m.'yi geçen çıplak, boz renkte konveks şekilde tepeler yükselmektedir. Uludağ kütlesinin özellikle zirveler ve yaylalar bölgesi yaşlı bir yapıya sahip olmasına rağmen, kuzey yamaçta bulunan Gökdere, Kaplıkaya, Deliçay ile güney yamaçta bulunan Nilüfer ve kolları dar ve derin vadilerle kütleyi parçalamıştır. Alp tektoniğinin de etkisi altında kalan kütle bugünkü yükseltisine buzul devrinden önceki epirojenik hareketlerle ulaşmıştır (Ertürk S. A., 2008, s. 30). Uludağ'ın kuzey kenarında D-B ve BKB-DGB yönlü olası faylar bulunmakla beraber, ayrıca KB-GD, KD-GB, K-G doğrultulu faylarda bulunmaktadır. KD-GB doğrultulu faylar KAF ile ilgilidir (Şenyuva, 1991).

Diğer bir dağlık saha ise ovanın kuzey doğusunda çerçeve halinde bulunan Dışkaya Dağı'dır. Ovadan dik yamaçlarla yükselen dağ kütlesinin en yüksek konumu 1108 m. ile Kırbayır tepesidir. Yüksek ve arızalı bir topoğrafyaya sahip olan dağda, Üst

Kretase yaşlı konglomera, kireç taşı ve kumtaşı ağırlıklı değişik litolojik formasyonlar görülmektedir (Genç, 1986). Kuzeyden güneye Kuzu Tepe (936 m), Hisar Tepe (1032 m.), Kırbayır Tepe (1108 m.), Sarıkaya Tepesi (981 m.) ve Dedeşbayırı Tepe (Kapıcık Tepe 870 m), Dışkaya Dağı'nın zirve noktalarını oluşturmaktadır. Saha büyük oranda Orta- Üst Jura ve Alt Kretase yaşlı kireçtaşlarından oluştuğunda, özellikle zirveleri birleştiren boyun bölümlerinde ve bu boyunlara doğru sokulan vadi tabanlarında karstik erime şekillerinden dolinler görülmektedir. Neotektonik faylanmalardan dolayı dağ yamaçları doğrudan ova tabanına dayanmıştır. Bu faylanmalar ayrıca kuzey çerçevedeki flüvyal faaliyetleri de etkilemiştir (Kayacılar, 1999). Bu sahada bulunan platolar ise D-B doğrultusunda uzanıp ovanın kuzeyini kaplamaktadırlar. Üst-Kretase ile doğuda başlayan plato sahası, batıda geniş bir alan kaplayan Neojen formasyonlarıyla son bulur. Yükselti değerleri ise doğudan batıya, kuzeyden güneye azalmaktadır. Akarsu aşındırmasının yoğun olduğu bu alanda, akarsular genelde kısa boylu ve mevsimseldir. Güney çerçeveye nazaran yoğunluk daha azdır. Eğim değerleri ise doğu ve orta kesimde yüksek iken, neojen formasyonlarının olduğu batı kesimde daha düşüktür (Köpük, 2003, s. 106).

Bursa Ovası'nı çevreleyen çerçevenin doğusunu oluşturan kısım da yükseltiler 250 m. – 550 m. arasındadır. Batı kesimde ise yükseltiler 140 m. ile 230 m. arasındadır. Bu bölge Bursa- Çayırköy eşiği olarak adlandırılır (Köpük, 2003, s. 107).

Bursa Ovası'nı çevreleyen dağlar (başta Uludağ olmak üzere) ve plato sahaları, ovadaki hava sirkülasyonunu etkilemek suretiyle Kent'in hava kalitesi üzerinde rol oynamaktadırlar.

3.2.1.2. Ova Sahası

Marmara bölgesinin güneydoğusunda bulunan 3 havzadan biri olan Bursa Ovası, İnegöl ovası ile Kazancı Bayırı – Aksu eşiğinden, Yenişehir ovası ile de Dimboz - Turanköyü eşiğinden ayrılmaktadır. Bursa ovasının batı tarafı diğer iki havza gibi kapalı olmamakla beraber Nilüfer; gre, marn, kil gibi yumuşak kayalardan meydana gelen Neojen tepeleri arasında sübsekant yarma açmıştır (Ardel A. , 1943, s. 162).

Bursa İli'nin önemli bir kısmının üzerinde yer alan Bursa Ovası, güneyde Uludağ masifi, kuzeyde ise Mudanya kıyı dağlarıyla sınırlanan, batıda yüksekliği 150 m. civarında olan Neojen tepelerle çevrilmiş, doğuda ise eşiklerle Yenişehir ve İnegöl

ovalarından ayrılmış elips şeklinde bir ovadır. Ova etrafını çevreleyen yüksek alanlardan gelen akarsular için yerel taban seviyesi rolünü üstlenmiş bir dolma sahası olup deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 100 metredir. Ova bu akarsuların taşıdığı malzemelerin birikmesiyle meydana gelmiştir. Havza tabanı, dağ eteği ovası ve taşma ovası olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Bursa ovası genel olarak güneyden kuzeye, doğudan batıya doğru eğiktir (Ertürk S. A., 2008, s. 38).

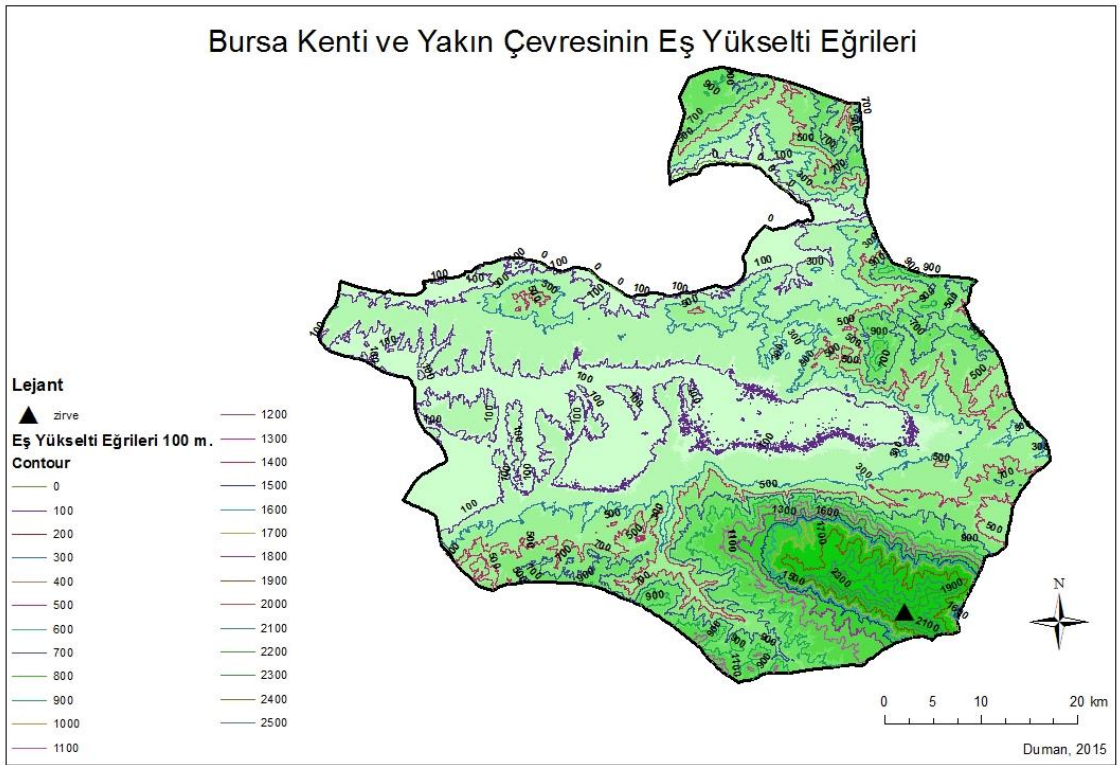
Uludağ ve Bursa Ovası arasında dört ayrı koldan gelen (Çalı-Kayapa, Misiköy, Çekirge- Hamamlıkızık ve Saitabat) ve K.A.F. hattının güney koluna bağlı Bursa fayı bulunmaktadır (Selim, 2004). Uludağ'ın kuzey yamacını oluşturan zirveler ovanın kenarı boyunca bir duvar gibi yükselmektedir. Bu eğim zirvelerden eteğe doğru 30°-40°'yi hatta yer yer 45°'yi bulmaktadır (Ardel A. , 1945, s. 63).

Havzalar hava kirliliği açısından değerlendirildiğinde, beşeri faktörlerin sebep olduğu hava kirliliği mevcut ise olumsuz topoğrafik şartlar taşımaktadır. Çünkü havzalar genellikle etrafında çevrili yüksek sahalardan gelen yatay yönlü hava akımlarına kapalıdır. Bu durumda da kirli hava havza dağılmayıp birikme eğilimi göstermektedir. Ayrıca eğer kentler havzaların kenar kısımlarındaki yamaçlara konumlanmışsa, yamaç yönünde esen rüzgarlarla kirli hava havzanın orta kısımlarına taşınmaktadır. Diğer bir husus ise, havzalar ve vadi içleri hava kirliliği açısından olumsuz etki yapan sıcaklık terselmesi olayına da zemin hazırlamaktadır. Bu sahaları çevreleyen yüksek alanlardan gelen soğuk hava kütleleri buralara akmakta ve havza tabanında çökelmektedir. Sıcaklık terselmesinden kaynaklanan durum ile de kirli hava bir süre havzada kalmaya devam etmektedir (Garipağaoğlu, 2014, s. 104). Bursa ovasında da buna benzer durumla karşılaşmaktadır. Özellikle kış aylarında Uludağ'ın kuzey yamaçlarından çekilen fotoğraflarda kirli havanın bir tabaka halinde ovanın üzerinde durduğu gözlenmiştir.

3.2.2. Yükseklik

İklim açısından yüksekliğin fazla olması ve büyük seviye farklarının olması özellikle sıcaklık değerlerinin ve buna bağlı diğer iklim elemanlarının (kar örtüsü, donlu gün sayısı, kar yağışlı gün sayısı gibi) etkilenmesine neden olur. Bunun yanı sıra dağlar ve çukur sahalar yağış bakımından kuvvetli yağış gölgelerinin meydana gelmesine neden olmaktadır. Genel manada Türkiye'de bölgeler ve yöreler arasındaki yağış ve sıcaklık farkının kısa mesafelerde bile çok yüksek olmasının nedeni yükselti

olarak gösterilebilir (Erinç, 1984, s. 302). Topoğrafyanın yükseklik faktörü, hava sıcaklığını etkilemesi bakımından dolayı yoldan bölgenin hava kalitesini etkilemektedir. Yükseldikçe hava sıcaklığının azalması kanuna göz önüne alınarak, sıcaklığı düşük bölgede ısınma ihtiyacı arttığı söylenebilir. Bu durumda da yükseklere çıkıldıkça yıllık ve günlük kirli hava salınımları artmaktadır. Birbirinden sadece yükselti olarak farklı iki bölgeyi ele aldığımızda bu durum görülmektedir.



Şekil 12: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Eş Yükselti Eğrileri

Türkiye ortalama yükseltisi 1132 metre ile bu bakımdan hava kirliliği için dezavantajlı bir konumdadır. Yükseltisi fazla olan bazı bölgelerde yılın 9 ayı yanma dönemi olarak kabul edilmektedir. Bu durum göz önüne alındığında ise havaya salınan kirleticilerin oranlarında da yükselme olduğu görülmektedir. Kıyı kuşağında ve 0 – 500 m arasında bulunan yerleşmeler sıcaklık oranlarının yüksek olması sayesinde tüketilen yakıt miktarı ve atmosfere salınan kirleticilerin konsantrasyonu daha düşüktür. 500 – 1000 m.ler arasında kalan yerleşmeler ise bir alt basamağına göre olumsuz, bir üst basamağına göre ise olumlu etki görülmektedir(Şekil 12). Ülkemizin yaklaşık %45,9'unu kaplayan 100 – 2000 m. yükselti arasında kalan yerleşmeler ise en olumsuz sıcaklık şartlarına sahiptir. Bu kentlerde neredeyse yılın 9 ayı yanma dönemi olarak kabul edilmekte ve atmosfere salınan kirleticilerin konsantrasyonu yoğun olmaktadır (Garipağaoğlu, 2014, s. 105).

Bursa İli'nde ise Marmara Denizi kıyı kuşağında bulunan Mudanya, Gemlik gibi ilçelerde yükseklik 0 – 100 m. iken Osmangazi, Nilüfer, Yıldırım gibi ilçeler Bursa Ovası üzerinde bulunan ilçelerde denizden ortalama yüksekliği 100m'dir. Yıldırım ilçesine doğru Uludağ dağ eteği ovası sınırlarına girdiğinden yükseklik artmaktadır. İlçede ise rakım 150 m'dir. Uludağ'a çıkıldıkça ise yükseklikler 2000 metreyi bulmakta, zirvede 2543 m. olmaktadır. Yükseltideki bu değişim ortalama sıcaklık oranlarına da yansımaktadır. Gemlik'te ortalama sıcaklıklar 16 °C iken, Uludağ zirvede 5 °C'ye düşmektedir. Bu durumda daha öncede bahsedildiği üzere yanma sürelerini ve şiddetini etkilemekte, buna bağlı olarak da atmosfere salınan kirleticilerin yoğunluğunu arttırmaktadır.

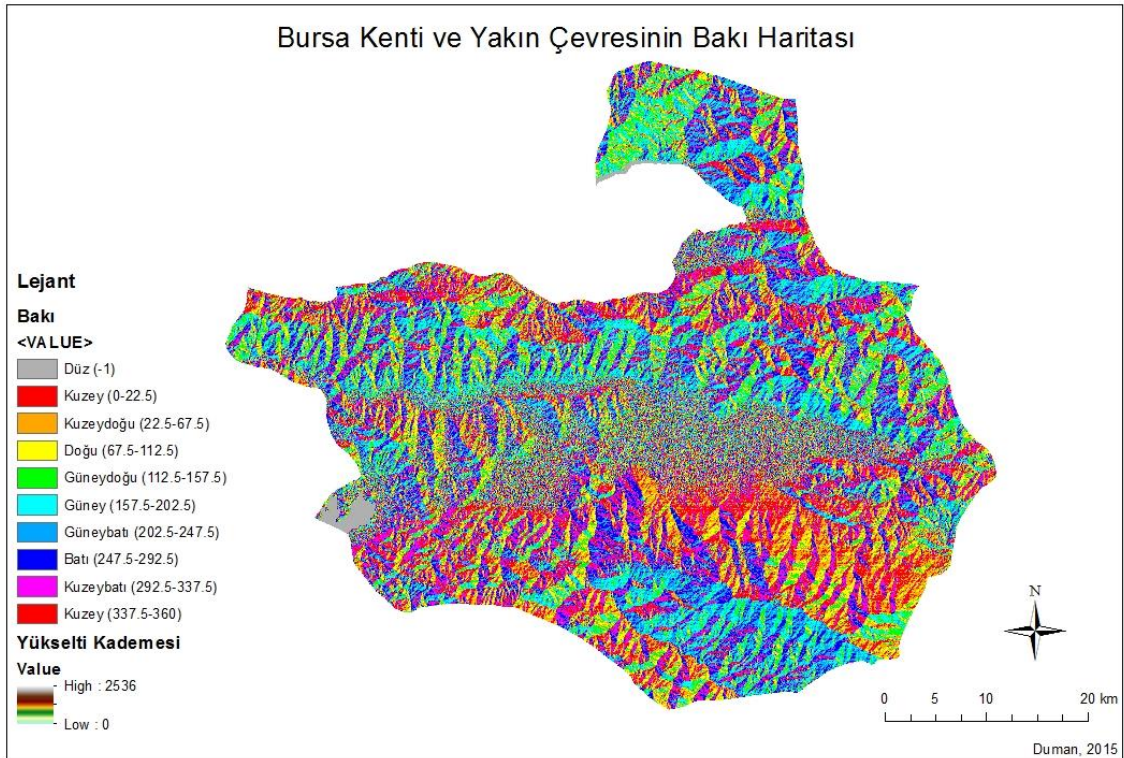
3.2.3. Bakı

Bakı faktörü, herhangi bir yerleşmenin güneşe karşı olan konumunu belirlediğinden güneşlenme süresini etkilemektedir. Güneşlenme süresi ise, yerleşmedeki ısınma ihtiyacını buna bağlı olarak tüketilen yakıt miktarını etkilemektedir. Ülkemiz konumundan dolayı güneye bakan yamaçlar güneş ışığını daha uzun süre almaktadır. Bu durum ülkemizde dağların güney yamaçlarını sıcaklık değerleri bakımından daha şanslı kılmaktadır. Güney yamaçlara ve eteklere kurulan yerleşmeler de ortalama sıcaklıklar nispeten kuzey yamaçlara göre daha yüksek olup, ısınma ihtiyacı buna paralel olarak da atmosfere salınan kirletici miktarı düşmektedir. Diğer bir durum ise havanın durgun ve soğuk olduğu kış aylarında ortaya çıkan ve ince bir hava

tabakası halinde beliren sıcaklık terselmesinin etki derecesi bakı durumuna göre değişmektedir.

Güneye bakan yamaçlarda öğle saatlerinde alınan güneş ışınları yeterli olup terselmenin etkisini azaltırken, kuzeye bakan yamaçlarda terselme etkisi daha uzun sürmektedir (Garipağaoğlu, 2014, s. 106).

Bakı faktöründe kuzeye bakan yamaçlar dezavantajlı konumda olsalar da, bu durum daha çok iç kesimlerde geçerlidir. Kıyı kesiminde bulunan kuzey yamaçlar kuzeyden gelen hava akımlarını direk karşıladığı için bol yağış almakta ve kirli hava temizlenmektedir. Nitekim Bursa Kenti'nde de bu durum söz konusudur. Bilindiği üzere Bursa Kenti Uludağ'ın kuzey yamaçlarında kurulduğundan bakı faktöründen olumsuz etkilenmektedir. Fakat aynı zamandan kuzeyden gelen hava kütlelerini karşıladığından bu yamaçlar yağış alır ve kirli hava nispeten temizlenmiş olur. Bunun yanında kuzeyde bulunan dağlık sahaların güney yamaçlarında da sıcaklık nispeten daha yüksektir.



Şekil 13: Bursa Kenti ve Yakın Çevresinin Bakı Haritası

3.3. BİTKİ ÖRTÜSÜ

Bitkiler kükürt ihtiyaçlarının çok büyük bir kısmını topraktan karşılar, bazı durumlarda da yaprakları sayesinde kükürt dioksiti olarak atmosferdeki yoğunluğu azaltmaktadır. Bu sayede bitki örtüsü hava kalitesine olumlu etki sağlamaktadır. Ayrıca nitrojen oksitleri de absorbe ederek hava kalitesine katkıda bulunmaktadır. Bitki örtüsünün bu olumlu etkisi, vejetasyonun sıklık ve gürlük derecesine bağlıdır. Orman formasyonunun yoğun olduğu alanlar cılız steplere nazaran daha avantajlı konumdadır (Garipağaoğlu, 2014, s. 110).

Bursa İli bu anlamda avantajlı konumda sayılabilir. Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi arasında Marmara tipi geçiş iklimine sahip olan ilde yükseklik, bakı, eğim gibi topoğrafik şartlardan dolayı bitki örtüsü dağılışı çeşitlilik göstermektedir. Genel olarak Bursa İli'nin kuzeye bakan yamaçlarında nemli ormanlar, güneye bakan yamaçlarda ve alçak kesimlerde kuru ormanlar ve ormanların tahrip edildiği alanlarda maki ve psödomakiler, Uludağ'ın üst sınırında ise alpin çayırları bulunmaktadır (Ertürk S. A., 2008, s. 109).

Nemli ormanlar daha çok Uludağ kütlesi üzerinde bulunmaktadır. 2100 m'ye kadar çıkan türce zengin ve gür ormanlar hava kalitesi açısından olumlu etkiye sahiptir. Kuzey etekte yaklaşık olarak 400-900 m.'ler arasında tahrip edilmesinden dolayı parçalanmış kestane ormanlarıyla başlayan topluluklar 900 m'lere kadar yerini düzenli birlikler halinde devam eden nemli ormanlara bırakmaktadır. 900 m'den sonra ise kestane ormanlarının yerini meşe ormanları almaktadır. Meşe ormanlarının olduğu sahada ise 1000 metreye kadar vadi içlerinde kayın ormanları yayılış göstermektedir. 1400 m'lere kadar devam eden kayın ormanları yerini 1900 m'lere kadar göknarlara bırakmaktadır. Oteller bölgesinde göknarların tahrip edilmesiyle oluşan cüce ardıçlar görülürken, tahrip edilmeyen alanlarda göknar toplulukları 2100 m'ye kadar yükselmektedir (Güngördü, 1999, s. 59 - 60). "Orman kuşağı ise 2000 m'nin üzerinde subalpin fundalıklara geçiş yapar. Subalpin kuşağı (1800-2200 m), açık mera toplulukları ve bodur çalıları ağırlıkta olmak üzere, yüksek arazi fundalık bitki örtüsü tiplerinin bir mozaiğini içerir" (Güngördü, 1999, s. 60).

Kuru ormanlar ise daha çok dağlık sahaların güney yamaçlarında, iç kesimlerdeki plato ve tepelik alanlarda görülen bitki topluluğudur. Nemli ormanlara nazaran daha seyrek yapıda, türce daha fakir ve ormanaltı örtüsünden yoksun olan

kuru ormanlar; dağlık alanların alçak kesimlerinde meşe türleri, orta yükseklikte sarıçamlar ve alçak tepeler ve plato sahaları üzerinde kızılçam ve meşe türlerini oluşturur (Güngördü, 1982, s. 182).

Genel olarak Marmara Bölgesi'nde denizel etkilere açık güney yamaçlarda ve ormanların tahrip edildiği alanlarda maki ve psödomakiler görülür. Bursa ili'nde de kestane ormanları ve sapsız meşelerin tahrip edildiği alanlarda 700 m'lere kadar maki ve psödomakiler görölmektedir (Ertürk S. A., 2008, s. 109).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ (1990-2016)

4.1. TÜRKİYE'DE HAVA KALİTESİNİN KORUNMASINA YÖNELİK YASAL DÜZENLEMELER VE STANDARTLAR

Bursa Kenti hava kalitesinin zaman içerisindeki değişimini incelenmeden önce bu dönemler içerisinde yürürlükte olan kanun, tebliğ ve standartlardan bazılarına değiştirilmiştir. 11.08.1983 tarihli ve 18132 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan ve 26.04.2006 tarih ve 5491 sayılı kanunla değişiklik yapılan **2872 sayılı Çevre Kanunu**'nun amacında "bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamak" olduğu belirtilmiştir. Bu kanundan 3 yıl sonra 2 Kasım 1986 tarihli 19269 sayılı "**Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği**" yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; "her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak; insanı ve çevresini hava alıcı ortamındaki kirlenmelerden doğacak tehlikelerden korumak; hava kirlenmeleri sebebiyle çevrede ortaya çıkan umuma ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamaktır." Hava kalitesi konusunda atılan ilk adım sayılan bu yönetmeliği Çevre ve Orman Bakanlığı'nın çıkarmış olduğu 13 Ocak 2005 tarih ve 25699 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan **Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği** izlemiştir. Daha sonraları 22 Temmuz 2006 tarih 26236 sayılı **Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği**, 08 Haziran 2005 tarih ve 25869 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan **Trafikte Seyreden Motorlu Kara Taşıtlarından Kaynaklanan Egzoz Gazı Emisyonlarının Kontrolüne Dair Yönetmelik** ve 11 Haziran 2004 tarih ve 25489

sayılı Resmi Gazetede yayımlanan **Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği** çıkarılmış olup mevcut Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin yalnızca hava kalitesine ilişkin hükümleri yürürlüktedir.

80'li yıllardan itibaren ülke genelinde hava kalitesi tespiti Sağlık Bakanlığı'na ait yarı otomatik ölçüm cihazlarına tarafından sağlanmaktadır. 2005'ten itibaren ise Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından kurulan 31 adet tam otomatik ölçüm istasyonları ile izlenmektedir. Bu istasyonların, 2006 yılı içerisinde 81 ile yaygınlaştırılması planlanmaktaydı. Bu sırada Avrupa Birliği'ne uyum yasaları çerçevesinde çevre mevzuatına uygun olarak hava kalitesi mevzuatını değiştirmek için 2004 yılında başlatılan **"Hava Kalitesi, Kimyasallar ve Atık Alanında Türkiye'ye Destek Eşleştirme Projesi"** kapsamında bir Ulusal Hava Kalitesi Çerçeve Yasasına ve hava kalitesi ölçüm faaliyetlerine yönlendirilmiştir. Büyük Yakma Tesisleri Direktifinin iç mevzuatımıza aktarılması amaçlanmaktadır (UÇES, 2006). Bu bağlamda "6 Haziran 2008 tarih 26898 sayılı **"Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi"** yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir. Yönetmelik "96/62/EC sayılı Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi dışında dört adet kardeş direktifi de (99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC)" içerecek şekilde hazırlanmıştır. Ayrıca yönetmelik "hava kalitesi standartlarını ve hava kalitesinin değerlendirilmesini, "bölge"ler ve "alt bölge"lerin oluşturulmasını ve tüm bölgelerde hava kalitesinin sürekliliğinin sağlanması için alınması gerekli önlemleri kapsar." Alt bölge "nüfusu 250.000'den daha fazla bir bölgeyi veya nüfusu 250.000 veya daha az olup hava kalitesinin değerlendirilmesi ve yönetiminin gerekli olduğu kilometrekare başına düşen nüfusun yoğun olduğu bölgeyi" ifade etmektedir (HKDY, 2008). Yönetmelik de hava kalitesi konusunda tüm yetkiler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na verilmiş olup Hava Kalitesi İzleme Ağı Yönetim Merkezi kurularak denetimleri gerçekleştireceğine yer verilmiştir.

Hava kalitesinin standartlarına uygun olabilmesi için her bir kirletici için limit değerler öngörülmüştür. Bu limit değerlere ulaşılabilmesi için 1 Ocak 2019 tarihine kadar kademeli olarak kirletici değerleri düşürülmesi planlanmıştır. Limitlere değinilmeden önce bilinmesi gereken bazı tanımlar bulunmaktadır.

KVS: "Kısa vadeli sınır değer, maksimum günlük ortalama değerler veya istatistik olarak bütün ölçüm sonuçları sayısal değerlerinin büyüklüğüne göre dizildiğinde, ölçüm sonuçlarının yüzde doksan beşini aşmaması gereken değerdir" (HKDY, 2008).

UVS: "Uzun Vadeli Sınır Değer, aşılmaması gereken ve tüm ölçüm sonuçlarının aritmetik ortalaması olan değerdir" (HKDY, 2008).

“PM10, kadmiyum, nikel, arsenik, cıva ve benzo(a)piren konsantrasyonlarını hesaplamak için örnekleme hacmi, ortam şartlarına karşılık gelmekte ve tüm gaz halindeki kirleticiler için hacim 293° K sıcaklıkta ve 101,3 kPa basınçta standartlaştırılır” (HKDY, 2008).

Konsantrasyon değerleri aşağıdaki birimlerle ifade edilir;

Karbon monoksit için mg/m³

arsenik, nikel, cıva, kadmiyum ve benzo(a)piren için ng/m³

diğer kirleticiler için µg/m³.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne kadar kullanılan standartlar tabloda verilmiştir(Tablo 32). AB uyum yasalarıyla birlikte oluşturulan yasada ilk olarak 2014 yılına kadar hedefler belirlenmiş olup (Tablo 33) daha sonra bu hedeflerin ışığında 2019 yılına kadar yeni hedefler belirlenmiştir (Tablo 34).

Tablo 32: Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği (1986) Hava Kalitesi Sınır Değerleri

	Kirleticiler	Birim	UVS	KVS
1	Kükürt Dioksit (SO ₂)	(µg/m ³)	150	400(900)
	Kükürt Trioksit (SO ₃) Dahil a) Genel b)Endüstri Bölgeleri	(µg/ m ³)	250	400(900)
2	Karbon Monoksit (CO)	(µg/ m ³)	10000	30000
3	Azot Dioksit (NO ₂)	(µg/ m ³)	100	300
4	Azot Monoksit (NO)	(µg/ m ³)	200	600
5	Klor (Cl ₂)	(µg/ m ³)	100	300
6	Klorlu Hidrojen (HCl) ve Gaz Halde Anorganik Klorürler (Cl-)	(µg/ m ³)	100	300
7	Florlu Hidrojen (HF) ve Gaz Halde Anorganik Florürler (F-)	(µg/ m ³)	-	10 (30)
8	Ozon (O ₃) Fotokimyasal Oksitleyiciler	(µg/ m ³)	-	240
9	Hidrokarbonlar (HC)	(µg/m ³)	-	140
10	Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	(µg/ m ³)	-	40
11	Havada Asılı Partikül maddeler (PM) (10 Mikron ve Daha Küçük Partiküller)	(µg/ m ³)	150	300
	a)Genel b)Endüstri Bölgeleri	(µg/ m ³)	200	400
12	PM içinde kurşun (Pb) ve bileşikleri	(µg/ m ³)	2	-
13	PM İçinde Kadmiyum (Cd) ve Bileşikleri	(µg/ m ³)	0,04	-

Kaynak: (Çevre Bakanlığı, 1986) (HKKY, 1986)

Tablo 33: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY)Yönetmeliği EK-I A, Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerinde Kademeli Azaltımı (2008-2013)

Kirlenmeler	Ortalama süre	Sınır Değer [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] [CO mg/m ³]						Uyarı Eşiği
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	
Kükürtdioksit SO ₂	Saatlik	900						"İlk seviye: 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ İkinci seviye: 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Üçüncü seviye: 1.100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Dördüncü seviye: 1.500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ " (Verilen değerler 24 saatlik ortalamalardır.)
	KVS	400	370	340	310	280	250	
	UVS Kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart)	250	225	200	175	150	125	
	Hedef Sınır Değer (Yıllık Aritmetik Ortalama)	60						
	Hedef Sınır Değer (Kış Sezonu Ort.)	120						
	UVS	150						
	UVS	60	52	44	36	28	20	
Azotdioksit (NO ₂)	KVS	300						
	UVS	100	92	84	76	68	60	
Partikül Madde (PM ₁₀)	KVS	300	260	220	180	140	100	"İlk seviye: 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ İkinci seviye: 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Üçüncü seviye: 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Dördüncü seviye: 650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ " (Verilen değerler 24 saatlik ortalamalardır.)
	UVS- kış sezonu ortalaması (1 Ekim-31 Mart)	200	178	156	134	112	90	
	UVS	150	132	114	96	78	60	
Kurşun (Pb)	UVS	2	1,8	1,6	1,4	1,2	1	
Karbonmonoksit (CO)	KVS	30	26	22	18	14	10	
	UVS	10						

Kaynak: (Mevzuatı Geliştirme ve Genel Yayın Müdürlüğü, 2008)

Tablo 34: Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY)Yönetmeliği EK-I A, Geçiş Dönemi Uzun Vadeli ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerinde Kademeli Azaltımı (2013-2019)

Kirleticiler	Ortalama Süre	Sınır Değer [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] [CO mg/m ³]							Uyarı Eşiği
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Kükürt dioksit SO ₂	Saatlik	500	500	470	440	410	380	350	"500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "altbölgede" veya en azından 100 km ² 'de hangisi küçük ise 3 ardışık saatte ölçülür.)"
	24 Saatlik	250	250	225	200	175	150	125	
	Yıllık ve Kış Dönemi (ekosistemin korunması için)	20	20	20	20	20	20	20	
Azot dioksit NO ₂	Saatlik	-	300	290	280	270	260	250	"400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hava kalitesinin temsili bölgelerinde bütün bir "bölge" veya "altbölgede" veya en azından 100 km ² 'de hangisi küçük ise 3 ardışık saatte ölçülür.)"
	Yıllık	60	60	56	52	48	44	40	
Azot oksit NO _x	Yıllık	-	30	30	30	30	30	30	
Partiküler Madde PM ₁₀	24 Saatlik	100	100	90	80	70	60	50	
	Yıllık	60	60	56	52	48	44	40	
Pb	Yıllık	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	
Benzen	Yıllık	10	10	10	10	9	8	7	
CO	Maksimum günlük 8 saatlik ortalama	16	16	14	12	10	10	10	

Kaynak: (Mevzuatı Geliştirme ve Genel Yayın Müdürlüğü, 2008)

4.1.1. Hava Kalitesi İndeksi

Hava kalitesini denetleyen mercilerin bir görevi de halk sağlığına doğrudan etki etmesi nedeniyle, kamuoyunu bilgilendirmesi ve bilinçlendirmesidir. Farklı kirlenici ölçümlerini anlamak için bu alanda uzman olmak gerekir. Bu yüzden yerel otoritelerin ve halkın daha iyi anlayabilmesi için anlaşılır terim ve renkler kullanılmaktadır. Dünyada yaygın olarak başvurulan Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) (Air Quality Index AQI) her ülkenin limit değerlerine göre iyi, orta, hassas, sağlıksız, tehlikeli, vb. şekilde derecelendirme yapılmaktadır (HKİ, 2017).

Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksi baz alınarak yönetmelikte belirtilen limit değerler ışığında oluşturulmuştur. 5 temel kirletici için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır. Bunlar; kükürt dioksit (SO₂), partikül maddeler (PM10), karbon monoksit (CO), ozon (O₃), ve azot dioksit (NO₂)'dur.

Tablo 35: Ulusal Hava Kalitesi İndeksi Kesme Noktaları

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 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Kaynak: (HKİ, 2017)

Tablo 36: EPA Hava Kalitesi İndeksi

Hava Kalitesi İndeksi (AQI) Değerler	Sağlık Endişe Seviyeleri	Renkler	Anlamı
<i>Hava Kalitesi İndeksi bu aralıkta olduğunda..</i>	<i>..hava kalitesi koşulları..</i>	<i>..bu renkler ile sembolize edilir..</i>	<i>..ve renkler bu anlama gelir.</i>
0 - 50	İyi	Yeşil	Hava kalitesi memnun edici ve hava kirliliği az riskli veya hiç risk teşkil etmiyor.
51 - 100	Orta	Sarı	Hava kalitesi uygun fakat alışılmadık şekilde hava kirliliğine hassas olan çok az sayıdaki insanlar için bazı kirlenmeler açısından orta düzeyde sağlık endişesi oluşabilir.
101- 150	Hassas	Turuncu	Hassas gruplar için sağlık etkileri oluşabilir. Genel olarak kamunun etkilenmesi olası değildir.
151 - 200	Sağlıksız	Kırmızı	Herkes sağlık etkileri yaşamaya başlayabilir, hassas gruplar için ciddi sağlık etkileri söz konusu olabilir.
201 - 300	Kötü	Mor	Sağlık açısından acil durum oluşturabilir. Nüfusun tamamının etkilenme olasılığı yüksektir.
301 - 500	Tehlikeli	Kahverengi	Sağlık alarmı: Herkes daha ciddi sağlık etkileri ile karşılaşabilir.

Kaynak: (HKİ, 2017)

4.2. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNDE ZAMANSAL DEĞİŞİMLER (1990-2016)

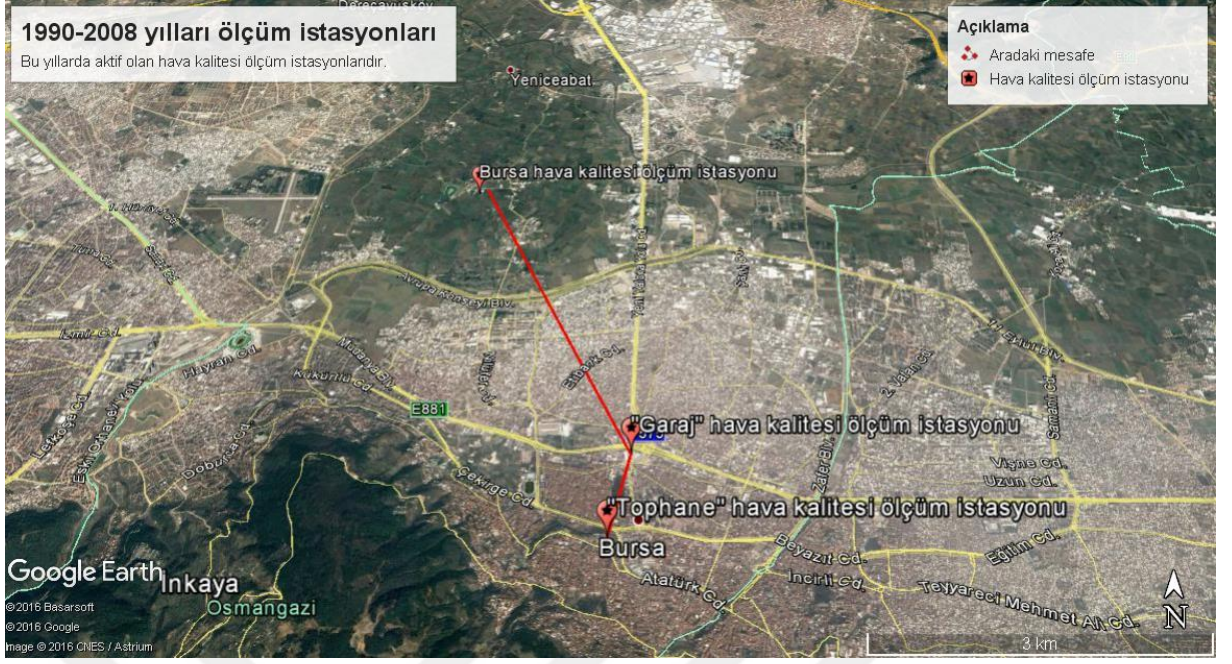
Bir bölgenin hava kalitesini anlayabilmek için yıllar içerisindeki değişimini incelemek önemlidir. Bu yüzden bu çalışmada 1990-2016 yılları arasındaki günlük

PM₁₀ ve SO₂ değerleri baz alınarak aylık ortalamalar oluşturulmuştur. 1990-2008 yılları arasında Sağlık Bakanlığı'na bağlı yarı otomatik hava kalitesi ölçüm cihazları sayesinde veriler kayıt altına alınmıştır. 2008 yılından sonra ise o zaman ki adı Çevre ve Orman Bakanlığı olan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait tam otomatik ölçüm cihazları hava kalitesini denetlemiştir. Günlük ölçümlerin aylık ortalaması alınarak oluşturulan analizlerde Bursa Kent merkezine 1 km uzaklıkta eski "Garaj" yeni "Kent Meydanı Avm" istasyonu verileri kullanılmıştır (Tablo 37). Bu istasyondan veri alınmadığı tarihlerde ise yine kent merkezinde olan Tophane istasyonundan alınan veriler değerlendirilmiştir. 2008 yılından itibaren ise halen aktif olarak veri üreten "Bursa" istasyonunda veriler kullanılmıştır(Şekil 14). İlk kullanılan istasyon olan "Garaj" istasyonu çok yoğun nüfusun olduğu ve sirkülasyonun gün boyu devam ettiği bir bölgededir. Santral garaj olarak da bilinen yer istasyon görevi üstlenmekte olup minibüsler ve otobüsler buradan hareket etmektedir. Bu özelliği sayesinde de şehrin en kalabalık noktalarından biridir denebilmektedir. Şehrin merkezinde oluşu sayesinde ana yollara ve yerleşim yerlerine yakın olan istasyon hava kalitesi bakımından birçok etmeden etkilenmektedir. Aralarında 1 km olan "Tophane" istasyonu için de aynı kriterler geçerlidir. 2000'li yılların başından itibaren kullanılmaya başlayan "Bursa" istasyonu ise de "Garaj" ve "Tophane" istasyonuna 5 km uzaklıkta olup şehrin kuzey girişine yakındır. Bu istasyonun bu bölgede konumlandırılmasının nedenlerini; DOSAB ve BOSAB gibi iki büyük organize sanayi bölgesine yakınlığı ve ana yollara yakınlığı olarak sayılabilir. Bunun yanında bu istasyona yakın evlerde fosil yakıtların yoğun olarak kullanılması da bir diğer neden olabilir.

Tablo 37: 1990-2008 yılları arasında aktif olan hava kalitesi ölçüm istasyonları

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Ölçüm Yapılan Kirleticiler	Ölçüm Yapan Kurum
Garaj	40°11'48.50"	29° 3'37.02"	SO ₂ , PM10	Sağlık Bakanlığı
Tophane	40°11'14.75"	29° 3'26.77"	SO ₂ , PM10	Sağlık Bakanlığı
Bursa	40° 14' 03"	29° 02' 17"	SO ₂ , PM10	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)



Şekil 14: 1990-2008 yılları arasında aktif olan hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumu

4.2.1. Bursa Kenti'ndeki Kirletici Konsantrasyonlarının Zaman İçerisindeki Değişimi (1990-2016)

4.2.1.1. Partiküler Madde

Bursa Kenti hava kalitesi 1990-2016 yılları arasında günlük ortalamalar baz alınarak oluşturulan aylık ortalamalar ile incelenmiştir. 1986 tarihli 19269 sayılı “**Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği**” nde verilen değerler 1990-2008 yılları arasında referans alınmıştır. Bu bağlamda uzun vadeli sınır değer $150(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ve üzeri kısa vadeli sınır değeri ise $300(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ve üzeri olarak alınmıştır. Havada Asılı Partikül maddeler (PM) (10 Mikron ve Daha Küçük Partiküller) olarak bahsi geçen konsantrasyonun endüstri bölgelerindeki limit değerleri ise kısa vadeli sınır değeri $400(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ve üzeri, uzun vadeli sınır değeri ise $200(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ ve üzeridir. Tablo 38'ta bazı aylarda verinin olmamasının nedeni ise ölçüm yapılan gün sayısının 20 günden daha az olmasıdır.

Tablo 38: Bursa Kenti PM10 Konsantrasyonu Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)(1990-2016)

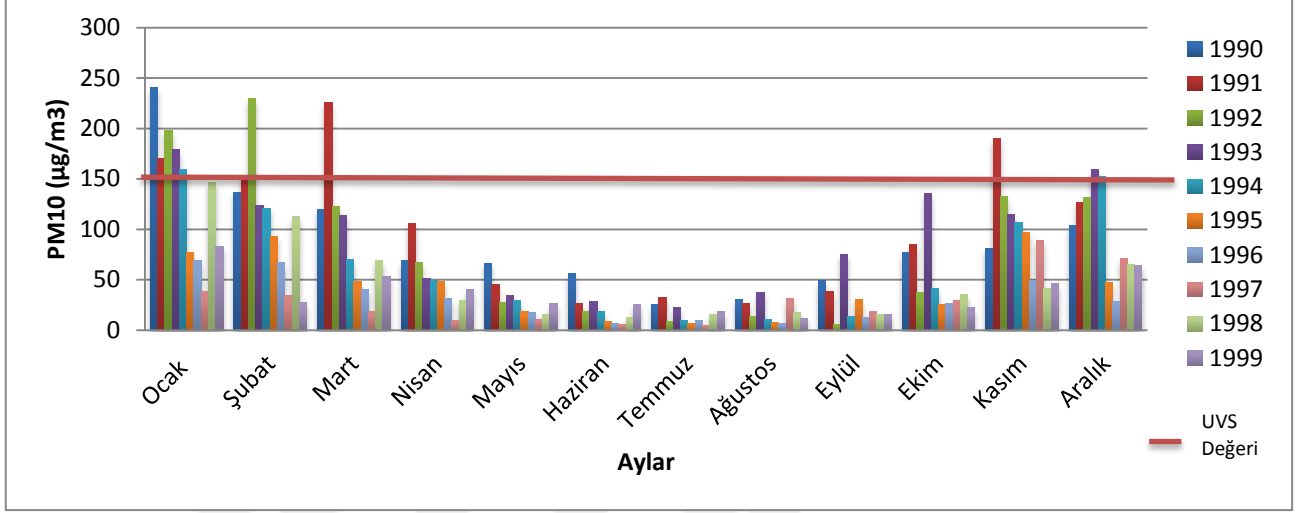
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	241	137	120	70	67	56	26	30	49	77	81	104
1991	170	153	226	106	45	26	32	26	38	85	190	127
1992	198	230	123	67	27	18	9	14	6	37	132	131
1993	179	124	114	51	34	28	22	37	75	135	115	159
1994	159	121	70	49	29	18	10	11	14	41	107	152
1995	77	93	48	48	18	9	7	8	30	25	97	47
1996	69	67	40	31	17	7	10	7	13	26	49	28
1997	38	34	18	10	11	6	5	31	18	29	89	71
1998	146	113	69	29	16	13	16	17	16	35	41	65
1999	83	27	53	40	26	25	18	12	16	22	46	64
2000	49	78	64	20	21	9	-	-	22	32	85	44
2001	36	41	22	20	16	-	-	-	26	36	150	49
2002	104	112	55	47	28	24	23	21	29	54	117	67
2003	61	32	51	45	36	21	13	13	30	28	168	93
2004	55	96	35	27	22	28	21	15	10	9	60	88
2005	107	37	22	28	20	11	15	18	17	35	44	58
2006	55	38	35	23	22	19	12	23	24	30	114	88
2007	92	38	28	24	19	22	17	12	7	-	-	-
2008	104	102	78	125	86	73	77	83	66	77	117	91
2009	110	79	91	-	70	73	-	-	-	74	115	71
2010	36	67	52	53	50	59	58	66	48	61	108	84
2011	97	90	79	53	56	51	42	44	47	-	-	-
2012	-	-	-	-	48	-	-	35	-	-	31	33
2013	34	-	-	22	41	63	57	63	71	98	110	87
2014	81	77	68	98	85	84	78	86	95	96	151	153
2015	92	111	114	108	102	75	75	78	69	70	144	156
2016	123	121	98	97	66	66	53	54	68	83	130	145

Kaynak: (TÜİK, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

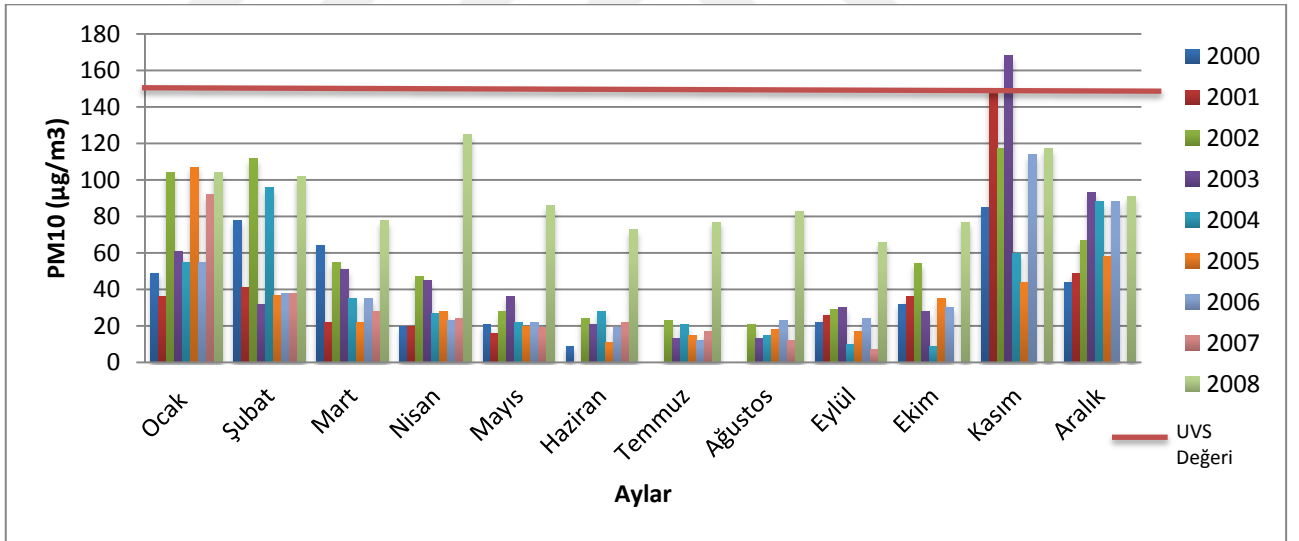
* (-) : veri yok

1990-1999 yılları arasında veriler çok düzenli bir şekilde alınmıştır. Eysel ısınmada fosil yakıtların ağırlıkta olduğu düşünüldüğünde bu dönemde partiküler madde konsantrasyonlarının yüksek seyretmesi normal görülebilmektedir. Özellikle yanma dönemleri olarak kabul edilen (Ekim-Mart arası dönem) uzun vadeli sınır değer olarak kabul edilen $150 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 'ün üzerinde seyretmektedir. İlk yıllarda konsantrasyonun yüksek seyrettiği görülse de daha sonraki yıllarda kademeli olarak düşüşe geçmektedir. 1990-91-92-93 yıllarında "Ocak" ayında uzun vadeli sınır değeri aşmakta olup 1992 "Şubat" ayında ve 1991 "Mart" ayında aylık ortalamanın 200

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)'leri geçtiği görülmektedir. Aynı şekilde 1991 "Kasım" ve 1993 "Aralık" aylarında kış dönemi uzun vadeli sınır değer aşılmıştır. Yakıt kalitesindeki kontroller sayesinde zamanla düşüşe geçen partiküler madde konsantrasyonları 2000-2008 yılları arasında ciddi düşüş yaşamıştır. Yalnızca 2001 ve 2003 yılları "Kasım" ayında UVS değerine yaklaşıldığı ve üzerine çıkıldığı görülmüştür.



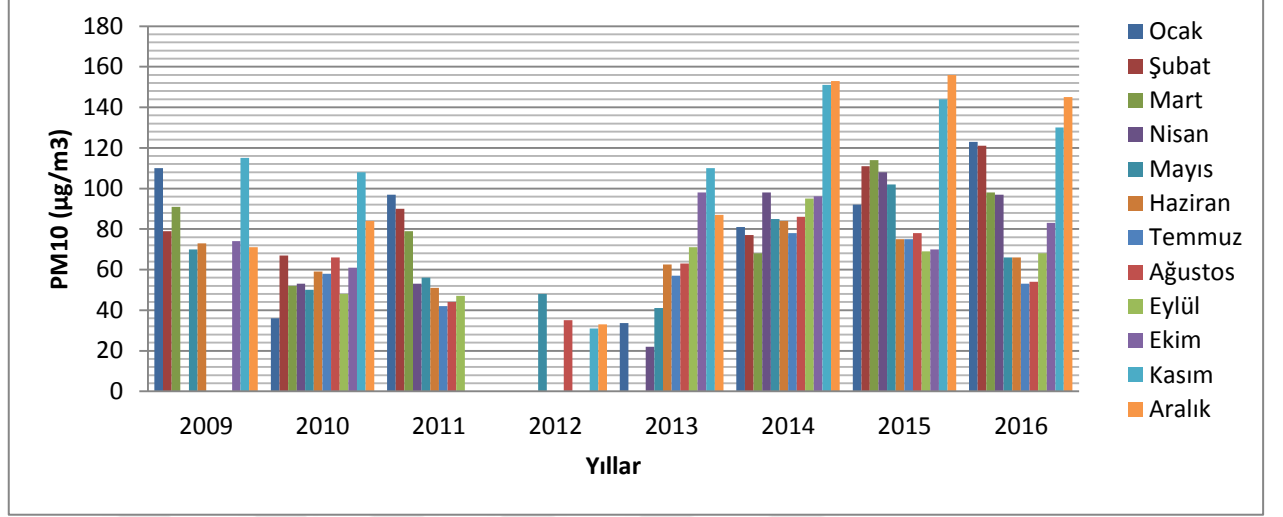
Grafik 21: Bursa Kenti PM10 Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları (1990-1999)



Grafik 22: Bursa Kenti PM10 Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları (2000-2008)

2008-2016 yılları arasına bakıldığında partiküler madde konsantrasyonlarının son yıllarda arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise endüstri bölgelerinde yoğunlaşma ve şehrin genişleyerek endüstri bölgelerinin içerisinde kalmasıdır. Ayrıca motorlu taşıt sayısının giderek artması da nedenler arasında sayılabilmektedir. Bunun yanında 2008 yılından itibaren değişen kanunlar ve AB uyum yasaları çerçevesinde hedef sınır değerlerinde her yıl kademeli olarak düşüşe gidilmiştir (Tablo 39). 2008 yılında günlük ortalama aşılması gereken sınır değer $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken 2019'da

hedeflenen sınır değeri $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu bağlamda hava kirliliğini azaltmak için ciddi önlemler alınmadıkça hedef sınır değerlerin aşıldığı günlerde artış görülecektir.



Grafik 23: PM10 Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları (2009-2016)

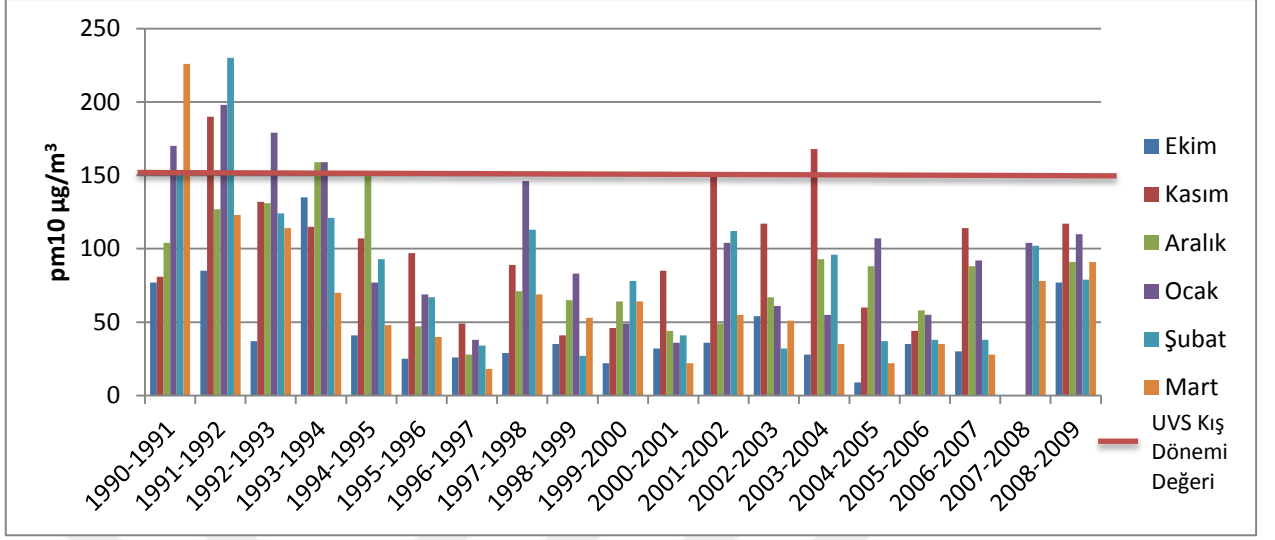
Tablo 39: PM10 Konsantrasyonları Limit Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

2008		2009		2010		2011		2012	
KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS
300	150	260	132	220	114	180	96	140	78
2013		2014		2015		2016		2017	
KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS
100	60	100	60	90	56	80	52	70	48

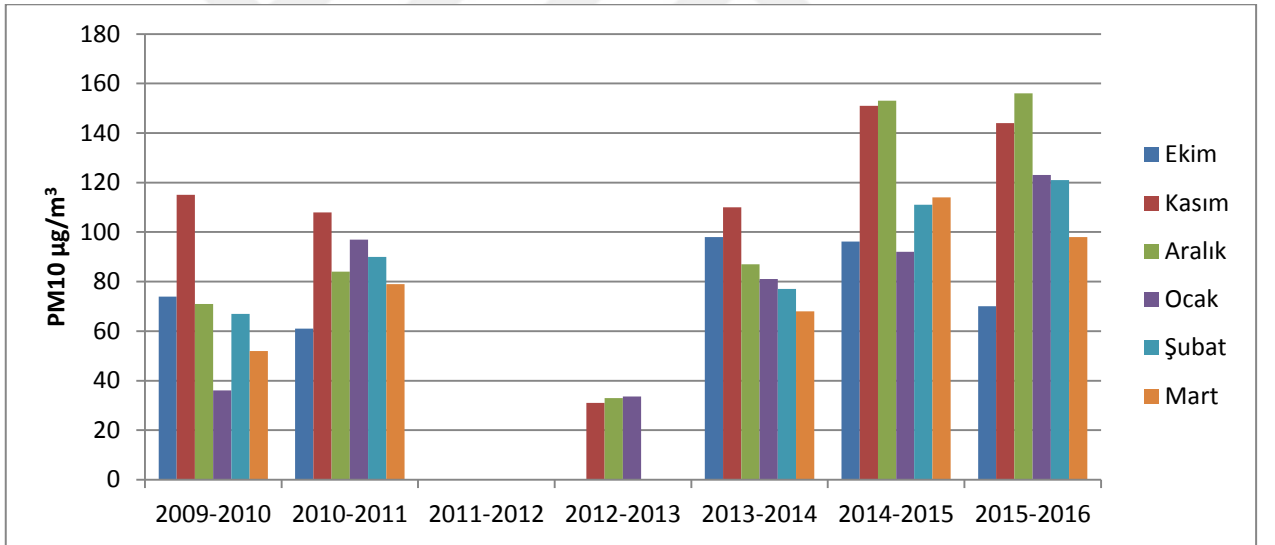
Kaynak: (HKDY, 2008)

Grafik 23'te de görüldüğü gibi son yıllarda PM10 oranlarında ciddi bir artış olmuştur. Aslında 2009-2013 Mart arası ölçümler çok da sağlıklı olmamıştır. Sağlık Bakanlığından devir alınan istasyonlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından etkili bir şekilde kullanılamamıştır. Bunun yanında kullanılan cihazların eski teknoloji olması da ölçümlerin doğruluğunu etkilemiştir. 2013 Mart ayından itibaren Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü tarafından faaliyete geçirilen istasyonlar sayesinde düzenli ve güvenilir veri akışı sağlanmıştır. AB uyum yasaları ile birlikte limit değer düşürüldüğünde ise 2014-2015 ve 2016 yıllarında neredeyse tüm aylarda uzun vadeli sınır değeri aştığı görülmektedir. Kısa vadeli değeri ise yaz ayları olarak kabul edilen Haziran – Temmuz – Ağustos ayları haricinde geçildiği görülmektedir. Hatta Kasım – Aralık aylarında aylık ortalamaların $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e yaklaşması aslında konsantrasyonların da ne denli arttığını göstermektedir. Özellikle yanma dönemlerinde konsantrasyonlar yüksek seyretmiştir. Ocak ve Şubat aylarında 1990'ların başında $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşmıştır.

İlerleyen yıllarda değerlerin düştüğü görülsede 2013 itibariyle artışa geçmiştir. 2015-2016 yıllarında yanma dönemlerinde limit değerin üzerine çıktığı görülmektedir.



Grafik 24: Bursa Kenti'nde Yanma Dönemleri PM10 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990 - 1991; 2008 - 2009)



Grafik 25: Bursa Kenti'nde Yanma Dönemleri PM10 Konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2008 - 2009; 2015 - 2016)

Tablo 40: Bursa Kenti'nde Pm10 kirleticisinin Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)(1990-2016)

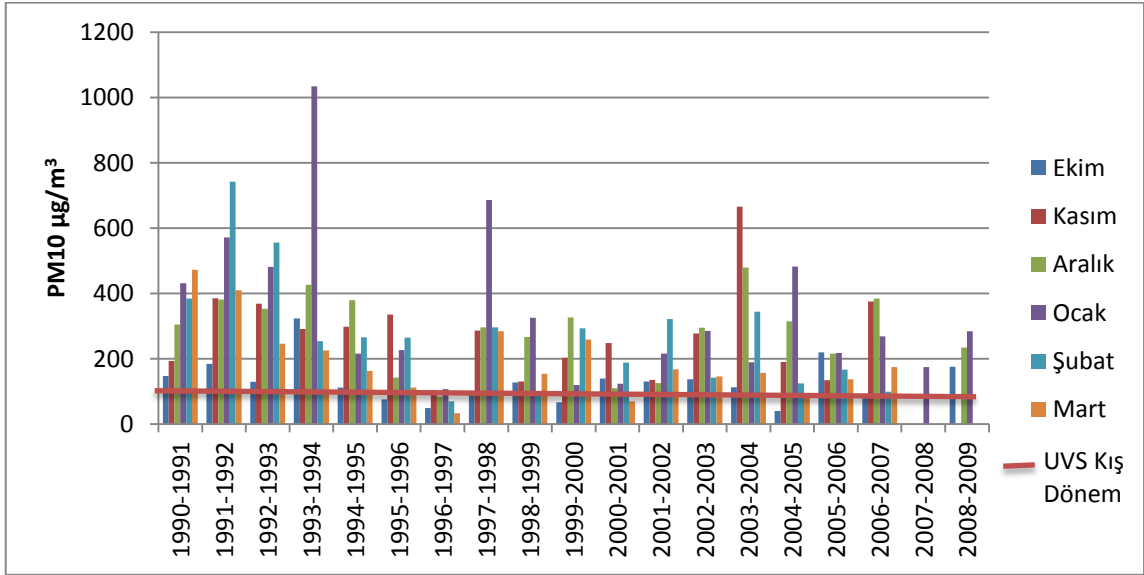
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	750	408	330	238	216	431	71	84	88	147	193	305
1991	431	384	472	438	121	63	55	41	65	184	385	381
1992	571	742	410	201	109	39	40	47	22	129	368	353
1993	481	556	246	175	100	66	53	160	166	323	291	426
1994	1034	254	225	198	62	76	32	21	71	112	298	379
1995	216	266	163	118	48	19	14	17	107	75	335	142
1996	226	265	112	93	39	20	22	15	22	49	104	84
1997	107	70	33	22	20	12	8	60	49	90	286	296
1998	686	296	284	97	40	50	58	45	53	127	130	267
1999	325	90	154	52	99	92	67	47	40	67	203	326
2000	120	293	259	36	38	14	-	-	64	139	248	110
2001	123	188	70	43	36	-	-	-	74	130	135	125
2002	216	321	168	97	67	55	55	45	73	137	277	295
2003	285	142	146	152	88	29	32	33	63	113	665	479
2004	189	344	157	131	121	66	36	42	27	40	190	315
2005	482	124	86	213	81	32	42	49	40	219	134	216
2006	218	167	137	72	143	50	34	65	59	91	375	384
2007	268	99	174	78	89	131	75	34	13	-	-	-
2008	174	-	-	-	151	-	108	-	130	175	-	234
2009	284	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	176
2010	78	182	93	83	84	97	85	99	-	-	-	168
2011	193	203	160	94	93	100	-	-	78	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-	59	82
2013	-	-	-	34	98	134	82	97	125	187	199	193
2014	145	165	110	167	137	151	122	122	134	194	282	507
2015	283	211	225	179	154	122	115	104	108	138	256	256
2016	253	208	258	188	166	103	87	98	115	157	368	366

Kaynak: (TÜİK, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

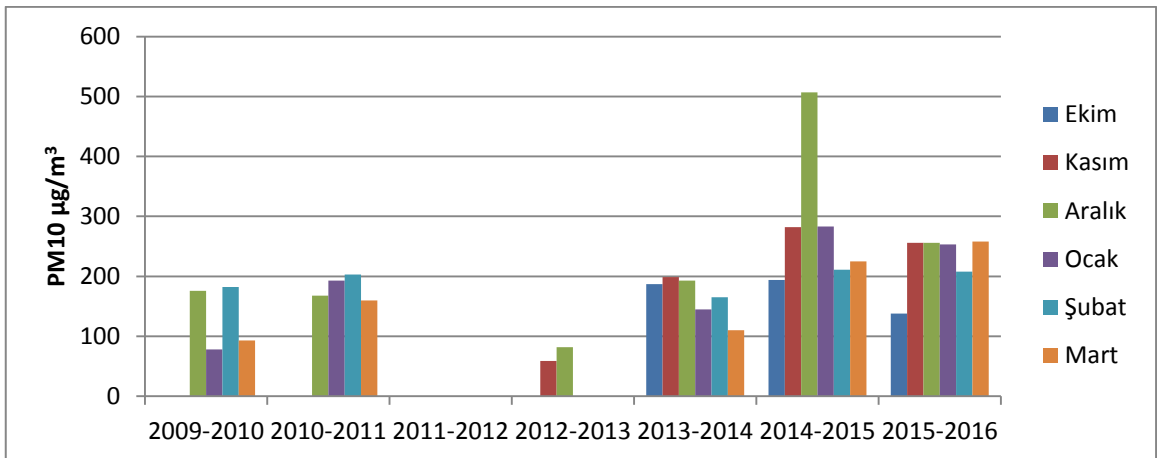
* (-) : veri yok

Gün içinde ulaşılan maksimum değerler incelendiğinde özellikle yanma dönemlerinde çoğu zaman limit değerinin üzerine çıktığı görülmektedir. Tablo 40'ta görüldüğü üzere bazı aylarda PM10 konsantrasyon değeri $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü geçmiştir. Bu da o zamanlarda hava kalitesinin yaşlı ve çocuklar için öldürücü seviyelerde tehlikeli olduğunu göstermektedir. Böyle zamanlarda Çin, Los Angeles gibi örneklerini de gördüğümüz şehirlerde olduğu gibi turuncu hatta kırmızı alarm verilip gerekli tedbirler alınmalıdır. Özellikle 1994 Ocak ayında partiküler madde

konsantrasyonu $1034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini görmüştür. Pm10 kirleticisinin maksimuma ulaştığı aylar grafik 26-27'de görüldüğü gibi Ocak, Şubat, Kasım aylarında $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bazı yıllarda ise $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerinin üzerine çıkmıştır. 1990-2008 yıllarında yanma dönemlerinde limit değer $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak kabul edilmiştir. Buna rağmen limit değerlerin aşıldığı ayların diğer aylara oranı %90 seviyelerini bulmuştur. Türkiye'de diğer illerle Bursa'daki PM10 konsantrasyon oranları karşılaştırıldığında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı raporda "2014 yılı içerisinde 24 saatlik PM10 verileri açısından limit değer aşımalarının en çok yaşandığı istasyonlar: Siirt, İstanbul-Esenyurt (MTHM), Muş, **Bursa**, Düzce, Batman ve Edirne-Keşan (MTHM) istasyonlarıdır" (TUİK, 2016, s. 3). 2015 yılında ise bir önceki yıla göre konsantrasyon oranlarında artış olduğu ve sadece yanma dönemlerinde değil, yıl boyunca limit değerin aşıldığı görülmektedir.



Grafik 26: PM10 Kirleticisinin Maksimum Değerlerinin Yanma Dönemlerinde Aylık Ortalaması (1990-1991; 2008-2009)



Grafik 27: PM10 Kirleticisinin Maksimum Değerlerinin Yanma Dönemlerine Ait Aylık Ortalaması (2009-2010; 2015-2016)

Bir bölgede hava kalitesini değerlendirmek için konsantrasyonların aylık ortalamaları ve maksimum ulaştığı değerlerin yanında kısa ve uzun vadeli sınır değerleri aştığı günleri analiz etmek gereklidir. 1990-2008 yılları arasında hedef sınır değeri 150 µg/m³, kısa vadeli sınır değer 300 µg/m³ ve 1. Uzun vadeli sınır değeri 400 µg/m³ kabul edilmiştir. Hedef sınır değeri, KVS ve 1.UKS değerlerini aşan gün sayıları, il geneli için istasyonlardan elde edilen partiküler madde konsantrasyonunun günlük ortalamaları her bir istasyon için ise o istasyonun ölçüm sonuçları dikkate alınarak tespit edilmiştir(Tablo 41).

Tablo 41: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun Vadeli Sınır Değerini Aştığı Gün Sayısı (1990-2008)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	11	10	11	2	4	3	0	0	0	0	1	5
1991	8	13	21	4	0	0	0	0	0	3	17	9
1992	15	16	12	2	0	0	0	0	0	0	8	11
1993	13	6	11	1	0	0	0	1	1	12	9	15
1994	9	8	4	1	0	0	0	0	0	0	6	9
1995	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0	7	0
1996	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4
1998	8	10	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2
1999	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	7
2000	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0
2001	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	5	8	1	0	0	0	0	0	0	0	10	4
2003	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13	5
2004	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	2	7
2005	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
2006	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7
2007	8	0	1	0	0	0	0	0	0	-	-	-
2008	0	-	-	-	-	-	0	-	0	0	-	0
TOPLAM	101	89	68	13	4	3	0	1	1	15	91	87

Kaynak: (TUİK, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

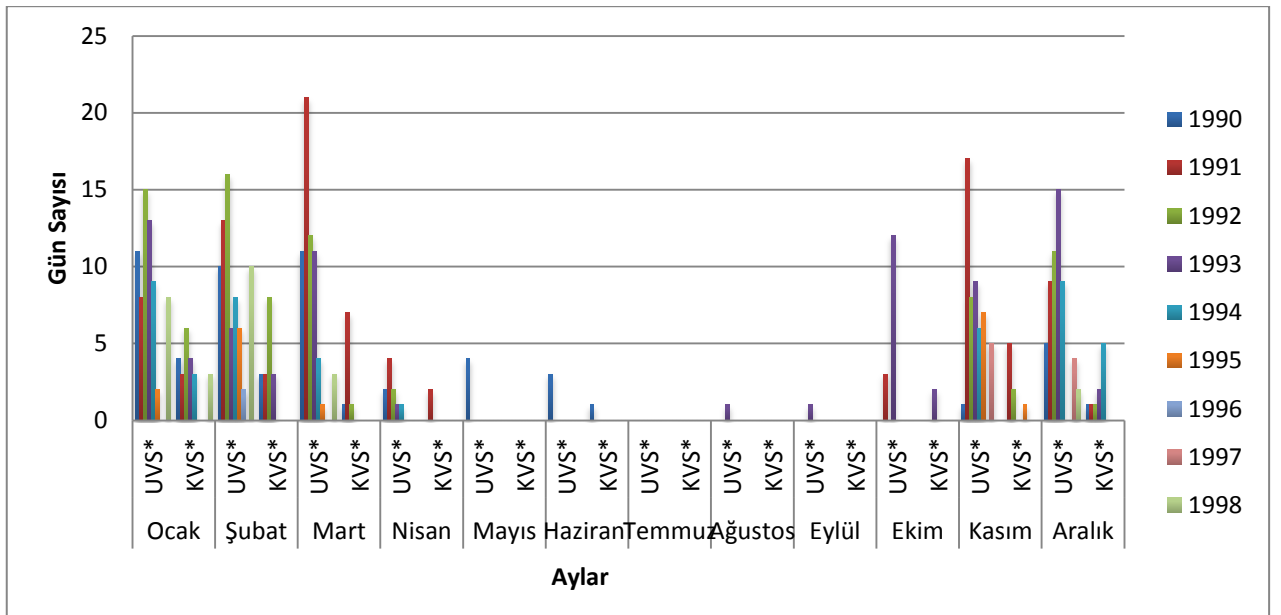
* (-) : veri yok

Tablo 42: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Kısa Vadeli Sınır Değerini Aştığı Gün Sayısı (1990-2008)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	4	3	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
1991	3	3	7	2	0	0	0	0	0	0	5	1
1992	6	8	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1
1993	4	3	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
1994	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
1995	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6
2004	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
2008	0	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-
TOPLAM	29	20	9	2	0	1	0	0	0	2	15	17

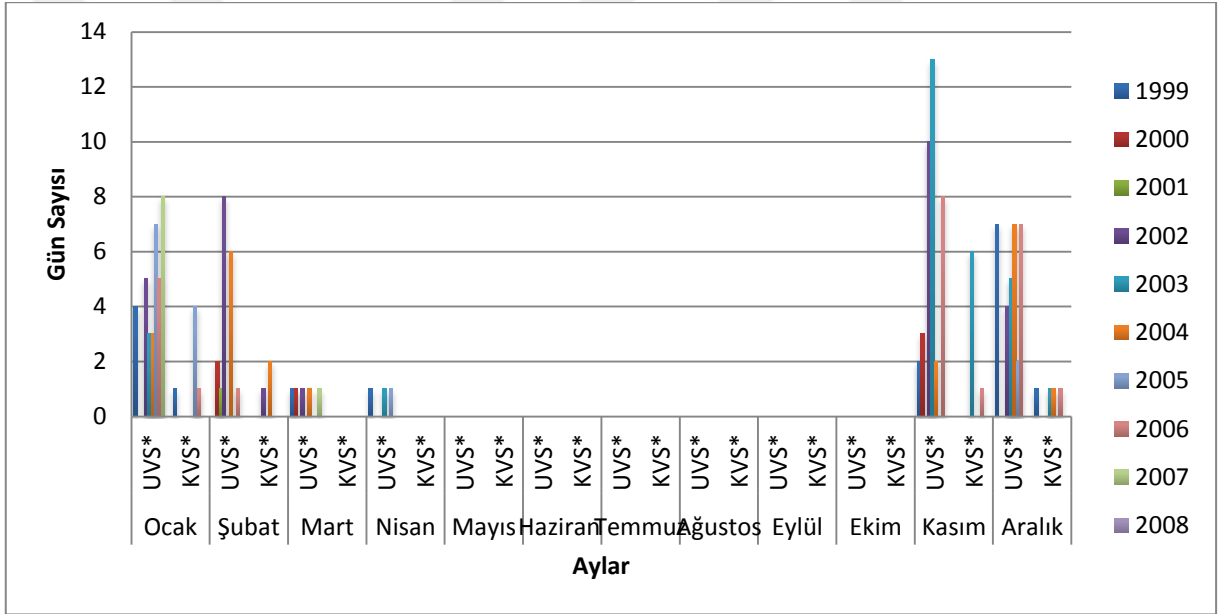
Kaynak: (TÜİK, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) : veri yok



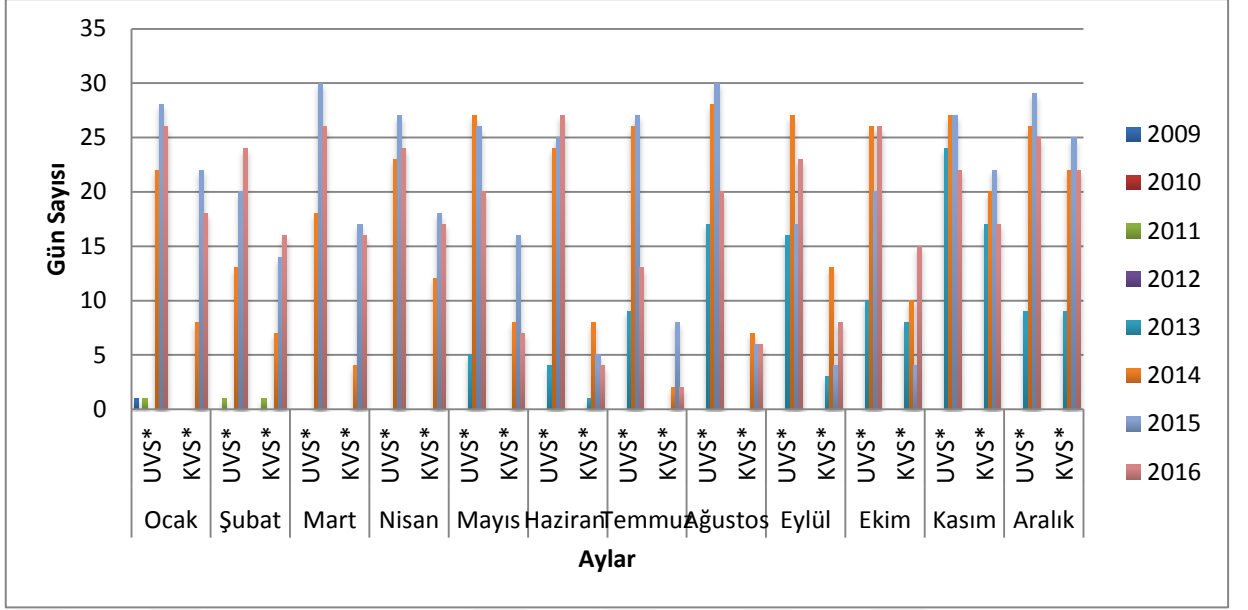
Grafik 28: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerini Aştığı Gün Sayısı (1990-1998)

1990-2008 yılları arasında sınır değerini aşan gün sayılarında düşme görülmesine karşın 2009-2016 yılları arasında limit değerlerin değişmesi ve kirleticilerin daha etken olmasıyla artışa geçmiştir. Özellikle yanma dönemlerinde hedef sınır değer olan $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aşan günlerde, 21 güne kadar çıkan değerlerle havanın stabil bir şekilde kirlendiğini gösterir. Kısa vadeli sınır değerlerin geçtiği günlerde de özellikle 1990-1994 yılları arasında Ocak ve Şubat aylarında 6-8 gün $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aştığı görülmüştür. Bunun yanında 1. Uzun vadeli sınır değer olarak kabul edilen $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü 1990 yılının Ocak ayında 2 defa, Şubat ve Haziran aylarında 1 defa aştığı görülmektedir. 1991 Ocak ayında 1 defa, Mart ayında 2 defa; 1994 yılında Ocak ayında 2 defa (hatta maksimum değer olan $1034 \mu\text{g}/\text{m}^3$ görülmüştür); 1998 yılının Ocak ayında ise 3 defa (Grafik 28), 2005 yılının Ocak ayında ise 4 defa kısa vadeli sınır değer aşılmıştır (Grafik 29).



Grafik 29: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerini Aştığı Gün Sayısı (1999 – 2008)

2014 yılı itibariyle büyük bir artış kaydedilmiştir. Neredeyse senenin her ayı uzun vadeli sınır değer aşılmış ve 28-30 günlere kadar çıkmıştır. Kısa vadeli sınır değer ise nispeten daha az aşılmış olsa da Kasım – Aralık - Ocak aylarında 22-25 günlere varması bu tarihlerde hava kalitesinin ne kadar olduğunu göstermektedir (Grafik 30).



Grafik 30: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin Uzun ve Kısa Vadeli Sınır Değerlerini Aştığı Gün Sayısı (2009 - 2016)

4.2.1.2. Kükürtdioksit

Hava kirliliği denilince akla ilk gelen kirleticilerden olan kükürtdioksit uzun yıllar boyunca Türkiye'de önemli bir problem olmuştur. Düşük kalitede yakıtların kullanılması, yanlış yakma teknikleri kullanılması gibi nedenlerle konsantrasyon miktarı artan kükürdün; zararlarının anlaşılması ve tedbirler alınmasıyla yıllar içerisinde konsantrasyonu giderek azalmıştır. 1990'ların başında ocak ayı konsantrasyon miktarı $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'leri bulurken, 2000'lere gelindiğinde bu rakam $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lere kadar düşmektedir. Yaz dönemlerinde değerlerin düşüp, yanma dönemlerinde artmasının göstergesi olarak da bölgede ısınmadan kaynaklı yakıt tüketiminin olduğu söylenebilmektedir. 1986 tarihli 19269 sayılı "**Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği**" nde verilen limit değer esas alınarak 1990-2008 yılları değerlendirilmiştir. Buna göre Kükürt Dioksit (SO_2), Kükürt Trioksit (SO_3) Dahil Uzun vadeli sınır değer $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kısa vadeli sınır değer ise $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Endüstri bölgeleri için ise UVS $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, KVS $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak alınmıştır. Ayrıca daha önce de belirtildiği gibi bazı aylarda ölçüm yapılan gün sayısı 20'den az olduğu için veri bulunmamaktadır.

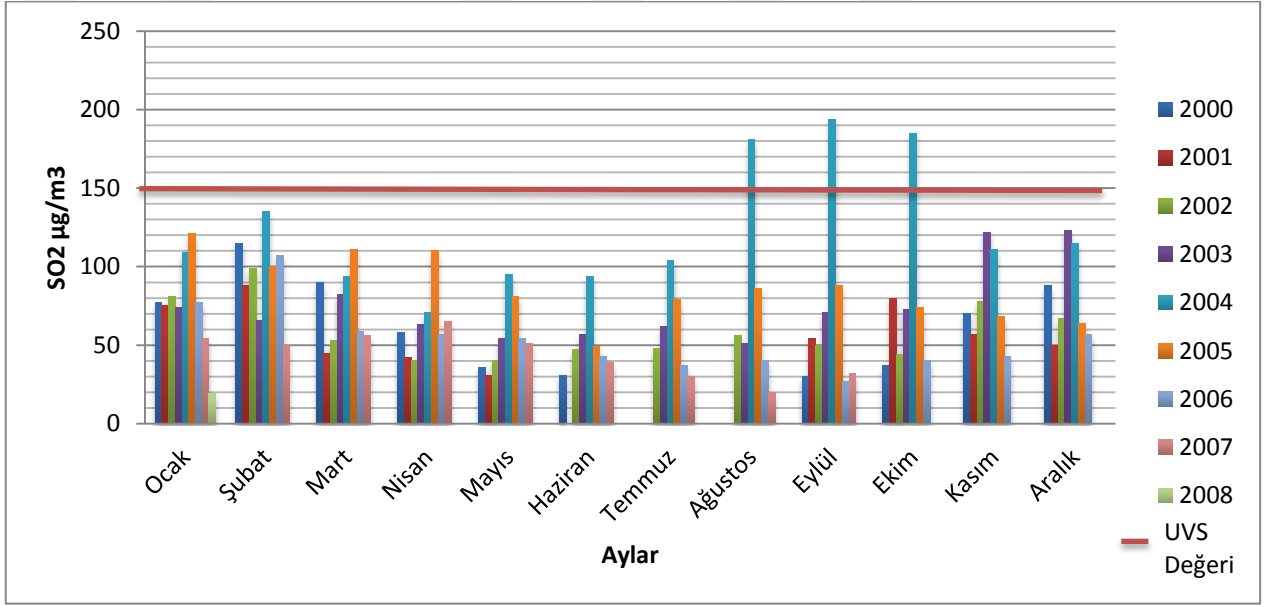
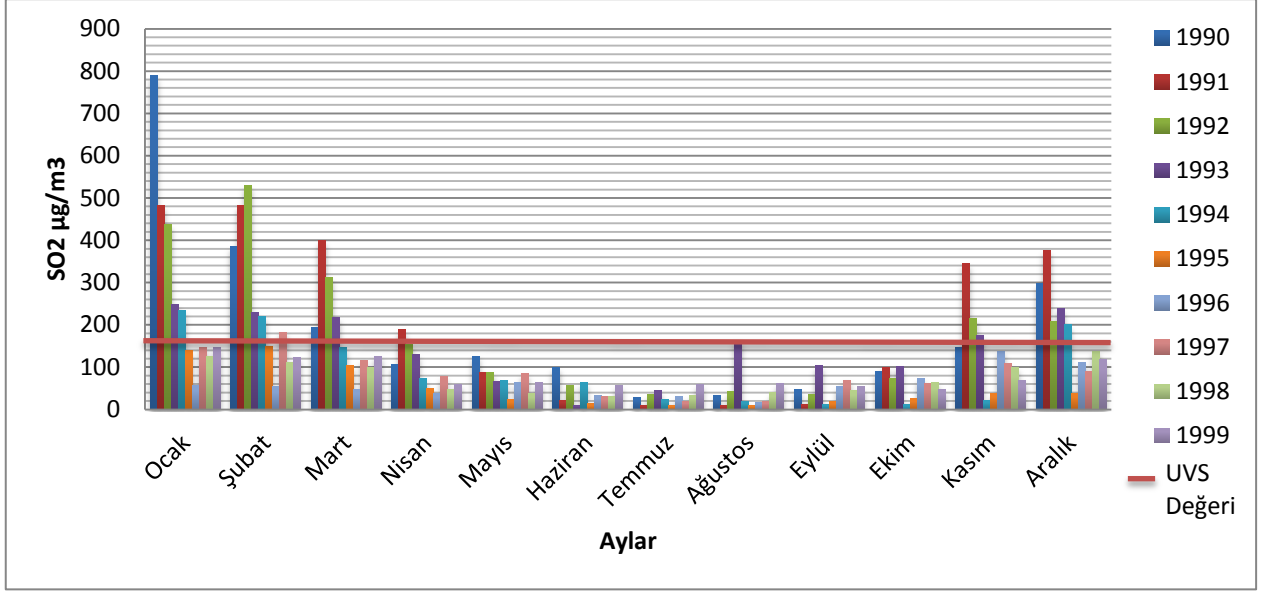
Tablo 43: Bursa Kenti'nde SO₂ Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları (µg/m³) (1990-2016)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	789	384	194	105	126	99	27	32	47	90	147	297
1991	481	482	400	188	87	22	9	9	12	100	345	376
1992	437	530	311	154	87	57	35	43	36	73	214	209
1993	248	230	218	129	67	10	45	164	103	101	174	239
1994	233	219	147	74	68	64	24	18	12	11	21	201
1995	140	149	103	50	23	13	10	10	18	25	38	38
1996	57	53	47	38	63	34	30	17	54	74	138	112
1997	147	183	115	77	85	31	19	19	69	61	108	90
1998	126	110	99	47	38	30	34	39	44	64	99	138
1999	147	122	126	60	63	57	58	62	53	47	69	118
2000	77	115	90	58	36	31	-	-	30	37	70	88
2001	75	88	45	42	31	-	-	-	54	80	57	50
2002	81	99	53	40	40	47	48	56	50	44	78	67
2003	74	66	82	63	54	57	62	51	71	73	122	123
2004	109	135	94	71	95	94	104	181	194	185	111	115
2005	121	100	111	110	81	49	79	86	88	74	68	64
2006	77	107	59	57	54	43	37	40	27	40	43	57
2007	54	50	56	65	51	39	30	20	32	-	-	-
2008	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	41	-	-	-	16	16	-	-	-	17	-	9
2010	-	18	15	-	12	8	3	3	4	11	15	10
2011	13	14	19	7	8	10	12	-	14	-	-	-
2012	-	-	-	-	7	-	-	9	-	-	9	-
2013	-	-	-	6	5	2	4	3	8	8	14	17
2014	14	10	6	6	2	2	2	2	4	7	20	25
2015	70	22	18	14	9	5	6	8	6	5	15	29
2016	10	5	4	4	3	3	2	3	5	4	16	12

Kaynak: (TUİK, 2017; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

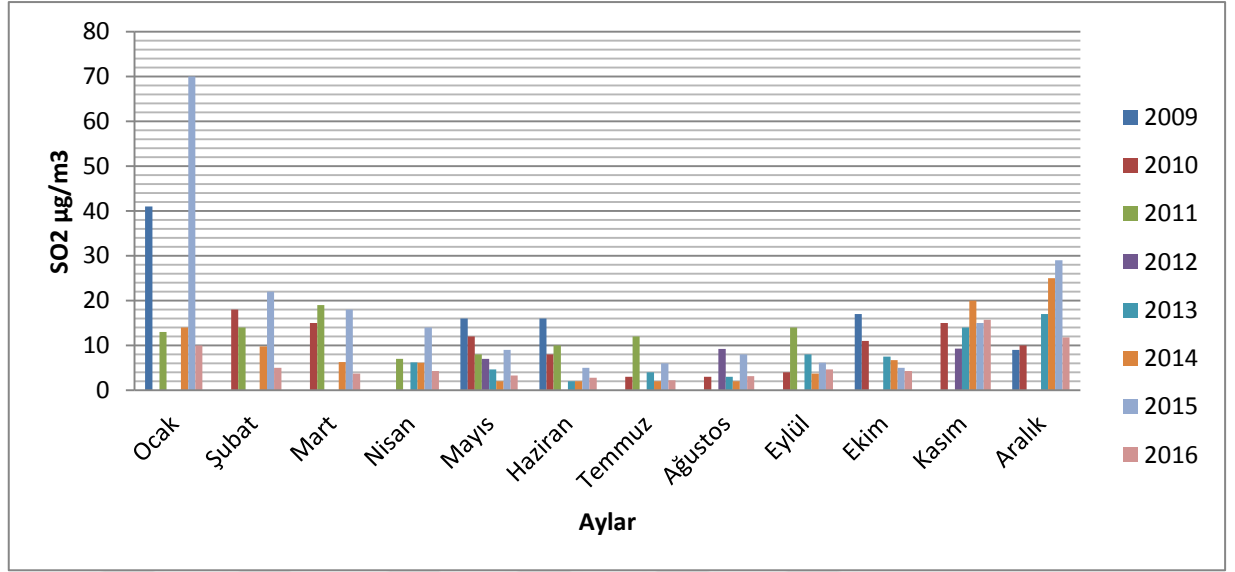
1990-1999 yılları arasında özellikle yanma dönemlerinde kükürt dioksit oranları yüksek seyretmiştir, fakat 1994'ten sonrada düzenli bir düşüş yaşandığı görülmektedir. 1990 ocak ayında 700 µg/m³leri bulan konsantrasyon miktarı 1997-98 yıllarında 150 µg/m³ seviyelerine düşmüştür. Yaz aylarında 1993 yılının ağustos ayı hariç, limit değerini üzerine çıkılmadığı görülmektedir.



Grafik 31-32: Bursa Kenti'nde Kükürt dioksit Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-2008)

Grafik 31 ve 32'de konsantrasyonlar arasında farklılık olduğu çok rahat gözlemlenmektedir. Grafik 31'de yanma dönemlerinde limit değerine üzerine çokça çıkılırken, Grafik 32'de sadece 2004 yılı Ağustos-Eylül-Ekim aylarında $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerine çıkmıştır. 2000-2008 yılları arasına genel olarak bakıldığında da yanma dönemleriyle yaz dönemleri arasındaki farkın az olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu yıllarda kısa vadeli sınır değer aşılmamıştır. Bu da SO_2 kirlenmesinin sadece evsel ısınmadan kaynaklanmadığını göstermektedir. Evsel ısınmanın yanında endüstriyel tesislerin şehrin içinde kalması, motorlu taşıt sayısındaki artışlar kükürtdioksitin yıl boyu yakın seviyelerde kalmasına neden olmaktadır. 2008 yılında $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

seviyelerine gerileyen konsantrasyon miktarı 2009 yılından itibaren 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerine kadar düşmüştür(Grafik 33).



Grafik 33: Bursa Kenti'nde Kükürtdioksit Konsantrasyonlarının Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2009-2016)

AB uyum yasaları çerçevesinde hedeflenen limit değerlerin yıllar içerisinde düşürüldüğü Tablo 44'de görülmektedir. KVS değerleri 24 saatlik ortalamalar baz alınarak oluşturulan limit değerlerdir. UVS değerleri ise SO_2 için biraz farklıdır. Burada yıllık ortalamalar baz alınarak ekosistemin korunabilmesi için belirlenen değerler bulunmaktadır.

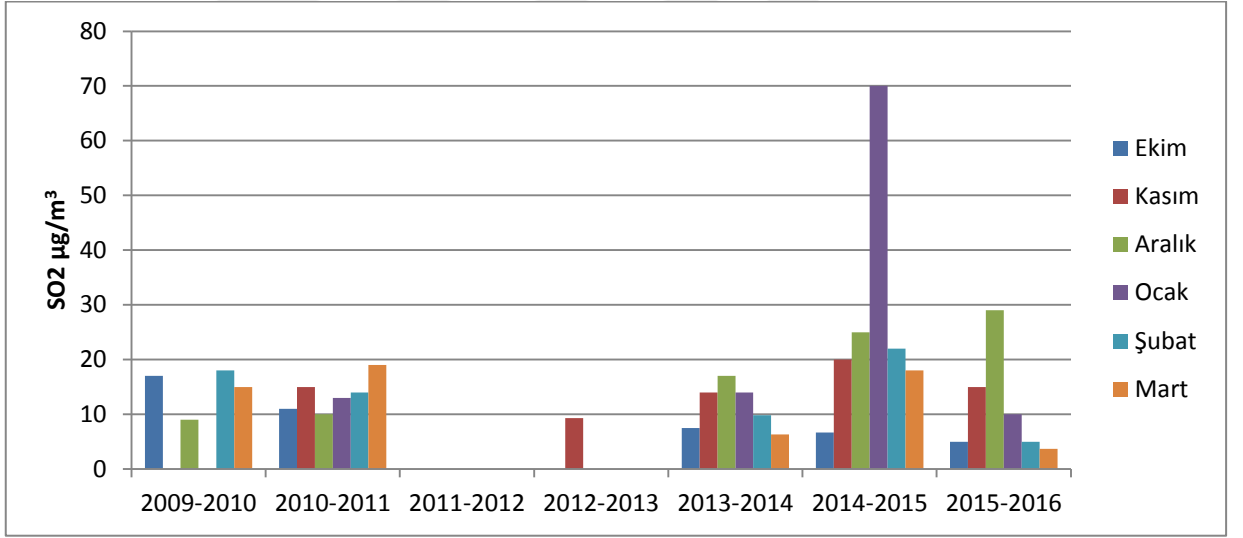
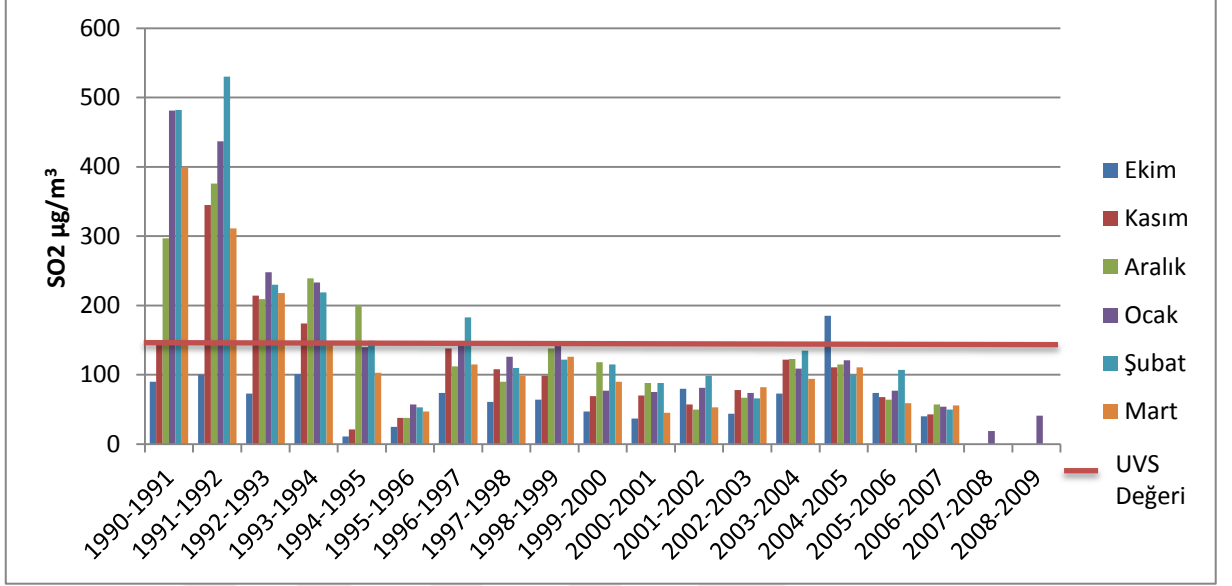
Tablo 44: HKKY Çerçevesinde verilen SO_2 değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

2008		2009		2010		2011		2012	
KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS
400	60	370	52	340	44	310	36	280	28
2013		2014		2015		2016		2017	
KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS	KVS	UVS
250	20	250	20	225	20	200	20	175	20

Kaynak: (HKDY, 2008)

Isınmadan kaynaklı nedenlerle ortaya çıktığı düşünülen SO_2 konsantrasyonlarının 1990-2016 yılları arasında sadece yanma dönemleri Grafik 34-35'de incelenmiştir. Yıllar içerisinde kükürt dioksit oranlarında yaşanan düşüş yanma dönemlerinde daha net görülmektedir. Daha önce de bahsedildiği 1990'lı yılların başında canlı sağlığını tehdit edecek düzeylerde olan konsantrasyonlardan yakıt kalitesinin artırılması ve zamanla doğalgaz kullanımının yaygınlaşmasıyla minimum seviyelere düşmüştür. 1990 Ocak ayında kirletici değeri 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerine

yaklaşırken, 2015 Ocak ayında 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seviyelerinde maksimum aylık ortalamayı görmüştür.



Grafik 34-35: Bursa Kenti'nde Kükürt dioksit Konsantrasyonlarının Yanma Dönemlerindeki Aylık Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-1991;2015-2016)

Hava kalitesi ölçümünde diğer önemli kriterler ise ulaştığı maksimum değerler ve limit değerleri aştığı gün sayısıdır. Tablo 45'de 1990-2016 yılları arasında kükürtdioksit konsantrasyonlarının ulaştığı maksimum değerler verilmiştir. Tabloda ilk dikkati çeken 1990'lı yılların başında görülen maksimum değerlerin 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'leri aştığıdır. Bu rakam Hava Kalitesi İndeksi'ne göre "**tehlikeli**" seviyesindedir. Bu seviyeye gelindiğinde insanları bölgeden tahliye etmek gibi ciddi önlemler almak gerekmektedir. Diğer aylarda ise özellikle yanma dönemlerinde konsantrasyon

değerleri 200 µg/m³ civarındadır. 1995 sonrasında ise değerler yavaş yavaş düşmeye başlamıştır. 2009 Ocak ayında 374 µg/m³ değeri görülse de genel olarak 2000'li yıllarda 50 µg/m³'ü geçmemiştir.

Tablo 45: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin Maksimum Değerleri (µg/m³) (1990-2016)

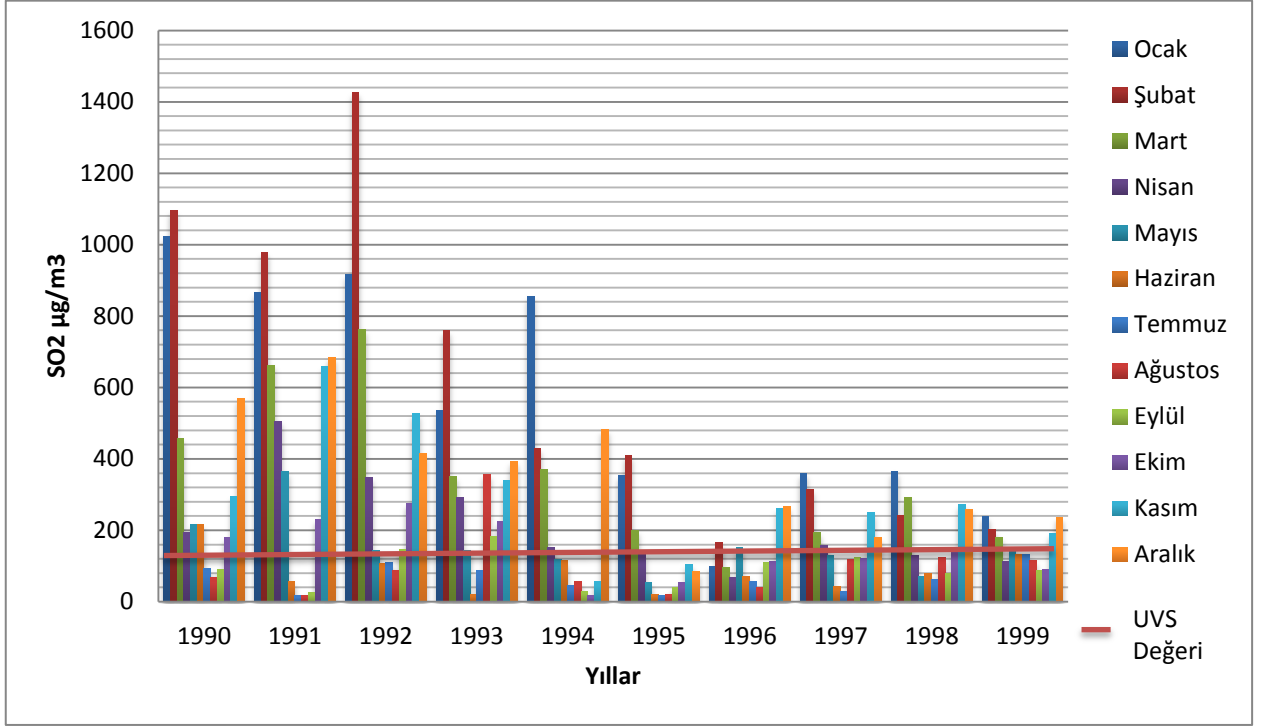
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	1021	1095	456	193	216	216	93	68	91	180	293	569
1991	865	978	662	505	364	55	16	17	24	230	657	683
1992	916	1426	762	348	142	107	108	88	146	275	526	414
1993	535	759	351	292	144	20	88	355	181	223	339	391
1994	855	428	371	152	117	115	45	55	29	16	57	481
1995	352	409	198	131	54	21	18	21	40	52	104	83
1996	99	164	96	68	151	70	55	39	109	113	260	265
1997	358	314	192	156	128	41	27	119	124	121	249	179
1998	365	242	291	129	71	79	62	123	78	136	271	259
1999	238	201	179	112	150	133	131	114	86	89	190	235
2000	125	277	239	108	72	48	-	-	64	86	141	170
2001	199	258	132	92	123	-	-	-	100	213	115	112
2002	136	205	122	74	61	108	125	125	170	87	161	143
2003	201	155	158	146	97	91	105	91	218	183	264	217
2004	224	431	157	122	151	188	169	314	356	390	186	236
2005	296	217	199	184	164	102	153	180	192	108	121	230
2006	160	163	101	138	265	106	97	95	53	168	115	163
2007	107	96	83	153	162	95	50	56	93	-	20	17
2008	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2009	374	-	-	-	19	17	-	-	-	25	-	44
2010	12	22	28	14	47	28	3	4	-	-	24	21
2011	36	24	32	20	16	20	18	-	26	-	-	-
2012	-	-	-	-	24	-	-	31	-	6	17	-
2013	-	-	-	13	23	5	12	10	17	21	48	41
2014	30	17	19	-	2	2	3	2	8	10	23	35
2015	30	21	23	17	19	12	14	14	15	15	12	21
2016	17	12	6	6	5	6	4	6	8	10	41	33

Kaynak: (TUİK, 2017) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

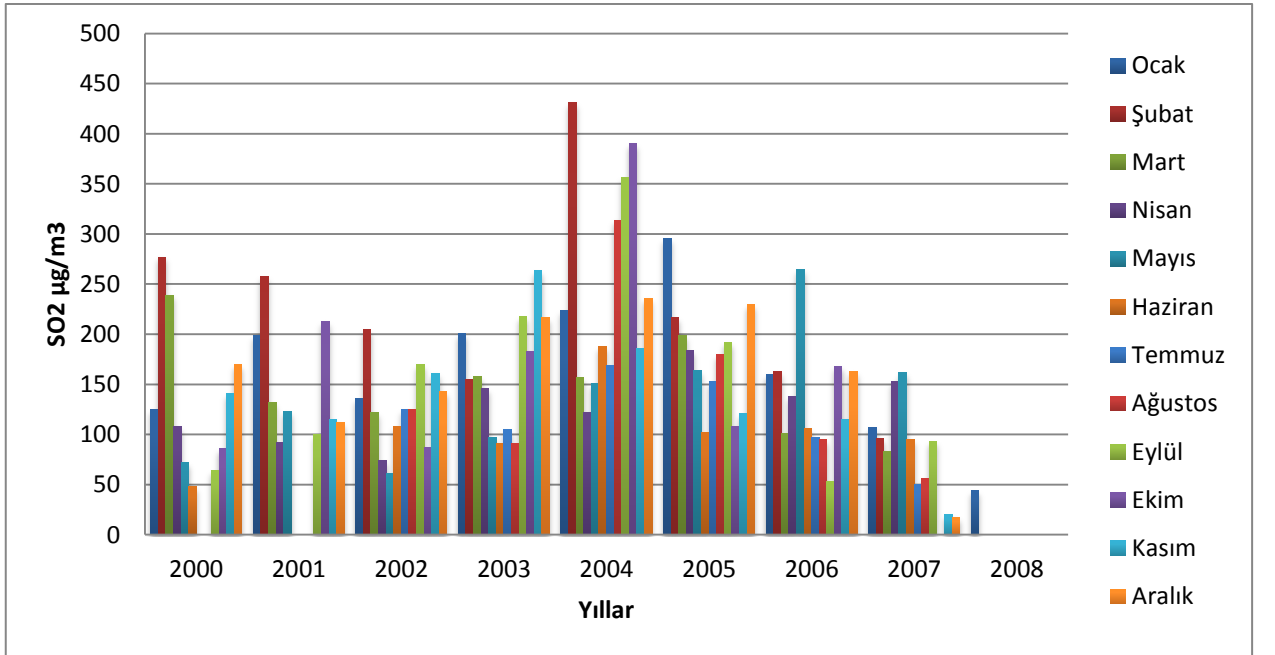
* (-) veri yok

1990-1991-1992 yıllarında özellikle Ocak, Şubat, Mart aylarında en yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Aslında yaz ayları olarak geçen Haziran, Temmuz, Ağustos ayları dışında aylarda uzun vadeli sınır değer olan 150 µg/m³ değeri aşılmıştır. Yine 1990'lı yılların başında yaz aylarında bile uzun vadeli limit değere yaklaşıldığı görülmektedir. Maksimum değerler 1 saat bile sürmüş olsa bu değer bize bu bölgede hava kirliliğinin ulaşabileceği sınırı göstermektedir. Bu açıdan değerlere bakıldığında 1400 µg/m³ gibi bir değere ulaşılması hava kalitesini ciddi bir şekilde etkilemiş olacaktır.

gibi canlı sağlığını ve ekosistemi de olumsuz etkilemektedir. 1994 yılından sonra belirgin bir düşme yaşansa da halen limit değerin üzerinde olduğu görölmektedir. Özellikle 1999 yılında yaz aylarında bile değeri yüksek seyretmiştir (Grafik 36).

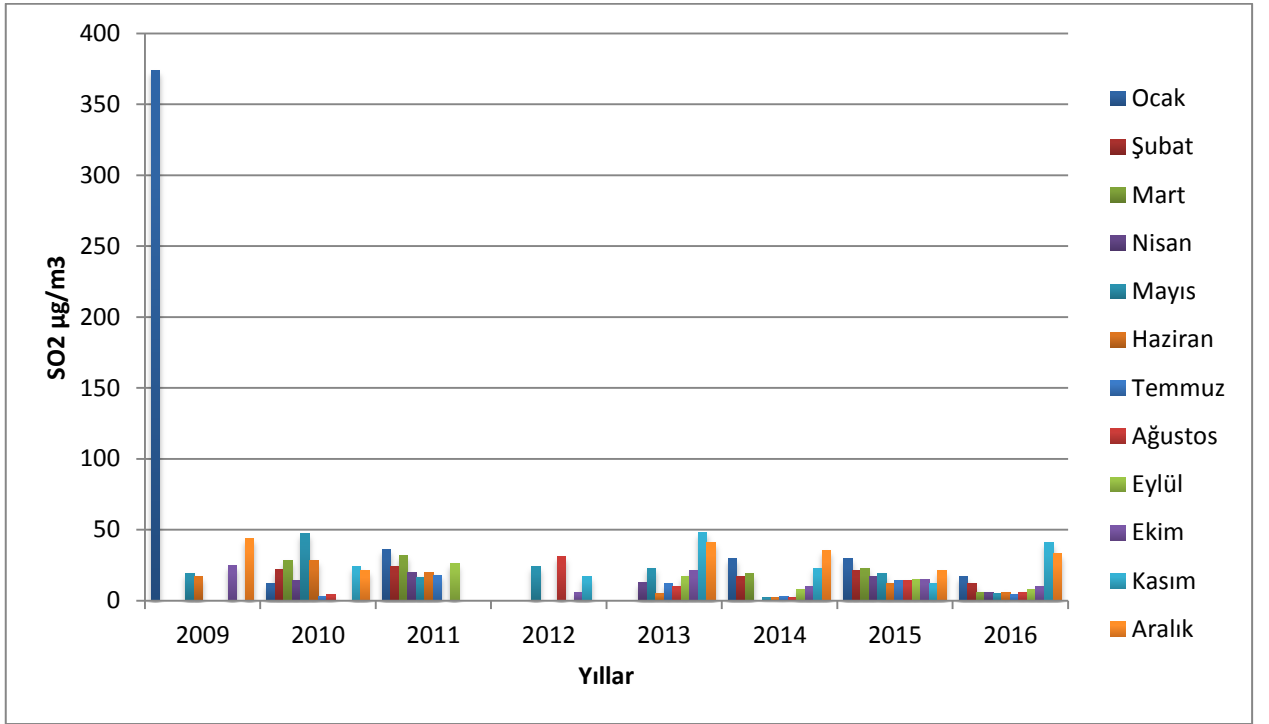


Grafik 36: Bursa Kenti'ndeki SO₂ Konsantrasyonlarının Maksimum Değeri (µg/m³) (1990 – 1999)



Grafik 37: Bursa Kenti'ndeki SO₂ Konsantrasyonlarının Maksimum Değeri (µg/m³) (2000-2008)

2000'li yıllara gelindiğinden genel olarak bir düşme devam etse de halen çoğu yılda yanma dönemleri ve yaz dönemlerinde uzun vadeli limit değer olan $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aşılmıştır. Özellikle 2004 yılında şubat ayında $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aşılmış, ekim ayında ise yaklaşılmıştır (Grafik 37). 2004 ve 2005 yıllarında yaz aylarında da değerlerin çok yüksek seyrettiği görülmektedir. Bu sonuç kükürt dioksit kirlenmesinin nedeninin sadece ısınma kaynaklı olmadığını göstermektedir. Endüstriyel faaliyetlerde artış ve motorlu taşıtların kullanımının artmasıyla kükürt dioksit oranları tehdit oluşturmaya devam etmektedir.

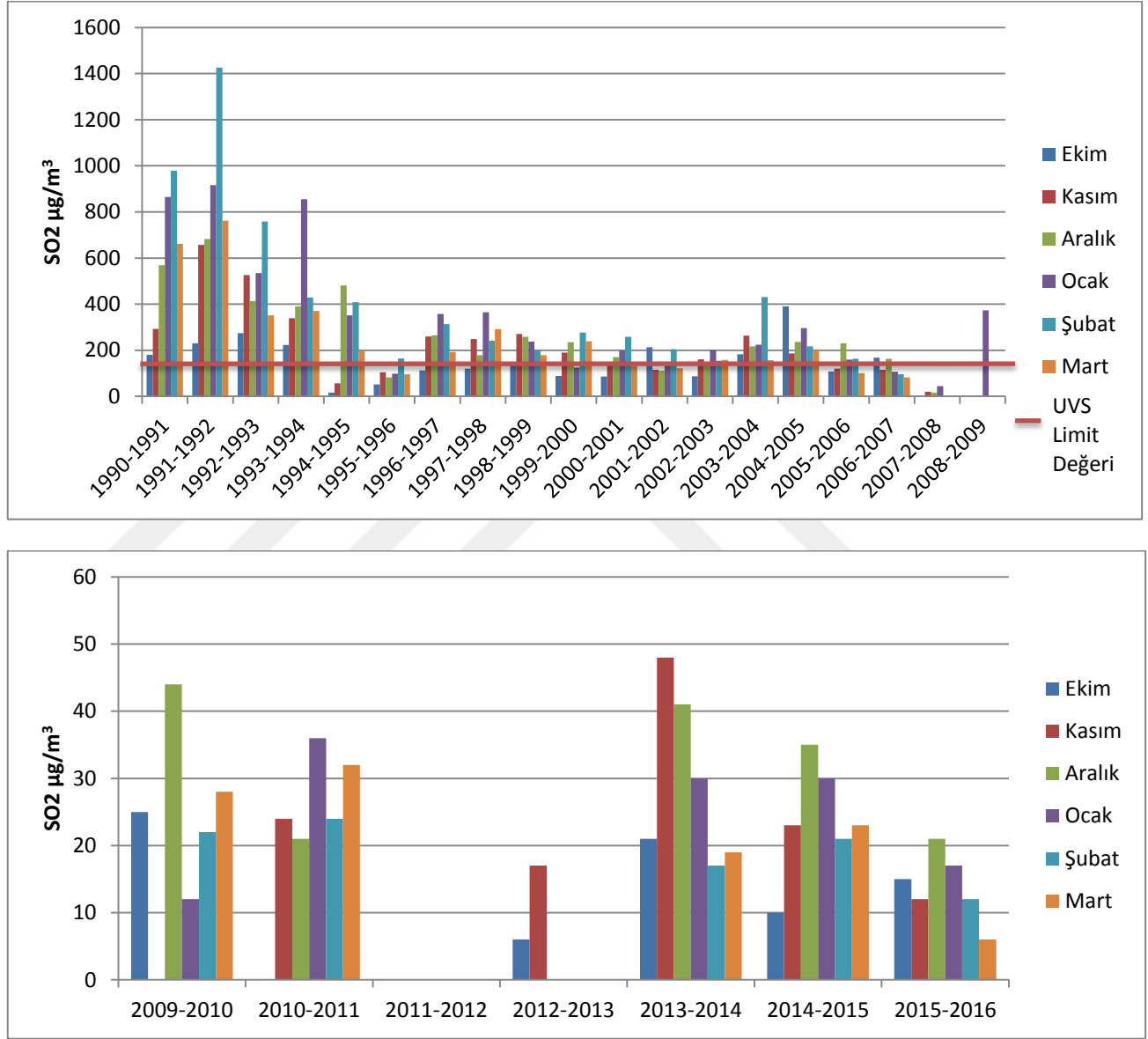


Grafik 38: Bursa Kenti'ndeki SO₂ Konsantrasyonlarının Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2009 – 2016)

2009-2013 yılları arasında verilerin çok sağlıklı olmamasından dolayı çok net sonuçlar çıkarılamasa da 2013 yılı itibariyle değerlerin $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altında olduğu görülmektedir. Değerlerin hiçbirinin kısa vadeli değerleri aşmadığı görülürken ekosistemin korunması için öngörülen yıllık limit değerlerin aşıldığı görülmektedir.

Yanma dönemlerinde ulaşılan maksimum değerlere bakıldığında 1995'e kadar limit değerlerin aşıldığı bu yıldan sonra ise kademeli olarak düşüş yaşandığı görülmektedir. Yanma dönemlerinde değerlerin en yüksek seyrettiği aylar ise genel olarak Ocak, Şubat ve Aralık'tır. Sıcaklık değerlerine bakıldığında ise bu aylarda en düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. 2000 yıllardan itibaren doğalgaz kullanımının yaygınlaşmasıyla yanma dönemlerinde kükürt dioksit oranlarının düşmesiyle doğru orantılıdır. 2009 yılı itibariyle ise doğalgaz kullanım oranlarının artması konsantrasyon

seviyelerinin $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altına düşmesini sağlamıştır. Fakat son yıllarda doğalgaz fiyatlarındaki artış, endüstride kömür kullanımının artmasına neden olmaktadır. Partiküler madde konsantrasyonlarındaki artış bu durumu onaylarken, kükürt dioksit oranlarında da artış beklenmektedir. Özellikle Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi'ne kurulması planlanan kömürle çalışan termik santral var olan kükürt dioksit salınımını daha da arttıracığı düşünülmektedir (Grafik 39-40).



Grafik 39-40: Bursa Kenti'ndeki SO₂ Konsantrasyonlarının Yanma Dönemlerinde Maksimum Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (1990-1991; 2015-2016)

Maksimum değerlerin yanı sıra limit değerlerin aşıldığı günlerin sayısı da hava kalitesini değerlendirmek adına önem arz etmektedir. 1990-2008 yılları arasında yapılan ölçümler dikkate alınarak limit değerlerin aşıldığı gün sayıları tablolaştırılmıştır. Hedef sınır değeri, KVS ve 1.UKS değerlerini aşan gün sayıları, il geneli için

istasyonlardan elde edilen kükürtdioksit (SO₂) konsantrasyonunun günlük ortalamaları her bir istasyon için ise o istasyonun ölçüm sonuçları dikkate alınarak tespit edilmiştir. Hedef sınır değeri 150 µg/m³, KVS değeri 400 µg/m³, 1.UKS değeri ise 700 µg/m³ olarak alınmıştır. Bu bağlamda yanma dönemlerini kapsayan ocak, şubat, mart, kasım, aralık aylarında 29 günü bulan değerlerde limit aşımı olduğu görülmektedir. Kısa vadeli sınır değer olan 400 µg/m³'ün aşıldığı günler ise 17-19 gün gibi değerlere ulaştığı görülmektedir. 1990-1995 yılları arasındaki dönemde 1.UKS değeri olan 700 µg/m³'ü aşan günlerin olduğu da tespit edilmiştir. 1990 yılı ocak ayında 6 defa, şubat ayında ise 4 defa değer aşılmıştır. 1991 yılında Ocak ve Şubat aylarında 2'şer defa değer aşılrken, 1992 yılında Ocak'ta 3 defa, Şubat'ta 6 defa, ve Mart ayında 1 defa limit değerini aşıldığı görülmektedir. Sonraki yıllarda 1. UKS değerinin aşıldığı günler görülmemektedir(Tablo 46). 2008 yılından itibaren ise limit değerlerin aşılmadığı görülmüştür. Fakat ekosistemin korunması için gerekli olan limit değer aşılmaktadır. Bu sonuç ise kükürt dioksitin halen bir sorun olduğunu göstermektedir.

Tablo 46: Bursa Kenti'nde SO₂ Konsantrasyonlarının Uzun Vadeli Sınır Değeri Aştığı Günler Sayısı (1990-2008)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Top
1990	14	26	15	4	7	2	0	0	0	5	14	26	113
1991	24	25	29	17	4	0	0	0	0	3	29	30	161
1992	29	27	26	17	0	0	0	0	0	4	14	24	141
1993	27	16	23	11	0	0	0	17	5	5	20	27	151
1994	25	24	12	1	0	0	0	0	0	0	0	20	82
1995	11	9	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
1996	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	12	6	20
1997	11	18	7	1	0	0	0	0	0	0	7	3	47
1998	9	4	2	0	0	0	0	0	2	3	5	8	33
1999	13	5	3	0	1	0	0	0	0	0	2	8	32
2000	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	12
2001	2	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	10
2002	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2003	2	1	1	0	0	0	0	0	3	1	5	7	20
2004	3	8	2	0	1	6	0	16	17	22	4	7	86
2005	6	3	7	3	2	0	1	0	3	0	0	1	26
2006	2	4	0	0	2	0	0	0	0	1	0	2	11
2007	0	0	0	1	1	0	0	0	0	-	0	0	2
2008	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	-	-	0

Kaynak: (TUİK, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

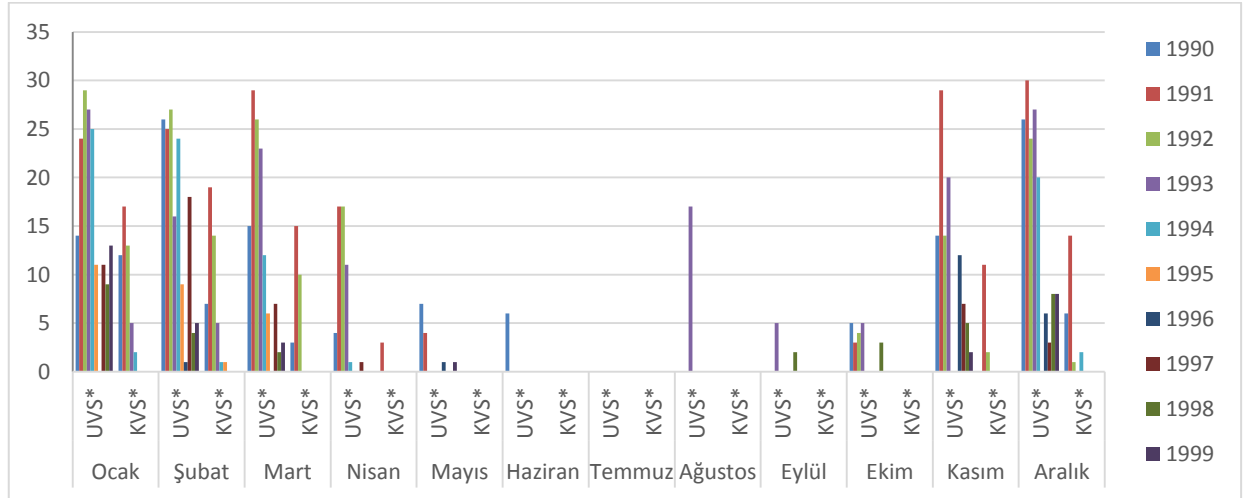
* (-) veri yok

Tablo 47: Bursa Kenti'nde SO₂ Konsantrasyonlarının Kısa Vadeli Sınır Değeri Aştığı Günler Sayısı (1990 – 2008)

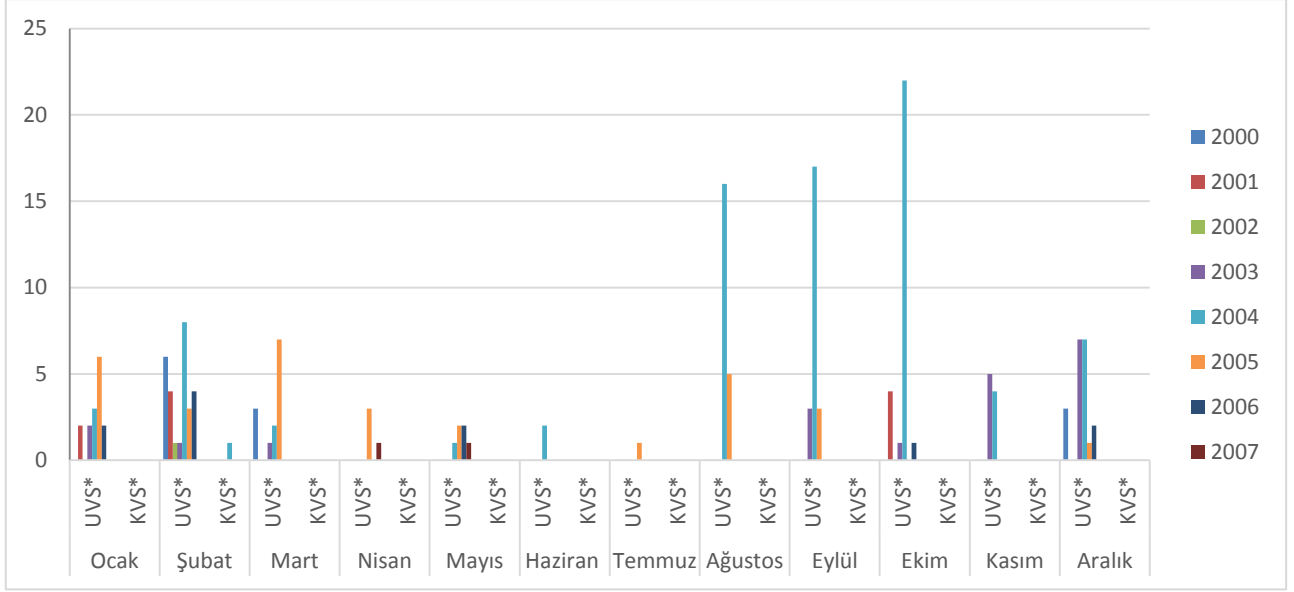
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Top
1990	12	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	6	28
1991	17	19	15	3	0	0	0	0	0	0	11	14	79
1992	13	14	10	0	0	0	0	0	0	0	2	1	40
1993	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
1994	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5
1995	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1996	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
2008	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	-	-	0

Kaynak: (TÜİK, 2017) (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok



Grafik 41: Bursa Kenti'nde SO₂ Konsantrasyonlarının Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (1990-1999)



Grafik 42: Bursa Kenti'nde SO₂ Konsantrasyonlarının Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (2000-2007)

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN GENEL GÖRÜNÜMÜ

Bu bölümde Bursa Kenti hava kalitesinin genel görünümü ayrıntılı olarak incelenmiştir. Halen aktif olarak kullanılan 4 hava kalitesi ölçüm istasyonu 2015 Ekim – 2016 Aralık ayları arasındaki süreç saatlik veriler baz alınarak tüm kirletici değerleriyle birlikte incelenmiştir. 2008 yılında Avrupa Birliği ve Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ortak projesi olarak kurulan “**Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü**” Marmara Bölgesi'nde 11 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurarak düzenli veri akışını sağlamıştır. 2013 Mart ayından itibaren Bursa'da 6 istasyondan aktif halde saatlik veri alımı gerçekleştirilmektedir (Tablo 48). Aynı zamanda her istasyon kendi içerisinde meteorolojik unsurları da ölçüp halkın bilgisine sunmaktadır. Ölçüm günü 20'nin altında olan aylar verilerin güvenliği için değerlendirmeye alınmamıştır. Avrupa Birliği uyum yasaları çerçevesinde kurulan “Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı” sayesinde internet üzerinden isteyen herkes saatlik hava kalitesi ölçümlerine ulaşabilmektedir. Bunun yanında sunulan interaktif harita sayesinde Türkiye üzerinde hangi istasyonda hava kalitesinin iyi seviyelerde, hangi istasyonda ise tehlikeli olduğu görülmektedir.

Tablo 48: Bursa İli Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları

İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Ölçüm Yapılan Kirleticiler	Ölçüm Yapan Kurum
Bursa	40° 14' 03"	29° 02' 17"	SO ₂ , PM ₁₀	Çevre ve Şehircilik Bak.
Kültürpark	40° 11' 44"	29° 02' 45"	SO ₂ ,NO,NO ₂ ,O ₃	MTHM
Beyazıt Cad.	40° 11' 08"	29° 04' 49"	NO,NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ ,CO	MTHM
Uludağ Üni.	40° 13' 24"	28° 52' 17"	SO ₂ ,NO,NO ₂ ,O ₃ ,PM _{2,5}	MTHM
İnegöl	40° 04' 51"	29° 30' 00"	NO,NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀	MTHM
Kestel	40° 11' 43"	29° 12' 19"	NO,NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀	MTHM
Nilüfer	40°21'6819	28°98'5994	NO, NO ₂ , NO _x , SO ₂ , CO, HK, O ₃ , PM ₁₀ ve PM _{2,5}	Nilüfer Belediyesi

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

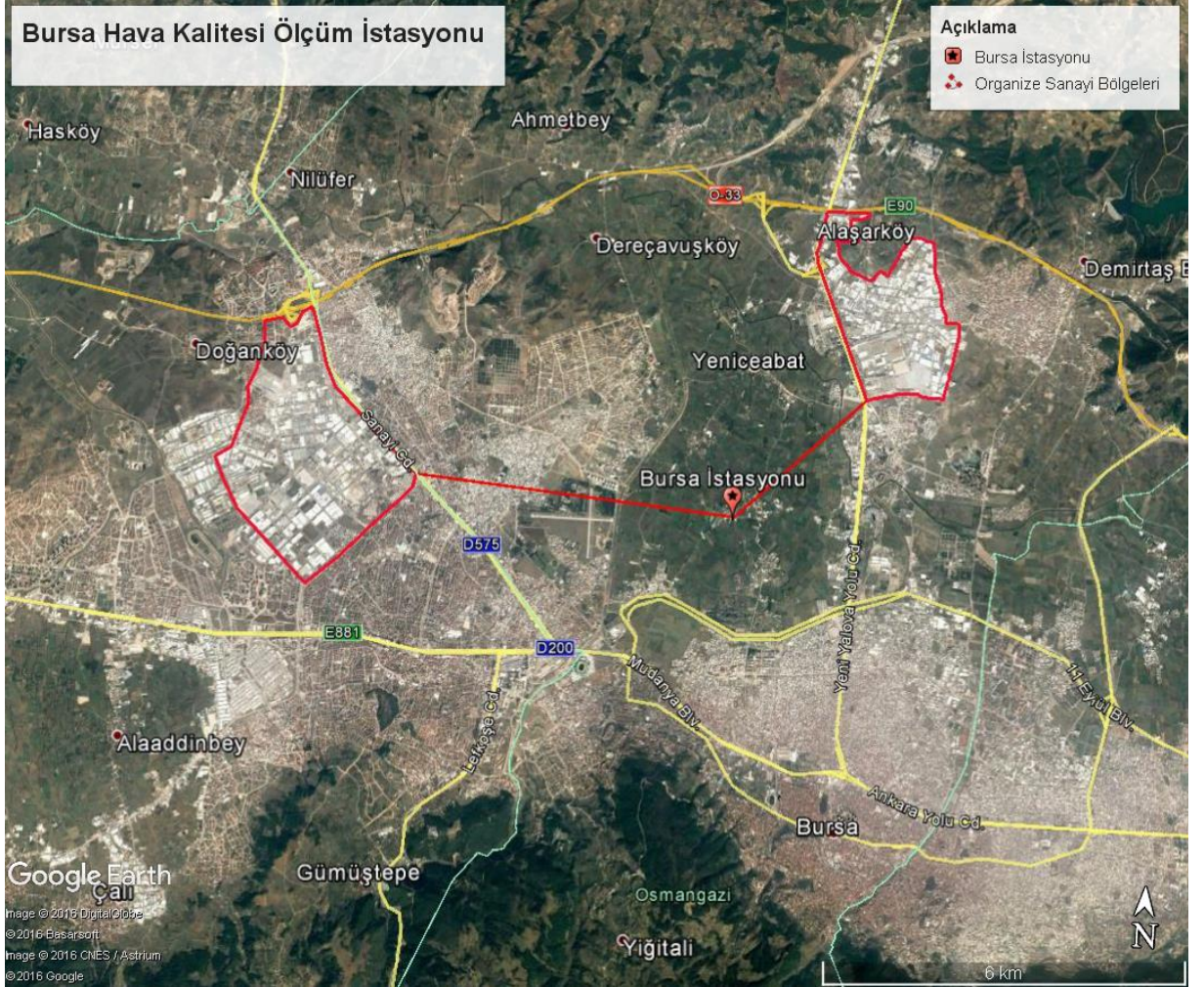
Bu çalışmada Bursa Kenti sınırları içerisine dahil olan 5 Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu'ndan alınan veriler değerlendirilmiştir. Bu sebeple İnegöl ve Kestel istasyonları çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmada öncelikle istasyonun konumu ve özelliklerine değinilip, bulunduğu konuma yakın olan unsurlar değerlendirilecektir. Daha sonra günlük ve aylık ortalamaları alınarak maksimuma değerlere ulaştığı gün ve saatler belirlenmiştir. En son ise hava kalitesini etkileyen iklim etmenleri değerlendirmeye alınarak sıcaklık, basınç ve rüzgârların etkisi incelenmiştir. Tüm etmenler göz önüne alınıp Coğrafya Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak mekânsal analiz yapılmıştır.

5.1. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİ ÖLÇÜM VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ (2015-2016)

5.1.1. Bursa Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri

Halen aktif olarak kullanılan ve en eski istasyonlardan olan "Bursa" istasyonu kentin kuzeyinde bulunmaktadır. Öncelikle istasyon iki büyük organize sanayi

bölgesinin ortasına konumlandırılmıştır. İstasyonun 6 km batısında BOSAB (Bursa Organize Sanayi Bölgesi), 3 km kuzeydoğusunda DOSAB (Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi) bulunmaktadır. Şehir merkezine uzaklığı ise 5 km'dir.



Şekil 15: Bursa Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu

Sanayi merkezlerine yakın olmasının yanı sıra “Yeni Yalova Yolu”, D575, D200 gibi ana yollara da yakındır. İstasyonun bulunduğu bölge Çukurca Mahallesi olarak geçmektedir. Yakınlarında Çeltik, Yeniceabat gibi diğer küçük mahalleler bulunmaktadır. Kent merkezinde yakın olmasına karşın bu bölgede yeşil alanların yoğunlukta olduğu görülmektedir (Şekil 15). Ayrıca bu istasyona yakın olan yerleşmelerde ısınmada kullanılan yakıtın daha çok fosil yakıtlar olduğu bilinmektedir. Bursa istasyonunda partiküler madde ve kükürt dioksit kirleticilerinin tespiti yapılmaktadır.

5.1.1.1. Bursa İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri

Bursa istasyonuna genel olarak bakıldığında özellikle partiküler madde değerlerinin yıl içerisinde yüksek seyrettiği görülmektedir. 2015 yılı yanma dönemini kapsayan ayların ortalamaları $114,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken yaz döneminde $84,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Aradaki fark önceki yıllara nazaran düşmüştür. Bu da kirliliğin sadece yanma döneminde olmadığını göstermektedir. Hatta yanma döneminin bittiği kabul edilen Nisan-Mayıs aylarında ortalamalar $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerine çıkmıştır. 2015 yılı partiküler madde 24 saatlik limit değeri $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Yıllık limit değer ise $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2015 yılı yıllık ortalama değeri $99,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 saatlik limit değerleri aşıldığı gün sayısı ise 161 gündür. Aylık ortalamalara bakıldığında Haziran-Ekim ayları arası limit değerinin altında seyrederken diğer aylar $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerindedir. Aylık ortalamaların fazla olduğu ayların Kasım ve Aralık ayları olduğu görülmektedir (Tablo 49). Kükürtdioksit değerlerine bakıldığında ise saatlik limit değeri olan $470 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü hiçbir aşmadığı görülmektedir. 24 saatlik limit değeri olan $225 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ise yine aşılmamıştır. Ekosistemin korunması için gerekli olan yıllık limit değeri ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ise $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalamasıyla aşılmamış, fakat çok yaklaşmıştır. Aylık ortalamasının en fazla olduğu ay Ocak ayı olmuştur. Bu ayda maksimum değeri $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e seviyesine ulaşmıştır. Partiküler maddenin günlük ortalamalarının maksimum ulaştığı değerlere bakıldığında $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aştığı ayların olduğu görülmektedir. Maksimum ulaştığı değeri Ocak ayında $283 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olmuştur. Ve bu ayda 22 gün 24 saatlik limit değerini aştığı görülmektedir. Bunun yanı sıra 2015 yılı günlük limit değerini aşmadığı gün yoktur. En az aşılan aylar 4 gün ile Eylül-Ekim aylarıdır. Nisan-Mayıs aylarında ise sırasıyla 18, 16 gün ile ayın yarısından fazlasında limit değeri aşılmıştır.

2016 yılına genel olarak bakıldığında 2015 yılında olduğu gibi kirliliğin bütün sene sürdüğü görülmektedir. 2016 yılı partiküler madde konsantrasyonlarının yanma dönemini kapsayan ayların ortalaması $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken yaz dönemi ortalaması $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Yıllık ve yanma dönemi limit değeri $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu düşünüldüğünde yaz döneminde dahi değeri aşılmıştır. Yaz dönemi içerisinde sayılan Nisan ayında limit değeri aşılmıştır. 24 saatlik limit değeri ise 2016 yılı için $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Partiküler maddenin günlük limit değeri aşımalarına bakıldığında senenin 148 gününde limit değerini aştığı görülmektedir.

Tablo 49: Bursa İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları, Maksimum Konsantrasyonları ve Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (2015)

	Aylık Ortalama		Maksimum değerler		Limit değeri aşan günler
	PM10 µg/m ³	SO2 µg/m ³	PM10 µg/m ³	SO2 µg/m ³	PM10 gün sayısı
2015					
Ocak	92	70	283	30	22
Şubat	111	22	211	21	14
Mart	114	18	225	23	17
Nisan	108	14	179	17	18
Mayıs	102	9	154	19	16
Haziran	75	5	122	12	5
Temmuz	75	6	115	14	8
Ağustos	78	8	104	14	6
Eylül	69	6	108	15	4
Ekim	70	5	138	15	4
Kasım	144	15	256	12	22
Aralık	156	29	256	21	25

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Günlük ortalamaların maksimum değerlerine bakıldığında da 2015 yılını geçen rakamlar dikkat çekmektedir. 368 ve 366 µg/m³ değeriyle en fazla aylar Kasım ve Aralık olmuştur. Ocak, Şubat ve Mart aylarında ise değerler 200 µg/m³'ü aşmıştır. Günlük limit değeri aştığı günlerde ise özellikle maksimum seviyelere ulaşılan aylarda ayın yarısından fazlasında hava kalitesinin düşük kalitede olduğu görülmektedir. Aralık ayında ise 22 gün ile en uzun süre kirliliğin yaşandığı ay olmuştur. Kükürt dioksit konsantrasyonlarında senenin hiçbir ayında saatlik ve 24 saatlik limit değer aşılmamıştır. 20 µg/m³ olan yıllık limit değer ise 5,9 µg/m³ seviyelerinde kalmış ve 2015 yılına göre düşme görülmüştür. En yüksek aylık ortalama ise 15,7 µg/m³ ile Kasım ayında kaydedilmiştir. Bu ayda maksimum değer olan 41 µg/m³ değeri görülmektedir (Tablo 50).

Tablo 50: Bursa İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları, Maksimum Değerleri ve Limit Değeri Aştığı Günler Sayısı (2016)

2016	Aylık Ortalama		Maksimum değerler		Limit değeri aşan günler
	PM10	SO2	PM10	SO2	PM10
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	gün sayısı
Ocak	123	10	253	17	18
Şubat	121	5	208	12	16
Mart	98	4	258	6	16
Nisan	97	4	188	6	17
Mayıs	66	3	166	5	7
Haziran	66	3	103	6	4
Temmuz	53	2	87	4	2
Ağustos	54	3	98	6	6
Eylül	68	5	115	8	8
Ekim	83	4	157	10	15
Kasım	130	16	368	41	17
Aralık	145	12	366	33	22

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

2015 ve 2016 yıllarında Kasım ve Aralık aylarında partiküler madde konsantrasyonlarında aylık ortalamaların yıl içerisinde görülen en yüksek düzeye ulaştığı görülmüştür. Bu ayların günlük ortalamaları alınıp kirliliğin hangi günlerde yoğunlaştığı bulunmuştur. 24 saatlik limit değeri aşan günler renkli halde gösterilmiştir. 2015 Kasım ayında 22 gün Aralık ayında 25 gün; 2016 yılı Kasım ayında 17 gün, Aralık ayında ise 22 gün limit değer aşılmıştır. İki sene arasında ciddi farklılıklar olmamakla birlikte 2016 yılında ortalamalar biraz daha yüksektir. Özellikle 07.12.2016 ile 13.12.2016 arasında ortalamalar $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerlerinin üzerine çıkmıştır (Tablo 51). Bunun yanında değerlere bakıldığında bazı günlerde hava kirliliği değerlerinin birden düşüş yaşadığı görülmektedir. Özellikle hangi saatlerde kirletici konsantrasyonunun maksimum seviyelere çıktığını analiz etmek ve hangi nedenlerden dolayı konsantrasyonların birden yükseldiğini veya düştüğünü incelemek için maksimum konsantrasyonlara sahip günlerin saatlik değerleri incelenmiştir (Tablo 52). Bu sebeple 07-08-09.12.2016 ve 11-12-13.12.2016 günleri saatlik olarak incelenmiştir.

Tablo 51: Bursa İstasyonu PM10 Kirleticisinin Maksimum Konsantrasyonlara Ulaştığı Ayların Günlük Ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2015 – 2016)

2015				2016			
KASIM	PM10	ARALIK	PM10	KASIM	PM10	ARALIK	PM10
01.11.2015	45	01.12.2015	201	01.11.2016	85	01.12.2016	47
02.11.2015	80	02.12.2015	75	02.11.2016	114	02.12.2016	79
03.11.2015	147	03.12.2015	116	03.11.2016	-	03.12.2016	77
04.11.2015	163	04.12.2015	189	04.11.2016	-	04.12.2016	153
05.11.2015	195	05.12.2015	175	05.11.2016	162	05.12.2016	135
06.11.2015	212	06.12.2015	189	06.11.2016	108	06.12.2016	163
07.11.2015	143	07.12.2015	243	07.11.2016	45	07.12.2016	302
08.11.2015	91	08.12.2015	237	08.11.2016	60	08.12.2016	81
09.11.2015	160	09.12.2015	154	09.11.2016	87	09.12.2016	314
10.11.2015	203	10.12.2015	157	10.11.2016	34	10.12.2016	353
11.11.2015	148	11.12.2015	64	11.11.2016	54	11.12.2016	366
12.11.2015	173	12.12.2015	62	12.11.2016	111	12.12.2016	309
13.11.2015	173	13.12.2015	104	13.11.2016	44	13.12.2016	38
14.11.2015	187	14.12.2015	181	14.11.2016	71	14.12.2016	74
15.11.2015	158	15.12.2015	203	15.11.2016	47	15.12.2016	156
16.11.2015	200	16.12.2015	138	16.11.2016	60	16.12.2016	192
17.11.2015	152	17.12.2015	83	17.11.2016	123	17.12.2016	121
18.11.2015	206	18.12.2015	150	18.11.2016	130	18.12.2016	149
19.11.2015	256	19.12.2015	197	19.11.2016	113	19.12.2016	191
20.11.2015	282	20.12.2015	231	20.11.2016	162	20.12.2016	313
21.11.2015	107	21.12.2015	185	21.11.2016	165	21.12.2016	91
22.11.2015	80	22.12.2015	139	22.11.2016	186	22.12.2016	43
23.11.2015	77	23.12.2015	188	23.11.2016	164	23.12.2016	103
24.11.2015	190	24.12.2015	167	24.11.2016	255	24.12.2016	157
25.11.2015	192	25.12.2015	180	25.11.2016	349	25.12.2016	98
26.11.2015	51	26.12.2015	256	26.11.2016	360	26.12.2016	93
27.11.2015	102	27.12.2015	192	27.11.2016	368	27.12.2016	98
28.11.2015	62	28.12.2015	166	28.11.2016	130	28.12.2016	81
29.11.2015	38	29.12.2015	132	29.11.2016	51	29.12.2016	53
30.11.2015	64	30.12.2015	38	30.11.2016	25	30.12.2016	42
		31.12.2015	41			31.12.2016	45

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

Partiküler madde konsantrasyonlarının gün içerisindeki değerleri Tablo 52’te görüldüğü gibi $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’lere çıkmıştır. Tabloda dikkat çeken diğer husus ölçüm cihazının $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ’ün üzerine çıktığında 1 veya 2 saat arıza vermesi ve o saatlerde veri üretmemesidir. Bu partiküler madde ölçüm cihazına has bir arıza olabilir. HKDY’de PM10 kirleticisinin saatlik limit değerine yer verilmemiştir. Uluslararası literatür de ise saatlik limit değer olarak $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alınmıştır ve limit aşımı olan saatler tabloda renkli gösterilmiştir. Bu tabloda aldığımız 3’er günlerin en önemli özelliği kirlenici seviyelerinin maksimuma ulaşması ve birden düşmesidir. Ayrıca günün hangi saatlerinde kirlenicilerin daha yoğun hissedildiği de görülmektedir. Bu bağlamda bir çıkarım yapabilmek için meteorolojik faktörlerle beraber, yer şekilleri ve beşeri etmenleri incelemek gerekmektedir. Sadece saat ve konsantrasyon uyumuna bakıldığında;

Aralık ayı 7 ve 8. günlerinde kirliliğinin öğle saatlerinde sonra arttığı söylenebilir (Grafik 43).

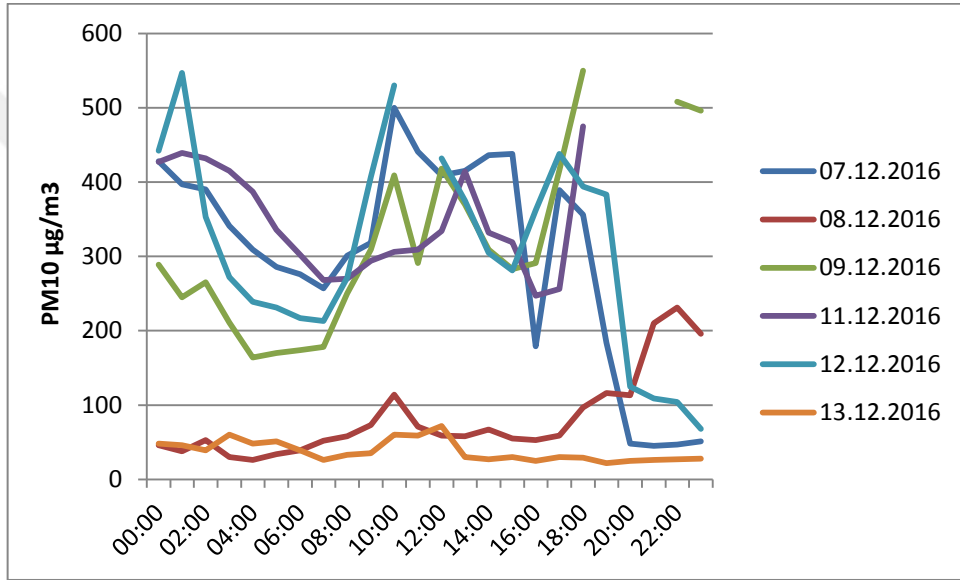
Tablo 52: Bursa İstasyonu PM Kirleticisinin Maksimum Konsantrasyonlara Ulaştığı Günlerin Saatlik Değerleri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (2016)

Gün	Saat	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gün	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gün	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
07.12.2016	00:00	428	08.12.2016	46	09.12.2016	289
07.12.2016	01:00	397	08.12.2016	38	09.12.2016	245
07.12.2016	02:00	390	08.12.2016	53	09.12.2016	265
07.12.2016	03:00	341	08.12.2016	30	09.12.2016	211
07.12.2016	04:00	309	08.12.2016	26	09.12.2016	164
07.12.2016	05:00	286	08.12.2016	34	09.12.2016	170
07.12.2016	06:00	276	08.12.2016	39	09.12.2016	174
07.12.2016	07:00	257	08.12.2016	52	09.12.2016	178
07.12.2016	08:00	301	08.12.2016	58	09.12.2016	250
07.12.2016	09:00	318	08.12.2016	73	09.12.2016	309
07.12.2016	10:00	500	08.12.2016	114	09.12.2016	409
07.12.2016	11:00	441	08.12.2016	71	09.12.2016	291
07.12.2016	12:00	409	08.12.2016	59	09.12.2016	418
07.12.2016	13:00	415	08.12.2016	58	09.12.2016	370
07.12.2016	14:00	436	08.12.2016	67	09.12.2016	309
07.12.2016	15:00	438	08.12.2016	55	09.12.2016	283
07.12.2016	16:00	179	08.12.2016	53	09.12.2016	291
07.12.2016	17:00	389	08.12.2016	59	09.12.2016	416
07.12.2016	18:00	356	08.12.2016	97	09.12.2016	550
07.12.2016	19:00	184	08.12.2016	116	09.12.2016	-
07.12.2016	20:00	48	08.12.2016	113	09.12.2016	-
07.12.2016	21:00	45	08.12.2016	210	09.12.2016	-
07.12.2016	22:00	47	08.12.2016	231	09.12.2016	508
07.12.2016	23:00	51	08.12.2016	196	09.12.2016	496
Gün	Saat	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gün	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Gün	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
11.12.2016	00:00	427	12.12.2016	442	13.12.2016	48
11.12.2016	01:00	439	12.12.2016	547	13.12.2016	46
11.12.2016	02:00	432	12.12.2016	353	13.12.2016	39
11.12.2016	03:00	415	12.12.2016	272	13.12.2016	60
11.12.2016	04:00	387	12.12.2016	239	13.12.2016	48
11.12.2016	05:00	336	12.12.2016	231	13.12.2016	51
11.12.2016	06:00	302	12.12.2016	217	13.12.2016	39
11.12.2016	07:00	268	12.12.2016	213	13.12.2016	26
11.12.2016	08:00	270	12.12.2016	271	13.12.2016	33
11.12.2016	09:00	294	12.12.2016	407	13.12.2016	35
11.12.2016	10:00	306	12.12.2016	530	13.12.2016	60
11.12.2016	11:00	309	12.12.2016	-	13.12.2016	59
11.12.2016	12:00	334	12.12.2016	432	13.12.2016	72
11.12.2016	13:00	414	12.12.2016	375	13.12.2016	30
11.12.2016	14:00	332	12.12.2016	305	13.12.2016	27

11.12.2016	15:00	319	12.12.2016	281	13.12.2016	30
11.12.2016	16:00	247	12.12.2016	362	13.12.2016	25
11.12.2016	17:00	256	12.12.2016	438	13.12.2016	30
11.12.2016	18:00	475	12.12.2016	394	13.12.2016	29
11.12.2016	19:00	-	12.12.2016	383	13.12.2016	22
11.12.2016	20:00	558	12.12.2016	125	13.12.2016	25
11.12.2016	21:00	-	12.12.2016	109	13.12.2016	26
11.12.2016	22:00	-	12.12.2016	104	13.12.2016	27
11.12.2016	23:00	563	12.12.2016	68	13.12.2016	28

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok



Grafik 43: Bursa Kenti'nde Pm Konsantrasyonlarının gün içerisindeki dağılımı

5.1.2. Beyazıt Caddesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri

Beyazıt Caddesi istasyonu “şehrin göbeği “ olarak tabir edilen bir bölgede konumlandırılmıştır. Yıldırım ilçe sınırlarında bulunan istasyon, kent merkezine 1,5 km uzaklıktadır. Konum itibariyle yerleşme ve trafiğin yoğun olduğu bir bölgedir. Yerleşmeler genelde apartman tipi olup çoğunluğu ısınmada doğalgaz kullanmaktadır. Aynı zamanda trafiğin yoğun olduğu bir cadde üzerine kurulan istasyon verilerinde trafiğin etkisi görülebilir (Şekil 16). 2013 Mart ayından itibaren aktif olan bu istasyon Avrupa Birliği işbirliği ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na bağlı Marmara Temiz Hava

Merkezi Genel Müdürlüğü'nce kurulmuştur. İstasyonda PM10, SO₂, NO, NO₂,NOX, CO kirleticileri ölçülmektedir.



Şekil 16: Beyazıt Caddesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu

5.1.2.1. Beyazıt Caddesi İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri

Beyazıt Caddesi istasyonu ölçümünü yaptığı kirleticiler bakımından çeşitlidir. İlk olarak partiküler madde ve kükürt dioksit oranları incelenecektir. Partiküler madde oranları bursa istasyonunda olduğu gibi bütün yıl yüksek oranlardadır. 2015 yanma dönemi ortalaması $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iken yaz dönemi ortalaması $62,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Oranlar bursa istasyonundan daha düşük olsa da yanma dönemiyle yaz dönemi arasındaki fark azdır. 2015 yılı partiküler madde aylık ortalamalar alındığında 24 saatlik limit değer olan $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü geçen Ocak, Kasım ve Aralık aylarıdır. Yıllık ortalama ise $77,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile limit değer olan $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşmıştır. Yanma dönemindeki değerler çok yüksek olmamasına rağmen Ağustos ayında bile konsantrasyon ortalamasının $59,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lerde olması kirliliğin yıl boyunca devam ettiğini göstermektedir (Tablo 53). 2016 yılı partiküler madde konsantrasyonları yıllık ortalaması $71,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değeri ile 2015 yılında düşüktür

fakat yıllık limit değeri olan 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşmıştır. Aylık ortalamalarda ise 24 saatlik limit değeri olan 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşan aylar Şubat, Mart, Kasım ve Aralık'tır. Yanma dönemi ortalaması 88,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yaz dönemi ortalaması 53,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2015 yılında olduğu gibi 2016 yılında da partiküler madde kirliliği yıl boyunca devam etmiştir (Tablo 56). Günlük ortalamalar içerisinde en yüksek ortalamaya sahip güne bakıldığında ise 2015 yılı Şubat ve Kasım aylarında 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lere çıktığı görülmektedir. Bu da partiküler madde için Hava Kalitesi İndeksi'ne göre "sağlıksız" hava kalitesine sahip olduğu göstermektedir. 2016 yılında ise yine Kasım ve Aralık aylarında değerler 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'leri bulmuştur (Tablo 59).

Tablo 53: Beyazıt Caddesi İstasyonuna Ait Kirleticilerin Aylık Ortalamaları (2015)

Aylık Ort.	PM10	SO2	NO	NO2	NOX	CO
2015	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ocak	98	34	-	81	-	2382
Şubat	80	21	-	68	-	1746
Mart	85	18	63	73	169	1601
Nisan	74	14	53	71	153	1469
Mayıs	65	9	33	68	120	1153
Haziran	56	5	33	63	113	989
Temmuz	49	6	22	64	97	792
Ağustos	60	7	25	68	108	809
Eylül	71	6	42	72	137	962
Ekim	57	5	61	60	153	1137
Kasım	111	15	127	64	270	2146
Aralık	120	29	165	84	337	2382
ORTALAMA	77	14	63	70	166	1464

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

Kükürt dioksit oranlarında ise iki yılda da limit aşımı olmamakla birlikte 14,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ yıllık ortalamasıyla 2015 yılı öndedir. Özellikle 2015 Ocak ayında iki yılında en yüksek ortalaması görülmüştür. Kükürt içeren yakıtların kullanımının azalması kükürt dioksit konsantrasyonlarını ciddi manada düşürse de kükürt dioksit halen canlı sağlığını ve çevreyi tehdit eden bir kirleticidir.

Tablo 54: Beyazıt Caddesi İstasyonuna Ait Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları (2016)

Aylık Ort.	PM10	SO2	NO	NO2	NOX	CO
2016	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ocak	69	20	110	74	243	2
Şubat	89	14	101	68	222	682
Mart	81	16	71	74	182	1306
Nisan	79	20	60	79	170	1527
Mayıs	56	6	34	63	115	1182
Haziran	50	12	26	63	103	1311
Temmuz	41	9	16	55	79	858
Ağustos	47	8	20	57	87	390
Eylül	50	6	36	64	119	750
Ekim	63	5	59	68	159	1489
Kasım	117	12	127	78	273	1529
Aralık	115	8	124	78	269	1474
ORTALAMA	71	11	65	68	168	1042

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Ölçüm istasyonundaki azot oksitler(NO_x); azot oksit (NO) ve azot dioksit (NO_2) olarak aynı cihazla ölçülmektedir. Bu iki değer toplamı da azot oksitleri(NO_x) vermektedir. Atmosferin yapı taşlarından biri olan azot; farklı reaksiyonlara girerek bileşik oluşturur. Nitrit oksit veya azot monoksit olarak da bilinen azot oksit (NO), hem doğal hem de beşeri faaliyetler sonucu açığa çıkmaktadır. Fosil yakıtların yüksek sıcaklıkta yanması sonucunda, atmosferde var olan azotun termal bağlanmasıyla açığa azot oksit (NO), ve azot dioksit (NO_2) çıkar (Karpuzcu M. , 1994, s. 196). Özellikle trafiğin ve endüstriyel alanların yoğun olduğu yerlerde konsantrasyon miktarı artmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda yanma faaliyetiyle gerçekleşen endüstrilerin; çimento, demir çelik sanayisi gibi azot oksit oranlarına dikkat etmesi gerekmektedir. Hava Kalitesi Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği'nde NO limit değerlerine yer verilememiştir. NO_2 için ise saatlik limit değeri 2015 yılı için $290 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2016 yılı içinse $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Bu değerler ışığında iki yılın saatlik değerlerine bakıldığında limit değerini aşılmadığı görülmüştür. Azot dioksit (NO_2) yıllık sınır değer limit ise 2015 yılı için $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2016 yılı içinse $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 2015 yıllık ortalama değer $69,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2016 yılı $68,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu kaydedilmiştir. Bu bağlamda saatlik limit değeri aşımı olmasa da yıllık limit değerini iki yılda da üzerine çıkıldığını görülmektedir. Günlük ortalamaların maksimum değerlerinde ise özellikle NO_x 'in 2015 Aralık ayında $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'leri bulunduğu görülmektedir. 2016 yılında ise Ocak, Kasım ve Aralık aylarında $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerine çıkmıştır. Trafiğin yoğun olduğu bu bölgede azot dioksit konsantrasyonu sene boyunca bir hayli yükündür. Yıl boyunca aylık ortalamalar aynı seviyelerde seyretmiştir. Bu da

kirliliğin dönemlik değil sürekli olduğunu göstermektedir. Azot monoksit değerleri ise bir sınır değer verilmesi de yıl içerisinde yüksek konsantrasyonlarda seyrettiği görülmektedir. Özellikle yanma dönemlerini kapsayan Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık aylarında konsantrasyon değerleri artmıştır. Bu da ısınmadan kaynaklı bir artışın olabileceğini göstermektedir. NO_x için ise sadece yıllık sınır değer 30 µg/m³ olarak belirtilmiştir. İki yılda da yıllık ortalamalara bakıldığında değerlerin limit değerinin çok üstünde olduğu görülmektedir. Özellikle bu istasyonda azot oksitlerin konsantrasyon oranlarının canlı sağlığı ve ekosistemin korunması için düşürülmesi gereklidir.

Tablo 55: Kirleticilerin Günlük Ortalamalarının Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015-2016)

	PM10 µg/m ³		SO2 µg/m ³		NO µg/m ³		NO2 µg/m ³		NOX µg/m ³		CO µg/m ³	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Ocak	204	172	67	70	-	353	109	130	-	672	5570	-
Şubat	319	200	36	39	-	229	116	115	-	466	3838	2999
Mart	148	296	34	38	108	153	98	109	257	339	3108	3155
Nisan	153	142	33	36	91	119	104	122	239	301	2688	2521
Mayıs	108	125	22	14	63	56	98	89	186	171	2042	1523
Haziran	77	83	9	29	58	43	83	87	171	140	1396	3829
Temmuz	91	69	10	16	38	29	98	95	153	136	1139	1488
Ağustos	86	70	16	17	49	36	96	78	174	113	1236	760
Eylül	121	83	23	16	72	67	114	92	202	189	1276	1311
Ekim	94	120	13	9	132	120	77	96	272	280	1859	3016
Kasım	319	346	67	29	165	348	116	151	337	685	5570	6321
Aralık	225	306	84	29	316	325	120	149	606	647	4655	6338

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

Karbon içerikli maddelerin tam olarak yanmaması sonucu ortaya çıkan “karbon monoksit (CO) , renk içermeyen, kokusuz, zehirli bir gazdır” (Kırımhan, 2006). Atmosferde bulunan karbon monoksitin %90’ı doğal yollardan oluşurken %10’luk kısmı beşeri faaliyetler sonucu oluşmaktadır. Az bir oran gibi gözükse de özellikle büyük şehirlerdeki karbon monoksit salınımı doğal yoldan oluşan gazın 50 ila 100 katı daha fazla olmaktadır. Özellikle trafikte araçların dur kalk hareketi sırasında tam yanma sağlayamaması nedeniyle araç içerisinde 25 ila 115 ppm, karayollarında ise 10 ila 75 ppm açığa çıkan karbon monoksitin kısa süreli maruz kalınması dahi sağlık açısından tehdit oluşturmaktadır (Muslu, 2000, s. 216). Karbon monoksit (CO) gazı 8 saatlik arayla ölçülür ve limit değeri ise 2015 yılı için 14,000 µg/m³, 2016 yılı içinse 12,000 µg/m³tür. 8 saatlik ölçümler ile günlük ve aylık ortalamaları alınan karbon monoksit gazının özellikle 2015 Kasım, Aralık ve Ocak aylarında konsantrasyon değerleri

ısınmadan kaynaklı yanmanın etkisiyle de bir hayli yüksektir fakat limit değerin aşılmadığı görülmektedir. 2016 Ocak ayında değerler çok düşük olduğu görülmektedir. Bunun ölçüm hatasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Çünkü 2015 yılı ocak ayında değerler 2300 µg/m³leri göstermektedir. Maksimum değerlere bakıldığında limit değerin üzerine çıkılmadığı görülmektedir. Temmuz-Ağustos aylarında konsantrasyon miktarları düşerken yılın sonlarına doğru arttığı kaydedilmiştir. Ayrıca Beyazıt Caddesi gibi yoğun nüfuslanan bölgelerde kış aylarında trafiğinde yoğun olması beklenmektedir. Kış döneminde aktif olan öğrenci servisleri ve hava koşullarından dolayı insanların araçla ulaşımı tercih etmesi bu bölgede trafiği daha da yoğunlaştırmıştır.

Tablo 56: NOX Kirleticisinin En Yüksek Ortalamalara Ulaştığı Ayların Günlük Ortalamaları (2015-2016)

2015				2016			
KASIM	NOX	ARALIK	NOX	KASIM	NOX	ARALIK	NOX
01.11.2015	-	01.12.2015	419	01.11.2016	212	01.12.2016	130
02.11.2015	225	02.12.2015	146	02.11.2016	287	02.12.2016	127
03.11.2015	331	03.12.2015	297	03.11.2016	435	03.12.2016	176
04.11.2015	399	04.12.2015	377	04.11.2016	465	04.12.2016	406
05.11.2015	377	05.12.2015	281	05.11.2016	358	05.12.2016	237
06.11.2015	269	06.12.2015	534	06.11.2016	312	06.12.2016	357
07.11.2015	202	07.12.2015	606	07.11.2016	34	07.12.2016	546
08.11.2015	161	08.12.2015	569	08.11.2016	26	08.12.2016	190
09.11.2015	248	09.12.2015	293	09.11.2016	97	09.12.2016	472
10.11.2015	359	10.12.2015	323	10.11.2016	71	10.12.2016	-
11.11.2015	270	11.12.2015	144	11.11.2016	104	11.12.2016	647
12.11.2015	462	12.12.2015	153	12.11.2016	218	12.12.2016	470
13.11.2015	416	13.12.2015	234	13.11.2016	65	13.12.2016	133
14.11.2015	360	14.12.2015	375	14.11.2016	144	14.12.2016	156
15.11.2015	315	15.12.2015	335	15.11.2016	105	15.12.2016	292
16.11.2015	410	16.12.2015	186	16.11.2016	140	16.12.2016	304
17.11.2015	-	17.12.2015	147	17.11.2016	277	17.12.2016	209
18.11.2015	-	18.12.2015	288	18.11.2016	273	18.12.2016	229
19.11.2015	-	19.12.2015	434	19.11.2016	302	19.12.2016	337
20.11.2015	-	20.12.2015	453	20.11.2016	457	20.12.2016	507
21.11.2015	-	21.12.2015	372	21.11.2016	423	21.12.2016	215
22.11.2015	29	22.12.2015	334	22.11.2016	358	22.12.2016	127
23.11.2015	144	23.12.2015	502	23.11.2016	382	23.12.2016	218
24.11.2015	407	24.12.2015	456	24.11.2016	460	24.12.2016	263
25.11.2015	360	25.12.2015	339	25.11.2016	575	25.12.2016	175
26.11.2015	93	26.12.2015	471	26.11.2016	685	26.12.2016	184
27.11.2015	200	27.12.2015	362	27.11.2016	525	27.12.2016	268
28.11.2015	130	28.12.2015	370	28.11.2016	141	28.12.2016	197
29.11.2015	104	29.12.2015	370	29.11.2016	153	29.12.2016	168
30.11.2015	197	30.12.2015	129	30.11.2016	108	30.12.2016	164
		31.12.2015	133			31.12.2016	151

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

Tablo 57: NOX Kirleticisinin En Yüksek Ortalamalara Ulaştığı Günlerin Saatlik Değerleri

Tarih	Saat	NOX	Tarih	NOX	Tarih	NOX
24.11.2016	00:00	572	25.11.2016	753	26.11.2016	857
24.11.2016	01:00	536	25.11.2016	865	26.11.2016	1016
24.11.2016	02:00	562	25.11.2016	820	26.11.2016	1086
24.11.2016	03:00	507	25.11.2016	558	26.11.2016	924
24.11.2016	04:00	401	25.11.2016	560	26.11.2016	813
24.11.2016	05:00	327	25.11.2016	535	26.11.2016	687
24.11.2016	06:00	280	25.11.2016	522	26.11.2016	659
24.11.2016	07:00	429	25.11.2016	476	26.11.2016	691
24.11.2016	08:00	580	25.11.2016	709	26.11.2016	834
24.11.2016	09:00	675	25.11.2016	710	26.11.2016	984
24.11.2016	10:00	754	25.11.2016	774	26.11.2016	1043
24.11.2016	11:00	536	25.11.2016	693	26.11.2016	753
24.11.2016	12:00	396	25.11.2016	-	26.11.2016	677
24.11.2016	13:00	336	25.11.2016	468	26.11.2016	427
24.11.2016	14:00	288	25.11.2016	363	26.11.2016	414
24.11.2016	15:00	225	25.11.2016	254	26.11.2016	380
24.11.2016	16:00	227	25.11.2016	314	26.11.2016	263
24.11.2016	17:00	258	25.11.2016	363	26.11.2016	389
24.11.2016	18:00	399	25.11.2016	353	26.11.2016	494
24.11.2016	19:00	405	25.11.2016	406	26.11.2016	529
24.11.2016	20:00	523	25.11.2016	576	26.11.2016	518
24.11.2016	21:00	658	25.11.2016	535	26.11.2016	766
24.11.2016	22:00	572	25.11.2016	695	26.11.2016	672
24.11.2016	23:00	592	25.11.2016	914	26.11.2016	546

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

5.1.3. Kültürpark Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri

Osmangazi ilçe sınırlarında yer alan Kültürpark istasyonu şehrin nefes alan yerlerinden kabul edilen “Reşat Oyal Kültür Parkı” içerisindedir. 1955 yılında zamanın Belediye Başkanı Reşat Oyal tarafından hizmete açılan park, 40 hektarlık alanıyla Bursalıların yaz kış ilgi odağı olmuştur (BBB B. B., 2017). Bunun yanı sıra hemen yanında Bursa'nın diğer büyük parklarından biri olan “Merinos Parkı” bulunmaktadır. Yakınında iki büyük park olmasına rağmen Kültürpark istasyonu şehrin merkezine çok yakındır. Şehir merkezine ulaşan yolların kenarındadır. Altıparmak, Çekirge, Merinos gibi hem yoğun nüfuslu hem de günün her saati hareketli olan merkezlere yakındır. Yerleşim olarak ısınmada doğalgaz kullanımının yoğun olduğu bölgenin yakınlarında Organize Sanayi Bölgesi bulunmamaktadır (Şekil 17). 2013 Mart ayında Marmara

Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü tarafından faaliyete geçirilen istasyonda SO₂, NO, NO₂, O₃, kirleticileri ölçülmektedir.

5.1.3.1. *Kültürpark İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri*

Genel olarak istasyonun ölçtüğü kirleticilerin konsantrasyon oranlarına bakıldığında diğer istasyonlara nazaran daha düşüktür. Bunun nedeni ise istasyonun parkın içerisinde olması denebilir. 6000'den fazla ağacı bünyesinde bulunduran Kültürpark, kirletici konsantrasyonunu da etkileyebilir. Kirleticilere aylık ortalamalar bazında bakıldığında; kükürt dioksitin 2015 yılı ve 2016 yılı 24 saatlik limit değeri aşmadığı görülmektedir. Bunun yanı sıra yıllık limit değerinde aşılmamıştır. Günlük ortalamaların maksimum değerleri alındığında 2015 Ocak ve Aralık aylarında, 2016 yine Ocak ve Aralık aylarında değerlerin 40 µg/m³'leri aştığı görülmektedir.



Şekil 17: Kültürpark Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu

Azot grubuna bakıldığında ise azot dioksit oranları iki yılda da saatlik limit değerleri aşmamıştır. Fakat 2015 yılı yıllık limit değer 72,6 µg/m³ ile aşılmıştır. 2016

yılında yıllık limit değer olan 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aşılmamıştır. 2015 yılı azot dioksitin aylık ortalamalarında başı çeken ay 57,2 ile Aralık ayı olmuştur. Aralık ayında günlük kaydedilen maksimum değer ise 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'dür. Azot monoksit için herhangi bir limit değeri verilmediği için sadece maksimum değerlere ulaştığı ayları söylemek mümkündür. 2015 yılı Aralık ayında 83,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ortalama ile azot monoksit bakımından en kirli ay olmuştur. 2016 yılında ise Kasım ayı başı çekmektedir. Azot oksitlerin (NOX) yıllık ortalamalarına göre 2015 ve 2016 yılında limit değeri aşılmıştır (Tablo 58). Azot oksitlerin genel olarak bu istasyonda fazla çıkmasının nedenlerinden biri istasyonun trafiğin yoğun olduğu bir bölgede bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Tablo 58: Kültürpark İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları (2015)

Aylık Ort.	SO ₂	NO	NO ₂	NOX	O ₃
2015	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ocak	20	-	45	-	24
Şubat	11	-	35	-	35
Mart	9	19	35	64	37
Nisan	8	16	32	56	54
Mayıs	6	8	35	47	67
Haziran	4	5	34	41	56
Temmuz	4	4	37	42	76
Ağustos	3	5	36	44	70
Eylül	4	12	42	60	48
Ekim	4	20	37	68	23
Kasım	9	66	47	149	25
Aralık	19	84	57	185	19
ORTALAMA	16	43	73	138	82

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

3 oksijen atomunun birleşmesiyle oluşan Ozon, iki farklı yerde karşımıza çıkmaktadır. Genel olarak bilinen Ozon, stratosfer katında bulunan ve Dünya'yı ışıklardan korumakla görevli olanıdır. Atmosferdeki ozonun %90'nını bu katmanda bulunmaktadır. Atmosferde bulunan diğer ozon ise troposfer katında olan "Yer Seviyesi Ozonu"dur. Yerden yaklaşık 10-15 km yükseklikte görülen ve troposferik ozon olarak bilinen gaz, insan ve çevreye zarar verdiği için kirlilik olarak nitelendirilmiştir.

Tablo 59: Kültürpark İstasyonu Kirleticilerinin Aylık Ortalamaları (2016)

Aylık Ort.	SO ₂	NO	NO ₂	NO _X	O ₃
2016	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Ocak	16	43	47	113	40
Şubat	9	44	41	109	29
Mart	7	29	41	86	42
Nisan	7	28	50	93	43
Mayıs	3	7	32	42	58
Haziran	4	7	36	48	59
Temmuz	6	3	30	34	71
Ağustos	3	3	30	35	67
Eylül	4	9	36	49	45
Ekim	5	19	39	69	27
Kasım	12	72	51	161	26
Aralık	13	64	52	150	16
ORTALAMA	7	27	40	82	44

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Tek başına bir kirletici özelliği olmayan ozon, atmosferde bulunan azot ve uçucu organik bileşiklerle karmaşık bir reaksiyona girerek ortaya çıkmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla daha fazla reaksiyona girdiği bilinen ozon için “yaz kirliliği” de denmektedir. Özellikle yaz aylarında trafiğin yoğun olduğu şehirlerde görülen kirli hava tabakasının nedeni ozon’dur. 8 saatlik aralarla ölçümü gerçekleştirilen ozonun (O₃) belirlenen limit değeri 120 µg/m³’dür. Bu değere göre aylık ortalamalara bakıldığında iki yılda da limit değerini aşmadığı görülmektedir. Saatlik bilgi eşiği 180 µg/m³, uyarı eşiği ise 240 µg/m³’dür. Bu istasyonda saatlik bilgi eşiği 2015 yılı temmuz ayında 10 defa ağustos ayında 12 defa eylül ayında ise 9 defa aşılmıştır. Saatlik uyarı eşiği ise temmuz ayında 290 µg/m³ değeri ile bir defa aşılmıştır. 2016 yılında ise saatlik bilgi eşiği Temmuz ayında 5 defa, Ağustos ayında ise 2 defa aşılmıştır. Saatlik uyarı eşiği ise 606 µg/m³ değeri ile Temmuz ayında aşılmıştır. Ozon konsantrasyonu değerleri bu istasyon ve konumlandığı bölge için kritik olması nedeniyle özellikle yaz ayları günlük ve 8 saatlik ortalamalar olarak ayrıntılı incelenmiştir. 8 Saatlik ortalama limit değer ise 2015 yılı Temmuz ayında 5 defa, Ağustos ayında 3 defa, Eylül ayında ise 1 defa aşılmıştır. 2016 yılının Temmuz ayında 4 defa, Ağustos ayında 2 defa aşılmıştır. Limit aşım saatlerinin genellikle 16:00’da olması ozonun özellikle öğleden sonra etkili olduğunu göstermektedir.

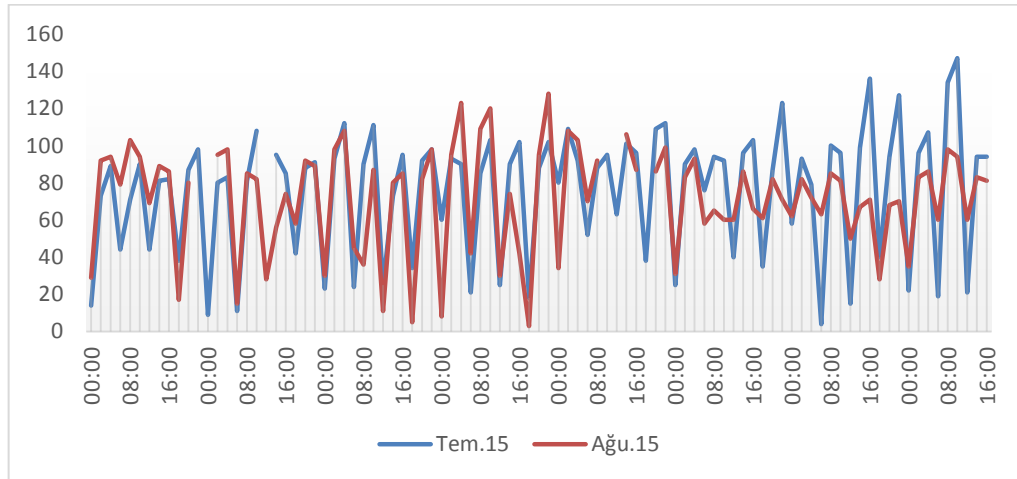
Tablo 60: Günlük Ortalamalara Göre Kirleticilerin Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015-2016)

	SO ₂ µg/m ³		NO µg/m ³		NO ₂ µg/m ³		NO _X µg/m ³		O ₃ µg/m ³	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Ocak	49	49	-	146	72	80	-	301	92	92
Şubat	23	21	-	139	66	74	-	287	83	79
Mart	21	16	49	77	54	74	128	191	60	97
Nisan	17	16	59	73	57	84	142	191	121	89
Mayıs	15	7	25	25	60	56	93	89	101	95
Haziran	8	8	10	34	48	53	65	102	78	77
Temmuz	7	12	16	6	62	53	80	61	100	91
Ağustos	8	5	21	8	58	44	87	56	92	95
Eylül	8	7	38	26	81	59	127	93	90	69
Ekim	11	9	78	64	59	62	172	160	45	49
Kasım	27	38	146	242	81	111	296	482	75	87
Aralık	44	39	203	217	83	99	394	431	43	53

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

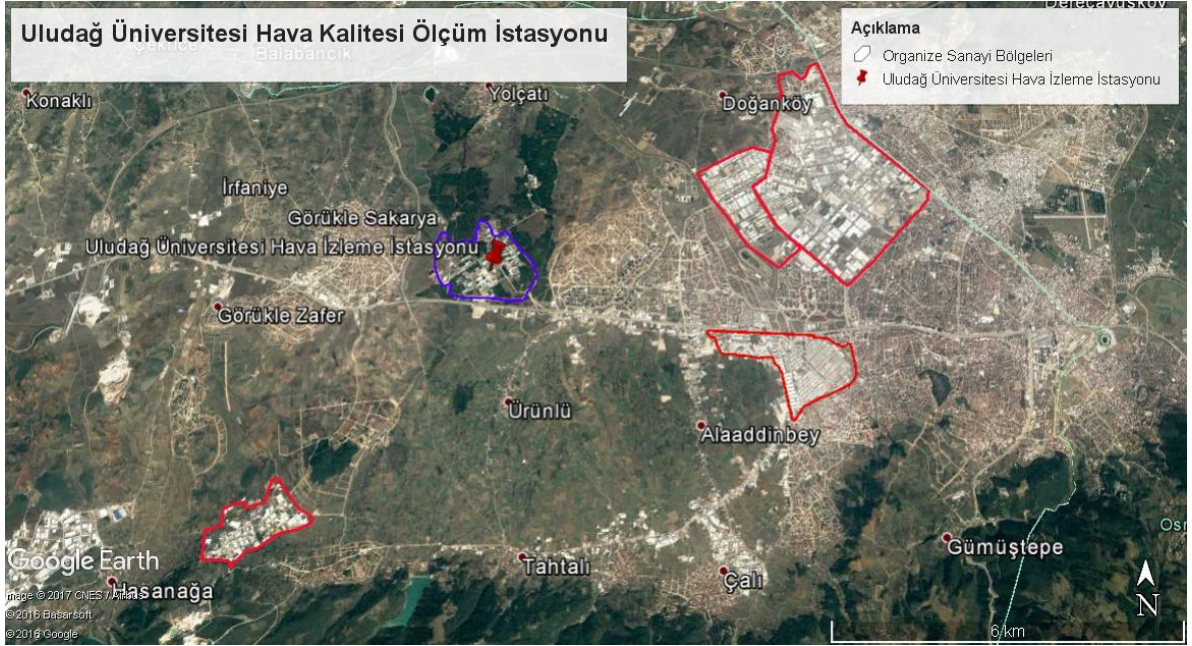
Ozon kirleticisinin maksimum değerlere ulaştığı bilinen 2015 ve 2016 Temmuz- Ağustos aylarında 8 saatlik limit değer, 2015 Temmuz ayında 5 defa, Ağustos ayında 3 defa; 2016 Temmuz ayında 3 defa, Ağustos ayında ise 2 defa aşılmıştır. Özellikle sıcaklığın artmaya başladığı öğle vaktinden sonra konsantrasyon değerlerinde de artmalar olmuştur. Grafik 44'de de görüldüğü üzere değerler 08:00-16:00 arasında yükselişe geçmektedir. AB Hava Kalitesi Standartlarında 8 saatlik ortalama limit değer 120 µg/m³ olarak belirlenmiş olup 3 yıllık ortalama alındığında bir yılda 25 günden daha fazla limit değerinin aşılmaması gerektiği belirtilmiştir.



Grafik 44: Ozon Kirleticisinin Gün İçerisindeki Değerleri (µg/m³)

5.1.4. Uludağ Üniversitesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri

Uludağ Üniversitesi Görükle Yerleşkesi içerisinde bulunan istasyon Nilüfer ilçe sınırlarında yer almaktadır. İstasyon konum itibarıyla şehir merkezine uzak olsa da eğitim fonksiyonuyla nedeniyle yoğun nüfuslanan bir bölgededir. Şehrin batısında Balıkesir-İzmir yolu güzergâhında bulunan istasyon, Bursa'nın en büyük organize sanayi bölgesi olan Bursa Organize Sanayi Bölgesi BOSAB'a 5 km uzaklıktadır. Bunun yanı sıra istasyonun yakınlarında NOSAB (Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi), Bursa Küçük Sanayi Sitesi ve Kayapa Islah Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. Genel olarak yeni yerleşim bölgelerine yakın olduğundan evlerde doğalgaz kullanılmaktadır. İstasyon 2013 Mart ayından beri faaliyette olup MTHM tarafından kurulmuştur. SO₂, NO, NO₂, O₃, PM_{2,5} ölçümü saatlik yapılmaktadır.



Şekil 18: Uludağ Üniversitesi Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu

5.1.4.1. *Uludağ Üniversitesi İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri*

Genel olarak kirlenici konsantrasyonları diğer istasyonlara göre çok düşüktür. Bunun nedeni olarak istasyonun kent merkezine uzak ve yerleşimlerin seyrek olduğu bir bölgede konumlandırılmış olması olabilir. Diğer istasyonlardan farklı olarak bu istasyonda PM_{2,5} ölçümü yapılmaktadır. Aerodinamik çapları 2,5 µm den daha küçük olan partiküllerin ölçülmesiyle bulunan bu kirlenici, aslında PM₁₀'dan daha tehlikelidir. Çünkü partikül boyutu küçüldükçe solunum sistemi tarafından tutulması zorlaşır ve

kolayca alveollara kadar ilerleyerek ciddi hastalıklara neden olur. Bunun yanı sıra bu kirleticiler zararlı kimyasal bileşiklere neden olmaktadır. Ağır metaller(Cıva, kurşun, kadmiyum) ile diğer kanserojenik kimyasalları bünyesinde bulunduran partiküller, canlı sağlığı için büyük tehdit oluşturmaktadır (THSK, 2017). HKDY’de ve AB standartlarında herhangi bir limit değerin belirtilmediği kirletici için Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlediği 24 saatlik limit değer 10 µg/m³, yıllık limit değer ise 25 µg/m³ ölçüt olarak alınmıştır. Bu bağlamda günlük ortalamaların aylık ortalamasına bakıldığında PM_{2.5} değerleri yılın her ayı limit değeri aşmıştır. Ayrıca yıllık limit değer de 29 µg/m³ ile aşılmıştır. Yılın her ayında değerlerin yüksek seyretmesi aslında bu kirleticinin sadece yanma kaynaklı olmadığını göstermektedir. 2015 yılında maksimum değerlere ulaştığı aylar ise Ocak ve Kasım’dır. 2016 yılında yıllık limit değer çok az bir farkla aşılmazken, aylık ortalamalar saatlik limit değerin çok üzerindedir. Özellikle maksimum günlük ortalama Kasım ayında 102 µg/m³ değerini görmüştür. İkinci sırada ise 80 µg/m³ ile Aralık ayı takip etmektedir. Özellikle kasım ayında maksimum değerlerin kaç gün sürdüğü ve ayın hangi zamanlarına denk geldiği ayrı bir tablo halinde incelenmiştir (Tablo 61).

Tablo 61: Uludağ Üniversitesi İstasyonun Kirleticilerin Aylık Ortalamaları (2015)

Aylık Ort.	PM2.5	SO2	NO	NO2	NOX	O3
2015	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Ocak	36	9	-	36	-	31
Şubat	25	6	-	29	-	43
Mart	30	5	10	30	45	44
Nisan	22	5	7	25	35	57
Mayıs	26	6	3	22	27	62
Haziran	25	3	1	17	19	62
Temmuz	26	4	1	17	15	82
Ağustos	27	3	1	18	6	78
Eylül	30	4	3	21	13	61
Ekim	24	3	10	22	28	34
Kasım	38	5	38	25	80	28
Aralık	40	7	56	33	116	16
ORTALAMA	29	5	13	25	39	50

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

Azot oksit oranlarına bakıldığında NO ve NO₂ ortalamalarının limit değerin altında kaldığı görülmektedir. Fakat NOX yıllık limit değer olan 30 µg/m³, 39 µg/m³ değeri ile aşılmıştır. Özellikle 2015 Aralık ayında günlük ortalama değerler 116 µg/m³ olarak kaydedilmiştir. 2016 yılı değerleri 2015’ten daha yüksektir. 48 µg/m³ değeri ile yıllık limit değer aşılmıştır. Aralık ayında ise 105 µg/m³ değeri ile maksimum ortalamayı

görmüştür. Maksimum günlük ortalamalarda NOX 227 – 223 µg/m³ değerlerini görmüştür.

Tablo 62: Uludağ Üniversitesi İstasyonun Kirleticilerin Aylık Ortalamaları (2016)

Aylık Ort.	PM2.5	SO2	NO	NO2	NOX	O3
2016	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Ocak	24	10	24	31	68	34
Şubat	29	7	22	20	55	38
Mart	27	6	14	24	45	47
Nisan	25	5	11	29	45	48
Mayıs	20	5	3	20	25	59
Haziran	20	9	2	20	23	68
Temmuz	17	7	1	16	17	84
Ağustos	18	3	3	12	16	80
Eylül	16	9	7	20	30	59
Ekim	22	13	17	27	52	39
Kasım	36	3	41	33	96	30
Aralık	34	5	45	36	105	26
ORTALAMA	24	7	16	24	48	51

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Ozon(O₃) değerlerinde ise 8 saatlik limit değer olan 120 µg/m³ iki yılda da aşılmamıştır. Günlük ulaşılan maksimum değerlerde ise iki yılda da yine limit değerler aşılmamasına rağmen, değerler 100 µg/m³'ün üzerine çıkmıştır.

Tablo 63: Kirleticilerin Günlük Ortalamalarının Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015-2016)

	PM 2.5 µg/m ³		SO2 µg/m ³		NO µg/m ³		NO2 µg/m ³		NOX µg/m ³		O3 µg/m ³	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Ocak	77	60	28	16	-	85	69	54	-	182	85	78
Şubat	57	66	12	12	-	65	56	44	-	144	78	75
Mart	57	68	10	14	46	48	51	49	121	125	74	83
Nisan	37	45	11	12	17	33	39	55	64	106	108	81
Mayıs	48	44	8	10	12	9	37	46	58	60	91	87
Haziran	35	30	6	12	4	8	23	34	27	47	76	92
Temmuz	44	32	6	13	3	3	30	28	23	30	116	106
Ağustos	35	32	6	5	3	6	33	22	23	28	99	112
Eylül	52	31	8	14	8	23	38	38	34	69	105	92
Ekim	45	37	6	16	48	43	45	44	108	102	65	66
Kasım	69	102	10	31	93	109	46	60	189	227	79	75
Aralık	67	80	14	13	102	113	47	66	204	223	52	53

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

* (-) veri yok

Partiküler madde konsantrasyonlarının günlük ortalamalarına bakıldığında neredeyse ayın tamamında günlük limit değerlerin aşıldığı görülmektedir. Özellikle 26.11.2016 tarihinde saatlik değerler 143 µg/m³'e ulaşmıştır.

Tablo 64: PM2.5 Kirleticisinin Maksimum Değere Ulaştığı Ayların Günlük Ortalamaları (2016)

Tarih	PM2.5	Tarih	PM2.5
01.11.2016	18	01.12.2016	11
02.11.2016	36	02.12.2016	15
03.11.2016	52	03.12.2016	15
04.11.2016	44	04.12.2016	36
05.11.2016	50	05.12.2016	32
06.11.2016	36	06.12.2016	38
07.11.2016	15	07.12.2016	80
08.11.2016	18	08.12.2016	14
09.11.2016	22	09.12.2016	49
10.11.2016	12	10.12.2016	71
11.11.2016	15	11.12.2016	74
12.11.2016	29	12.12.2016	78
13.11.2016	12	13.12.2016	10
14.11.2016	17	14.12.2016	11
15.11.2016	13	15.12.2016	57
16.11.2016	17	16.12.2016	55
17.11.2016	32	17.12.2016	17
18.11.2016	36	18.12.2016	35
19.11.2016	33	19.12.2016	45
20.11.2016	46	20.12.2016	75
21.11.2016	45	21.12.2016	23
22.11.2016	59	22.12.2016	10
23.11.2016	53	23.12.2016	29
24.11.2016	59	24.12.2016	43
25.11.2016	64	25.12.2016	27
26.11.2016	102	26.12.2016	26
27.11.2016	85	27.12.2016	21
28.11.2016	26	28.12.2016	20
29.11.2016	12	29.12.2016	13
30.11.2016	9	30.12.2016	7
		31.12.2016	11

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

5.1.5. Nilüfer Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu Konumu ve Özellikleri

Nilüfer Belediyesi'nin Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı'ndan (BEBKA) aldığı destekle yürütmekte olduğu 'Nilüfer İlçesi'nde Hava Kalitesi İzleme İstasyonu Kurulması' isimli projeye kurulan istasyon, Nilüfer Belediyesi Halk Evi çatısına kurulmuştur. 2015 Nisan ayından itibaren veri üreten istasyondan bazı aylarda veri alınamasa da halen aktif olarak çalışmaktadır. Konum itibariyle Bursa'nın büyümekte ve gelişmekte olan bir ilçesinde bulunan istasyon bu bölgede var olan bir açığı kapatmıştır (ÇKKM, 2016).



Şekil 19: Nilüfer Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu

İstasyonun yaklaşık 2 km uzaklığında Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSAB) ve Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi (NOSAB) bulunmaktadır. Yoğun olarak yerleşmenin bulunduğu bölgede Bursaspor Timsah Arena Stadyumu kurularak yoğunluk daha da arttırılmıştır. Trafik bakımından da ana yollara yakın olan istasyonda iş giriş çıkış saatlerinde yoğun trafik olduğu gözlenmektedir. Osmangazi ve Yıldırım ilçelerine nispeten yeni kurulan ve gelişmiş olan Nilüfer ilçesinde evler genellikle

doğalgaz kullanılmaktadır. İstasyonda kükürt dioksit (SO₂), azot oksitler (NO, NO₂, NO_x), karbon monoksit (CO), ozon (O₃), partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2,5}) ve hidrokarbonların (CH₄ ve N-CH₄) ölçümü yapılmaktadır. Ayrıca meteorolojik veriler de (Sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı ve yönü, basınç, çiğlenme sıcaklığı ve yağış miktarı) ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Nilüfer Belediyesi'nin resmi internet sitesinde her hafta kirleticilerin değerleri ve ortalamaları rapor halinde yayınlanmaktadır.

5.1.5.1. Nilüfer İstasyonuna Ait Kirleticilerin Konsantrasyon Değerleri

2015 yılı verileri yıl boyunca sadece 6 ay boyunca kaydedilmiştir. Bu verilerin ışığında partiküler madde (PM10) oranlarına bakıldığında, 24 saatlik limit değer olan 90 µg/m³'ün ay ortalamalarına bakıldığında aşılmadığı görülmüştür. Yıllık ortalama için ay ölçüm yapılan ay sayısı yeterli olmasa da bu haliyle yıllık limit değer aşılmamıştır. PM2.5 kirleticisinin ise HKKD Yönetmeliğinde limit değer belirtilmediği için Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün yıllık limit değeri olan 10 µg/m³ ölçüt olarak alınmıştır. 6 aylık ortalaması 31,8 µg/m³ olan PM2.5 kirleticisi yıllık limit değerini aşmıştır. Kükürt dioksit oranları yıl boyunca limit değerlerin altında seyretmiştir. Fakat Nisan ayında günlük ortalamaların ulaştığı en yüksek değer 115 µg/m³'ü görmüştür.

Tablo 65: Nilüfer İstasyonunda Bulunan Kirleticilerin Aylık Ortalaması (2015)

Aylık Ort.	PM10	PM2.5	SO2	NO	NO2	NOX	O3	CO	CH4	N-CH4
2015	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Ocak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Şubat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mart	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nisan	42	26	8	9	40	51	52	299	1749	169
Mayıs	44	24	6	5	34	39	61	373	1728	139
Haziran	35	21	4	3	28	31	69	480	1458	112
Temmuz	36	21	5	2	24	26	88	448	1412	37
Ağustos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eylül	49	49	4	4	27	31	58	495	832	20
Ekim	49	49	5	16	49	61	32	527	1191	19
Kasım	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aralık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORTALAMA	43	32	5	6	34	40	60	437	1395	83

Kaynak: (Nilüfer Belediyesi, 2017)

* (-) veri yok

Azot oksitler kategorisinde ise NO değerleri için limit değer belirtilmediği için bir değerlendirme yapılamamaktadır. NO₂ değerleri aylık ortalama bakıldığında limit değeri aşmadığı görülmektedir. Yıllık limit değer olan 56 µg/m³'te 6 aylık dönemde aşılmamıştır. Günlük ortalamaların maksimum değerlerinde Mayıs ayı 437 µg/m³ değeriyle dikkat çekmektedir. Bu ay da saatlik limit değer olan 290 µg/m³ aşılmıştır. HKDYY (2008)'de NO_x için bir limit değer belirtilmese de DSÖ yıllık limit değer için 30 µg/m³ olarak belirlemiştir. NO_x değerleri 6 aylık ortalama ile limit değerinin üzerine çıkmıştır. Maksimum değerlere sahip ay ise 453 µg/m³ ile Mayıs ayı olmuştur.

Ozon değerleri ise maksimum günlük ortalamalarda Nisan, Temmuz ve Eylül aylarında limit değer aşılmıştır. Aylık ortalamalar da limit aşımı olmamıştır. Karbon monoksit ortalamaları da limit değerlerin çok altındadır.

Bursa'da sadece bu istasyonda ölçülen Hidrokarbonlar; küresel iklim değişikliğinin nedenlerinden biri kabul edildiği için oldukça önemlidir. Atmosferde yaygın olarak bulunan hidrokarbon Metan (CH₄)'dir. Daha çok endüstriyel proseslerden kaynaklanan metan için limit değer belirtilmemiştir. Aylık ortalamalar bakımından en fazla olduğu ay 1749,3 µg/m³ ile Nisan ayıdır. Maksimum değer ise 4515 µg/m³ ile Mayıs ayında kaydedilmiştir. Metan harici diğer hidrokarbonların toplamı N-CH₄ olarak belirtilmiş olup maksimum değere Nisan ayında ulaşmıştır.

Tablo 66: Nilüfer İstasyonunda Bulunan Kirleticilerin Günlük Ortalamaların Ulaştığı En Yüksek Değerler (2015)

Maksimum	PM10	PM2.5	SO2	NO	NO2	NOX	O3	CO	CH4	N-CH4
2015	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Ocak	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Şubat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mart	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nisan	117	117	115	157	149	261	388,5	1737	2688	1351
Mayıs	135	73	92	92	437	453	133	1203	4515	384
Haziran	86	54	91	41	117	132	159	1242	2010	284
Temmuz	79	45	30	54	87	105	239	1198	2045	315
Ağustos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eylül	257	257	70	106	103	169	196	1375	1750	97
Ekim	490	288	43	230	127	325	110	1502	3379	138
Kasım	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aralık	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Kaynak: (Nilüfer Belediyesi, 2017)

* (-) veri yok

Saatlik ortalamaları alınarak oluşturulan 2016 yılı kirletici konsantrasyonları ortalamaları yıllık olarak incelendiğinde 2015 yılında daha yüksek olduğu görülmektedir. Partiküler madde kirleticileri aylık yıl boyunca birbirine yakın değerlerde seyretmiştir. Yaz aylarında bile değerler 40 µg/m³'lerden aşağıya inmemiştir. Pm10 kirleticisinin de yıllık limit değeri aştığı görülmektedir. Aylık ortalamanın en fazla olduğu ay 77,8 µg/m³ ile Kasım ayı olmuştur. Yanma döneminde ortalamalar nispeten daha fazla olsa da yaz aylarına gelince ciddi düşüş yaşamaması bu kirleticilerin sadece ısınmadan dolayı yanma kaynaklı olmadığı göstermektedir. PM_{2.5} için de aynı özellikler geçerlidir. DSÖ'ye göre yıllık limitin 10 µg/m³ olması gerektiği düşünülduğünde Nilüfer İstasyonu PM_{2.5} bakımından oldukça kirlidir. Saatlik limit değer ise 25 µg/m³ olarak alındığında yılın neredeyse her ayı kirlilik devam etmektedir. Ulaşılan maksimum değerlere bakıldığında PM10 için 526,4 µg/m³, PM2.5 için 507 µg/m³ değeri kaydedilmiştir. Hava Kalitesi İndeksi'ne göre bu değerlerin kaydedildiği günlerde hava kalitesi **“tehlikeli”** duruma geçirilmeli ve halk bilgilendirilmelidir. Özellikle küçük ve büyük yaşta bireylerin, hastaların ve hamile, emziren annelerin dışarı çıkmaması için uyarılmalıdır. Büyük organize sanayi bölgelerinin yakınlığı da bu bölgede partiküler madde oranlarının artmasına neden olmuştur.

Tablo 67: Nilüfer İstasyonunda Bulunan Kirleticilerin Aylık Ortalaması (2016)

Aylık Ort.	PM10	PM 2.5	SO2	NO	NO2	NOX	O3	CO	CH4	N-CH4
2016	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
Ocak	56	50	12	32	66	98	27	1001	3424	44
Şubat	62	48	9	31	55	86	32	828	970	12
Mart	53	40	7	18	53	71	47	737	500	17
Nisan	59	42	8	19	61	80	52	611	1312	59
Mayıs	50	39	3	3	40	42	68	462	1175	35
Haziran	50	37	5	2	30	31	81	518	1161	33
Temmuz	41	34	5	1	22	23	90	389	767	12
Ağustos	47	39	5	1	23	24	87	482	1324	23
Eylül	44	37	6	4	33	37	64	357	1326	22
Ekim	50	38	6	12	41	54	43	517	1219	27
Kasım	78	63	14	49	62	112	19	1076	1336	44
Aralık	63	50	15	46	62	109	17	959	1346	42
ORTALAMA	54	43	8	18	46	64	52	662	1322	31

Kaynak: (Nilüfer Belediyesi, 2017)

Kükürt dioksit oranlarında genel olarak yüksek oranlar kaydedilmemiştir. 24 saatlik limit değer aşılmazken maksimum oranlarına bakıldığında ekosistemin korunması için öngörülen limit değer yer yer aşılmıştır. Özellikle Aralık ayında değerler

95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ göstermiştir. Bu da kükürt dioksit probleminin ciddi oranda azaltılmasına rağmen tam olarak engellenmediğini göstermektedir.

Tablo 68: Nilüfer İstasyonunda Ölçülen Kirleticilerin Ulaştıkları Maksimum Değerler (2016)

Maksimum	PM10	PM 2.5	SO2	NO	NO2	NOX	O3	CO	CH4	N-CH4
2016	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Ocak	443	479	69	304	173	453	79	4314	4601	828
Şubat	325	377	78	261	143	386	157	3313	4778	338
Mart	489	507	55	144	125	251	111	2138	1871	145
Nisan	454	479	55	213	155	331	153	1526	2007	159
Mayıs	317	441	37	46	646	650	142	949	2365	97
Haziran	483	446	38	88	120	133	208	1045	2037	90
Temmuz	465	464	22	19	77	83	257	681	2098	46
Ağustos	526	461	45	24	91	100	196	771	1927	45
Eylül	493	457	28	121	124	191	182	867	2539	210
Ekim	517	458	40	265	126	353	167	1506	2955	126
Kasım	409	502	71	314	170	489	80	4384	2019	157
Aralık	525	451	95	469	188	624	63	5136	2732	271

Kaynak: (Nilüfer Belediyesi, 2017)

Azot oksit oranları ise yıl boyunca limit değerinin altında seyretmiştir. Fakat NOX değerinin yıllık limiti olan $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün çok üzerinde seyretmektedir. Ulaşılan maksimum değerlerde de azot oksitlerin hava kalitesi için tehdit oluşturabildiği görülmektedir. Ana yollara da yakın olan istasyonda azot oranları kontrol altına alınmalıdır. Tek başlarına çok problem olmasalar da ozon oluşumuna neden oldukları için azot oranlarına dikkat edilmelidir. Ozon değerleri özellikle yaz aylarında limit değerlerin üzerine çıkmıştır. Karbon monoksit oranları yıl boyunca limit değerinin altında kalmıştır. Maksimum ulaşılan oranlar bile 8 saatlik limit değeri aşmamıştır. Hidrokarbonlar için daha önce de belirtildiği gibi herhangi bir limit değeri belirtilmediği için kıyaslama yapılamamaktadır. Metan gazı için maksimum değer Ocak ayında kaydedilirken metan harici diğer hidrokarbonlar için ise ulaşılan maksimum değer $828 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ile Ocak ayında olmuştur.

5.2. BURSA KENTİ HAVA KİRLİTİCİLERİNİN METEOROLOJİK PARAMETRELERLE İLİŞKİLENDİRİLMESİ

Yeryüzünde bulunan hava kirletici kaynakları salınımlarını yer yer birkaç yüz metre içerisinde gerçekleştirirler. Kaynaklardan atmosfere bırakılan kirleticiler, atmosferin yapısal özelliklerine uyarak meteorolojik değişkenlerin kontrolüne girerler (İncecik, 1994). Bu yüzden atmosferik etmenler hava kalitesini dolaylı ve doğrudan

yollarla etkilemektedir. Örneğin dolaylı olarak hava sıcaklıklarının düşmesiyle evlerde ısınma ihtiyacı artmaktadır. Isınmada kullanılan yakıtların hava kirliliği ile alakası olduğu düşünüldüğünde sıcaklıkların düşmesi ve ya artması dolaylı yoldan etkilediği görülmektedir. Sıcaklığın yanı sıra nem, yağış, dikey ve yatay hava hareketleri de hava kirliliğini etkilemektedir (Eser, Dinç, Özcan, & Tartan, 1999, s. 105-114). Özellikle yapılan çalışmalarda bulunan verilere göre hakim rüzgar yönünün hava kalitesinde çok etkili olduğu ve şehir yerleşmesinde ölçüt olarak alınması gerektiği vurgulanmıştır (Eser, Dinç, Özcan, & Tartan, 1999, s. 105-114). Hava kalitesini doğrudan etkileyen meteorolojik etmenlerden biri de sıcaklık terselmesi (inversiyon) olayıdır. İversiyon koşulları altında hava çok karardır. Böyle bir atmosferde havaya bırakılan kirleticiler hemen hemen hiç karışmaz ve dağılırlar. Hatta kirleticiler iki tabaka arasında sıkışmış vaziyettedirler (İncecik, 1994). Sıcaklık terselmesi daha çok ışımanın arttığı, havanın açık, sakin ve hafif rüzgarlı olduğu yüksek basınç koşullarında kış aylarında gerçekleşir (Karadağ, 1999, s. 134-142). Ayrıca emisyon kaynaklarından çıkan hava kirleticileri, atmosferde çeşitli kimyasal reaksiyonlara girerek ikincil kirleticileri oluşturmaktadır. Çoğu zaman meydana geldiği kirleticiden daha zararlı olan bu tip kirleticilerin oluşumunda atmosferin rolü yüksektir (İncecik, 1994).

Bu nedenlerden dolayı konuyla alakalı birçok çalışma yapılmıştır. Daha önce bahsedilen hakim rüzgar yönünün önemini vurgulayan çalışmada Eser ve arkadaşları meteoroloji verileri ve rutin hava kirliliği verilerini karşılaştırarak bir sonraki günün hava kirliliğini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışma sonunda da sıcaklık, nem, yağış, basınç ve rüzgarların hava kirliliğinde önemli rol oynadığını savunmuşlardır (Eser, Dinç, Özcan, & Tartan, 1999, s. 105-114). Söyleyici ve Dursun ise Konya ili üzerine yaptıkları çalışmada hava kirliliği verilerinin meteorolojik verilerle daha çok kış aylarında ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır (Söyleyici & Dursun, 16-18 Ekim 2002, s. 296-303). Akay ise 1996-2002 yıllarında Kırıkkale ilinin kükürt dioksit oranlarını incelemiş ve sıcaklık ile ters orantılı, nem, nispi nem ve basınç ile doğru orantılı olduğu sonucuna varmıştır (Akay, 2003, s. 13-19). Çiçek ve arkadaşları ise Ankara Sıhhiye'de yaptıkları istatistiksel analizlerde SO₂, PM₁₀, NO, NO₂, CO kirleticileri ile iklim elemanları arasında orta düzeyde bir ilişki olduğunu söylemişlerdir (Çiçek, Türkoğlu, & Gürgen, 2004, s. 1-18).

Oğuz ve Pekin ise yaptıkları çalışmada Keçiören ilçesinde meteorolojik verilerin hava kirliliği üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 2013-2014 yıllarını kapsayan çalışmanın sonucunda SO₂ için kış mevsiminde bağıl nem ile ilişkisinin orta seviyede olduğu, PM₁₀ için ise en çok ilişkinin kış mevsiminde rüzgar hızı ve basınç ile çok az oranda olduğu tespit edilmiştir (Oğuz & Pekin, 2015). Erbaşlar ve Taşdemir'in Bursa

Kenti'nde hava kirliliğini meteorolojik parametrelerle arasındaki ilişkiyi tespit etmek için yapılan çalışma bu tez içinde referans kabul edilebilir. Bir bölgenin hava kalitesine etki eden birçok unsur olduğu bilinmektedir. Bunlar fiziki coğrafya etmenleri olarak daha önce bahsi geçen; topoğrafyanın durumu, meteorolojik faktörler, bitki örtüsü gibidir. Erbaşlar ve Taşdemir yaptıkları bu çalışmada; Mayıs 2001-Nisan 2003 dönemleri arasında Heykel örnekleme noktasında ölçülen kükürt dioksit ve partiküler madde kirleticilerinin meteorolojik parametrelerle (Sıcaklık, basınç, nem, rüzgar hızı) olan ilişkileri istatistikte kullanılan çeşitli modeller (Lineer, eksponansiyel, üslü ve logaritmik) ile belirlemeye çalışılmıştır. Çalışmanın sonucunda ise hesaplanan r^2 değerlerine göre SO₂ ve PM konsantrasyonlarının salınımında meteorolojik etmenlerin tek başına bir parametre olmadığı tespit edilmiştir. Ancak eksponansiyel modelle SO₂ kirleticisinin sıcaklığa bağlı değişiminin basınç, nem ve rüzgara göre daha etkili olduğu görülmüştür (Erbaşlar & Taşdemir, 2007, s. 3). Başka araştırmacılara göre de büyük şehirler için meteorolojik parametrelerle ilişkisinin düşük çıkması çok normaldir çünkü konsantrasyon seviyelerine etki eden birçok etmen vardır (Taşdemir, Erbaşlar, & Güneş, 2004, s. 64-72) (Müezzinoğlu, Elbir, & Bayram, 1998, s. 109-116).

Meteorolojik verilerle hava kirliliğini en iyi bağdaştıran sonucu rüzgar hızının üslü regresyon modeli vermiştir. Buna göre rüzgar hızının artmasıyla konsantrasyon miktarı düşmektedir (Tablo 69). (r^2) sonuçları verilen tabloda değer yükseldikçe aradaki ilişkinin de arttığını göstermektedir.

Tablo 69: Bursa Kenti'nde Ölçülen Kirleticiler ile Meteorolojik Parametreler Arasındaki İlişkiler (r^2)

Parametre	Lineer	Eksponansiyel	Üslü	log	
SO ₂	Sıcaklık	0,72	0,86	0,52	0,53
	Basınç	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Nem	0,61	0,69	0,69	0,60
	R.Hızı	0,03	0,03	0,03	0,03
PM	Sıcaklık	0,58	0,42	0,43	0,43
	Basınç	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
	Nem	0,52	0,53	0,52	0,50
	R.Hızı	0,06	0,07	0,08	0,06

Kaynak: (Erbaşlar & Taşdemir, 2007, s. 4)

Yapılan çalışmaların çoğunda özellikle yanma dönemlerinde SO₂ ve PM değerleriyle sıcaklık arasında kuvvetli ilişkinin olduğu savunulmuştur. Fakat Bursa'da yapılan çalışmada bu ilişki tespit edilememiştir. Bu durumun nedenleri olarak daha önce yapılan çalışmalarda örneklem alınan bölgede yanma dönemlerinde yoğun bir biçimde katı yakıt kullanılması ve kışların uzun geçmesi, ayrıca Bursa gibi büyük bir kentin sadece yanma kaynaklı değil yıl boyu diğer değişkenlerden de etkilenebileceği sayılabilir. Ayrıca çalışma kapsamında diğer klasik hava kirleticilerinin de meteorolojik parametrelerle ilişkisi irdelenmiştir. Tabloda görüldüğü üzere SO₂ ve PM'de olduğu gibi düşük korelasyon değerleri verilmiştir. Kirlenici konsantrasyonları sıcaklık ve basınç ile ters, basınç ve nem ile doğru orantılıdır (Erbaşlar & Taşdemir, 2007, s. 4).

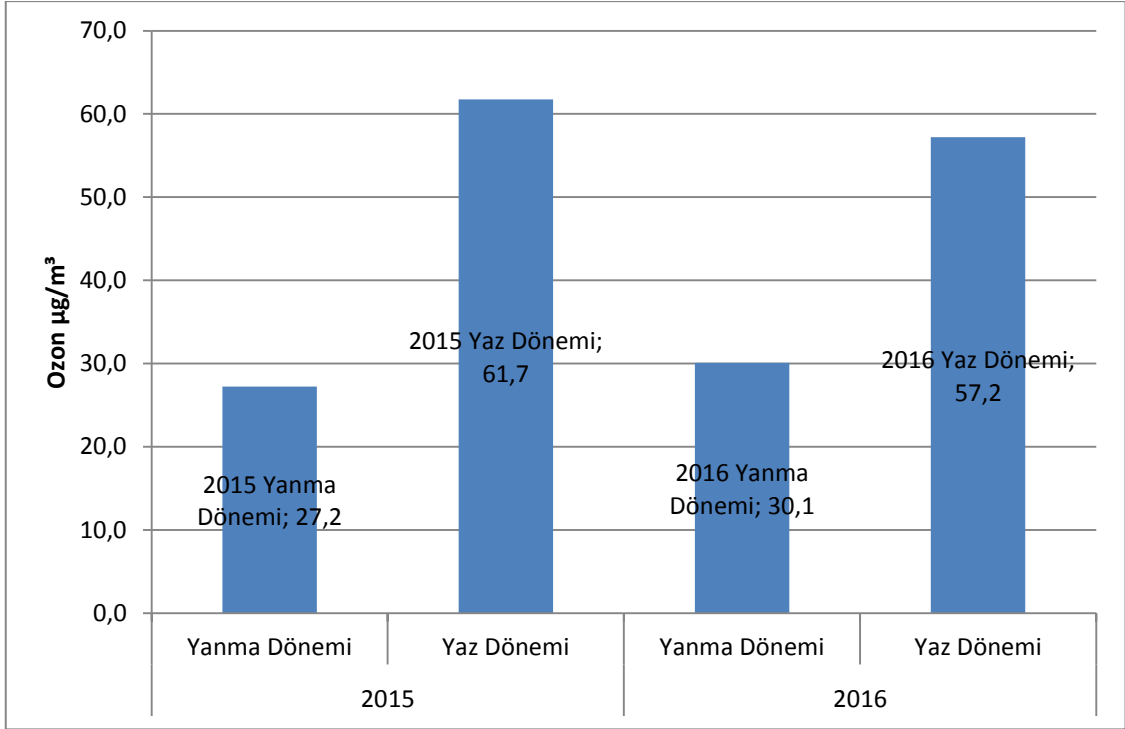
Tablo 70: Bursa Kenti'nde ölçülen Diğer Kirleticilerin Meteorolojik Parametrelerle Arasındaki Lineer Model Sonuçları

Parametre	THK	NO _x	CO	O ₃
Sıcaklık	$y = -19,7x + 2362,4$ $r^2 = 0,10$ $n = 650$	$y = -1,73x + 103,64$ $r^2 = 0,13$ $n = 666$	$y = -56,9x + 2021$ $r^2 = 0,27$ $n = 677$	$y = 2,11x + 16,57$ $r^2 = 0,48$ $n = 677$
Basınç	$y = 17,54x - 15808$ $r^2 = 0,06$ $n = 650$	$y = 1,57x - 1518,1$ $r^2 = 0,08$ $n = 663$	$y = 41x - 40527$ $r^2 = 0,11$ $n = 663$	$y = -1,14x + 1210,7$ $r^2 = 0,11$ $n = 663$
Nem	$y = 9,86x + 1438$ $r^2 = 0,06$ $n = 650$	$y = 0,55x + 41,64$ $r^2 = 0,03$ $n = 666$	$y = 20,05x - 128,46$ $r^2 = 0,08$ $n = 677$	$y = -0,94x + 108,04$ $r^2 = 0,23$ $n = 677$
Rüzgar Hızı	$y = -381x + 2310,4$ $r^2 = 0,03$ $n = 650$	$y = -28,93x + 96,1$ $r^2 = 0,03$ $n = 666$	$y = -340x + 1331$ $r^2 = 0,01$ $n = 677$	$y = 7,64x + 45,8$ $r^2 = 0,01$ $n = 677$

Kaynak: (Erbaşlar & Taşdemir, 2007, s. 4)

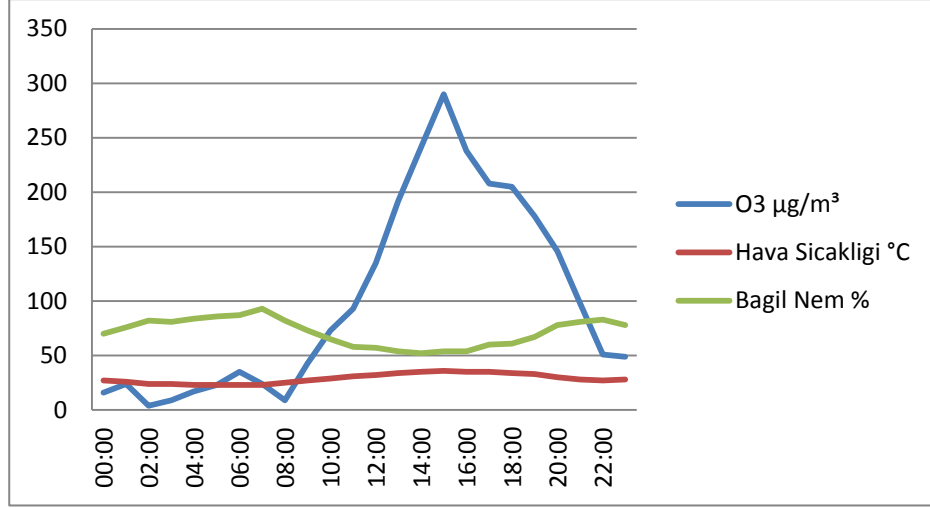
Ancak bu durum ozon için geçerli değildir. Ozon kirleticisinde sıcaklık ile doğru orantı bulunmaktadır. Ayrıca diğerlerine göre daha yüksek bir korelasyon olduğu görülmektedir (Tablo 70). Dumanoğlu ve Bayram'ın 2013 yılında İzmir'de yaptığı çalışmada azot oksit ve ozon seviyelerinde değişimleri incelemiş ve ozon seviyeleri ile meteorolojik parametrelerle arasındaki ilişkiyi irdelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda ozon seviyelerinde yaz aylarında artış olduğunu ve güneşlenme şiddeti, sıcaklık gibi parametreler ile ozon seviyeleri arasında yüksek bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir (Dumanoğlu & Bayram, 2013, s. 65-73). Yapılan başka bir çalışmada ozon seviyelerinin kentsel alanlarda kırsal alanlardan daha yoğun olduğu görülmüştür. Bu da kent merkezlerinde trafik yoğunluğundan kaynaklanan azotun fazla olmasından kaynaklanmaktadır (Sillman, 1999, s. 1821-1845). Ozonun oluşumu bakımından da meteorolojik parametreler önemli paya sahiptir. Fotokimyasal reaksiyonlara destek veren parametreler; güneşlenme şiddeti, sıcaklık, rüzgâr yönü ve şiddeti, nem ve yağıştır (Solomon, 2000, s. 1885-1920). Bu parametrelerin arasında güneşlenme şiddeti korelasyonun en fazla olduğu parametredir (Ribas, 2004, s. 985-992).

Bu çalışmada da daha önceden yapılan istatistiksel korelasyon baz alınarak Kültürpark istasyonu ozon seviyeleri ile meteorolojik parametrelerle olan ilişkisi incelenmiştir. 2015, 2016 yılı yanma ve yaz dönemlerine göre aylık ortalamaları alınarak oluşturulan dönemlik ortalamalarda iki yılda da yaz dönemi ortalamaların yanma döneminden daha fazla olduğunu göstermektedir (Grafik 45). Daha önce verilen ozonla alakalı grafik ve tablolarda da konsantrasyon oranların özellikle öğlen saatlerine doğru arttığı görülmüştür.



Grafik 45: Ozon Konsantrasyonlarının Sıcak – Soğuk Dönem Ortalamaları

2015 Temmuz ayında ozon konsantrasyonları maksimum seviyelere ulaşmıştır. Özellikle 30 Temmuz gününün öğlen saatlerine doğru artarda 6 saat ardarda saatlik bilgi eşiği aşılmıştır. Uyarı eşiği ise 2 saatte aşılmıştır. Bu saatlerde ilk dikkat çeken meteorolojik parametre artan sıcaklık değerleridir. Aynı zamanda bağıl nem ve hava basıncı düşmüştür. Rüzgar hızı ise diğer kirleticilerin aksine doğru orantı göstererek hava sıcaklığı arttığında rüzgar hızı da artmıştır.



Grafik 46: Ozon Konsantrasyonlarının Gün İçerisinde Meteorolojik Parametrelerle İlişkisi

Tablo 71: Ozon Konsantrasyonlarının Gün İçerisinde Meteorolojik Parametrelerle İlişkisi

Tarih	Saat	O3	Hava Sıcaklığı	Rüzgar Yönü	Rüzgar Hızı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
		µg/m³	°C	Derece	m/s	%	mbar
30.07.2015	00:00	16	27	174	0	70	991
30.07.2015	01:00	24	26	175	0	76	991
30.07.2015	02:00	4	24	255	0	82	991
30.07.2015	03:00	9	24	187	0	81	991
30.07.2015	04:00	17	23	325	0	84	991
30.07.2015	05:00	23	23	282	0	86	991
30.07.2015	06:00	35	23	289	0	87	990
30.07.2015	07:00	24	23	327	0	93	991
30.07.2015	08:00	9	25	14	0	82	991
30.07.2015	09:00	43	27	338	0	73	991
30.07.2015	10:00	73	29	17	0	65	991
30.07.2015	11:00	93	31	50	1	58	990
30.07.2015	12:00	135	32	356	1	57	990
30.07.2015	13:00	192	34	16	1	54	990
30.07.2015	14:00	241	35	26	1	52	989
30.07.2015	15:00	290	36	1	1	54	989
30.07.2015	16:00	238	35	358	1	54	989
30.07.2015	17:00	208	35	358	1	60	988
30.07.2015	18:00	205	34	338	1	61	988
30.07.2015	19:00	178	33	350	1	67	989
30.07.2015	20:00	146	30	347	0	78	989
30.07.2015	21:00	98	28	235	0	81	989
30.07.2015	22:00	51	27	99	0	83	990
30.07.2015	23:00	49	28	182	0	78	990

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

5.3. BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN MEKANSAL ANALİZ YÖNTEMLERİYLE İNCELENMESİ

Teknolojinin ilerlemesiyle bilgisayar ortamında mekânsal bilgileri toplamak ve analiz yapmak kolaylaşmıştır. Kullanılan yaygın metotlardan biri ise Coğrafya Bilgi Sistemleri(CBS)'dir. CBS belli bir konumu ve biçimi olan nesnelere ait verilerin toplanması, depolanması ve düzenlenerek analizlerinin yapılmasına olanak sağlayan bilgisayar tabanlı bilgi sistemleridir (Gümüşay, 1997). CBS'de yapılan mekânsal analizlerin en önemli özelliği ise var olan verilerden yararlanarak yeni veriler üretmektir. Var olan veriler ise haritalar, hava fotoğrafları, ölçüm yapılan kriterler olabilir. Fakat her noktanın bilgisine ulaşmak mümkün olmayacağı için mekânsal analiz yaparak var olan veriler ışığında interpolasyon teknikleri kullanılır. İnterpolasyon da bilgisi verilmeyen noktalara ilişkin tahmini değerler oluşturan bir algoritmadır. Mekânsal analiz yaparken interpolasyon için iki yaklaşım bulunmaktadır. İki metotta da elde olan veriye, araziye ve hesaplanmak istenen alana göre avantajlı yönleri vardır. Bunlardan ilki sadece matematiksel metotlarla hesaplama yapan ve deterministik model olarak bilinen yaklaşım, diğeri ise istatistiksel yaklaşımla hesaplama yapan jeostatistiksel methoddur (ESRI, 2014, s. 46).

Bu çalışmada kullanılacak yöntem ise Ters Mesafe Ağırlıklı İnterpolasyon (Inverse Distance Weighted) IDW'dir. IDW yöntemi her bir hücrenin(cell) etrafındaki örnek veri noktalarının ortalama değerleri alarak, hücre değerlerini tahmin eder. Hücreye en yakın olana en büyük ağırlık verecek şekilde tahmin lokasyonundan uzaklaştıkça, noktaların etkileri de düşecektir. Bazen örnek aldığınız noktalar birbirine çok uzak olabilir. Bu yüzden bu yöntem de yeterli sayıda noktayı dikkate alarak küçük alanlar için yüzey yaratılabilir. Nokta sayısı, noktaların dağılımı, miktarı ve yüzey karakterine bağlı olarak yöntemin uygulanabilirliği değişmektedir (ESRI, 2014, s. 46).

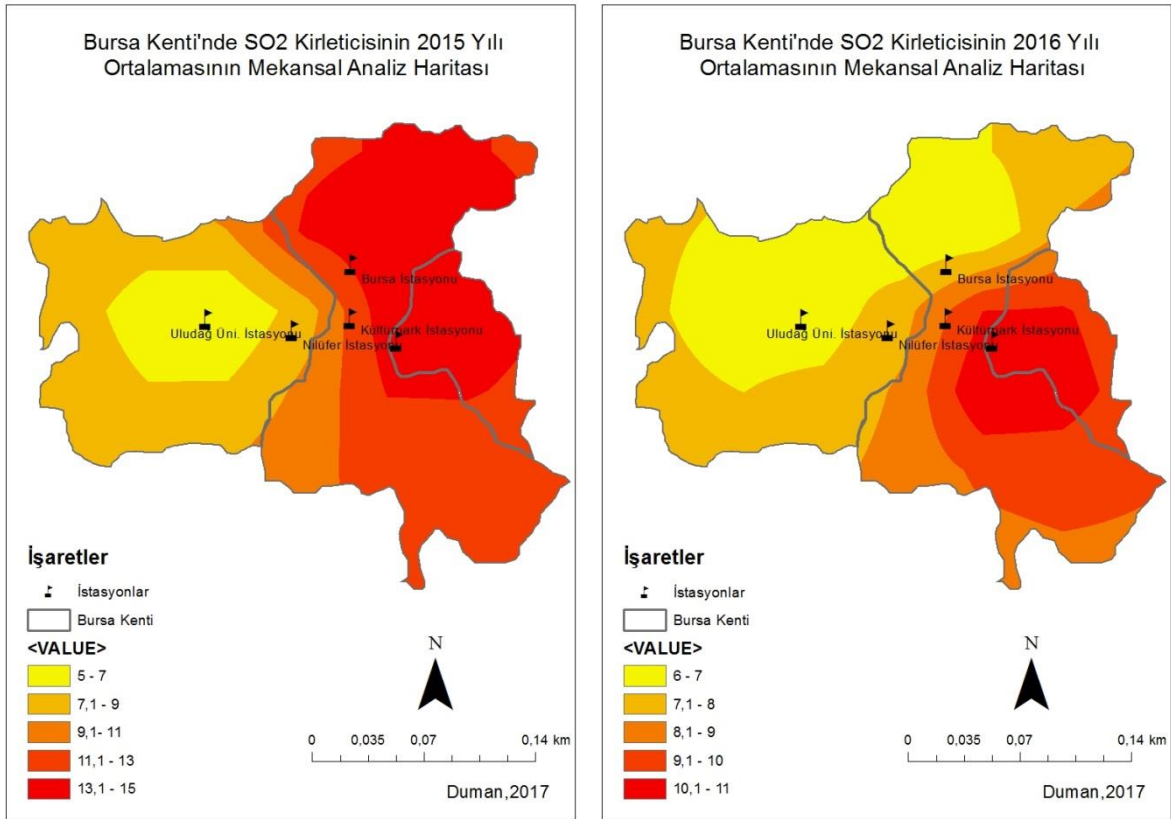
Yerli ve yabancı birçok çalışmada hava kirliliğini analiz etmek için mekânsal analizler kullanılmıştır. Doğru ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları çalışmada hava kalitesinin halk sağlığı üzerindeki etkilerini tespit etmek için CBS kullanmışlardır (Doğru, et al., 2008). Karaburun ve Demirci ise iç hava kalite tespiti için mekânsal analizden yararlanmışlardır. Çalışmaya göre okullarda sınıf içerisinde oluşan karbondioksit miktarı analiz edilmiştir (Karaburun & Demirci, 2012, s. 339-348). Min ve Yung ise Tayvan Taichung şehrinin hava kalitesini analiz etmek için mekânsal analiz kullanmışlardır (Min & Yung, 2002, s. 11-19). Yine Briggs ve arkadaşları 1997 yılında şehir hava kirliliği tespitinde CBS kullanmış ve regresyon tabanlı yöntemle hava kirliliği

haritaları oluşturmuşlardır (Briggs, et al., 1997). Daylan ve İncecik ise 2002 yılında yayınladıkları makalede İstanbul'da hava kalitesinin tespiti için CBS'yi kullanarak kriging yöntemiyle kirlilik haritaları oluşturmuştur (Daylan & İncecik, 2002). Yine İstanbul hava kalitesi için yapılan bir diğer çalışma ise Buluç ve Tuna'ya aittir. Bu çalışmada IDW ve kriging yöntemlerini kullanarak karşılaştırmalı bir şekilde pm10 konsantrasyonlarının mekânsal analizine yer verilmiştir (Buluç & Tuna , 2015). Sohrabinia ve Khorshiddoust ise Tahran'ın uydu görüntülerini CBS üzerinden analiz ederek hava kirliliği haritaları oluşturmuşlardır (Sohrabinia & Khorshiddoust, 2007). Dünyada mekânsal analiz yöntemleriyle hava kalitesi analizi yapan bir çalışmada Jerret ve arkadaşların aittir. Bu çalışmada Los Angeles'ta ölçülen hava kirliliği ile ölüm oranlarının mekânsal analiz haritaları oluşturulmuştur (Jerrett, et al., 2005). Yine hava kirliliği ile sağlık verilerini kıyaslayarak mekânsal analizlerini yapan bir çalışma da Tağıl'a aittir. Özellikle hava kirliliğinin sağlık üzerindeki etkilerini analiz edebilmek için mekânsal analiz yöntemleri kullanılmıştır (Tağıl, 2007, s. 37-56).

Bursa Kent'inde aktif olan 5 istasyondan 2015 ve 2016 yıllarında alınan hava kirleticileri verileri ışığında öncelikle günlük, aylık ve yıllık ortalamalar alınmıştır. Her istasyonda ölçülen kirleticiler birbirinden farklı olduğu için sadece 5 istasyonda ortak olarak ölçülen kükürtdioksit oranları alınmıştır. CBS programı olarak ArcGIS 10.5 kullanılmıştır. Öncelikle istasyon konumları belirlenerek birbirileri arasındaki uzaklık ve mekânsal ilişki incelenmiştir. Bunun için average nearest neighbor (ortalama en yakın komşu)yöntemi kullanılmıştır. Verilen raporda "euclidean" methoduyla ölçülen mesafe de istasyonların dağılımının "dispersed" yani dağınık olduğunu göstermektedir. İstasyonlar arasındaki ortalama mesafe ise 38,1110 m'dir. Bu rapor sonucunda elde edilen verilerin IDW yönteminde kullanılmıştır. Günlük ortalamaları alınarak aylık ortalamaları oluşturulan kükürtdioksit kirleticisinin 2015-2016 yılı ve yanma dönemi ortalamalarının mekânsal dağılımı verilmiştir. Daha sonra aylık olarak mekânsal analizleri verilmiştir. Haritalarda özellikle kirleticinin hangi bölgelerde tehdit oluşturduğu ve iki yıl arasında nasıl bir dağılım izlediği görülmektedir. Genel olarak limit değerlere bakıldığında kükürtdioksit Bursa Kenti için yüksek konsantrasyonlarda seyretmese de halen problemdir.

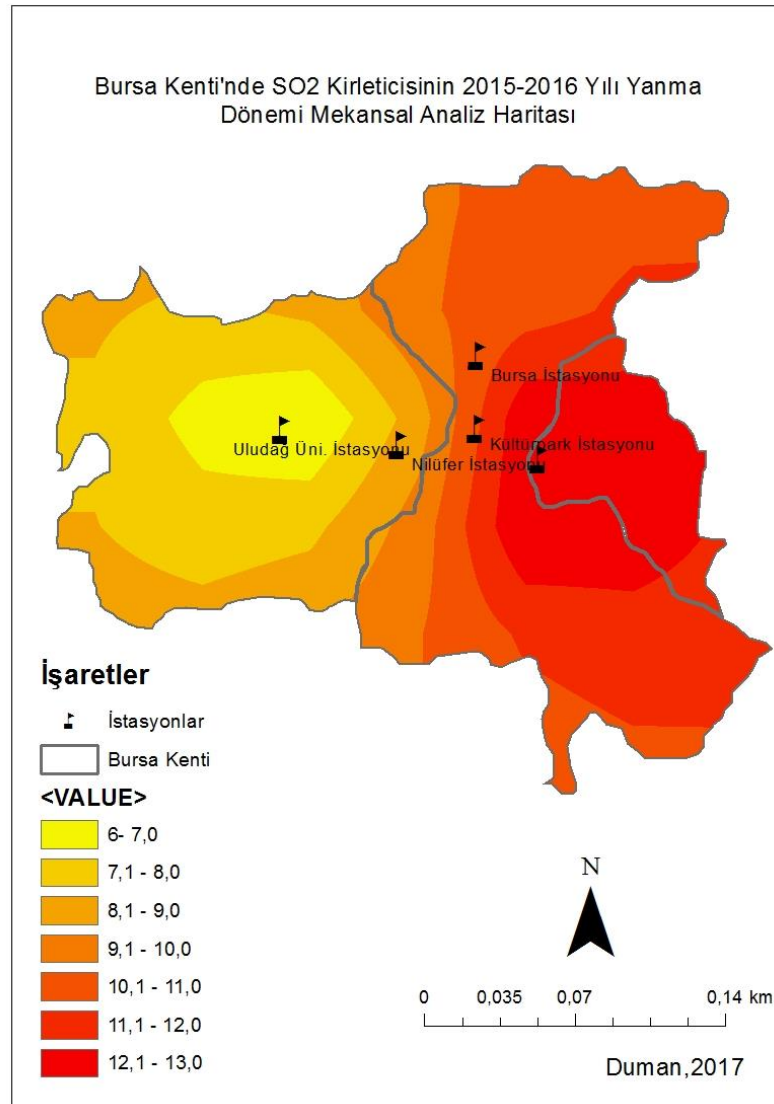
5.3.1. Bursa Kenti SO₂ ve PM₁₀ Kirleticilerinin 2015 - 2016 Yılları Mekansal Analiz Haritaları

Kükürt dioksit salınımının tespiti için oluşturulan mekânsal analiz haritalarında Bursa'da aktif olan 5 hava kalitesi ölçüm istasyonundan alınan saatlik veriler kullanılmıştır. Saatlik verilen önce günlük ortalaması alınmış, daha sonra ise aylık ortalamalar oluşturulmuştur. Aylık ortalamalar ışığında ise yıllık ortalamalar bulunmuştur. Daha önce kükürt dioksit konsantrasyonlarının ortalamaları ve maksimumları incelenmiştir. Bu bölümde ise mekânsal olarak Bursa Kenti'nde kükürt dioksit oranlarının dağılımına yer verilmiştir. 2015 ve 2016 yılları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Öncelikle yıl ortalamaları baz alınarak oluşturulan 2015 – 2016 yılı SO₂ kirleticisinin mekânsal analizine bakıldığında 2015 yılında kirliliğin kentin kuzeydoğu istikametine doğru arttığı görülürken, 2016 yılında kirliliğin daha çok Beyazıt Caddesi istasyonuna doğru kentin güneydoğusuna kaydığı görülmektedir. Bir diğer önemli husus 2015 yılında kentin kuzeyinde kirlilik hakim iken, 2016 yılında kirlilik oranlarının düştüğü görülmektedir. İki yılda da Osmangazi ve Yıldırım ilçelerinin Nilüfer ilçesinden daha kirli olduğu görülmektedir (Şekil 20).

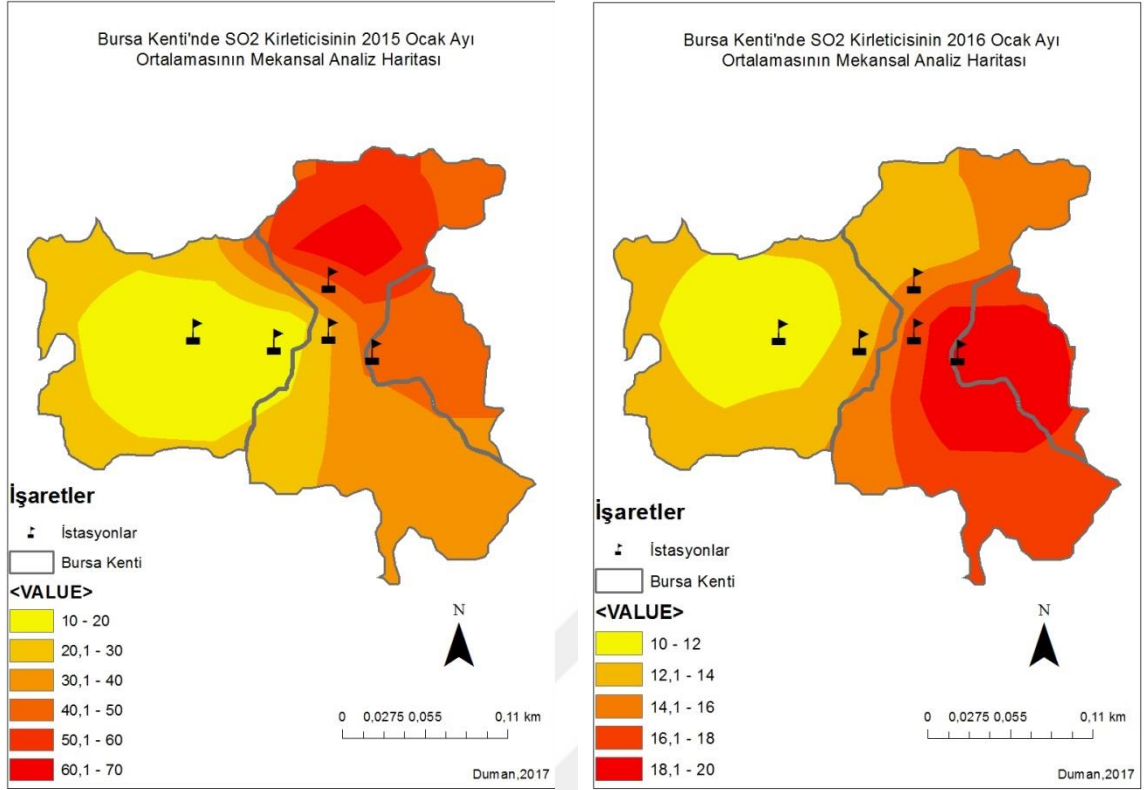


Şekil 20: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılları Ortalamasının Mekansal Analizi

Yanma dönemi ortalamalarında ise Uludağ Üniversitesi İstasyonu ve çevresinin en az kirliliğe sahip olduğu ve şehrin doğusuna doğru kirlilik oranlarının arttığı görülmektedir. Bu durumun nedenlerin biri olarak şehir yerleşmesinin doğuda daha eski ve daha yoğun, batıda ise daha seyrek ve daha yeni olması söylenebilir. Yeni yerleşmelerde ağırlıklı olarak ısınmada doğalgaz tercih edilmesi de bir diğer nedendir. Aylık ortalamalara bakıldığında ise kirleticilerin aylık olarak dağılımları görülmektedir. 2015-2016 yılları bir arada verilerek yıllar arasındaki farklar da karşılaştırılmıştır.



Şekil 21: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Yanma Dönemi Ortalamasının Mekansal Analizi

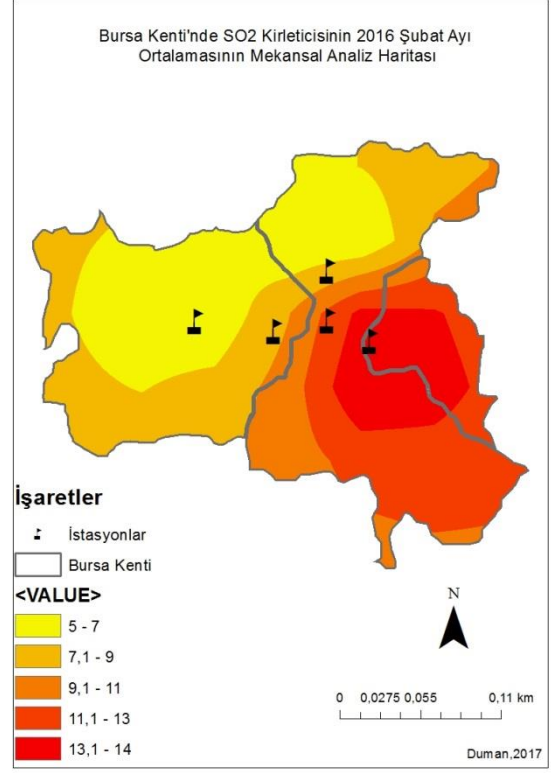
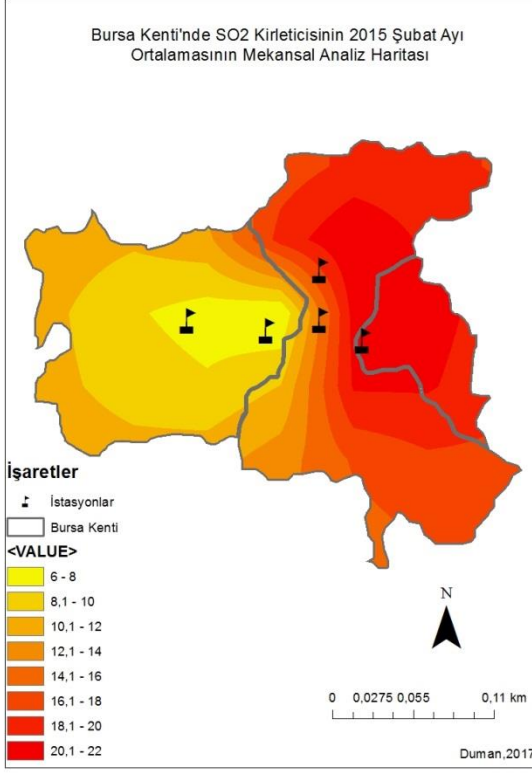


Şekil 22: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ocak Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi

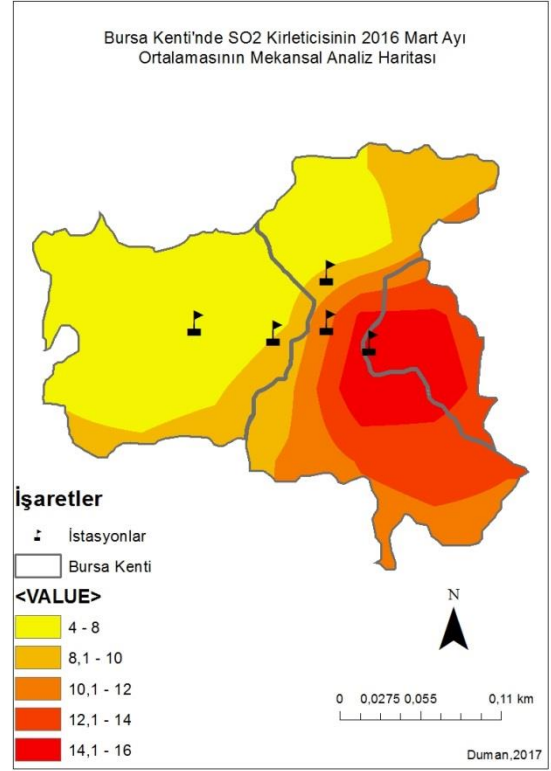
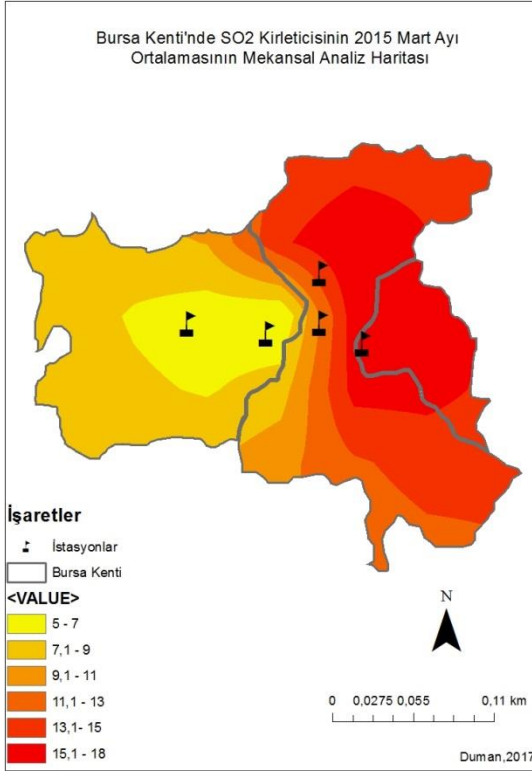
2015 Ocak ayı ortalamalarında kirleticinin daha çok Bursa istasyonu çevresinde yoğunlaştığı, 2016 yılında ise Beyazıt Caddesi istasyonuna doğru kaydığı görülmektedir. Kirleticiliğe bakıldığında ise 2015'te en yüksek ortalama Bursa istasyonunda 70 µg/m³ iken, 2016 yılında Beyazıt Caddesi istasyonunda 20 µg/m³'dir. 2015 Ocak ayı 2016 yılına oranla kükürt dioksit oranları daha yüksektir (Şekil 22).

Şubat ayında iki yılda da kirlenmenin en fazla olduğu yer Beyazıt Caddesi istasyonunun çevresidir. Yalnızca 2015 yılında kirlenme kentin kuzey doğusuna doğru yoğunlaşırken, 2016 yılında güneydoğusuna doğru yoğunlaşmaktadır. Kirlenme değerleri bakımından da 2015 yılında 22 µg/m³, 2016 yılında ise 14 µg/m³'dür (Şekil 23).

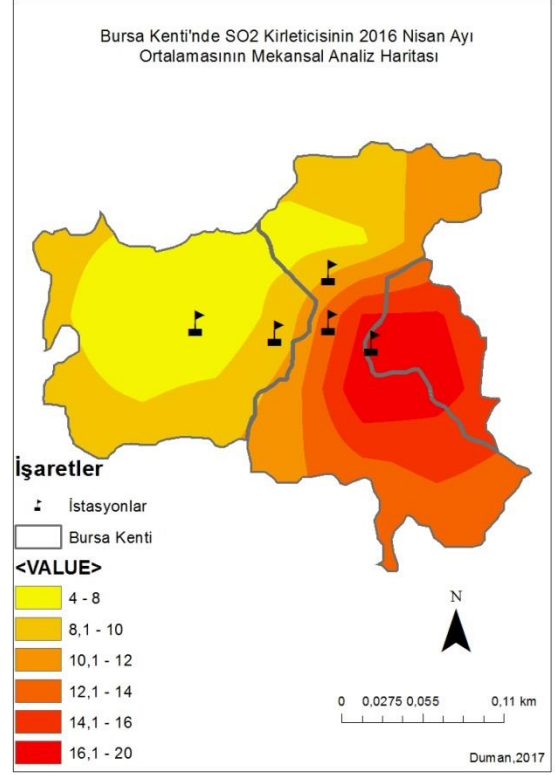
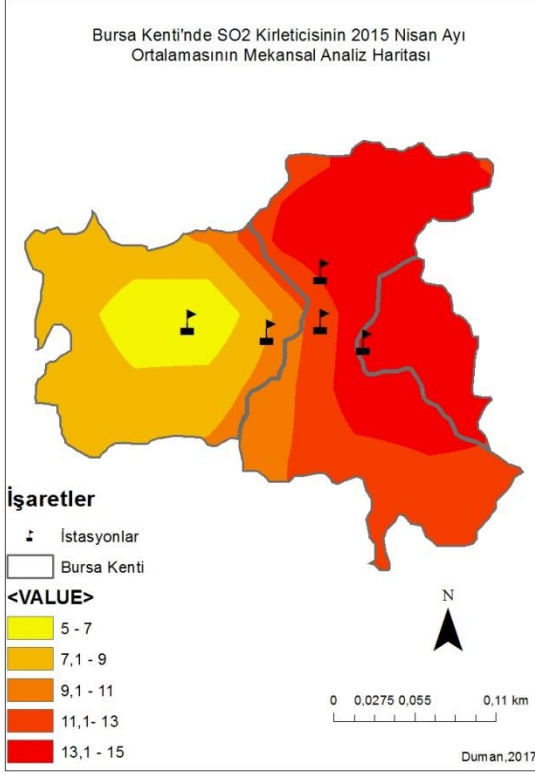
Mart ayı ortalamalarına bakıldığında kirliliğin şubat ayında olduğu kirlilik daha çok şehrin doğusuna doğru Beyazıt Caddesi çevresinde yoğunlaşmıştır. Kirlenmelerden en az etkilenen bölge ise 2016 yılında daha genişlemiştir. Özellikle 2015 yılında kirlenmenin yoğun olarak görüldüğü kentin kuzey kesimleri, 2016 yılında yoğunluğu azalmıştır (Şekil 24). Nisan ayında da önceki aylarda olduğu gibi 2015 yılında kirlilik Bursa istasyonu çevresinde yoğunlaşırken, 2016 yılında Beyazıt Caddesi istasyonuna kaymıştır. Bu ay da en yüksek ortalama 20 µg/m³ ile Beyazıt Caddesi istasyonuna aittir (Şekil 25).



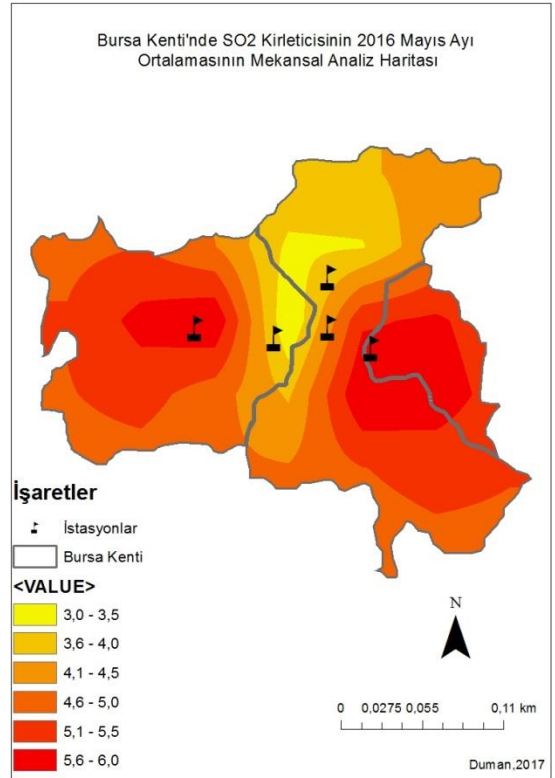
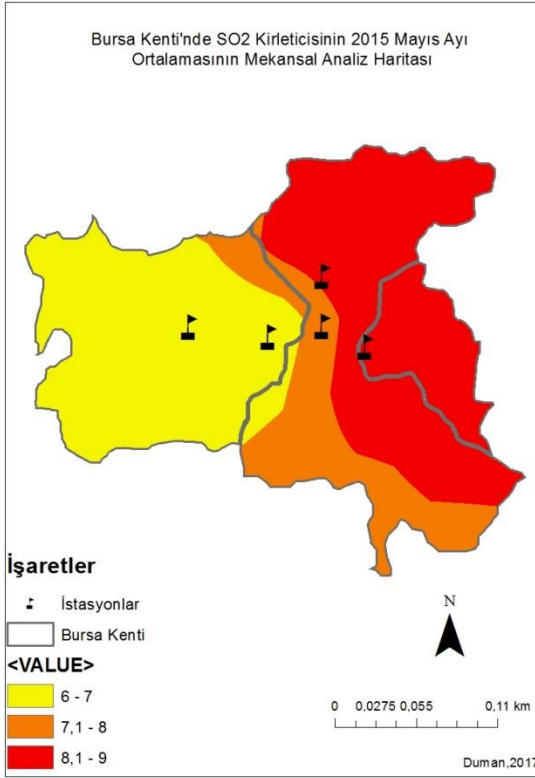
Şekil 23: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Şubat Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



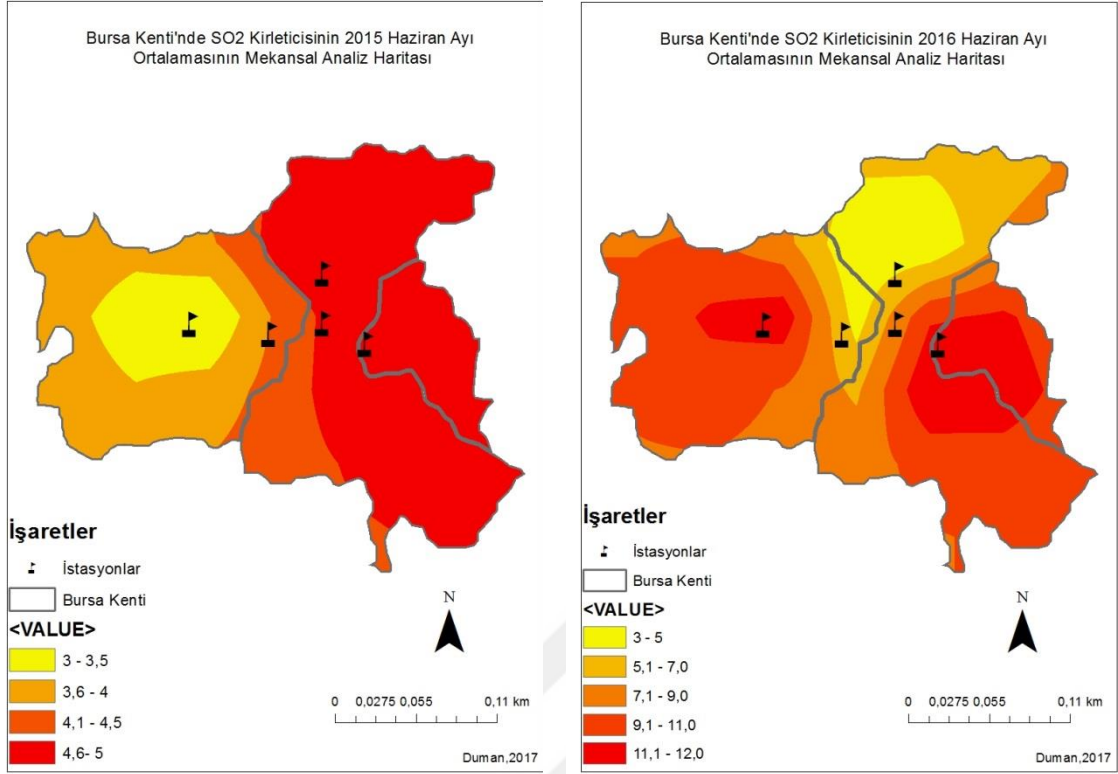
Şekil 24: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Mart Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



Şekil 25: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Nisan Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



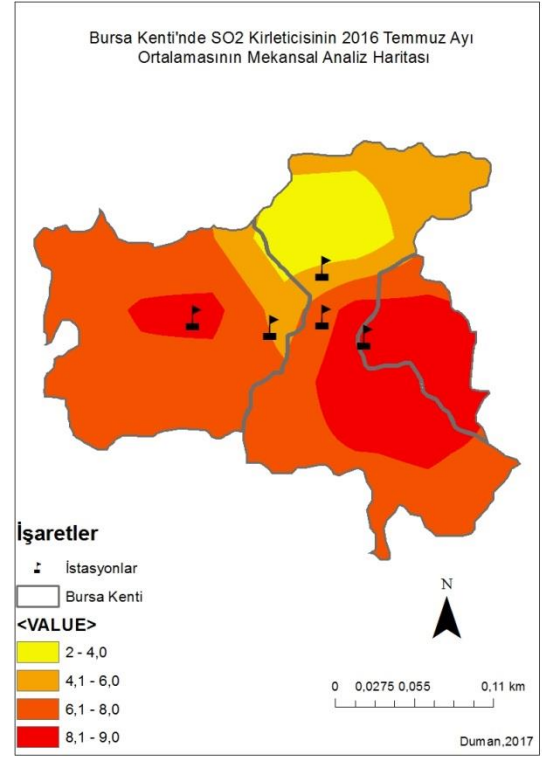
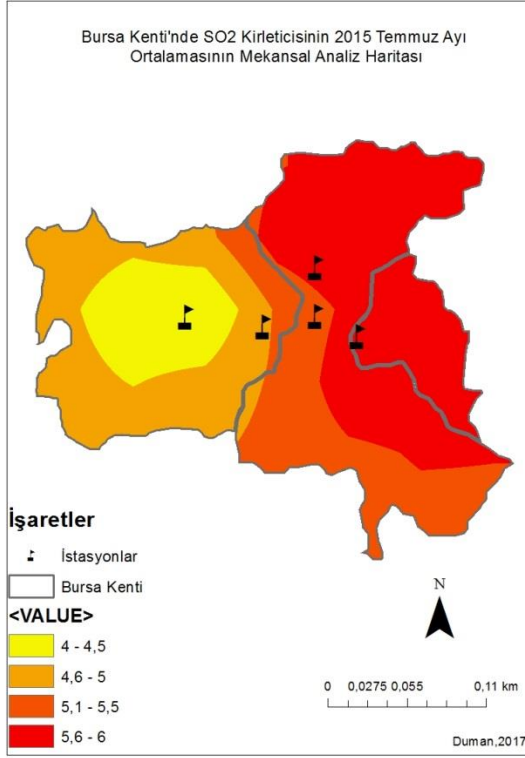
Şekil 26: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Mayıs Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



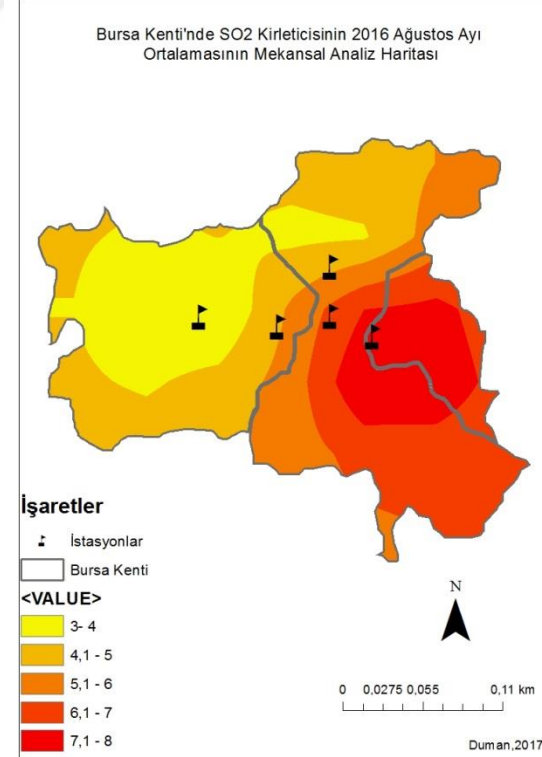
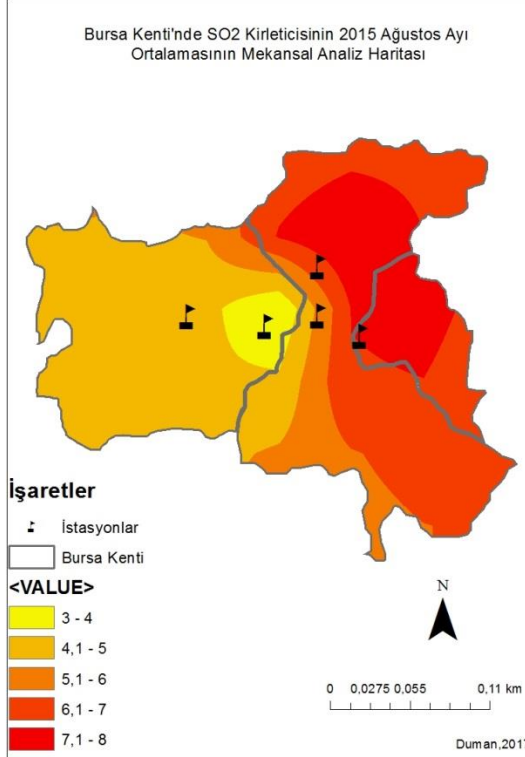
Şekil 27: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Haziran Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi

Mayıs ayında ise özellikle 2015 yılında değerler arasındaki farkın çok az olması nedeniyle 3 sınıf oluşturulmuştur. Önceki aylarda farklı olarak 2016 Mayıs ayında kirliliğin Uludağ Üniversitesi istasyonu çevresinde de yoğunlaştığı görülmektedir. Kirlilikten en az etkilenen bölge 2015'te daha fazlayken, 2016 yılında bu alan daralmıştır(Şekil 26). Haziran ayında da Mayıs ayında olduğu gibi 2016 yılında kükürt dioksit kirleticisi kentin batı kısmında da etkisini göstermektedir. Değerlere bakıldığında da iki ay arasında en yüksek ortalama 12 µg/m³ ile Beyazıt Caddesi istasyonuna aittir(Şekil 27). 2016 yılı Temmuz ayında da kirlilik Uludağ Üniversitesi istasyonu çevresinde görülmektedir. Fakat iki yıl içinde ağırlıklı olarak kükürt dioksit kirliliği kentin doğusunda yoğunlaşmıştır (Şekil 28). Ağustos aylarında ise 2015 yılında kentin kuzeydoğu kısımlarında kirlenici yoğunlaşırken, 2016 yılında güneydoğu kısımlarına kaymıştır (Şekil 29).

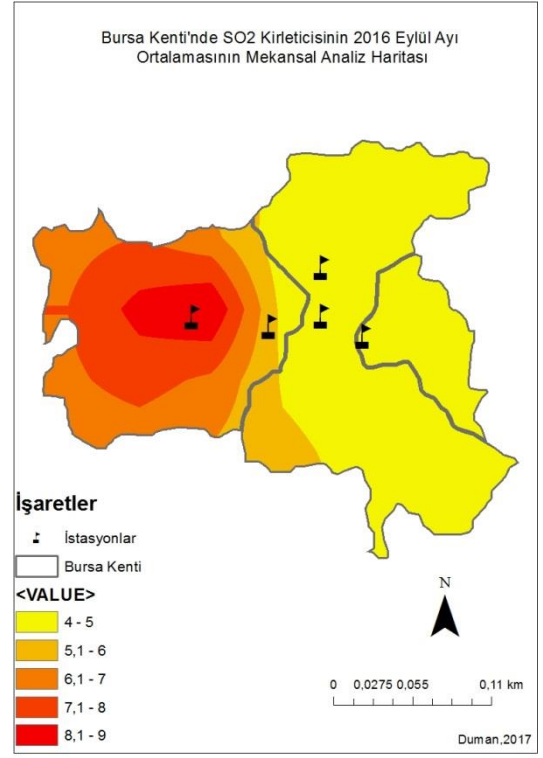
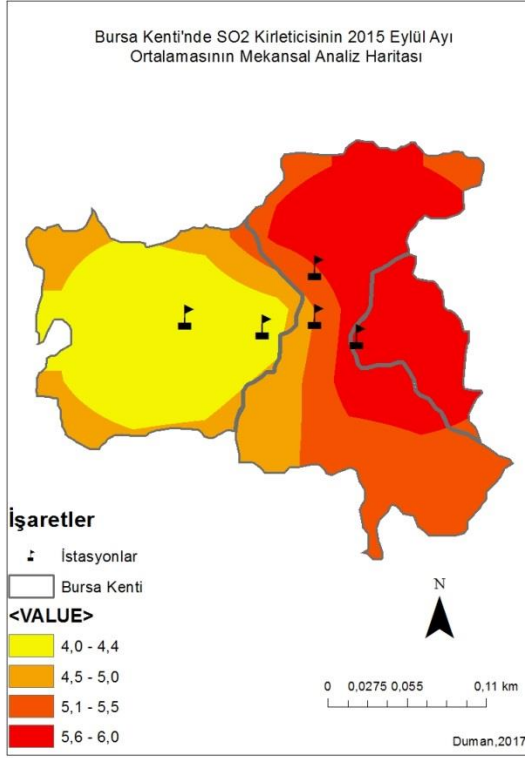
Eylül ayında ise diğer aylardan farklı olarak iki yıl arasında ciddi farklılıklar vardır. 2015 yılında kirlilik kentin doğusunda yoğunlaşırken, 2016 yılında tam tersi olarak kentin batısında yoğunlaşmaktadır. Değerler bakımından birbirine yakın olsa da kirliliğin yoğunlaştığı bölgeler farklıdır(Şekil 30). Aynı durum Ekim ayı için de geçerlidir. Yalnızca 2016 yılında kirlenici ortalamaları 2015 yılına göre biraz artmıştır (Şekil 31).



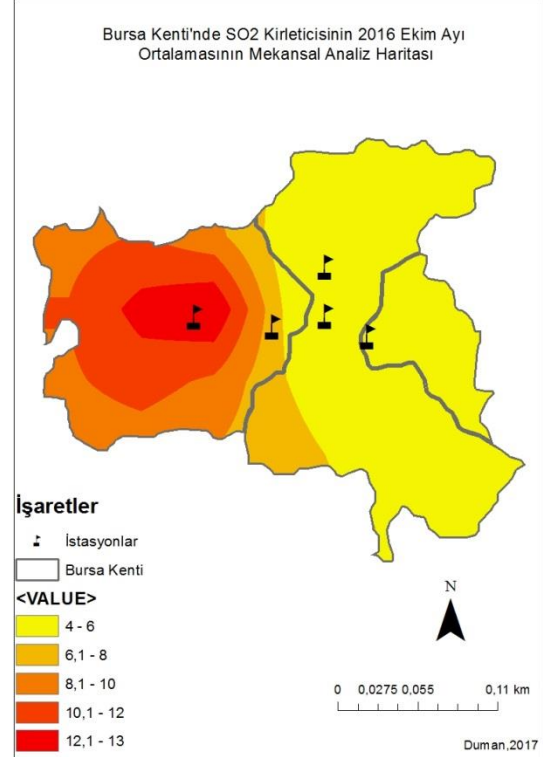
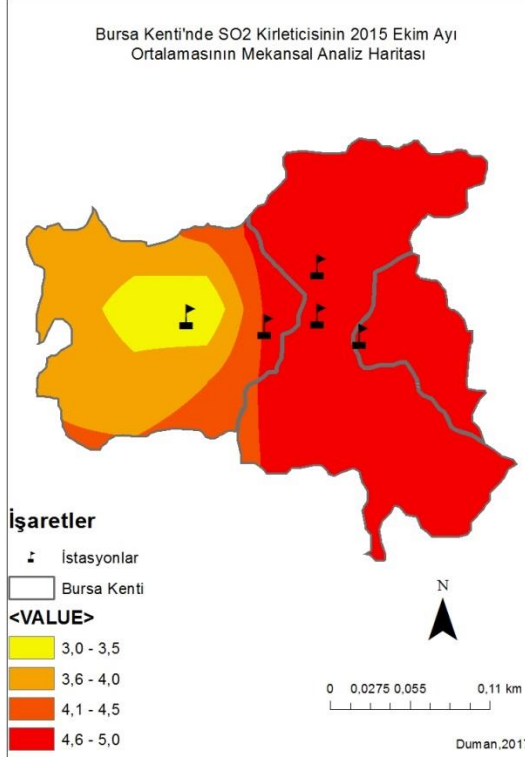
Şekil 28: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Temmuz Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



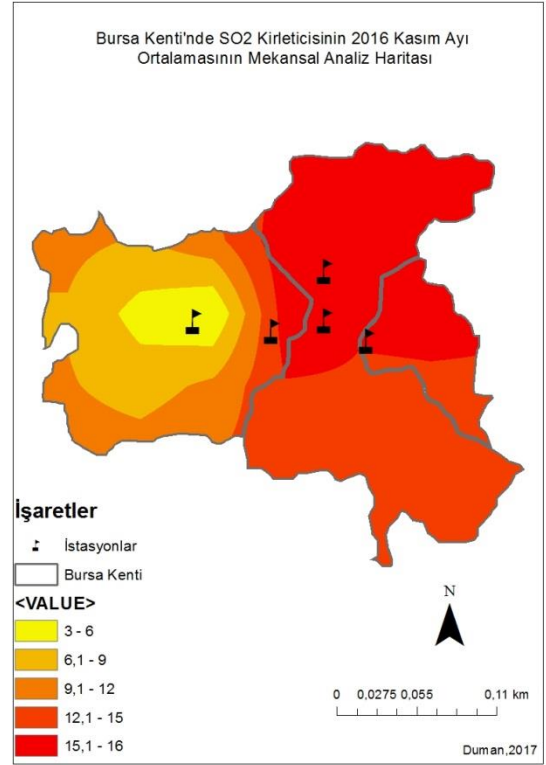
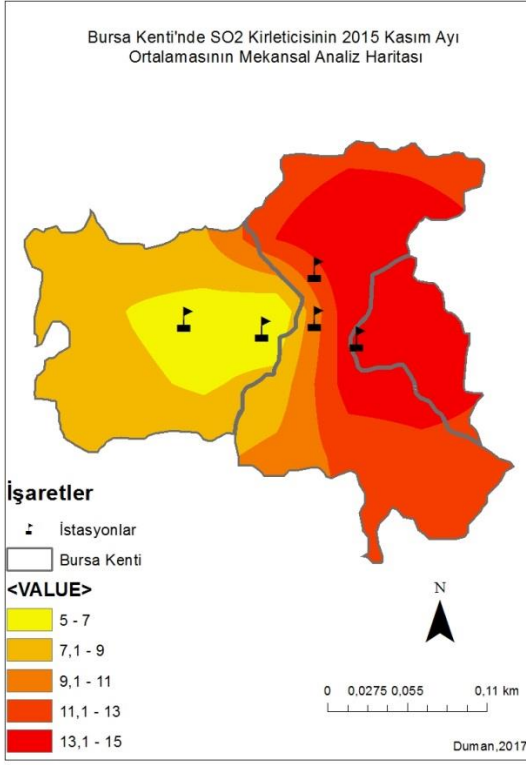
Şekil 29: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ağustos Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



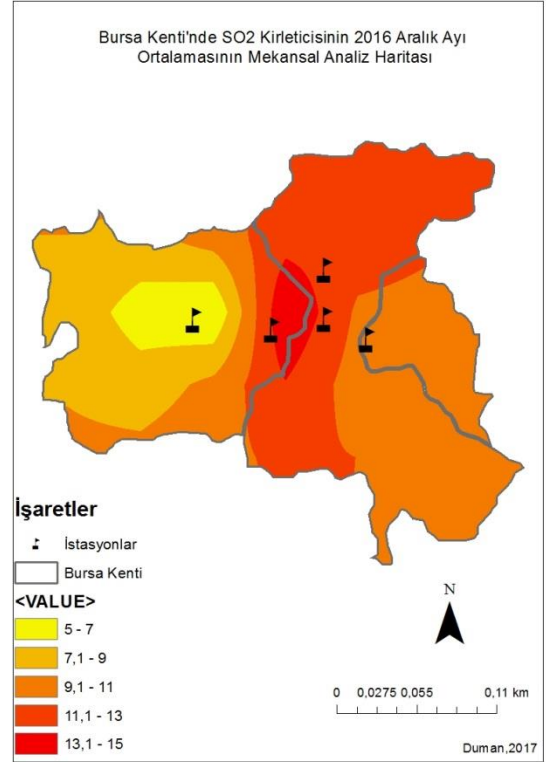
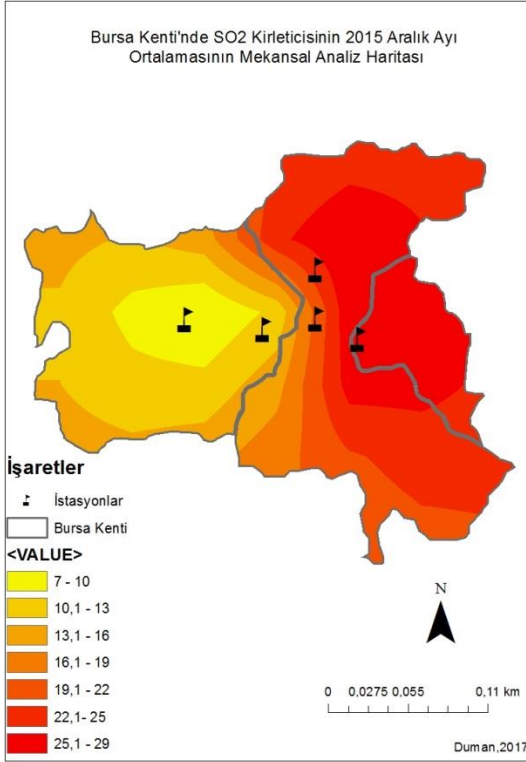
Şekil 30: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Eylül Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



Şekil 31: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ekim Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



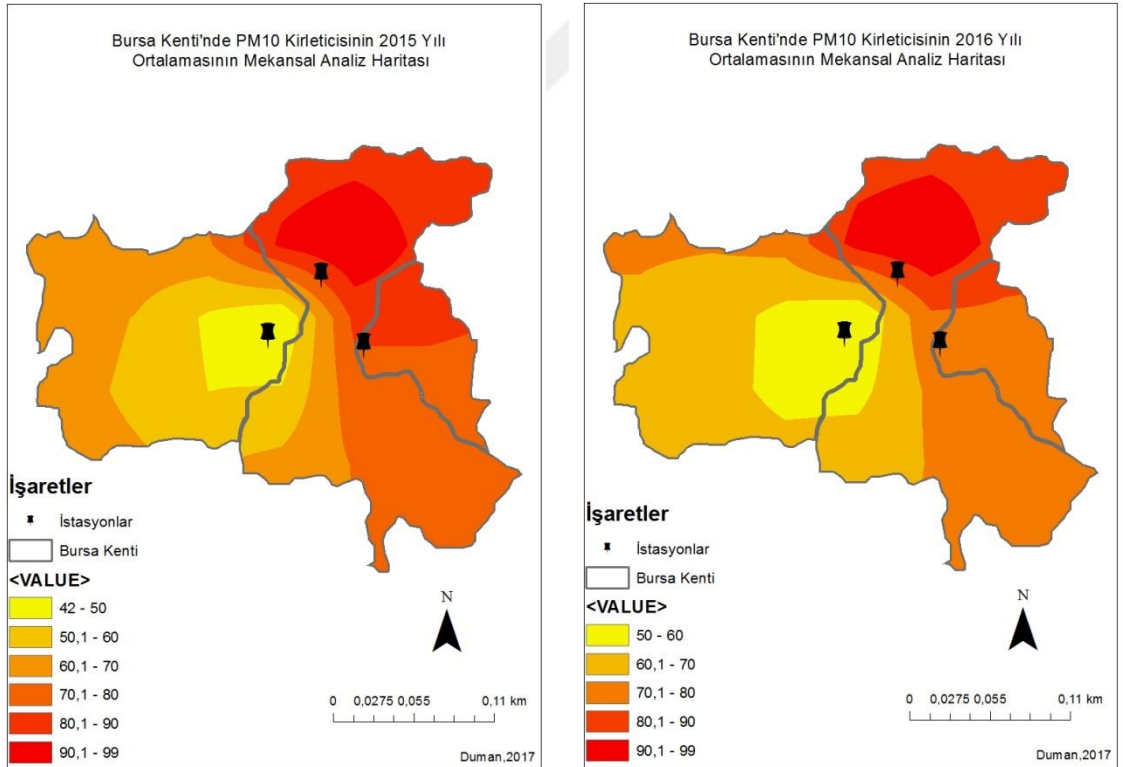
Şekil 32: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Kasım Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi



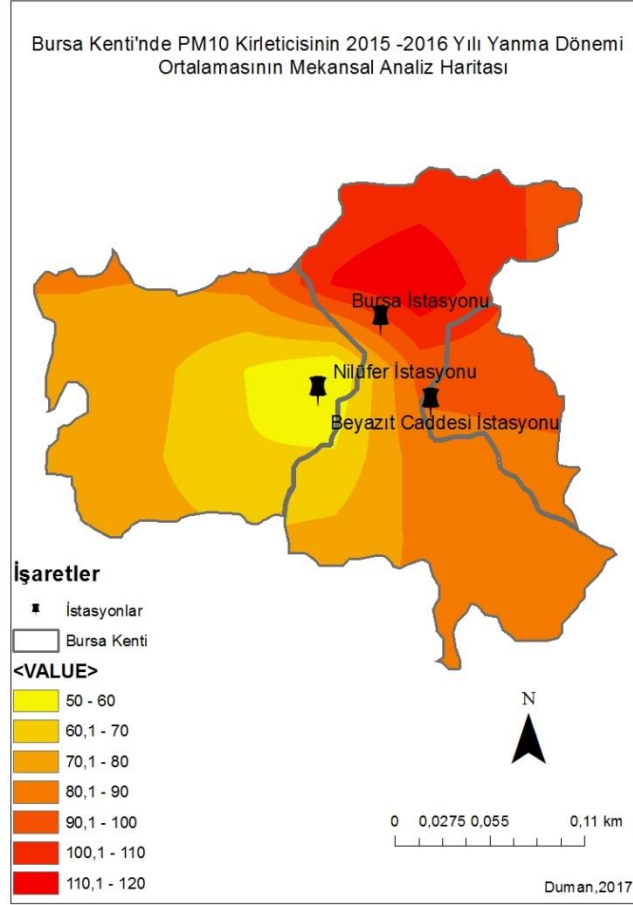
Şekil 33: Bursa Kenti'nde SO₂ Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Aralık Ayı Ortalamasının Mekansal Analizi

Kasım ve Aralık aylarında ise yanma döneminin de başladığı düşünüldüğünde kirletici yoğunluğunun kentin doğusuna olduğu görülmektedir(Şekil 32). 2016 aralık ayında ise Nilüfer istasyonu çevresinde kirleticilerin arttığı görülmektedir (Şekil 33).Sonuç olarak Bursa'da kükürt dioksit kirlenmesi 2015 yılında Bursa istasyonu çevresinde yoğunlaşırken, 2016 yılında Beyazıt Caddesi istasyonu çevresini de kapsayacak şekilde arttığı görülmektedir. Özellikle yanma dönemlerinde kentin kuzey ve doğu kesimleri kirlilikten yoğun biçimde etkilenmektedir.

Bursa Kenti'nde ölçülen bir diğer kirletici ise PM10'dur. Partiküler madde en az kükürt dioksit kadar temel ve zararlı bir kirleticidir. Bursa Kenti kükürt dioksit oranlarını limit seviyelerin altına düşürmeyi başarmış olsa da partiküler madde kirlenmesi çok yüksek seviyelerde olmaktadır. Daha önce de bahsedildiği gibi limit değer birçok zaman aşılmıştır. Bu yüzden Bursa kenti için önem arz eden bu kirleticinin hangi bölgelerde yoğunlaştığına 2015-2016 yılları verilerine dayanılarak oluşturulan mekânsal analiz haritaları ile değinilmiştir. PM10 kirleticisinin ölçümünün yapıldığı 3 istasyon bulunmaktadır. Bunlar; Bursa İstasyonu (Osmangazi), Beyazıt Caddesi İstasyonu (Yıldırım), Nilüfer İstasyonu (Nilüfer)'dur (Şekil 34).



Şekil 34: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yılı Ortalamasının Mekansal Analizi



Şekil 35: Bursa Kenti'nde PM10 Kirleticisinin 2015 ve 2016 Yanma Dönemi Ortalamasının Mekansal Analizi

2015-2016 yılı PM10 ortalama değerleri Nilüfer istasyonunda düşük seyrederken, Beyazıt Caddesi istasyonu ve Bursa istasyonuna doğru artmaktadır. Kükürt dioksit kirlenmesinde olduğu gibi özellikle kentin batı ve kuzey batı kesimleri partiküler madde kirliliğinin yoğun olarak görüldüğü yerlerdir. 2015-2016 yılı yanma döneminde de kirlilik daha çok Bursa istasyonu çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 35).

SONUÇ

Atmosfer canlı yaşamı için vazgeçilmezdir. En küçük hücreden insana kadar canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için oksijene ihtiyaç vardır. İnsanlar beslenmeden 1 haftaya kadar yaşayabilirler, ancak havasız birkaç dakika ancak yaşayabilirler. Hava canlı yaşamı için bu denli önemliyken, hava kirliliği de giderek artmakta olan bir problemdir. Hava kirliliğinin 13. yüzyılda Avrupa'da kömürün sık kullanılması ve şehirleşmenin artmasıyla yoğun hissedilmesine rağmen bilimsel tartışmalara neden olması 1800'leri bulmuştur. Bilinen hava kirliliği kaynaklı ölümler ise ilk defa 1911 yılında kömür yakılmasından dolayı meydana gelmiştir ve 1150 kişi ölmüştür. Kirleticilere maruz kalan bireylerde solunum bulgularında, enfeksiyonlarda artış; akciğer iltihabı, hava yolu tepkilerinde ve tahrişinde artış; akciğer fonksiyonlarında azalma, astık atakları ve buna bağlı hastaneye yatışlarda artış; kronik tıkalı akciğer hastalığı (KOA) ve akciğer kanserinde artış görülmektedir. Hava kirliliği insan sağlığı üzerinde etkisi olduğu kadar diğer canlı ve cansız varlıklar üzerinde de etkisi önemlidir. Özellikle asit yağmurları tesirleri bitki ve yapılar üzerinde azımsanmayacak kadardır. Bitkilerin yapraklarında renk değişimleri, yaprak dokularında hasarlar ve büyümelerinde yavaşlama tespit edilmiştir.

Dünya'da olduğu kadar Türkiye'de de hava kirliliği canlı ve cansız varlıklar üzerinde etkilidir. Hava kirliliğini doğuran bazı temel etmenler vardır. Türkiye'de görülen yanma faaliyetleri ise temel olarak evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan, endüstriyel emisyonlardan ve motorlu kara taşıtlarından kaynaklanmaktadır. Özellikle evsel ısınma amaçlı kullanılan yakıtların yüksek oranda kükürt içermesi, yanlış yakma tekniğiyle açığa çıkan zehirli gaz miktarının artması hava kalitesini olumsuz etkilemektedir. Endüstri faaliyetlerinde ise atık gazların yeterli tedbir alınmadan atmosfere salınması ve bu alanların konumlandırılmasında rüzgar ve topoğrafi gibi coğrafi şartların göz önünde bulundurulmamasıyla kirliliğe katkı sağlanmaktadır. Motorlu kara taşıtlarının etkisi ise daha çok yanma dönemi olmayan zamanlarda trafiğin yoğun olduğu bölgelerde karşılaşılan hava kalitesinde görülmektedir.

Bu çalışmada Bursa Kenti hava kalitesi bakımından incelenmiştir. Bursa Kenti Türkiye'nin büyük kentlerinden biri olmasının yanında Cumhuriyet tarihinden beri endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaştığı bir kenttir. Kent nüfusu arttıkça aritmetik nüfus yoğunluğu da artmıştır. 2016 yılı Bursa Kenti'nde metrekareye 1390 kişi düşmektedir. Aritmetik nüfus yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda da orantılı olarak konut sayısı, araç sayısı artmaktadır, bu da hava kalitesini olumsuz etkilemektedir.

Hızla artan nüfus beraberinde hızlı ve çarpık bir kentleşmeyi de getirmiştir. Bu durum da özellikle evsel ısınmadan kaynaklı hava kirliliğini arttırmıştır. Kalitesiz katı yakıtların kullanımı, yanlış yanma teknikleriyle yanma faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi gibi durumlar bu sorunu ortaya çıkarmaktadır. 1960'lara kadar Bursa Kenti'nde sobalı evler çoğunlukta bulunurken, yeni konutların inşa edilmesiyle linyit ve fuel-oil kullanımında artış gözlenmiştir. Fakat konutlarda ve sanayide kullanılan bu yakıtlar yüksek kükürt içeriğine sahip ve kalorisi düşük yakıtlardır. 1980'li yıllarda ise petrol ve fuel-oil fiyatlarındaki artış nedeniyle kalorifer kazanlarında da kalitesiz kömür ve linyit kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum yetkililer tarafından fark edilerek 1982 yılında kömür yakılan kazanlara yasak getirilmiştir. Ayrıca hava kirliliğini önleyici olması bakımından 1992 yılında alınan kararlardan bir tanesi de Büyükşehir Belediyesi sınırlarına inşa edilen konutlarda güneş enerjisi sistemlerinin kurulmasını önermesiydi. Fosil yakıt kullanımından kaynaklanan hava kirliliğinin önüne geçilemeyince doğalgaz kullanımını teşvik edici yeni kararlar alınmıştır. 1992 yılında doğalgaz arzı öncelikle Organize Sanayi Bölgeleri'ne gerçekleştirilmiştir. Ekim 1992'de ise 90.000 konut için çalışmalar başlamıştır. Yapılan altyapı çalışmalarının neticesi olarak Bursa'da doğalgaza geçiş yapan abone sayısı 1999 yılında 128.152, 2005 yılında 301.540 olmuştur. 2015 yılsonu itibarıyla ise abone sayısı 884.480 BSS'ye yükselmiştir. Geçmişte hava kalitesinin bozulmasının asıl nedeni olarak evsel ve endüstriyel yanma faaliyetleri gösterilirken, günümüzde mobilitenin de her geçen gün artmasıyla motorlu taşıtlardan kaynaklı yanmalara da dikkat verilmiştir. 2015 Ekim ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı araç sayısı 19 milyon 793 bin 995 olmuştur. Ayrıca iş giriş çıkış saatlerinde ana yollarda trafiğin yoğun olması ve Bursa ilinin İzmir, İstanbul gibi illere giden çevre yollarının kesiştiği bir noktada olması motorlu kara taşıtlarından kaynaklı kirliliği arttırmıştır.

Bursa Kenti'nde hava kirliliğini arttıran bir diğer etmen ise Kent'te yoğun bir şekilde görülen endüstriyel faaliyetlerdir. Artan nüfusa paralel olarak endüstri faaliyetlerinin artması, zamanla endüstri bölgelerinin şehrin içinde kalmasına ve çevreyi doğrudan etkilemesine neden olmuştur. Sanayi Bursa ekonomisi bakımından önemli bir yere sahiptir. Özellikle otomotiv, makine imalatı, tekstil, gıda Bursa'nın sanayisinde ve ihracatında ağırlıklı olan sektörlerdir. 13 adet sicil almış OSB'nin bulunduğu ilde, 2014 yılı itibarıyla doluluk oranı; karma OSB'lerde %78, ihtisas OSB'lerde %8'dir. Endüstriden kaynaklanan hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden biri sanayi tesislerinin kurulumunda yanlış yer seçimidir. Buna bağlı olarak zamanla sanayiler şehrin içinde kalmaktadır. Ayrıca hakim rüzgar yönüne kurulan sanayi tesisleri kirli havanın direkt olarak şehre yönelmesine neden olmaktadır. Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı

emisyonlara bakıldığında; Bursa ekonomisinin can damarını oluşturan tekstil ve dokuma sanayisinden çıkan en önemli kirleticiler kumaşın işlenmesi sırasında oluşmaktadır. Bu işlemler sırasında toz, SO₂ ve organik buharların ve mistlerin çıkmasına neden olmaktadır. Demir çelik ve metal işleme sanayisinde ise kirlilik daha çok yüksek fırınlar ve ocakların metalleri eritme esnasında ortaya çıkan CO₂, toz, kül, metal oksit ve fümelerden kaynaklanmaktadır. Bunların yanında tehlike arz eden diğer bir sektör ise çimento sanayisidir. Bursa'da çimento ve toprak sanayisinde faaliyet gösteren 5 firma bulunmaktadır. Çimento endüstrisinde temel kirletici partiküler madde olup bunun yanında yanmadan kaynaklı kükürt, azot ve karbonlu azotlar da kirliliğe neden olmaktadır.

Hava kirliliğini etkileyen fiziki faktörlerden olan iklimik şartlar; olumlu ve olumsuz olmak üzere iki şekilde etkilerler. İklimik şartların uygun olmadığı ölçülerde, atmosferdeki kirliliği daha da arttırmakta, ya da kirli havanın çevreye yayılmasına sebep olmaktadır. Uygunluğu ölçüsünde ise kirli havanın doğal yollardan dağılmasına ve etkisinin azaltılmasında olumlu etkisi bulunmaktadır. Bursa İli'nde yeryüzü şekillerinin çeşitliliği, kuzey ve kuzeybatıdan gelen hava akımlarını karşılaması, dağlarla çevrili geniş çukurlukların olması ve Marmara Denizi'ne kıyısı olması nedeniyle iklim çeşitlenmiştir. Bursa ili, Karadeniz ve Akdeniz iklim özelliklerini bir arada bulundurmakta, Marmara geçiş iklimi özelliklerini göstermektedir. Diğer İklim sınıflandırmalarına bakıldığında ise; Rubner'in sıcaklık tabanlı yaptığı çalışmada Bursa Kent merkezini mutedil iklim tipinde, Uludağ'ı ise serin iklim tipinde değerlendirmiştir. Yağış oranlarına göre yaptığı sınıflandırmada ise Bursa kent merkezi kısmen nemli sınıfına girerken, Uludağ nemli iklim sınıfına girmektedir. Yatay hava hareketleri olan rüzgarlar, atmosferdeki kirli havayı yerleşim birimlerinin üzerinden taşıyarak hava kalitesine olumlu etki yapan iklimolojik faktörlerden birisidir. Bursa merkez istasyonunda hakim rüzgar yönü (% 49,3) N50°E iken, Uludağ zirve istasyonunda hakim rüzgar yönü (% 37,5) S23°E'dir. Bu iki istasyon arasında yatay konum olarak fazla bir uzaklık olmamasına rağmen Uludağ'ın konumu ve yükseltisi yerel basıncın ve hâkim rüzgar yönünün değişmesine neden olmaktadır.

Yerleşim birimlerinin kurulduğu yerlerin topografik özellikleri bölgenin hava kalitesi etkilemektedir. Özellikle topografyanın şekli, yükselti, bakı gibi özellikler hava kalitesini olumlu ve ya olumsuz etkilemektedirler. Bu etki daha çok hava kirliliğini konsantrasyonu ve havada kalış süreleriyle alakalıdır. Genel olarak Bursa Kenti topografik özelliklerine bakıldığında, Kent'te Marmara Bölgesinin en yüksek dağı olan Uludağ (2543 m) bulunmaktadır. Bunun yanı sıra ovayı çepeçevre saran yükseklikleri

1000 m'yi bulan sıradağlar ilin çevresinde engebeli araziye oluşturmaktadır. Ayrıca Marmara Denizi'ne kıyısı bulunan ilde rakım 0 m'den Merkez'de 100 m'ye ve Uludağ zirvede 2543 m'ye kadar çıkmaktadır.

Bir bölgenin hava kalitesini anlayabilmek için yıllar içerisindeki değişimini incelemek önemlidir. Bu yüzden bu çalışmada 1990-2016 yılları arasındaki günlük PM₁₀ ve SO₂ değerleri baz alınarak aylık ortalamalar oluşturulmuştur. Partiküler madde kirlenmesinde; 1990-1999 yılları arasında veriler çok düzenli bir şekilde alınmıştır. Eysel ısınmada fosil yakıtların ağırlıkta olduğu düşünüldüğünde bu dönemde partiküler madde konsantrasyonlarının yüksek seyretmesi normal görülebilmektedir. Özellikle yanma dönemleri olarak kabul edilen (Ekim-Mart arası dönem) uzun vadeli sınır değer olarak kabul edilen 150 (µg/m³)'ün üzerinde seyretmektedir. Yakıt kalitesindeki kontroller sayesinde zamanla düşüğe geçen partiküler madde konsantrasyonları 2000-2008 yılları arasında ciddi düşüş yaşamıştır. 2008-2016 yılları arasına bakıldığında partiküler madde konsantrasyonlarının son yıllarda arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise endüstri bölgelerinde yoğunlaşma ve şehrin genişleyerek endüstri bölgelerinin içerisinde kalmasıdır. Ayrıca motorlu taşıt sayısının giderek artması da nedenler arasında sayılabilmektedir. AB uyum yasaları ile birlikte limit değer düşürüldüğünde ise 2014-2015 ve 2016 yıllarında neredeyse tüm aylarda uzun vadeli sınır değeri aştığı görülmektedir. Kısa vadeli sınır değeri ise yaz ayları olarak kabul edilen Haziran - Temmuz - Ağustos ayları haricinde geçildiği görülmektedir. Hatta Kasım - Aralık aylarında aylık ortalamaların 150 µg/m³'e yaklaşması aslında konsantrasyonların da ne denli arttığını göstermektedir. Özellikle yanma dönemlerinde konsantrasyonlar yüksek seyretmiştir. Hava kirliliği denilince akla ilk gelen kirleticilerden olan kükürt dioksit uzun yıllar boyunca Türkiye'de önemli bir problem olmuştur. Düşük kalitede yakıtların kullanılması, yanlış yakma teknikleri kullanılması gibi nedenlerle konsantrasyon miktarı artan kükürdün; zararlarının anlaşılması ve tedbirler alınmasıyla yıllar içerisinde konsantrasyonu giderek azalmıştır. Bursa Kenti'nde 1990'ların başında Ocak ayı konsantrasyon miktarı 700 µg/m³'leri bulurken, 2000'lere gelindiğinde bu rakam 70 µg/m³'lere kadar düşmektedir. 2000-2008 yılları arasına genel olarak bakıldığında da yanma dönemleriyle yaz dönemleri arasındaki farkın az olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu yıllarda kısa vadeli sınır değeri aşılmamıştır. Bu da SO₂ kirlenmesinin sadece evsel ısınmadan kaynaklanmadığını göstermektedir. Eysel ısınmanın yanında endüstriyel tesislerin şehrin içinde kalması, motorlu taşıt sayısındaki artışlar kükürt dioksidin yıl boyu yakın seviyelerde kalmasına neden olmaktadır. 2008 yılında 50 µg/m³ seviyelerine gerileyen konsantrasyon miktarı 2009 yılından itibaren 20 µg/m³ seviyelerine kadar düşmüştür.

Bursa Kenti hava kalitesinin zaman içerisindeki durumu incelenirken sadece 2 kirleticinin verileri baz alınmıştır. Bursa Kenti'nde 2015-2016 yıllarında aktif olarak ölçüm yapan 5 istasyondan alınan kirletici verileri de incelenmiştir. Çalışmada öncelikle istasyonun konumu ve özelliklerine değinilip, bulunduğu konuma yakın olan unsurlar değerlendirilmiştir. Daha sonra günlük ve aylık ortalamaları alınarak maksimum değerlere ulaştığı gün ve saatler belirlenmiştir. Halen aktif olarak kullanılan ve en eski istasyonlardan olan “*Bursa istasyonu*” kentin kuzeyinde bulunmaktadır. Öncelikle istasyon iki büyük organize sanayi bölgesinin ortasına konumlandırılmıştır. İstasyonun 6 km batısında BOSAB (Bursa Organize Sanayi Bölgesi), 3 km kuzeydoğusunda DOSAB (Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi) bulunmaktadır. Şehir merkezine uzaklığı ise 5 km'dir. İstasyon verilerine göre partiküler madde oranları yıl boyu yüksek seyretmiş ve çoğu zamanda 24 saatlik, ve yıllık limit değerler aşılmıştır. 2015 Kasım ayında 22 gün Aralık ayında 25 gün; 2016 yılı Kasım ayında 17 gün, Aralık ayında ise 22 gün 24 saatlik limit değer aşılmıştır. İki sene arasında ciddi farklılıklar olmamakla birlikte 2016 yılında ortalamalar biraz daha yüksektir.

Beyazıt Caddesi istasyonu şehrin merkezine yakın konumlandırılmıştır. Yıldırım ilçe sınırlarında bulunan istasyon, kent merkezine 1,5 km uzaklıktadır. Konum itibariyle yerleşme ve trafiğin yoğun olduğu bir bölgedir. Yerleşmeler genelde apartman tipi olup çoğunluğu ısınmada doğalgaz kullanmaktadır. İstasyonda PM10, SO₂, NO, NO₂, NOX, CO kirleticileri ölçülmektedir. Partiküler madde oranları Bursa istasyonunda olduğu gibi bütün yıl yüksek oranlardadır. Günlük ortalamalar içerisinde en yüksek ortalamaya sahip güne bakıldığında ise 2015 yılı Şubat ve Kasım aylarında 300 µg/m³'lere kadar çıktığı görülmektedir. Bu da partiküler madde için Hava Kalitesi İndeksi'ne göre “**sağlıksız**” hava kalitesine sahip olduğu göstermektedir. 2016 yılında ise yine Kasım ve Aralık aylarında değerler 300 µg/m³'leri bulmuştur. Azot dioksit (NO₂) yıllık sınır değer limit ise 2015 yılı için 56 µg/m³, 2016 yılı içinse 52 µg/m³'tür. 2015 yıllık ortalama değer 69,5 µg/m³, 2016 yılı 68,3 µg/m³ olduğu kaydedilmiştir. Bu bağlamda saatlik limit değer aşımı olmasa da yıllık limit değerini iki yılda da üzerine çıkıldığını görülmektedir. Günlük ortalamaların maksimum değerlerinde ise özellikle NOX'in 2015 Aralık ayında 600 µg/m³'leri bulduğu görülmektedir. 2016 yılında ise Ocak, Kasım ve Aralık aylarında 600 µg/m³'ün üzerine çıkmıştır. Trafiğin yoğun olduğu bu bölgede azot dioksit konsantrasyonu sene boyunca bir hayli yoğundur. NOX için ise sadece yıllık sınır değer 30 µg/m³ olarak belirtilmiştir. İki yılda da yıllık ortalamalara bakıldığında değerlerin limit değerini çok üstünde olduğu görülmektedir. Özellikle bu istasyonda azot oksitlerin konsantrasyon oranlarının canlı sağlığı ve ekosistemin korunması için düşürülmesi gereklidir.

Osmangazi ilçe sınırlarında yer alan *Kültürpark istasyonu* şehrin nefes alan yerlerinden kabul edilen “Reşat Oyal Kültür Parkı” içerisinde yer almaktadır. Yakınında iki büyük park olmasına rağmen Kültürpark istasyonu şehrin merkezine çok yakındır. Şehir merkezine ulaşan yolların kenarındadır. Altıparmak, Çekirge, Merinos gibi hem yoğun nüfuslu hem de günün her saati hareketli olan merkezlere yakındır. 2013 Mart ayında Marmara Temiz Hava Merkezi Müdürlüğü tarafından faaliyete geçirilen istasyonda SO₂, NO, NO₂, O₃, kirleticileri ölçülmektedir. Genel olarak istasyonun ölçtüğü kirleticilerin konsantrasyon oranlarına bakıldığında diğer istasyonlara nazaran daha düşüktür. Bunun nedeni ise istasyonun parkın içerisinde olması denebilir. 6000’den fazla ağacı bünyesinde bulunduran Kültürpark, kirletici konsantrasyonunu da etkileyebilir. Sadece diğer istasyonlarda da olduğu gibi azot oksitlerin oranları yüksektir. NOX yıllık ortalamalarına göre 2015 ve 2016 yılında limit değeri aşılmıştır. Azot oksitlerin genel olarak bu istasyonda fazla çıkmasının nedenlerinden biri istasyonun trafiğin yoğun olduğu bir bölgede bulunmasından kaynaklanmaktadır. Azot oksitlere bağlı olarak artan diğer bir kirletici ise ozondur. 8 saatlik aralarla ölçümü gerçekleştirilen ozonun (O₃) belirlenen limit değeri 120 µg/m³’dür. Bu değere göre aylık ortalamalara bakıldığında iki yılda da limit değeri aşılmadığı görülmektedir. Saatlik bilgi eşiği 180 µg/m³, uyarı eşiği ise 240 µg/m³’dür. Bu istasyonda saatlik bilgi eşiği 2015 yılı Temmuz ayında 10 defa, Ağustos ayında 12 defa, Eylül ayında ise 9 defa aşılmıştır. Saatlik uyarı eşiği ise Temmuz ayında 290 µg/m³ değeri ile bir defa aşılmıştır. 2016 yılında ise saatlik bilgi eşiği Temmuz ayında 5 defa, Ağustos ayında ise 2 defa aşılmıştır. Saatlik uyarı eşiği ise 606 µg/m³ değeri ile Temmuz ayında aşılmıştır. Özellikle yaz aylarında sıcaklığın artmaya başladığı öğle vaktinden sonra konsantrasyon değerlerinde de artmalar olmuştur.

Uludağ Üniversitesi Görükle Yerleşkesi içerisinde bulunan istasyon Nilüfer ilçe sınırlarında yer almaktadır. İstasyon konum itibarıyla şehir merkezine uzak olsa da eğitim fonksiyonuyla nedeniyle yoğun nüfuslanan bir bölgededir. Şehrin batısında Balıkesir-İzmir yolu güzergâhında bulunan istasyon, Bursa’nın en büyük organize sanayi bölgesi olan Bursa Organize Sanayi Bölgesi BOSAB’a 5 km uzaklıktadır. Bunun yanı sıra istasyonun yakınında NOSAB (Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi), Bursa Küçük Sanayi Sitesi ve Kayapa Islah Organize Sanayi Bölgesi bulunmaktadır. Genel olarak yeni yerleşim bölgelerine yakın olduğundan evlerde doğalgaz kullanılmaktadır. SO₂,NO,NO₂,O₃,PM_{2,5} ölçümü saatlik yapılmaktadır. Genel olarak kirletici konsantrasyonları diğer istasyonlara göre çok düşüktür. Bunun nedeni olarak istasyonun kent merkezine uzak ve yerleşimlerin seyrek olduğu bir bölgede konumlandırılmış olması olabilir. Diğer istasyonlardan farklı olarak bu istasyonda PM_{2,5}

ölçümü de yapılmaktadır. HKDY'de ve AB standartlarında herhangi bir limit değerin belirtilmediği kirletici için Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği 24 saatlik limit değer 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yıllık limit değer ise 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ölçüt olarak alınmıştır. Bu bağlamda günlük ortalamaların aylık ortalamasına bakıldığında $\text{PM}_{2.5}$ değerleri yılın her ayı limit değeri aşmıştır. Ayrıca yıllık limit değer de 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ile aşılmıştır. Yılın her ayında değerlerin yüksek seyretmesi aslında bu kirleticinin sadece yanma kaynaklı olmadığını göstermektedir.

Bursa Kenti'nde aktif olan bir diğer istasyon ise *Nilüfer İstasyonu*'dur. Nilüfer ilçesi sınırlarında bulunan istasyonun yaklaşık 2 km uzaklığında Bursa Organize Sanayi Bölgesi (BOSAB) ve Nilüfer Organize Sanayi Bölgesi (NOSAB) bulunmaktadır. İstasyonda kükürt dioksit (SO_2), azot oksitler (NO, NO_2 , NO_x), karbon monoksit (CO), ozon (O_3), partikül madde (PM_{10} ve $\text{PM}_{2.5}$) ve hidrokarbonların (CH_4 ve N-CH_4) ölçümü yapılmaktadır. Saatlik ortalamaları alınarak oluşturulan 2016 yılı kirletici konsantrasyonları ortalamaları yıllık olarak incelendiğinde 2015 yılında daha yüksek olduğu görülmektedir. Partiküler madde kirleticileri aylık yıl boyunca birbirine yakın değerlerde seyretmiştir. Yaz aylarında bile değerler 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'lerden aşağıya inmemiştir. PM_{10} kirleticisinin de yıllık limit değeri aştığı görülmektedir. Yanma döneminde ortalamalar nispeten daha fazla olsa da yaz aylarına gelince ciddi düşüş yaşamaması bu kirleticilerin sadece ısınmadan dolayı yanma kaynaklı olmadığını göstermektedir. $\text{PM}_{2.5}$ için de aynı özellikler geçerlidir.

Kaynaklardan atmosfere bırakılan kirleticiler, atmosferin yapısal özelliklerine uyarak meteorolojik değişkenlerin kontrolüne girerler. Bu yüzden atmosferik etmenler hava kalitesini dolaylı ve doğrudan yollarla etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda meteorolojik parametrelerinin hava kalitesi ile ilişkileri değerlendirilmiştir. Bursa kentinde yapılan çalışmaya göre ise SO_2 ve PM konsantrasyonlarının salınımında meteorolojik etmenlerin tek başına bir parametre olmadığı tespit edilmiştir.

Son olarak Bursa Kenti hava kalitesi mekânsal analiz yöntemiyle incelenmiştir. ArcGIS 10.5 programı üzerinden IDW yöntemiyle yapılan; 2015 – 2016 yılı SO_2 kirleticisinin mekânsal analizine bakıldığında 2015 yılında kirliliğin kentin kuzeydoğu istikametine doğru arttığı görülürken, 2016 yılında kirliliğin daha çok Beyazıt Caddesi istasyonuna doğru kentin güneydoğusuna kaydığı görülmektedir. Bir diğer önemli husus 2015 yılında kentin kuzeyinde kirlilik hakim iken, 2016 yılında kirlilik oranlarının düştüğü görülmektedir. İki yılda da Osmangazi ve Yıldırım ilçeleri, Nilüfer ilçesinden daha kirli durumdadır.

KAYNAKÇA

- Abi, K. (2010). İklim Değişikliklerinin Bursa'nın Sıcaklık Özellikleri Üzerine Yansımaları. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Orta Öğretim Sosyal Alanları Eğitimi Ana Bilim Dalı Coğrafya Öğretmenliği Bilim Dalı.
- Akay, M. E. (2003). Kırıkkale'de Hava Kirliliğinin Meteorolojik Parametrelerle İlişkisinin Araştırılması. *Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü Sempozyumu*, (s. 13-19). İzmir.
- Alkaya, B., & Yıldırım, M. A. (2000). Taşıtlı Kaynaklı Kirlenmelerin Azaltılma Yöntemleri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, s. 15-20.
- Anonim. (2012a). *81 İl Durum Raporu*. Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı.
- Anonim. (2015). *Orhaneli Termik Santrali*. Aralık 18, 2015 tarihinde Enerji Atlası: <http://www.enerjiatlas.com/komur/orhaneli-termik-santrali.html> adresinden alındı
- Ardel, A. (1943). Marmara Bölgesinin Güneydoğu Havzalarının Morfolojik Karakterleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 0 (2), 160-173.
- Ardel, A. (1945). Bursa Ovası ve Çevresi. *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı 7-8, 62-93.
- Ardel, A. (1947). İnegöl Ovası ve Çerçevesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 64-95.
- Ardel, A., Kurter, A., & Dönmez, Y. (1969). *Klimatoloji Tatbikatı*. İstanbul: Taş Matbaası.
- Aşık, B. B., Özsoy, G., Aksoy, E., & Katkat, V. (2013). *Sanayileşme ve Kentleşmenin Tarım Üzerinde Etkileri Bursa İli Örneği*. Bursa: Bursa Ticaret Borsası Yayınları.
- Atalay, İ. (2013). *Uygulamalı Klimatoloji*. İzmir: Meta Basım.
- Avcı, S. (2005). Türkiye'de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13:1-26.
- Avol, E. v. (2001). Respiratory Effects of Relocating to Areas of Differing Air Pollution Levels. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2067–2072.
- Aytaç, S. (2004). Bursa'da Kültür Değişimi: Göç Olgusuna Sayısal Bir Bakış. *Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*. Cilt 6, Sayı 2.
- BBB, B. B. (2006). *Bursa'da Kent Kültürü ve Kentlilik Bilinci Araştırması*. Bursa: Bursa Büyükşehir Belediyesi Yayınları.
- BBB, B. B. (2017, Mayıs 04). *Reşat Oyal Kültür Pakı*. İBB: <http://www.bursa.bel.tr/hizmetler/sayfa/183> adresinden alınmıştır

- Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, B. (2015). *OSB Bilgi Sitesi*. Aralık 17, 2015 tarihinde Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı: https://osbbs.sanayi.gov.tr/FormViewPage.aspx?layoutID=7&FK_ID=46 adresinden alındı
- Borrego, C., Tchepel, O., Barros, N., & Miranda, A. (2000). Impact of Traffic Emissions on Air Quality of the Lisbon Region. *Atmospheric Environment*, 4683-4690.
- Briggs, D. J., Collins, S., Elliott, P., Fischer, P., Kingham, S., Lebre, E., . . . Veen, A. V. (1997). Mapping urban air pollution using GIS: A regression-based approach. *International Journal of Geographical Information Science*, 699-718.
- BTSO. (2015). *Açılan ve Kapanan Firma İstatistikleri*. Bursa: BTSO.
- BTSO. (2015). *Bursa İlk 250 Firma Araştırması*. Bursa: BTSO.
- Buluç, M., & Tuna, F. (2015). Analysis of PM10 Pollutant in Istanbul by Using Kriging and IDW Methods: Between 2003 and 2012. *International Journal of Computer and Information Technology (ISSN: 2279 – 0764)*, 170-175.
- Bursagaz. (2014). *2013-2014 Faaliyet Raporları*. Bursagaz.
- Bursagaz. (2015). *Bursagaz Sürdürülebilirlik Raporu*. Bursagaz.
- Calvert, C., & Englund, H. (1984). *Handbook of Air Pollution Technology*. John Wiley & Sons.
- Cerit, O. (2016). *Hava Kirliliği Kontrolü*. http://cerit.cumhuriyet.edu.tr/ders/cmghafta_8/HavaKirliligiKontrolu.pdf: Çevre Mühendisliğine Giriş Dersi Notları.
- CITEPA. (2004). *Corinair Inventory-Default Emission Factors Handbook*. Paris: CECDGX1.
- Çakır, S. (1988). Hava Kirliliğinden Kaynaklanan Asit Depolanması ve Çevrede Yaratacağı Olumsuz Etkiler . *Çevre* 5, 35-44.
- Çakıroğlu, M. (1996). Motorlu Taşıt Trafikinde Egzoz Emisyonları. *I. Ulusal Ulaşım Sempozyumu*. İstanbul.
- Çelik, S., Bacanlı, H., & Görgeç, H. (2008). *Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri*. Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü .
- Çepel, N. (1983). *Genel Ekoloji*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Çetin, Ş., Karademir, A., Pekey, B., & Ayberk, S. (2010). Kocaeli İli'nde Trafik Kaynaklı Hava Kirlleticilerinin Emisyon Envanteri., (s. 166-177).
- Çevre Bakanlığı, M. (1986, Kasım 02). *Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği*. Mayıs 17, 2017 tarihinde SGK.BİZ: <http://www.sgk.biz.tr/mevzuat/20742.html> adresinden alındı

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). *Hava Kalitesi izleme İstasyonları*. Mayıs 17, 2017 tarihinde CBS Haritası: <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> adresinden alındı
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). *Raporlar*. Ocak 2017 tarihinde Hava Kalitesi İzleme İstasyonları: <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> adresinden alındı
- Çiçek, İ., Türkoğlu, N., & Gürgen, G. (2004). Ankara'da Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Cilt 14 Sayı 2*, 1-18.
- Çiftçi, M., & Bilmez, A. (2014). *Termik Santraller Raporu*. Ankara: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, ETKB.
- ÇKKM, Ç. K. (2016, Mart 17). *Nilüfer'in havası kontrol altında*. Nilüfer Belediyesi: http://www.nilufer.bel.tr/haber-3329-niluferin_havasi_kontrol_altinda_ adresinden alınmıştır
- Darkot, B., & Tuncel, M. (1981). *Marmara Bölgesi Coğrafyası*. İstanbul: İstanbul Basımevi.
- Daylan, E., & İncecik, S. (2002). İstanbul'da Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Hava Kalitesinin İncelenmesi. *İTÜ Dergisi /D Mühendislik*, 1(2), 51-62.
- Doğru, Ö., Alkoy, S., Başaraner, M., Şahin, Ü., Uluğtekin, N., & Şeker, Z. (2008). Hava Kirliliğinin Halk Sağlığı Üzerinde Etkilerinin CBS ile Değerlendirilmesi. *Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu*.
- DOSAB. (2015, Ekim 24). *DOSAB Buhar ve Elektrik Üretim Santrali Haberler*. Aralık 18, 2015 tarihinde DOSAB: <http://www.dosabsantral.com/Detay/104/DOSAB%60DAN-KAMUOYUNA-DUYURU> adresinden alındı
- Dönmez, Y. (1984). *Umumi Klimatoloji ve İklim Çalışmaları*. İstanbul: Güryay Matbaacılık.
- DPT. (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Raporu*. Ankara: Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları.
- Dumanoğlu, Y., & Bayram, A. (2013). İzmir'de Kent Merkezi ve Yakın Çevresinde Ölçülen Ozon ve Azot Dioksit Seviyelerinin Zamansal Değişiminin İncelenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 65-73.
- EEA. (2014). Air Pollution Country Factsheet: Turkey. <http://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-country-fact-sheets>.
- EEA, E. (2014). *Airquality in Europe — 2014 report*. <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>.
- EGM. (2015). *İllere Göre Motorlu Taşıt Sayısı*.

- Enemari, J. (2001). Vehicular Emission, Environmental And Health Implications. *Conference On Phase-out Of Leaded Gasoline In Nigeria*, (s. 2-6). Nicon Hilton Hotel, Abuja.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2014). *2014 Yılı Faaliyet Raporu*. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı.
- EPDK. (2014). *Doğalgaz Sektör Raporu*. EPDK.
- Erbaşlar, T. (2005). Bursa Atmosferi'ndeki Klasik Hava Kirletici Konsantrasyon Seviyeleri ve Birbirleri ile İlişkilerinin Tespiti. *Yüksek Lisans Tezi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi FBE.
- Erbaşlar, T., & Taşdemir, Y. (2007). Kentsel Bir Atmosferde Bazı Hava Kirleticilerinin Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 12, Sayı 2.
- Erinç, S. (1984). *Klimatoloji ve Metodları*. İstanbul: Gür-ay Matbaası.
- Erol, O. (2014). *Genel Klimatoloji*. İstanbul: Çantay Kitapevi.
- Ertürk, F. (1996). Hava Kirliliği ve Kontrolü Ders Notları. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Ertürk, S. A. (2008). Bursa Ovası Ve Çevresinin Ziraat Hayatı. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı.
- Eser, E., Dinç, G., Özcan, C., & Tartan, M. (1999). Rutin Hava Kirliliği Ve Meteoroloji Verileri İle Bir Gün Sonraki Hava Kirliliğinin Tahmini Üzerine Bir Deneme. *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, (s. 105-114). İzmir.
- ESRI. (2014). *ArcGIS Spatial Analiz*. ANKARA: Esri Türkiye.
- Ethemoğlu, A. B. (1996). Bursa Büyükşehir İçin Mevsimlere Göre Hava Kirliliği Analizi. *Yüksek Lisans Tezi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Anabilim Dalı.
- Finlayson-Pitts, B. J. (1986). *Atmospheric Chemistry: Fundamentals and Experimental Techniques*. New York: John Wiley.
- Flanney, T. (2005). *İklimin Efendileri İklim Değişikliğinin Tarihçesi ve Geleceğimize Etkileri*. İstanbul: Klan Yayınları.
- Garipağaoğlu, N. (2014). *Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası*. İstanbul: Yeditepe Yayınları.
- Gauderman, W. J. (2002). Association between Air Pollution and Lung Function Growth in Southern California Children: Results from a Second Cohort. . *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166(1), 76–84.
- Genç, Ş. (1986). *Uludağ-İznik Gölü Arasının Jeolojisi*. Ankara: M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdüleri Dairesi.

- Gültekin, A. H., & Örgün, Y. (1993, Ekim-Kasım-Aralık). Doğalgaz ve Çevre. *Çevre Dergisi*, s. 37-41.
- Gümüş, F. U. (1991). İstanbul Fatih İlçesinde Bazı Hava Kirliliği Parametrelerinin Tespiti ve İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Analitik Kimya Anabilim Dalı .
- Gümüşay, M. U. (1997). Arsa Üretimine Yönelik Coğrafi Bilgi Sistemleri Tasarımı ve Uygulanması. *Doktora Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güngördü, M. (1982). Güney Marmara Bölümünün (doğu kesimi) Bitki Coğrafyası. *Basılmamış Doktora Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniv., Edebiyat Fak. Coğrafya Böl.
- Güngördü, M. (1999). *Marmara Bölgesinin Bitki Coğrafyası*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.
- Hayır, M. (2009). Sakarya da Sanayi Faaliyetleri ve Özellikleri. . *Kentsel Ekonomik Araştırmalar Sempozyumu II. Kentsel Ekonomik Araştırmalar Sempozyumu*, (s. 157-176).
- HEAL, H. A. (2015). *Türkiye'de Hava Kirliliği ve Sağlık Gerçekler, Veriler ve Öneriler*. http://env-health.org/IMG/pdf/150220_factsheet_air_and_health_turkey_tr_final.pdf.
- HKDY. (2008, Haziran 6). Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği. *EK 1*.
- HKİ, Ç. V. (2017, Mart 20). *Hava Kalitesi İndeksi*. Hava İzleme: <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html> adresinden alınmıştır
- HKKY. (1986, Kasım 2). HAVA KALİTESİNİN KORUNMASI YÖNETMELİĞİ. *Hava Kalitesi Sınır Değerleri*.
- IARC, I. A. (2013). *Outdoor air pollution a leading environmental cause of cancer deaths*. http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf: International Agency for Research on Cancer (IARC) of the WHO.
- İÇRD Bursa. (2004-2014). *2004-2014 Yılı Çevre Durum Raporları*. Bursa: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- İHK. (1987-2003). *İl Hıfzısıhha Kurulu Kanunları*.
- IHME, I. (2014). *Lobal Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study*. <http://www.healthdata.org/gbd>: <http://www.thelancet.com/themed/global-burden-of-disease>;
- İncecik, S. (1994). *Hava Kirliliği*. İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası.
- IPCC , I. (2007). *IPCC Working Group II Fourth Assessment Report*. Geneva: IPCC.
- Jerrett, M., Burnett, R. T., Ma, R., III, C. A., Krewski, D., Newbold, K. B., . . . Thun, M. J. (2005). Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiology*, 16(6), 727-736.

- Karaburun, A., & Demirci, A. (2012). Students use GIS to determine spatial distribution of carbon dioxide in their school; An indoor GIS case study. *European Journal of Educational Studies*, 4(3), 339-348.
- Karadağ, A. (1999). Meteorolojik Ve Klimatolojik Verilere Göre İzmir'de Hava Kirliliği Ve Beşeri Etkenlerin Rolü. *Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, (s. 134-142). İzmir.
- Karatepe, N., Yavuz, R., Meriçboyu, A. E., & Öztürk, M. (1998). *Kömürün Yakılmasından Kaynaklı Kirleticiler ve Emisyon Değerleri, Kömür Özellikleri, Teknolojisi ve Çevre İlişkileri*. Özgün Ofset Matbaacılık A.Ş.
- Kardeşoğlu, E., Yalçın, M., & Işlak, Z. (2011). Hava Kirliliği ve Kardiyovasküler Sistem. *TAF Preventive Medicine Bulletin*, 97-101.
- Karpuzcu, M. (1994). *Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü*. İstanbul: Kubbealtı Neşriyat.
- Kayacılar, C. (1999). Gemlik Körfezi - İznik Gölü - Bursa ve Yenişehir Ovaları Arasında Kalan Sahanın Jeomorfolojisi. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul: İst. Üniv. Sos. Bil. Enst.
- Keskin, E. B., Sağocak, M., & Arslan, T. V. (2015). Kentlilik Bilinci Çalışmaları İçin Bir Model Önerisi: Bursa'da Kentlilik Bilinci Araştırması. *Paradoks Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 21-43.
- Kılıç, T., Gümüş, A., & Bozkurt, T. (2006). *Motorlu Tasıtlar Ve Adapazarın'da Motorlu Tasıtlardan Kaynaklı Emisyonların Envanterlenmesi*. Ocak 2016 tarihinde <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/raporlar/motorlu-tasitlar-ve-emisyonlari.pdf> adresinden alındı
- Kırımhan, S. (2006). *Hava Kirliliği ve Kontrolü*. Ankara: Turhan Yayınevi.
- Kışlalıoğlu, M., & Berkes, F. (2009). *Ekoloji ve Çevre Bilimleri*. İstanbul: Remzi Kitabevi.
- Koç, T. (1998). İklim Bilimi Çalışmaları. *Necatibey Eğitim Fakültesi, Orta Öğretim Sosyal Alanları Eğitim Bölümü, Coğrafya Eğitimi Anabilim Dalı Ders Notları*,. Balıkesir.
- Koç, T. (2001). *Kuzeybatı Anadolu'da İklim ve Ortam*. İstanbul: Çantay Kitapevi.
- Köpük, G. (2003). Bursa Ovası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı.
- Matthies, F., Bidder, G., & Cardenosa, M. N. (2008). *Heat-Health Action Plans Guidance*. Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.
- Mevzuatı Geliştirme ve Genel Yayın Müdürlüğü, e. (2008, 06 06). *Hava Kalitesi Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği*. Mayıs 17, 2017 tarihinde Mevzuat Bilgi Sistemi: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatIlski=0&MevzuatKod=7.5.12188&sourceXmlSearch> adresinden alındı

- Milliyet. (1993, Mart 01). *Gazete Arşivleri*. Aralık 18, 2015 tarihinde Milliyet: <http://gazetearsivi.milliyet.com.tr/Yatagan%20Termik%20Santrali/> adresinden alındı
- Min, D. L., & Yung, C. L. (2002). The Application Of GIS To Air Quality Analysis İn Taichung City, Taiwan. *Roc, Environmental Modelling & Software*, (2002)17, 11–19.
- Muslu, Y. (2000). *Ekoloji ve Çevre Sorunları*. İstanbul: Aktif Yayınları.
- Müezzinoğlu , A., Elbir , T., & Bayram, A. (1998). Inventory Of Emissions From Major Air Pollutant Categories İn Turkey. *Environmental Engineering and Policy* 1, 109-116.
- Müezzinoğlu, A. (1987). *Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları*. İzmir : Dokuz Eylül Üniversitesi Yayınları.
- Nathanson, J. A. (1999). *Basic Environmental Technology*. Prentice Hall.
- Nilüfer Belediyesi. (2017). *Hava Ölçüm Sonuçları 2016*. Mart 2017 tarihinde Nilüfer Belediyesi: http://www.nilufer.bel.tr/icerik-83-hava_olcum_sonuc_lari_2016 adresinden alındı
- OECD. (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050*. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>: OECD Publishing.
- OECD, G. (2014). *The Cost of Air Pollution – Health Impacts of Road Transport*. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264210448-en>: OECD Publishing.
- Oğuz, K., & Pekin, M. A. (2015). Meteorolojik Koşulların Hava Kirliliği Üzerine Etkilerinin İncelenmesi: Keçiören İlçesi Örneği. İstanbul: VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu. ResearchGate. adresinden alınmıştır
- Özer, S. (2003). Bursa'da Hava Kirliliği Sorunu ve Alternatif Enerji Kaynakları. *Yüksek Lisans Tezi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Kentleşme ve Çevre Sorunları Bilim Dalı.
- Özhatay, N. A. (2003). *Türkiye'nin Önemli Bitki Alanları*. Doğal Hayatı Koruma Vakfı.
- Öztürk, M. Z. (2010). Uludağ (Zirve) ve Bursa Meteoroloji İstasyonlarının Karşılaştırmalı İklimi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 13-24.
- Pala, K., Akiş, N., İzgi, B., Gücer, Ş., Aydın, N., & Aytekin , H. (2002). Blood Lead Levels of Traffic Policeman in Bursa, Turkey. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 205, 361 - 365.
- Pala, K., Nalan, A., & ark., v. (2002). Blood Lead Levels of Traffic Policeman in Bursa. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 205, 361 - 365.
- Payan, F. (1997). Bursa İlinin Hava Kirliliği Haritasının Çıkartılması. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Payan, F., & Ertürk, F. (2002). SO₂ ve NO_x Kirlenmelerinin 1995-1996 Kış Sezonunda Bursa İçin Hava Kirliliği Haritalarının Oluşturulması. *Ekoloji Çevre Dergisi Cilt: 11 Sayı: 45*, 14-17.
- Philippon, A. (1918). *Kleinasien, Handbuch der Regionalen Geol.*
- Ribas, A. P. (2004). Temporal Patterns Of Surface Ozone Levels İn Different Habitats Of The Northwestern Mediterranean Basin. *Atmospheric Environment* 38, 985–992.
- Rodhe, H. (1989). Acidification in global perspective . *Ambio* 18, 155-160.
- Sayın, A. S. (1989). İstanbul Kartal İlçesinde Hava Kirliliği Kaynaklarının Belirlenmesi İçin Pilot Çalışmalar . *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniv. Fen Bilimleri Enst.
- Seinfeld, J. H. (1975). *Air Pollution: Physical and Chemical Fundamentals*. McGraw-Hill Inc.
- Selim, H. (2004). Kuzey Anadolu Fayı'nın Güney Koluna Ait Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa Faylarının Morfolojik, Sismolojik ve Jeolojik Özellikleri. *Doktora Tezi*. İstanbul: İ.T.Ü., Avrasya Yer Bilim. Enst.
- Shelley, P. B. (2016, Kasım 18). *Peter Bell the Third by Miching Mallecho, Esq.* knarf.english: <http://knarf.english.upenn.edu/PShelley/pbell.html> adresinden alınmıştır
- Sillman, S. (1999). The Relation Between Ozone, Nox And Hydrocarbons İn Urban And Polluted Rural Environments. *Atmospheric Environment* 33, 1821–1845.
- Sohrabinia, M., & Khorshiddoust, A. M. (2007). Application Of Satellite Data And GIS İn Studying Air Pollutants İn Tehran. *Habitat International*, 31, 268–275.
- Solomon, P. C. (2000). Comparison Of Scientific Findings From Major Ozone Field Studies İn North America And Europe. *Atmospheric Environment* 34, 1885–1920.
- Sonsuz , B., Kargioğlu, F., Şıpka, M., & Oruç, M. (2011, Mayıs). Adapazarı İlçesindeki Endüstriyel Kaynaklı Emisyonların Envanterlenmesi. *Bitirme Tezi*. Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü.
- Söyleyici, F. D., & Dursun, Ş. (16-18 Ekim 2002). Konya İli Bölgesindeki Meteorolojik Özelliklerin Hava Kirliliğine Etkisi. *I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu* (s. 296-303). Erzurum: Atatürk Üniversitesi.
- Şenyuva, T. (1991). Bursa Ovasının Hidrojeoloji İncelemesi. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tağıl, Ş. (2007). Geostatistic Techniques For Understanding The Effects Of Air Pollution On Spatial Distribution Of Respiratory Diseases İn The City Of Balıkesir. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 37-56.

- Taşdemir, Y., Erbaşlar, T., & Günez, H. (2004). Taşdemir, Y., Erbaşlar, T., Günez, H., "Atmosferik Partikül Maddelerin Kuru Çökme Akıplarının Ölçümü: Bergerhoff Metodunun Uygulanması" *Sigma. Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi, Sayı 1*, 64-72 (ISSN:1304-7191).
- Tatar, Ç. P. (2014). Kurşun Maruziyetinin İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi / Araştırma*. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- THSK, T. H. (2017, Mayıs 06). *Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri*. Çevre Sağlığı Daire Başkanlığı: <http://cevresagligi.thsk.saglik.gov.tr/bilgi-dokumanlar/halk-sagligina-yonelik/992-hava-kirlili%C4%9Fi-ve-sa%C4%9Flu%C4%B1k-etkileri.html> adresinden alınmıştır
- Tırıs, M., Kalafatoğlu, E., & Okutan, H. (1993). *Hava Kirliliği ve Kontrolü*. Kocaeli: Marmara Araştırma Merkezi Matbaası.
- TODAİE. (2015). *Yerelnet Bursa*. Aralık 20, 2015 tarihinde Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü: <http://bursa.yerelnet.org.tr/> adresinden alındı
- TTB. (2000). *Yatağan'da Hava Kirliliğinin Tespiti Raporu*. Türk Tabipler Birliği.
- TUİK. (2016). *Haber Bülteni*. TUİK, Çevre İstatistikleri.
- TUİK. (2017). *ADKNS'ye Göre Nüfus Sayımları*. Ankara: TUİK.
- TUİK. (2017). *Hava Kalitesi İstatistikleri*. Mayıs 15, 2017 tarihinde TUİK: <https://biruni.tuik.gov.tr/cevredagitimapp/hava.zul> adresinden alındı
- TUİK-EGM. (2015, Ekim). Motorlu Kara Taşıtları . *2015 Ekim ayı Haber Bülteni*. TUİK.
- Türkeş, M. (2010). *Klimatoloji ve Meteoroloji (Climatology and Meteorology)*. İstanbul: Kriter Yayınevi.
- Türkeş, M., & Öztürk, M. Z. (2008). Uludağ Meteoroloji İstasyonu Verilerinin İklimsel Değişimler ve Periglasiyal Süreçler Açısından İncelenmesi. *IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı*, (s. 89–98). İstanbul.
- Türkiye Büyük Millet Meclisi, T. (2008). *Küresel Isınmanın Etkileri ve Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi Konusunda Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu Raporu*. Ankara: TBMM.
- UÇES. (2006). *AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi 2007-2023*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Vural, T. (2008). Bursa'nın Kentsel Gelişimi ve Piccinato Planı. *Bursa Şehrinin Gelişmesi ve Kentsel Planlama Kültürü Sempozyumu Bildiri Kitabı* (s. 95-102). Bursa: 4-5 Nisan 2008.
- Whelpdale, D. (1983). Acid deposition, distribution and impact. *Water Quality*, 72-80.
- WHO. (1987). *Air Quality Guidelines for Europe*. Regional Office for Europe.

- WHO. (2003). *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide*.
http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf.
- Winther, H. (1998). Petrol passenger car emissions calculated with different emission models. *The Science of the Total Environment*, 148-160.
- Yaltrak, C., Gazioğlu, C., Selim, H., & Yücel , Z. Y. (2004). Uludağ Nasıl Yükseliyor. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu 8. Toplantısı (ATAG-8) Bildiri Özetleri Kitabı* (s. 30). Elazığ : Fırat Üniversitesi.
- Yıldız, T. (1996). Orhaneli Termik Santralından kaynaklanan Kükürtdioksit Emisyonunun Çevre Toprakları ile Karaçam ve Kızılçam Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*. Toprak Anabilim Dalı: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yüksel, O. (2014, Kasım 27). *Bursa'da Termik Santral Tartışması*. Aralık 18, 2015 tarihinde Aljazeera: <http://www.aljazeera.com.tr/al-jazeera-ozel/bursada-termik-santral-tartismasi> adresinden alındı