

BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ¹

Change of Air Quality of Bursa City in Time

Nuriye GARİPAĞAOĞLU²

Cansu DUMAN³

Özet

Hava kirliliği canlı ve cansız ortamı tehdit eden bir durumdur. Etkileri sadece günümüzde değil, gelecek nesilleri de kapsamaktadır. Araştırmanın amacı kentlerde hızla artan hava kirliliği problemini doğuran nedenleri ve hava kirliliğine etki eden fiziki coğrafya faktörlerini değerlendirerek; Bursa Kenti hava kalitesinin zaman içerisindeki değişimini incelemektir. Öncelikle çalışma sahasında literatür taraması yapılarak Kentin hava kalitesini irdeleyen çalışmalar incelenmiştir ve Bursa Kenti hava kalitesi verileri 1990 – 2007 yılları arasında olan TÜİK resmi sitesi üzerinden Sağlık Bakanlığı Hava Kalitesi ölçümlerinden, 2007-2011 yılına kadar olan 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 sağlanmıştır. Elde edilen veriler Microsoft Excel kullanılarak tablo ve grafik haline getirilmiştir. Çalışmada kullanılan haritaların yapımında ise ArcGIS 10.5 kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda son yıllarda partiküler madde oranlarının öngörülen limit değerleri aştığı görülmektedir. 1990-2008 yılları arasında yakıt kalitesindeki kontroller sayesinde zamanla düşüşe geçen partiküler madde konsantrasyonlarının 2008-2016 yılları arasında arttığı gözlemlenmiştir. Kükürt dioksit oranları ise 90’ların başında yüksek seyrederken, 2000’lerden itibaren ise öngörülen limit değerleri aşmamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hava kirliliği, Bursa Kenti, partiküler madde, kükürt dioksit

Abstract

Air pollution is a situation that threatens the living and nonliving environments. Effects of that pollution involve not only in our days but also in next generations. The purpose of the study is that evaluating the causes of the air pollution problem which is increasing rapidly in the cities and the physical geographical factors affecting the air pollution. In addition, the variation of air quality of Bursa City examines in time. First of all, Bursa City air quality data between the years of 1990 - 2007 was obtained from the Ministry of Health Air Quality measurements through TÜİK. The data between the years of 2007-2011, data was provided from "Ministry of Environment and Urbanization Air Quality" again via TÜİK. The data between the years of 2011-2016 was procured through the "National Air Quality Monitoring Network" system of the Ministry of Environment and Urbanization. As a result of the study, the particulate matter ratios exceeded the prescribed limit values in recent years. Between 1990 and 2008, it was observed that the concentrations of particulate matter, which declined over time due to fuel quality controls, but between the years of 2008 and 2016 increased. Sulfur dioxide ratios were high at the beginning of the 90s and from the 2000s it does not exceed the anticipated limit values.

Keywords: Air pollution, Bursa city, particulate matter, sulphur dioxide

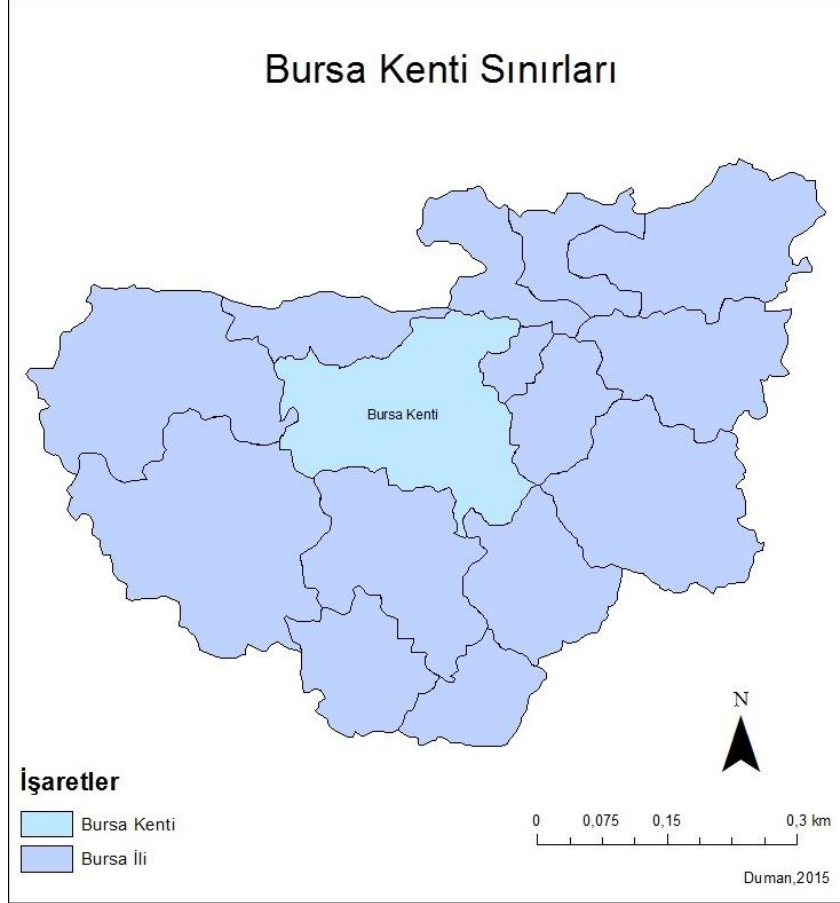
¹ Bu makale Duman, (2017); “Bursa Kenti Hava Kalitesi Etkileyen Coğrafi Faktörler ve Kirleticilerin Zaman İçerisindeki Değişimi” adlı yüksek lisans tezinden alıntılanarak oluşturulmuştur.

² Prof. Dr., Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü., nuriyeg@marmara.edu.tr

³ Arş. Gör., Marmara Üniversitesi, Coğrafya Bölümü., cansu.duman@marmara.edu.tr

GİRİŞ

Bursa ili 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 Kenti sınırları içerisinde Osmangazi, Nilüfer ve Yıldırım ilçeleri bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1: Bursa Kenti sınırları

Bu çalışmada; Bursa Kenti hava kalitesi incelenmiş; hava kirliliğini doğuran ve hava kirliliğine etki eden etmenler açısından değerlendirilmiştir. Hava kirliliği canlı ve cansız varlıkların sağlığını ve küresel iklimi tehdit eden bir durumdur. Bunun yanı sıra etkileri sadece günümüzde değil, gelecek nesilleri de kapsamaktadır.

Araştırma sahası; sanayi, tarım, hizmet gibi birçok fonksiyonu bünyesinde barındıran ve her geçen gün gelişen bir Kent'tir. İstanbul'a olan yakınlığı ve tarih boyunca köklü bir kent geçmişine sahip olması, Kentin 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 dağlar Kent'in çevresindeki engebeli araziye oluşturmaktadır. Ayrıca Marmara Denizi'ne kıyısı bulunan Kent'te 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 yığılmaktadır. Sıcaklık terselmesinden kaynaklanan durum ile de kirli hava bir süre havzada kalmaya devam etmektedir (Garipağaoğlu, 2014).

Araştırmanın amacı kentlerde hızla artan hava kirliliği problemini doğuran nedenleri ve hava kirliliğine etki eden fiziki coğrafya faktörlerini değerlendirerek; Bursa Kenti hava kalitesinin zaman içerisindeki değişimini incelemektir. Elde edilen veriler ışığında yapılan çalışmanın sonucunda kirleticilerin zaman içerisinde konsantrasyonlarındaki değişimler tespit edilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

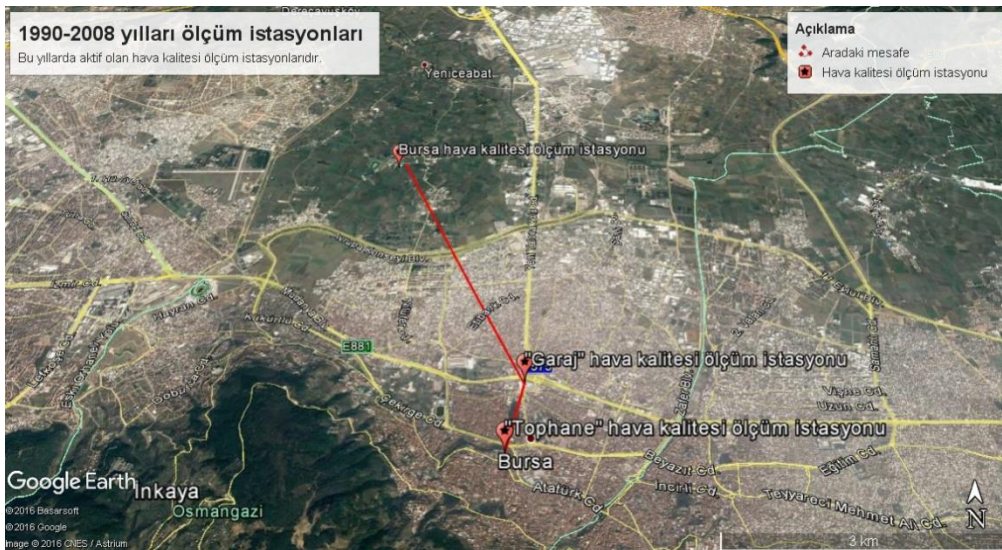
Öncelikle çalışma sahasında literatür taraması yapılarak Kentin hava kalitesini irdeleyen çalışmalarla incelenmiş ve Bursa kenti beşeri ve fiziki özelliklerini içeren çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Literatür çalışması yapılırken, bir taraftan da resmi kurumlardan Bursa Kenti meteorolojik bülteni ve Bursa Kenti hava kalitesi ölçümleri talep edilmiştir. Hava Kirleticilerine ait veriler 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 sağlanmıştır. Elde edilen veriler Microsoft Excel kullanılarak tablo ve grafik haline getirilmiştir. Çalışmada kullanılan haritaların yapımında ise ArcGIS 10.5 kullanılmıştır.

1990-2008 yılları arasında Sağlık Bakanlığına 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 1). 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 2). 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 üstlenmektedir. Bu özelliği sayesinde de şehrin en kalabalık noktalarından birisidir. Şehrin merkezinde oluşu sayesinde ana yollara ve yerleşim yerlerine yakın olan istasyon hava kalitesi bakımından birçok etmenden 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 1: 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 B.

Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017



Şekil 2: 1990-2008 yılları arasında aktif olan hava kalitesi ölçüm istasyonlarının konumu

BULGULAR

Hava kirliliğini doğuran bazı nedenler bulunmaktadır. Bunlar ısınmada kullanılan yakıt türleri, endüstriyel emisyonlar ve motorlu kara taşıtlardır. Bursa kenti bulunduğu konum itibarıyla nüfusun yoğun olduğu bölgelerdendir. Yoğun nüfuslanma beraberinde artan şehirleşmeyi ve çarpık kentleşmeyi getirmektedir. Isınmadan kaynaklı yanma ve kullanılan yakıt türü bakımından Bursa Kenti 'nde 90'lı yılların başında ağırlıklı olarak kullanılan yakıt türü fosil yakıtlardır (Özer, 2003, s. 100). 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 (İHK, 1987-2003). 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 haneye yükselmiştir (Bursagaz, 2015, s. 12).

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 çekilmiştir (Borrego, Tchepel, Barros, & Miranda, 2000). 2015 Ekim ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı araç sayısı 19 milyon 793 bin 995 olmuştur (TUİK-EGM, 2015). 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 (BTSO, 2015). Endüstriden kaynaklanan hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden biri sanayi tesislerinin kurulduğunda 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 (Garipağaoğlu, 2014).

Türkiye'de Hava Kalitesinin Korunmasına Yönelik Yasal Düzenlemeler ve Standartlar

Bursa Kenti hava kalitesinin zaman içerisindeki değişimini incelenmeden önce bu dönemler içerisinde yürürlükte olan kanun, tebliğ ve standartlardan bazılarını değinilmiştir. 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. 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 ve 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. 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 Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği'ne kadar kullanılan standartlar verilmiştir. AB uyum yasalarıyla birlikte oluşturulan yasada ise ilk olarak 2014 yılına kadar hedefler belirlenmiş olup daha sonra bu hedeflerin ışığında 2019 yılına kadar yeni hedefler belirlenmiştir.

Hava kalitesini denetleyen mercilerin bir görevi de halk sağlığına doğrudan etki etmesi nedeniyle, kamuoyunu bilgilendirmesi ve bilinçlendirmesidir. Farklı kirlenme 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 başvuru Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) (Air Quality Index AQI) her ülkenin limit değerlerine göre iyi, orta, hassas, sağlıklı, tehlikeli, vb. şeklinde 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 madde (PM₁₀), karbon monoksit (CO), ozon (O₃), ve azot dioksit (NO₂)'dur.

Hava Kalitesinde Zamansal Değişimler

Pm10 Konsantrasyonları

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(µg/m³) ve üzeri kısa vadeli sınır değeri ise 300(µg/m³) 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(µg/m³) ve üzeri, uzun vadeli sınır değeri ise 200(µg/m³) ve üzeridir. Bazı aylarda verinin olmamasının nedeni ise ölçüm yapılan gün sayısının 20 günden daha az olmasıdır.

1990-1999 yılları arasında veriler çok düzenli bir şekilde alınmıştır. Eysel ısınmada fosil yakıtların ağırlıkta olduğu düşünüldüğünde bu dönemde partikül madde konsantrasyonlarının yüksek seyretmesi normal görülebilmektedir. Özellikle yanma dönemleri olarak kabul edilen (Ekim-Mart arası dönem) uzun vadeli sınır değeri olarak kabul edilen 150 (µg/m³)'ün üzerinde seyretmektedir. İlk yıllarda konsantrasyonun yüksek seyrettiği görülse de daha sonraki yıllarda kademeli olarak düşüşe geçmektedir. 1990-1991-1992-1993 yıllarında "Ocak" ayında uzun vadeli sınır değeri aşmakta olup 1992 "Şubat" ayında ve 1991 "Mart" ayında aylık ortalamasının 200 (µg/m³)'leri geçtiği görülmektedir. Aynı şekilde 1991 "Kasım" ve 1993 "Aralık" aylarında kış dönemi uzun vadeli sınır değeri aşılmıştır. Yakıt kalitesindeki kontroller sayesinde zamanla düşüşe geçen partikül madde konsantrasyonları 2000-2008 yılları arasında ciddi düşüş yaşamıştır. Yalnızca 2001 ve 2003 yılları "Kasım" ayında UVS değerine yaklaşıldığı ve üzerine çıktığı görülmüştür.

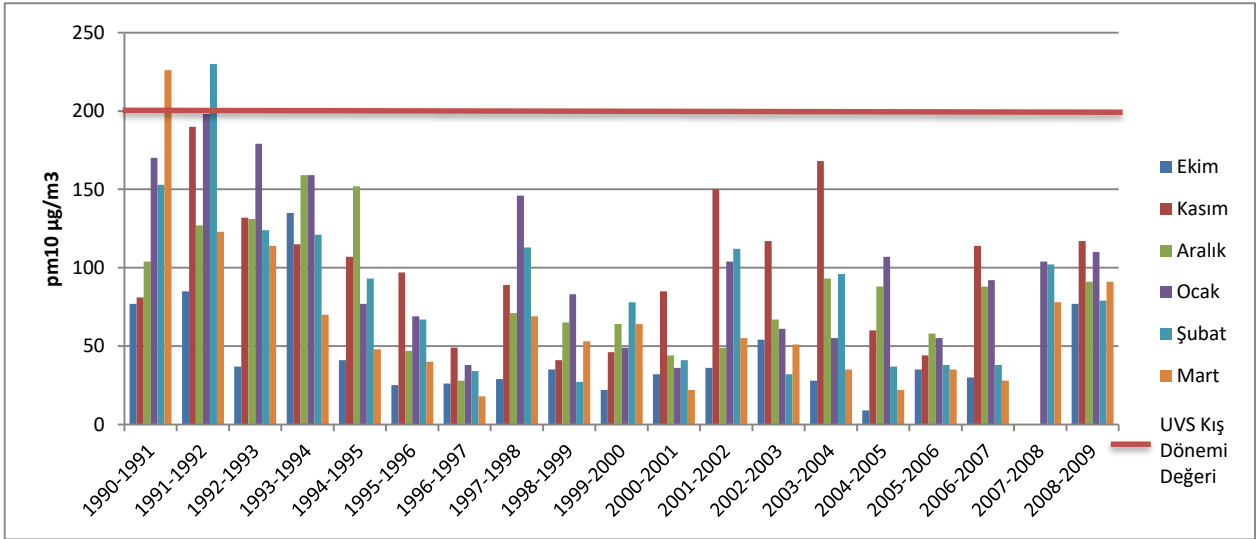
2008-2016 yılları arasına bakıldığında partikül madde konsantrasyonlarının son yıllarda arttığı gözlemlenmiştir. Bunun nedeni ise endüstri bölgelerinde yoğunlaşma ve şehrin genişleyerek endüstri bölgelerinin içerisinde kalmasıdır. Ayrıca motorlu taşıt sayısının giderek artması da nedenler arasında sayılabilmektedir. Bunun yanında 2008 yılından itibaren değişen kanunlar ve AB uyum yasaları çerçevesinde hedef sınır değerlerinde her yıl kademeli olarak düşüşe gidilmiştir. 2008 yılında günlük ortalama aşılması gereken sınır değeri 150 µg/m³'iken 2019'da hedeflenen sınır değeri 50 µg/m³'tür. Bu bağlamda hava kirliliğini azaltmak için ciddi önlemler alınmadıkça hedef sınır değerlerin aşıldığı günlerde artış görülecektir. Son yıllarda PM₁₀ oranlarında ciddi bir artış olmuştur. Aslında 2009-2013 Mart arası ölçümler çok da sağlıklı olmamıştır. Sağlık Bakanlığında 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 değeri 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 (Şekil 3). Hatta Kasım – Aralık aylarında aylık ortalamaların 150 µg/m³'e yaklaşması aslında konsantrasyonların da ne denli arttığını göstermektedir. Özellikle yanma dönemlerinde konsantrasyonlar yüksek seyretmiştir. Ocak ve Şubat aylarında 90'ların başında 200 µg/m³'ü aşmıştır. İlerleyen yıllarda değerlerin düştüğü görülse de 2013 itibarıyla artışa geçmiştir. 2015-2016 yıllarında yanma dönemlerinde 24 saatlik limit değerinin üzerine çıktığı görülmektedir(Şekil 4).

BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ

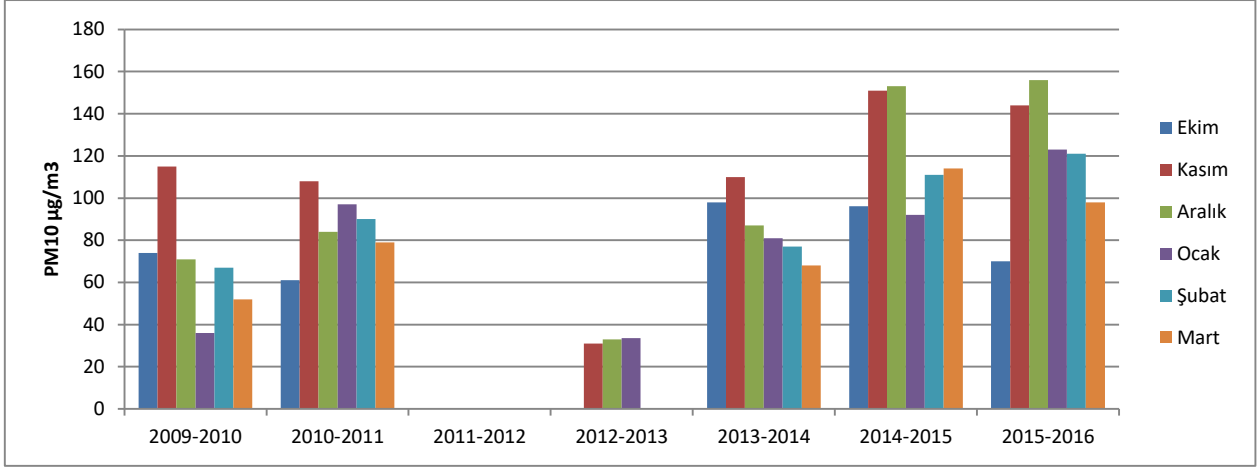
Tablo 2: Bursa Kenti PM10 konsantrasyonu aylık ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
1990	241	137	120	70	67	56	26	30	49	77	81	104	88
1991	170	153	226	106	45	26	32	26	38	85	190	127	102
1992	198	230	123	67	27	18	9	14	6	37	132	131	83
1993	179	124	114	51	34	28	22	37	75	135	115	159	89
1994	159	121	70	49	29	18	10	11	14	41	107	152	65
1995	77	93	48	48	18	9	7	8	30	25	97	47	42
1996	69	67	40	31	17	7	10	7	13	26	49	28	30
1997	38	34	18	10	11	6	5	31	18	29	89	71	30
1998	146	113	69	29	16	13	16	17	16	35	41	65	48
1999	83	27	53	40	26	25	18	12	16	22	46	64	36
2000	49	78	64	20	21	9	-	-	22	32	85	44	42
2001	36	41	22	20	16	-	-	-	26	36	150	49	44
2002	104	112	55	47	28	24	23	21	29	54	117	67	57
2003	61	32	51	45	36	21	13	13	30	28	168	93	49
2004	55	96	35	27	22	28	21	15	10	9	60	88	39
2005	107	37	22	28	20	11	15	18	17	35	44	58	34
2006	55	38	35	23	22	19	12	23	24	30	114	88	40
2007	92	38	28	24	19	22	17	12	7	-	-	-	29
2008	104	102	78	125	86	73	77	83	66	77	117	91	90
2009	110	79	91	-	70	73	-	-	-	74	115	71	85
2010	36	67	52	53	50	59	58	66	48	61	108	84	62
2011	97	90	79	53	56	51	42	44	47	-	-	-	62
2012	-	-	-	-	48	-	-	35	-	-	31	33	37
2013	34	-	-	22	41	63	57	63	71	98	110	87	65
2014	81	77	68	98	85	84	78	86	95	96	151	153	96
2015	92	111	114	108	102	75	75	78	69	70	144	156	100
2016	123	121	98	97	66	66	53	54	68	83	130	145	92

Kaynak: TÜİK, Hava Kalitesi İstatistikleri, 2017, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Raporlar, 2017



Şekil 3: Bursa Kenti'nde yanma dönemleri PM10 konsantrasyonları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Şekil 4. Bursa Kenti'nde Yanma Dönemleri PM10 Konsantrasyonları (µg/m³)

Gün içinde ulaşılan maksimum değerler incelendiğinde özellikle yanma dönemlerinde çoğu zaman limit değerinin üzerine çıktığı görülmektedir. Tablo 3'de görüldüğü üzere bazı aylarda pm10 konsantrasyon değeri 500 µg/m³'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 verilir ve gerekli tedbirler alınmalıdır. Özellikle 1994 Ocak ayında partikül madde konsantrasyonu 1034 µg/m³ değerini görmüştür. Pm10 kirleticisinin maksimumuna ulaştığı ise Ocak, Şubat, Kasım aylarında 200 µg/m³, bazı yıllarda ise 600 µg/m³ değerinin üzerine çıkmıştır. 1990-2008 yıllarında yanma dönemlerinde limit değeri 200 µg/m³ 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 değeri aşımının 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 değerinin aşıldığı görülmektedir.

Tablo 3: Bursa Kenti'nde Pm10 kirleticisinin maksimum değerleri (µg/m³)

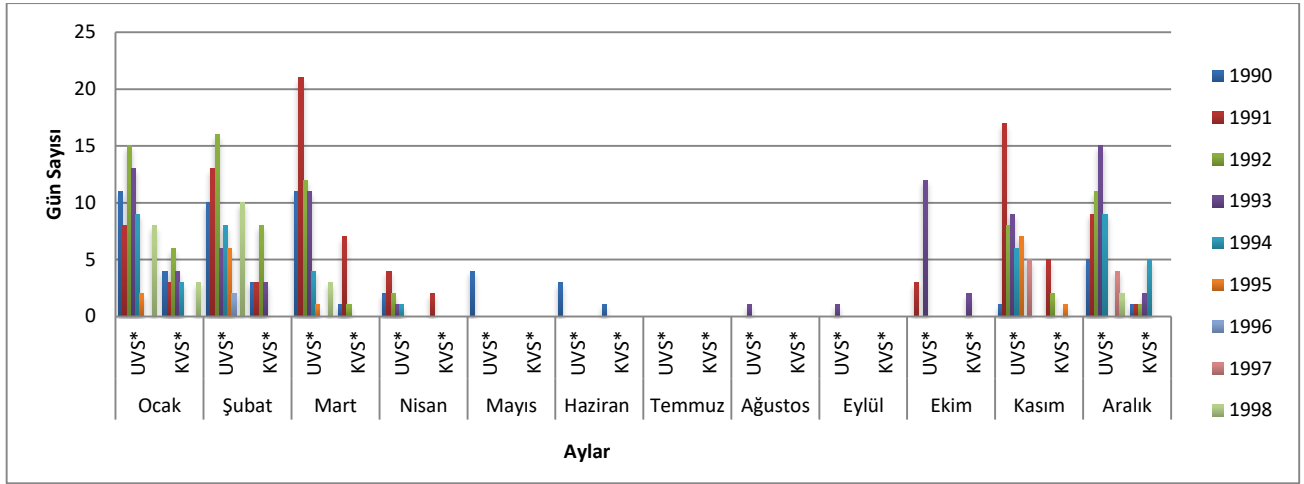
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
1990	750	408	330	238	216	431	71	84	88	147	193	305
1991	431	384	472	438	121	63	55	41	65	184	385	381
1992	571	742	410	201	109	39	40	47	22	129	368	353
1993	481	556	246	175	100	66	53	160	166	323	291	426
1994	1034	254	225	198	62	76	32	21	71	112	298	379
1995	216	266	163	118	48	19	14	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: (TUİK, Hava Kalitesi İstatistikleri, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Raporlar, 2017)

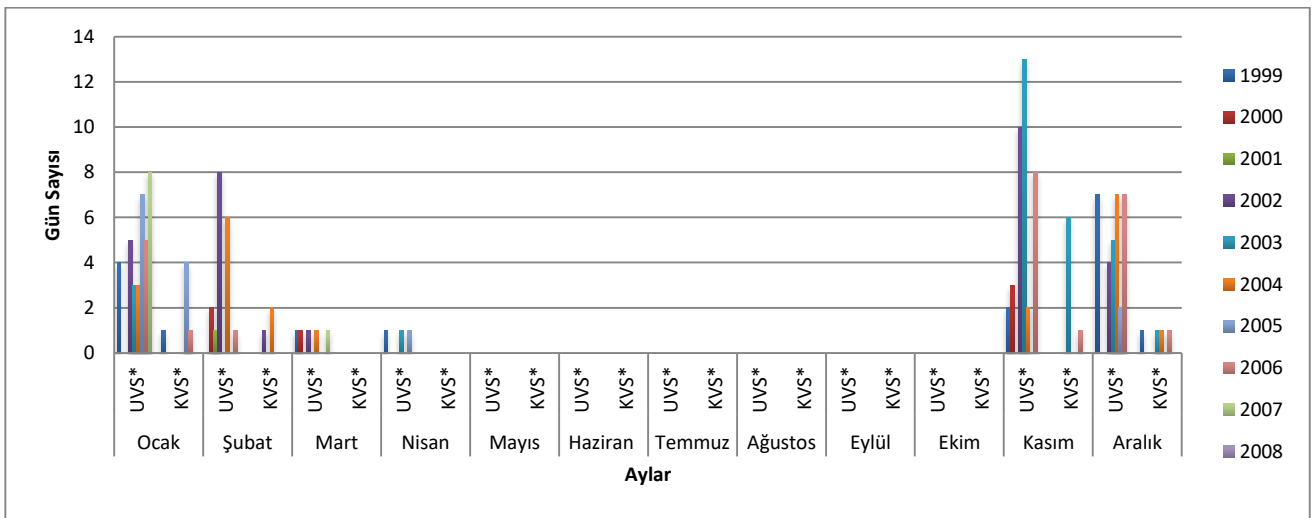
BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ

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 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kısa vadeli sınır değer $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 1. Uzun vadeli sınır değeri $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

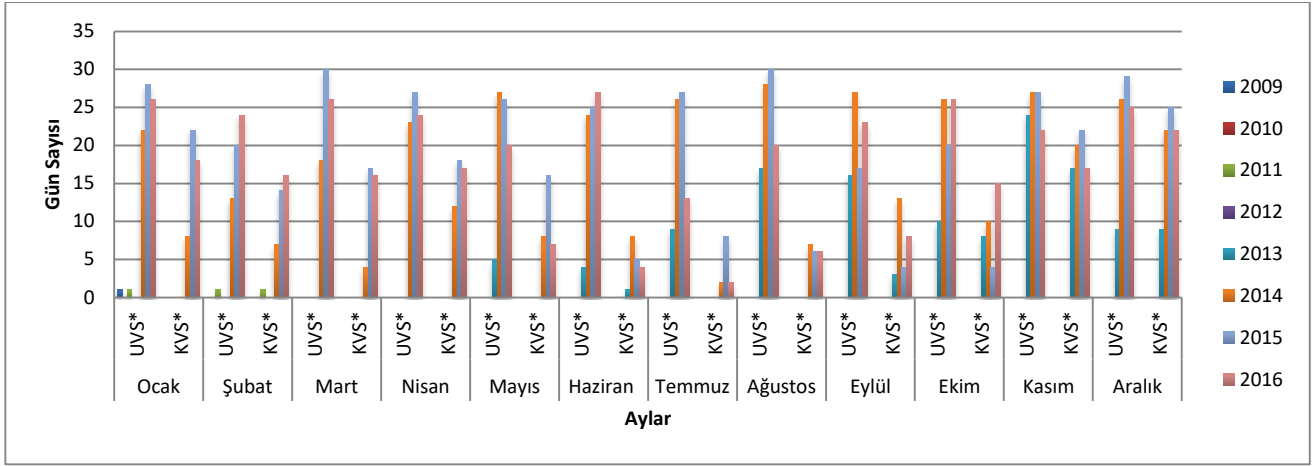
1990-2008 yılları arasında sınır değerini aşan gün sayılarında düşme görülmesine karşın 2009-2016 yılları arasında limit değerlerin değişmesi ve kirleticilerin daha etken olmasıyla artışa geçmiştir. Özellikle yanma dönemlerinde hedef sınır değer olan $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aşan günlerde, 21 güne kadar çıkan değerlerle havanın stabil bir şekilde kirli olduğunu 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(Şekil 5), 2005 yılının Ocak ayında ise 4 defa kısa vadeli sınır değer aşılmıştır(Şekil 6). 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 kalitesiz olduğunu göstermektedir(Şekil 7).



Şekil 5: Bursa Kenti'nde PM10 kirleticisinin uzun ve kısa vadeli sınır değerlerini aştığı gün sayısı



Şekil 6: Bursa Kenti'nde PM10 kirleticisinin uzun ve kısa vadeli sınır değerlerini aştığı gün sayısı



Şekil 7: Bursa Kenti'nde PM10 kirleticisinin uzun ve kısa vadeli sınır değerlerini aştığı gün sayısı

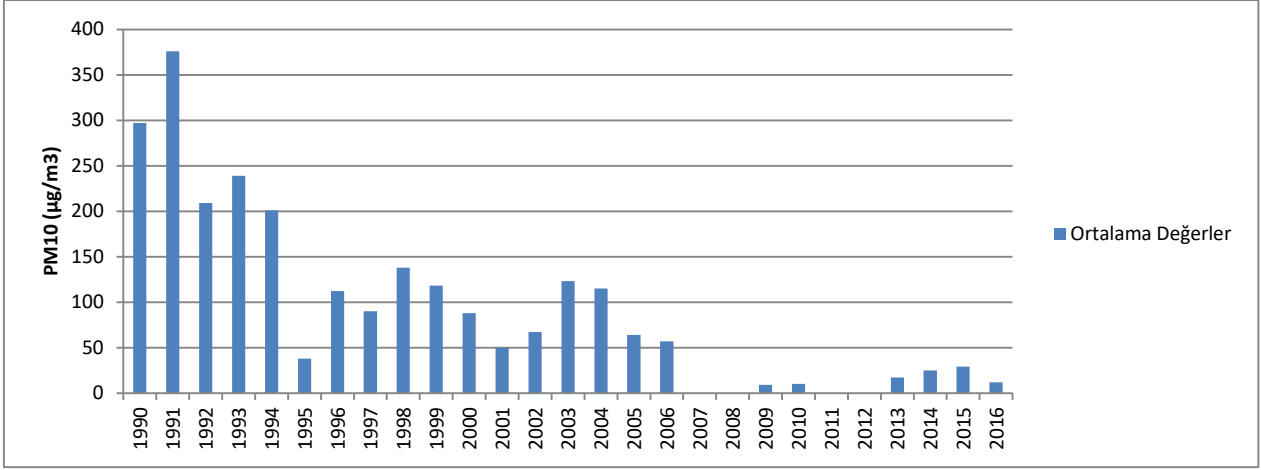
Kükürt Dioksit Konsantrasyonları

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. Bursa'da 90'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 (Tablo 3).

Tablo 3: Bursa Kenti'nde SO₂ konsantrasyonlarının aylık ortalamaları ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A	Ort
1990	789	384	194	105	126	99	27	32	47	90	147	297	195
1991	481	482	400	188	87	22	9	9	12	100	345	376	209
1992	437	530	311	154	87	57	35	43	36	73	214	209	182
1993	248	230	218	129	67	10	45	164	103	101	174	239	144
1994	233	219	147	74	68	64	24	18	12	11	21	201	91
1995	140	149	103	50	23	13	10	10	18	25	38	38	51
1996	57	53	47	38	63	34	30	17	54	74	138	112	60
1997	147	183	115	77	85	31	19	19	69	61	108	90	84
1998	126	110	99	47	38	30	34	39	44	64	99	138	72
1999	147	122	126	60	63	57	58	62	53	47	69	118	82
2000	77	115	90	58	36	31	-	-	30	37	70	88	63
2001	75	88	45	42	31	-	-	-	54	80	57	50	58
2002	81	99	53	40	40	47	48	56	50	44	78	67	59
2003	74	66	82	63	54	57	62	51	71	73	122	123	75
2004	109	135	94	71	95	94	104	181	194	185	111	115	124
2005	121	100	111	110	81	49	79	86	88	74	68	64	86
2006	77	107	59	57	54	43	37	40	27	40	43	57	53
2007	54	50	56	65	51	39	30	20	32	-	-	-	44
2008	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
2009	41	-	-	-	16	16	-	-	-	17	-	9	20
2010	-	18	15	-	12	8	3	3	4	11	15	10	10
2011	13	14	19	7	8	10	12	-	14	-	-	-	12
2012	-	-	-	-	7	-	-	9	-	-	9	-	9
2013	-	-	-	6	5	2	4	3	8	8	14	17	7
2014	14	10	6	6	2	2	2	2	4	7	20	25	8
2015	70	22	18	14	9	5	6	8	6	5	15	29	17
2016	10	5	4	4	3	3	2	3	5	4	16	12	6

Kaynak: (TUİK, Hava Kalitesi İstatistikleri, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Raporlar, 2017)



Şekil 8: SO₂ konsantrasyonlarının yıllık ortalamaları (µg/m³)

1986 tarihli 19269 sayılı "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği" nde verilen limit değer esas alınarak 1990-2008 yılları değerlendirilmiştir. Buna göre Kükürt Dioksit (SO₂), Kükürt Trioksit (SO₃) Dahil Uzun vadeli sınır değer 150 µg/m³, kısa vadeli sınır değer ise 400 µg/m³'tür. Endüstri bölgeleri için ise UVS 250 µg/m³, KVS 400 µg/m³ olarak alınmıştır. Ayrıca daha önce de belirtildiği gibi bazı aylarda ölçüm yapılan gün sayısı 20'den az olduğu için veri bulunmamaktadır.

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/m³'leri bulan konsantrasyon miktarı 1997-98 yıllarında 150 µg/m³ seviyelerine düşmüştür. Yaz aylarında 1993 yılının Ağustos ayı hariç, limit değerinin üzerine çıkmadığı görülmektedir. Tablo 3'de konsantrasyonlar arasında farklılık olduğu çok rahat gözlemlenmektedir. Yanma dönemlerinde limit değerine üzerine çokça çıkılırken, sadece 2004 yılı Ağustos-Eylül-Ekim aylarında 150 µg/m³ seviyelerine çıkmıştır. 2000-2008 yılları arasında genel olarak bakıldığında da yanma dönemleriyle yaz dönemleri arasındaki farkın az olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu yıllarda kısa vadeli sınır değer aşılmamıştır. Bu da SO₂ 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 µg/m³ seviyelerine gerileyen konsantrasyon miktarı 2009 yılından itibaren 20 µg/m³ seviyelerine kadar düşmüştür.

AB uyum yasaları çerçevesinde hedeflenen limit değerlerin yıllar içerisinde düşürüldüğü bilinmektedir. KVS değerleri 24 saatlik ortalamalar baz alınarak oluşturulan limit değerlerdir. UVS değerleri ise SO₂ için biraz farklıdır. Burada yıllık ortalamalar baz alınarak ekosistemin korunabilmesi için belirlenen değerler bulunmaktadır.

Isınmadan kaynaklı nedenlerle ortaya çıktığı düşünülen SO₂ konsantrasyonlarının 1990-2016 yılları arasında sadece yanma dönemleri incelenmiştir. Yıllar içerisinde kükürt dioksit oranlarında yaşanan düşüş yanma dönemlerinde daha net görülmektedir. Daha önce de bahsedildiği 90'lı yılların başında canlı sağlığını tehdit edecek düzeylerde olan konsantrasyonlardan yakıt kalitesinin artırılması ve zamanla doğalgaz kullanımının yaygınlaşmasıyla minimum seviyelere düşmüştür. 1990 Ocak ayında kirlenme değeri 800 µg/m³ seviyelerine yaklaşırken, 2015 Ocak ayında 70 µg/m³ seviyelerinde maksimum aylık ortalamayı görmüştür.

Tablo 4: Bursa Kenti'nde SO₂ kirleticisinin maksimum değerleri (µg/m³)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
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, Hava Kalitesi İstatistikleri, 2017), (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Raporlar, 2017)

Hava kalitesi ölçümünde diğer önemli kriterler ise ulaştığı maksimum değerler ve limit değerleri aştığı gün sayısıdır. Tablo 4'de 1990-2016 yılları arasında kükürtdioksit konsantrasyonlarının ulaştığı maksimum değerler verilmiştir. Tabloda ilk dikkati çeken 90'lı yılların başında görülen maksimum değerlerin 1000 µg/m³'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.

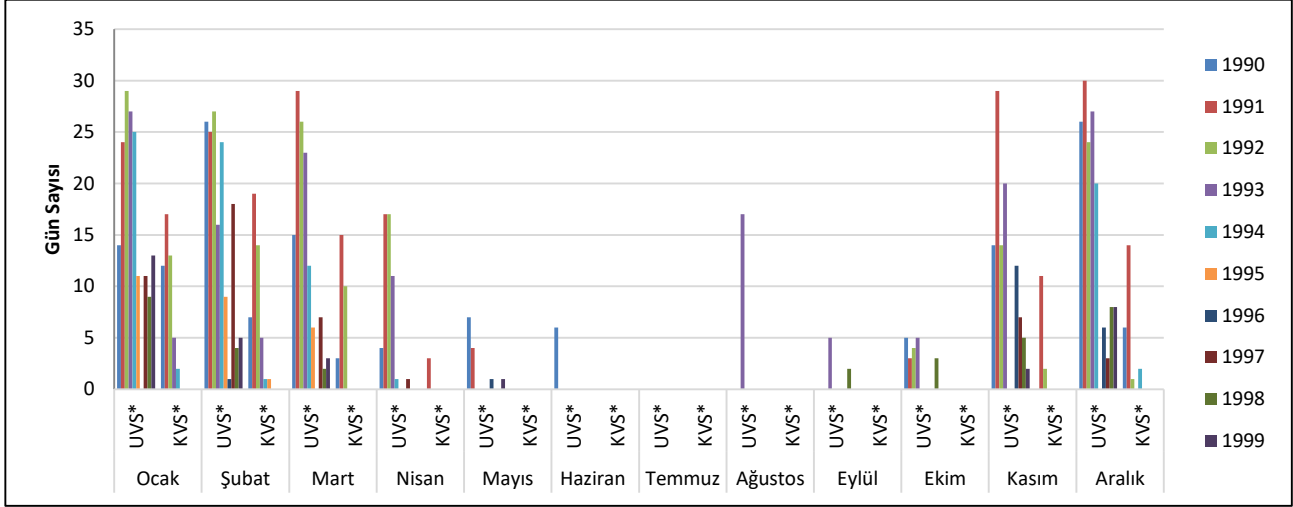
1990-1991-1992 yıllarında özellikle ocak, şubat, mart aylarında en yüksek değerlere ulaşıldığı görülmektedir. Aslında yaz ayları olarak geçen Haziran, Temmuz, Ağustos ayları dışında aylarda uzun vadeli sınır değer olan 150 µg/m³ değeri aşılmıştır. Yine 90'lı yılların başında yaz aylarında bile uzun vadeli 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 olacağı gibi canlı sağlığını ve ekosistemi de olumsuz etkilemektedir. 1994 yılından sonra belirgin bir düşme yaşansa da halen limit değerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Özellikle 1999 yılında yaz aylarında bile değerler yüksek seyretmiştir.

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 µg/m³ aşılmıştır. Özellikle 2004 yılında şubat ayında 400 µg/m³ aşılmış, ekim ayında ise yaklaşılmıştır. 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.

2009-2013 yılları arasında verilerin çok sağlıklı olmamasından dolayı çok net sonuçlar çıkarılamasa da 2013 yılı itibarıyla değerlerin 50 µg/m³'ün altında olduğu görülmektedir. Değerlerin hiçbirinin kısa vadeli değerleri aşmadığı görülürken ekosistemin korunması için öngörülen yıllık limit değerlerin aşıldığı görülmektedir.

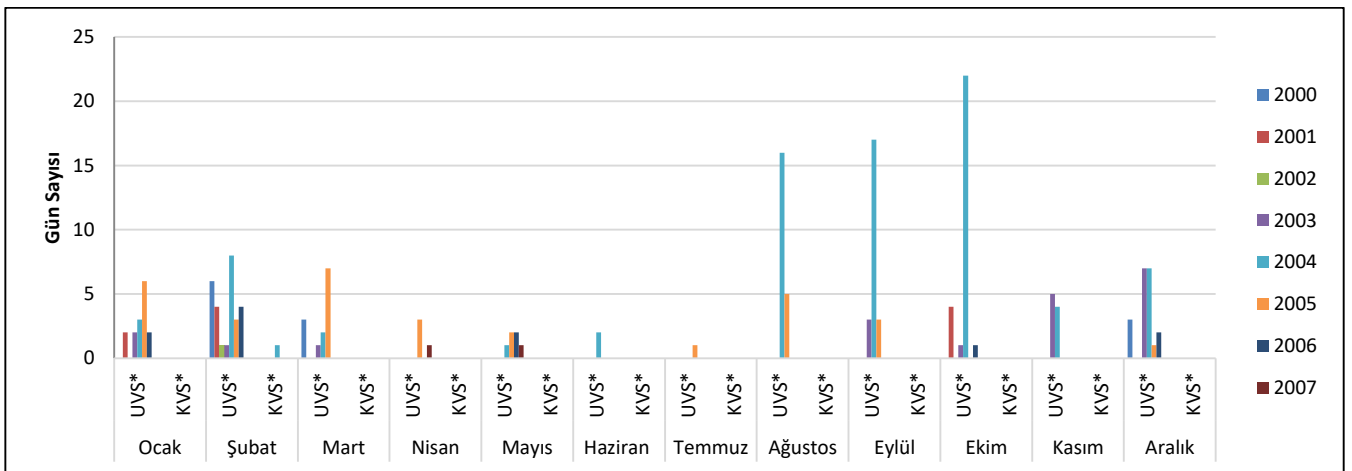
Yanma dönemlerinde ulaşılan maksimum değerlere bakıldığında 1995'e kadar limit değerlerin aşıldığı bu yıldan sonra ise kademeli olarak düşüş yaşandığı görülmektedir. Yanma dönemlerinde değerlerin en yüksek seyrettiği aylar ise genel olarak Ocak, Şubat ve Aralık'tır. Sıcaklık değerlerine bakıldığında ise bu aylarda en düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. 2000 yıllardan itibaren doğalgaz kullanımının yaygınlaşmasıyla yanma dönemlerinde kükürt dioksit oranlarının düşmesiyle doğru orantılıdır. 2009 yılı itibarıyla ise doğalgaz kullanım oranlarının artması konsantrasyon seviyelerinin 50 µg/m³'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.



Şekil 9: Bursa Kenti'nde SO₂ konsantrasyonlarının limit değeri aştığı günler sayısı

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 tabloleştirilmiştir. 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 (Şekil 9). 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 aşılmışken, 1992 yılında Ocakta 3 defa, Şubat'ta 6 defa, ve Mart ayında 1 defa limit değerini aşıldığı görülmektedir. Sonraki yıllarda 1. UKS değerinin aşıldığı günler görülmemektedir (Şekil 10). 2008 yılından itibaren ise limit değerlerin aşılmadığı görülmüştür. Fakat ekosistemin korunması için gerekli olan limit değeri aşılmaktadır. Bu sonuç ise kükürt dioksitin halen bir sorun olduğunu göstermektedir.



Şekil 10: Bursa Kenti'nde SO₂ konsantrasyonlarının limit değeri aştığı günler sayısı

SONUÇ

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. Evsel 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 değeri olarak kabul edilen $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerinde seyretmektedir. Yakıt kalitesindeki kontroller sayesinde zamanla düşüşe 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 değeri 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.

Hava kirliliği denilince akla ilk gelen kirleticilerden olan kükürt dioksit uzun yıllar boyunca Türkiye'de önemli bir problem olmuştur. Bursa'da 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 90'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. 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 SO_2 kirlenmesinin sadece evsel ısınmadan kaynaklanmadığını göstermektedir. Evsel ısınmanın yanında endüstriyel tesislerin şehrin içinde kalması, motorlu taşıt sayısındaki artışlar kükürt dioksidin 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. Elde edilen sonuçlar ışığında Bursa Kenti için özellikle partiküler madde kirlenmesi konusunda önlemler alınması gerektiği görülmüştür. 2013 yılından itibaren Bursa istasyonundan elde edilen veriler incelendiğinde yıl boyu devam eden partiküler kirlenmenin nedenlerinden biri endüstriyel faaliyetler olarak görülmektedir. İstasyonun doğusunda yerleşen DOSAB (Demirtaş Organize Sanayi Bölgesi) ve batısında bulunan BOSAB (Bursa Organize Sanayi Bölgesi) Bursa Kenti'nin iki büyük organize sanayi bölgeleridir. Kullanılan yakıt ve endüstriyel proseslerden kaynaklanan kirlenmenin sonucunda partiküler madde oranları yıl boyu yüksek seyretmektedir. Ayrıca DOSAB'a yapılması planlanan kömürle çalışan termik santral varolan kirlenmenin daha da arttıracağını düşündürmektedir. Sivil halk ve kuruluşların mücadelesiyle defalarca kurulması engellenen "DOSAB Buhar ve Elektrik Üretim Santrali" son olarak 23 Temmuz 2015 tarihinde "olumlu" onayı alınan ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) Bursa İdari mahkemesinde açılan davada "yürütmeyi durdurma" kararı alınmıştır (DOSAB, 2015). Bunun yanı sıra endüstriyel prosesler sırasında ortaya çıkan partiküler maddeler ve içeriğinde bulunan zararlı kimyasal bileşikler azaltılmalı ve kentin içinde kalan OSB'ler için kentin dışında uygun yerler bulunmalıdır. Bursa "Yeşil" unvanına yeniden kavuşturulmalıdır.

Kaynakça

- Borrego, C., Tchepel, O., Barros, N. & Miranda, A. (2000). Impact of traffic emissions on air quality of the Lisbon region. *Atmospheric Environment*, 4683-4690.
- BTSO, (2015). *Açılan ve KapananFirma İstatistikleri*. Bursa: BTSO.
- Bursagaz, (2015). *Bursagaz Sürdürülebilirlik Raporu*. Bursagaz.
- Çevre Bakanlığı, (1986). *Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği*. 17 Mayıs 2017 tarihinde <http://www.sgk.biz.tr/mevzuat/20742.html> adresinden edinilmiştir.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). *Hava Kalitesi İzleme İstasyonları*. 17 Mayıs 2017 tarihinde <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> adresinden edinilmiştir.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2017). *Raporlar*. Ocak 2017 tarihinde <http://www.havaizleme.gov.tr/Default.ltr.aspx> adresinden edinilmiştir.
- DOSAB, (2015). *Haberler- Kamoyuna Duyuru*. DOSAB Buhar ve Elektrik Üretim Santrali. 24 Ekim tarihinde <http://www.dosabsantral.com/DeRay/104/DOSAB%60DAN-KAMUOYUNA-DUYURU> adresinden edinilmiştir.
- GariPağaoğlu, N. (2014). *Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası*. İstanbul: Yeditepe Yayınları.
- HKDY, (2008). *Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği. EK 1*.
- HKİ, Ç. V. (2017). *Hava Kalitesi İndeksi*. Hava İzleme. 20 Mart 2017 tarihinde <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html> adresinden edinilmiştir.
- HKKY, (1986). *Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği. Hava Kalitesi Sınır Değerleri*.
- İHK, (1987-2003). *İl Hıfzısıhha Kurulu Kanunları*.

BURSA KENTİ HAVA KALİTESİNİN ZAMAN İÇERİSİNDEKİ DEĞİŞİMİ

- Mevzuatı Geliştirme ve Genel Yayın Müdürlüğü, (2008). *Hava Kalitesi Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği*. 17 Mayıs 2017 tarihinde <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatIisiki=0&MevzuatKod=7.5.12188&sourceXmlSearch> adresinden edinilmiştir.
- Özer, S. (2003). *Bursa'da Hava kirliliği sorunu ve alternatif enerji kaynakları*. (Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı Kentleşme ve Çevre Sorunları Bilim Dalı, Bursa).
- TUİK, (2016). *Haber Bülteni*. TUİK, Çevre İstatistikleri.
- TUİK. (2017). *Hava Kalitesi İstatistikleri*. 15 Mayıs 2017 tarihinde <https://biruni.tuik.gov.tr/cevredagitimapp/hava.zul> adresinden edinilmiştir.
- TUİK-EGM. (2015). Motorlu Kara Taşıtları . *2015 Ekim ayı Haber Bülteni*.
- UÇES, (2006). *AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi 2007-2023*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı.