

**T.C.
BOLU VALİLİĞİ
ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ**

BOLU İLİ TEMİZ HAVA EYLEM PLANI

THEP (2020-2024)



DESTEK SAĞLAYAN KURUMLAR

**BOLU BELEDİYE BAŞKANLIĞI
BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
İL EMNİYET MÜDÜRLÜĞÜ
METEOROLOJİ İL MÜDÜRLÜĞÜ**

Temiz Hava Eylem Planının Onay Tarihi

..../04/2020

Ahmet ÜMİT
Vali

Tanju ÖZCAN
Bolu Belediye Başkanı

Osman KAZGAN
Çevre ve Şehircilik İl Müdürü

ÖNSÖZ

Soluduğumuz hava yaşam kalitemizi ve sağlığımızı etkilemekte; hava kirliliğine bağlı olarak ortaya çıkan sağlık sorunları önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Halkın bu konudaki bilinç düzeyi arttıkça kent sakinlerinin konuya olan hassasiyeti ve istekleri de artmaktadır.

Ülkemizin içinde bulunduğu AB uyum sürecinde, çevresel konularda da uyum aranmakta ve yaşam kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla kentlerdeki hava kalitesinin iyileştirilmesi beklenmektedir. Bu standartların sağlanabilmesi için mevcut hava kalitesinin kademeli olarak iyileştirilmesi gerekmekte, bunun için de temiz hava eylem planlarının (THEP) hazırlanması kritik önem taşımaktadır.

Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği, ulusal sınır değerlerin aşıldığı illerde temiz hava planlarının hazırlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle 2014-2019 yıllarını kapsayan ilimizin temiz hava planı hazırlanmıştır. Mevcut THEP'in ikinci beş yıllık dönem olan 2020-2024 yıllarını kapsayacak şekilde ilimize özgü koşullar dikkate alınarak revize edilmesi gerekmektedir.

Hava kalitesini iyileştirmek üzere önceliklerin ve uygulanabilecek önlemlerin belirlenmesi bu çalışmanın odak noktasıdır.

Mevcut durumun belirlenmesinden sonraki basamak, elde edilen bilgilere göre ısınma, ulaşım ve sanayi gibi farklı kirlетici kaynaklardan atmosfere atılan hava kirlетicilerini kontrol etmek üzere kişisel, yerel ve ulusal ölçekte alınması gereken kısa, orta ve uzun vadeli tedbirlerin belirlenerek uygulanabilirliğine göre öncelik sırasına dizilmesidir.

Kirlilik azaltım önlemlerinin uygulanabilir, ekonomik ve maliyet etkin (yapılan harcamalara göre elde edilen verimin fazla olması) olması gerekir. Ayrıca, önceliklerin belirlenmesinde önemli bir diğer etken de sıcak nokta olarak adlandırılan, kirliliğin yoğunlaştığı ve yasal sınır değerlerin aşıldığı bölgelerin özelliklerinin (şehir içi-şehir dışı, trafik yoğun-orta-az yoğun, doğalgaz-kömür kullanılan vs.) belirlenmesidir. Daha fazla insanın yaşadığı ve hava kirliliğinden etkilendiğı bölgelerde alınacak önlemlerin artırılması insan sağlığının korunması açısından önceliğe sahip olmalıdır.

Tavsiye edilen tedbirlerin uygulanabilir olması için temiz hava planlarının hazırlanmasında kurumlar arası işbirliğine önem verilmelidir.

Hava kalitesi yönetim planı 2020–2024 periyodu için geçerli olacaktır. Planın uygulama süreci içerisinde, her yıl aktivitelerin ilerleyişi değerlendirilecektir ve gerekirse planda belirtilen amaçlara ulaşmak için ilave çalışmalar ve değişiklikler gerçekleştirilecektir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
TABLolar DİZİNİ	IV
GRAFİKLER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
RESİMLER DİZİNİ	VII
HARİTALAR DİZİNİ	VII
KISALTMALAR VE SİMGELER	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Zararlı	1
1.1.1. Hava Kirliliği	1
1.1.2. Hava Kirliletiçi Kaynakları	1
1.1.2. Hava Kirliletiçiler	3
1.1.3. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri	8
1.1.4. Hava kirliletiçilerin bitki, hayvan ve çevre üzerindeki etkileri	10
1.2. Hava Kalitesinin Değerlendirilmesinin Gerekliiliği	12
1.2.1. Hava Kalitesi ve Yasal Yükümlülükler	14
1.2.2. Değerlendirmenin Çıktıları	18
1.3. Temiz Hava Eylem Planını Hazırlayanlar ve İletişim Bilgileri	18
2. İLDEKİ HAVA KALİTESİ DURUMU VE TAHMİNİ	19
2.1. Bolu İline İlişkin Genel Bilgiler	19
2.1.1. Coğrafi Konum	19
2.2.2. Nüfus ve yerleşim	19
2.2.3. Çevre Yerleşmeler ve Ulaşım Özellikleri	20
2.2.4. Ulaşım Sistemini Etkileyen Arazi Kullanım Özellikleri	21
2.2.5. Topoğrafya, iklim	22
2.2.6. Rüzgar	22
2.2.7. Basınç	25
2.2.8. Sis ve Nem	26
2.2.9. Sıcaklık	27
2.2.10. Yağışlar	28

2.2. Verilerin Kaynakları, Yöntem.....	30
2.3. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları	31
2.3.1. Eski HKİİ.....	31
2.3.2. Karaçayır HKİİ	32
2.4. Hava Kalite İndeksi.....	35
2.5. İstasyonda Ölçülen Hava Kalitesi Verileri.....	37
3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	66
3.1. Tavuk Gübresinin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkisi	67
4. TAMAMLANAN VE PLANLANAN PROJELER	70
4.1. Tamamlanan Projeler	70
4.2. Devam Eden Projeler	72
5. TAVSİYELER.....	73
6. UYGULAMA TAKVİMİ.....	75

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Hava kirletici parametreler ve sağlık üzerine etkileri	9
Tablo 2. Kirletici parametrelerin azaltım takvimine göre limit değerleri	16
Tablo 3. PM _{2,5} içinde bakılacak parametreler	17
Tablo 4. Ozon öncüllerin değerlendirilmesi için analiz edilecek uçucu organik bileşikler ...	17
Tablo 5. Bolu ile ilgili veriler, 2018.....	20
Tablo 6. Bolu ili ilçelere göre nüfus sayımı sonuçları ve kırsal-kent dağılımı.....	20
Tablo 7. Bolu ili yönlerine göre rüzgar esme sayıları, esme oranları ve rüzgar ortalama hızları, m/sn (1980-2018) (Bolu MİM)	23
Tablo 8. Bolu ili uzun yıllar aylara göre basınç (1980-2018) (Bolu MİM)	26
Tablo 9. Bolu ili aylara göre basınç (2019) (Bolu MİM).....	26
Tablo 10. Bolu ili uzun yıllar aylık buhar basıncı, nem, sis, sıcaklık, yağış, rüzgar ve sisli günler (1980-2018) (Bolu MİM).....	26
Tablo 11. Bolu ili aylık sıcaklık, basınç, nem, yağış, sis, rüzgar yönü ve hızı (2019) (Bolu MİM).....	27
Tablo 12. Bolu eski HKİ istasyon ve kaynak bilgileri	31
Tablo 13. Bolu Karaçayır istasyonu kaynak bilgisi (KIATHM, 2019).....	33
Tablo 14. Renk çarkı ve renklerin insan psikolojisi üzerine etkileri.....	35
Tablo 15. EPA hava kalitesi indeks aralığı ve renk skalası	36
Tablo 16. EPA hava kalitesi kirletici parametre konsantrasyon aralığı	36
Tablo 17. Ulusal hava kalitesi indeksi kesişme noktaları	37
Tablo 18. Kanatlı hayvan kapasitelerinin ilçelere göre adeti (Bolu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2018)	68

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 1. Hâkim rüzgâr yönü (KIATHM, 2019)	24
Grafik 2. Hâkim rüzgâr yönünün mevsimsel değişimi (KIATHM, 2019).....	25
Grafik 3. Bolu ili 1929-2014 dönemi ortalama sıcaklık parametresi istatistiksel analizi (Bolu MİM).....	28
Grafik 4. Bolu ili 2010-2019 dönemi ısıtma gün derece değişim sayısı (KIATHM, 2019) ..	28
Grafik 5. Bolu ili 1929-2014 dönemi yıllık yağış parametresi istatistiksel analizi (Bolu MİM)	29
Grafik 6. Bolu ili 2010-2019 dönemi sıcaklık, basınç ve nem değişimi (KIATHM, 2019) ..	29
Grafik 7. PM ₁₀ aylık ortalama zaman serisi (eski HKİİ) (konsantrasyon µg/m ³) (KIATHM, 2019)	38
Grafik 8. SO ₂ aylık ortalama zaman serisi (eski HKİİ) (konsantrasyon µg/m ³) (KIATHM, 2019)	38
Grafik 9. PM ₁₀ ve SO ₂ yıllara göre değişim grafiği (eski HKİİ) (KIATHM, 2019)	39
Grafik 10. PM ₁₀ ve SO ₂ yıllara göre değişim grafiği (Bolu Karaçayır HKİİ) (KIATHM, 2019)	39
Grafik 11. 2007-2017 yılları arasında faaliyet gösteren istasyonun zamansal değişimi (eski HKİİ) (KIATHM,2017)	40
Grafik 12. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu zamansal değişimi (KIATHM,2019)	41
Grafik 13. Bolu eski HKİ istasyonu PM ₁₀ aylık değişimi, (KIATHM,2017)	42
Grafik 14. Bolu eski HKİ istasyonu SO ₂ aylık değişimi (KIATHM,2019)	42
Grafik 15. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM ₁₀ aylık değişimi (KIATHM,2019).....	43
Grafik 16. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu SO ₂ aylık değişimi (KIATHM,2019)	43
Grafik 17. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu NO ₂ aylık değişimi (KIATHM,2019)	44
Grafik 18. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM _{2,5} aylık değişimi (KIATHM,2019).....	44
Grafik 19. Bolu eski HKİ istasyonu PM ₁₀ ısınma oranı değişimi (KIATHM,2019)	45
Grafik 20. Bolu eski HKİ istasyonu SO ₂ ısınma oranı değişimi (KIATHM,2019)	45
Grafik 21. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM ₁₀ ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019) ...	46
Grafik 22. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu SO ₂ ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019)	46
Grafik 23. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu NO ₂ ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019)	47
Grafik 24. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM _{2,5} ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019) ..	47
Grafik 25. Bolu eski HKİ istasyonu PM ₁₀ günlük değişimi (KIATHM,2017)	48
Grafik 26. Bolu eski HKİ istasyonu SO ₂ günlük değişimi (KIATHM, 2017)	49

Grafik 27. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM ₁₀ günlük değişimi (KIATHM, 2019) ..	49
Grafik 28. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu SO ₂ günlük değişimi (KIATHM, 2019)	50
Grafik 29. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM _{2,5} günlük değişimi (KIATHM, 2019)..	50
Grafik 30. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu NO ₂ günlük değişimi (KIATHM, 2019)....	51
Grafik 31. Bolu eski HKİ istasyonu PM ₁₀ hafta içi hafta sonu değişimi (KIATHM, 2019).	51
Grafik 32. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM ₁₀ hafta içi hafta sonu değişimi (KIATHM, 2019).....	52
Grafik 33. Bolu eski HKİ istasyonu kirleticilerin arka plan düzeyi değişimi (KIATHM, 2017).....	53
Grafik 34. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu kirleticilerin arka plan düzeyi değişimi (KIATHM, 2019).....	53
Grafik 35. Bolu Eski HKİ istasyonu PM ₁₀ parametresinin 2010-2017 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2017).....	54
Grafik 36. Bolu Eski HKİ istasyonu SO ₂ parametresinin 2010-2017 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2017).....	54
Grafik 37. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM ₁₀ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)	55
Grafik 38. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu SO ₂ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)	55
Grafik 39. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM ₁₀ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)	56
Grafik 40. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM ₁₀ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)	56
Grafik 41. Bolu eski HKİ istasyonu PM ₁₀ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2017)	57
Grafik 42. Bolu eski HKİ istasyonu SO ₂ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2017)	57
Grafik 43. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM ₁₀ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019).....	58
Grafik 44. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu SO ₂ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019)	58
Grafik 45. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM _{2,5} parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019).....	59

Grafik 46. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu NO ₂ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019)	59
Grafik 47. PM ₁₀ parametresinin saatlik ve rüzgar yönüne göre değişimi (KIATHM, 2019). 60	
Grafik 48. SO ₂ parametresinin saatlik ve rüzgar yönüne göre değişimi (KIATHM, 2019)... 61	
Grafik 49. Kirleticiler arasında ilişki grafiği (Karaçayır HKİİ) (KIATHM, 2019)	62
Grafik 50. Kirleticilerin alansal dağılımı (Karaçayır HKİİ) (KIATHM, 2019).....	64
Grafik 51. PM ₁₀ parametresinin ulusal sınır değer aşım sayıları (Eski HKİİ ve Karaçayır HKİİ), (KIATHM, 2019)	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Çevre yerleşmeler	21
Şekil 2. Uzun yıllar rüzgar esme yönü ve esme sayıları toplamı (1929-2018) (Bolu MİM) . 24	

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. Sanayi kaynaklı hava kirliliği	2
Resim 2. Trafik kaynaklı hava kirliliği	2
Resim 3. Isınma kaynaklı hava kirliliği	2
Resim 4. Asit yağmurlarının oluşumu ve etkisi	11
Resim 5. Bolu hava kalitesi izleme istasyonu (eski HKİİ)	31
Resim 6. Bolu hava kalitesi izleme istasyonunun ve çevresinin uydu görüntüsü (eski istasyon)	32
Resim 7. Bolu Karaçayır HKİİ'nin ve çevresinin uydu görüntüsü	33
Resim 8. Karaçayır HKİİ ve eski HKİİ.....	34
Resim 9. Eski HKİİ ve Karaçayır HKİİ	34

HARİTALAR DİZİNİ

Harita 1. Bolu il ve ilçe sınırları.....	19
--	----

KISALTMALAR VE SİMGELER

AB	Avrupa Birliği
BM	Birleşmiş Milletler
CAFE	Avrupa Birliği ülkelerinde hava kalitesi ile ilgili olarak kullanılan direktif
CO	Karbon Monoksit
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
EEA	Avrupa Çevre Ajansı
EMEP	Hava Kirleticisi Emisyon Envanter Klavuzu
EPA	Avrupa Çevre Koruma Ajansı
EPDK	Enerji Piyasası Denetleme Kurulu
HKİ	Hava Kalitesi İndeksi
HKİİ	Hava Kalitesi İzleme İstasyonu
HKDYY	Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
KİATHM	Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi
KOAH	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı
MİM	Meteoroloji İl Müdürlüğü
NO	Azot Monoksit
NO ₂	Azot Dioksit
NO _x	Azot Oksit
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
PAH	Poli Aromatik Hidrokarbonlar
PM	Partikül Madde

SO ₂	Kükürt Dioksit
UNECE	Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
UOB, VOC	Uçucu Organik Bileşikler
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

1.1. Hava Kirliliği ve Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı ve Çevre Üzerindeki Zararlı Etkileri

1.1.1. Hava Kirliliği

Saf hava, başta azot ve oksijen olmak üzere argon, karbondioksit, su buharı, neon, helyum, metan, kripton, hidrojen, azot monoksit, ksenon, ozon, amonyak ve azot dioksit gazlarının karışımından meydana gelmiştir. Havada yaklaşık olarak;

- Azot %78,
- Oksijen %21,
- Karbondioksit ve asal gazlar %1 oranında bulunur.

Havada bulunan gazları 3 grupta toplayabiliriz;

1. Havada devamlı bulunan ve çoğunlukla miktarları değişmeyen gazlar (*azot, oksijen ve diğer asal gazlar*)
2. Havada devamlı bulunan ve miktarları azalıp çoğalan gazlar (*karbondioksit, su buharı, ozon*)
3. Havada her zaman bulunmayan gazlar (*kirleticiler*)

Hava kirliliği; ekolojik dengeyi bozan, insan sağlığını ve canlı hayatını olumsuz şekilde etkileyen, insanların çeşitli tüketim aktiviteleri ve ekonomik faaliyetleri sonucu yapay yollarla havanın bileşimindeki maddelerin normalin üzerinde yoğunluğa ve miktara ulaşması ile havanın doğal bileşiminin bozulmasıdır. Hava kirliliği kısaca; atmosferde toz, duman, gaz, su buharı şeklindeki kirleticilerin, insan ve diğer canlılara zarar verecek düzeye erişmesidir.

Trafik, sanayi ve ısınma sistemleri hava kirliliğinin başlıca kaynaklarıdır. Hızlı kentleşme, şehrin yanlış bölgelere kurulması, sanayide yanlış yer seçimleri, tesislerin zamanla şehir merkezlerinde kalması, gerekli arıtma sistemlerinin olmaması veya yetersiz oluşu, kalitesiz yakıtlar ve uygun olmayan yakma sistemleri gibi sebepler de hava kirliliğinin artmasına yol açmaktadır. Meteorolojik ve topoğrafik koşulların da etkisiyle şehirlerimizde kirlilik daha da yoğun olarak yaşanmaktadır.

1.1.2. Hava Kirletici Kaynakları

Atmosferdeki kirleticiler, kirletici kaynaklardan atmosfere doğrudan verilen birincil kirleticiler ve bu kirleticilerin atmosferde geçirdiği kimyasal tepkimeler sonucu oluşturduğu ikincil kirleticiler olmak üzere iki şekilde bulunurlar. Bu kirleticilerin çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır.



Resim 1. Sanayi kaynaklı hava kirliliği



Resim 2. Trafik kaynaklı hava kirliliği



Resim 3. Isınma kaynaklı hava kirliliği

Hava kirleticilerinin kaynakları genel olarak doğal ve yapay kaynaklar olarak iki sınıfa ayrılır. Hava kirliliği kaynaklarından asıl kirlilik problemleri oluşturan grup yapay kaynaklardır.

Doğal kaynaklar: Çöl fırtınaları ile taşınan partikül maddeler, orman yangınları ile oluşan gaz ve partikül kirleticiler, okyanus ve denizlerden atmosfere karışan sıvı damlacıklar, volkan patlamalarından kaynaklanan büyük kül bulutları ve gaz kirleticiler, bitkilerden atmosfere atılan organik bileşikler doğal hava kirliliği kaynaklarıdır. Doğal kaynaklardan çıkan emisyonlar taşınım yoluyla hava akımlarının geçtiği yerleşim yerlerinde ciddi boyutta kirlilikler oluştururlar.

Yapay Kaynaklar: Tümüyle insan faaliyetleri olarak bilinen bu kaynaklar farklı gruplandırmalar çerçevesinde incelenebilmektedir. En yaygın gruplandırma şekli, sabit kaynaklar ve hareketli kaynaklardır. Sanayi ve evsel kaynakların ortak bileşeni, enerji ihtiyacının karşılanması için fosil yakıtlar dediğimiz odun, kömür ve petrol ürünlerinin (fueloil, mazot, doğalgaz) yakılmasıdır. Sanayi tesislerinin asıl önemli kirleticileri ise, her sanayi prosesine özgü olarak oluşan proses emisyonlarıdır. Bu itibarla ortaya çıkan iki ana kirlilik şekli kentsel ve sanayi kaynaklı hava kirliliği olarak da incelenmektedir. Yapay kaynakların diğer grubu ise hareketli kaynaklar olarak adlandırılan motorlu kara taşıtları, gemiler, trenler ve uçaklardan oluşmaktadır. Bu grup içerisinde önemli paya sahip olan motorlu kara taşıtlarıdır. Motorlu kara taşıtları da ağırlıklı olarak kentlerde yoğunlaştığı için kentsel hava kirliliği içerisinde son yıllarda daha da artan paya sahip olmaktadır.

1.1.2. Hava Kirleticiler

Hava kirletici parametreler kaynaklarına göre birincil ve ikincil kirleticiler olarak adlandırılırlar.

Birincil (Primer) Kirleticiler:

Bir kaynağı olan kirleticilerdir. Bu sınıftaki kirleticiler insan faaliyetlerinden (antropojenik) ve doğal faaliyetlerden (natural) oluşan ve atmosfere verilen kirleticiler olarak ikiye ayrılırlar. Antropojenik kaynaklı kirleticilere karbonmonoksit (CO), kükürtdioksit (SO₂), azot oksitler (NO_x), hidroklorik asit (HCl), halojenli organikler (solventler), petrol kökenli organikler, partiküller örnek olarak verilebilir. Bunlar endüstriden, taşıt araçlarından, yakıt yakılmasından, ısıtma faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Doğal kaynaklardan oluşan kirleticiler ise jeolojik kaynaklardan sülfürlü gazlar (SO₂ ve H₂S) metan (CH₄), karbondioksit (CO₂), minerallerin tozları, volkan ve deniz spreylere klorür (Cl⁻) ve sodyum(Na⁺) iyonları, biyolojik (fotosentez yapan organizmalar, atıkların ayrıştırılması, bitki ve hayvanların metabolik faaliyetleri) kaynaklardan hidrojen-karbon esaslı gazlar (CO, CO₂, CH₃Cl, terpenler) olarak verilebilir.

İkincil (Sekonder) Kirleticiler:

Atmosferde mevcut birincil kirleticilerin kendi aralarında verdikleri reaksiyonlardan ve güneş radyasyonunun etkisi ile gerçekleşen reaksiyonlardan oluşan kirleticilerdir. Oksidantlar olarak adlandırılan ozon ve PAN (Peroksi Asetil Nitrat) ve NO₂ en çok rastlanan gaz fazındaki ikincil kirleticilerdir. Yine birincil kirleticilerden NO'un oksitlenmesi ile NO₂ ve devamında nitrik asit ve nitrat iyonlarına benzer şekilde SO₂ de SO₃ oksitlenmekte ve nem eşliğinde sülfürik asit partiküllerine dönüşmektedirler. Aerosoller içinde de reaksiyonlar devam eder ve SO_x ve NO_x gazlarından doğal oluşumlarla amonyum sülfat ve amonyum nitrat tuz partikülleri oluşur. Zira bu kirleticiler çok düşük konsantrasyon değerlerinde dahi insan sağlığını tehdit edebilmektedir. Bu kirleticiler içerisinde en önemli grup kanser yapıcı, tetrajenik ve mutajenik etkilere sahip maddelerdir. Bu kirleticilerle, atmosferik özelliklerin oluşturduğu kimyasal reaksiyonların en önemlileri ise fotokimyasal olaylardır ki, bunlardan özellikle floroklorokarbonlar, güneşten gelen zararlı UV (ultraviyole) ışınlarına karşı yeryüzüne koruyan ozon tabakasında büyük tahribata yol açmaktadır. Doğal veya insan yapısı sonucu atmosfere karışan kirleticiler, her iki halde de atmosfere yayıldıkları anda hızla kimyasal reaksiyonlar oluştururlar ve hava akımları ile karışır, dağılır, yayılır ve taşınırlar. Böylece kirleticiler, kaynaktan çıkıp, alıcılara ulaştığında karakterleri değişebilir.

Her bir hava kirleticinin etki süresi, konsantrasyonu ve diğer karakteristiklerine bağlı olarak insan vücudunda yapmış olduğu etkiler aşağıda sıralanmaktadır.

1.1.2.1. Karbon Monoksit (CO)

Karbon monoksit gazı; doğal gaz, gaz yağı, benzin, tüp gazı, kömür ve odun gibi yapısında “karbon” bulunan yakıtların yanması veya tam olarak yanmaması sonucunda oluşan dumanda yer alan zehirli bir gazdır. Tatsız, renksiz, kokusuz olması ve tahriş etme özelliğinin olmaması nedeni ile fark edilmediği için “sessiz katil” olarak bilinmektedir.

Birincil bir hava kirletici olan karbon monoksit, oksijen eksikliği, tutuşma sıcaklığı, yüksek sıcaklıkta gazın kalıcılık zamanı ve yanma odası türbülansı gibi etkenlerden birinin eksikliğinde tam olmayan bir yanma sonucunda CO₂ yerine meydana gelmektedir. Kararlı bir gaz olan karbon monoksitin atmosferde kalıcılık süresi 2 aydan fazladır.

Karbon monoksitin oksijen taşıma kapasitesini azaltması sonucunda, kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperleri, beyin ve kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelmektedir.

1.1.2.2. Kükürt Oksitler (SO_x)

Hava kirletici emisyonların en yaygın olanı (SO₂) kükürt dioksittir. SO₂ kirleticisinin ana kaynağı kükürt oranı yüksek yağların, kömür ve linyitin yakılmasıdır. SO₂ parametresi sırası ile ısınma, sanayi ve trafik bölgeleri ile oluşan bir kirleticidir. Her yıl tonlarca SO₂ çeşitli kaynaklardan atmosfere verilmektedir. Kükürt dioksit; renksiz, yanmaz ve patlamaz bir gazdır. Özellikle katı ve sıvı yakıtlarda bulunan kükürdün yanması sonucu oluşur. Kükürt dioksit suda oldukça fazla çözünür. Atmosferde kalış süresi 2 ya da 4 gün arasında değiştiğinden çok uzun mesafelere taşınabilmektedir. Dolayısıyla kükürt dioksit sadece bulunduğu bölgelerde değil taşındığı yerlerde de önemli olumsuzluğa neden olmaktadır.

Solunan yüksek konsantrasyondaki kükürt dioksitin % 95'i üst solunum yollarından absorbe olmaktadır. Bunun sonucu olarak, bronşit, amfizem ve diğer akciğer hastalık semptomları meydana gelmektedir.

1.1.2.3. Azot Oksitler (NO_x)

NO_x, renksiz, kokusuz, tatsızdır. Azot bileşikli maddeler genellikle büyük sanayi kuruluşlarından, büyük fabrikalardan, yüksek sıcaklıkta yanan kazanların bacalarından ve benzinli araçların egzozlarından havaya karışmaktadır. Atmosferde kalıcılık süresi yaklaşık bir gündür. Azotlu bileşiklerin en önemli iki tanesi azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) dir. İkisi de zehirlidir. Bunlar da SO₂ gibi suda kolayca çözünür. Atmosferde fotokimyasal sis oluşumuna da yardımcı olan bu gaz, su buharı ile karışarak asit yağmuruna dönüşebilmektedir.

NO₂, İnsan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olması itibari ile kentsel bölgelerdeki en önemli hava kirleticilerinden biridir. Azot oksit (NO_x)emisyonları ulaşım, sanayi ve bir miktar ısınma kaynaklı olup azot ve oksijenin kirli havadaki reaksiyonu veya kısmi olarak yakıtın içerisindeki azotun oksidasyonu ile oluşmaktadır.

Azot oksitlerin atmosferdeki konsantrasyonuna bağlı olarak, uzun süre maruz kalındığında, akciğerlerde geri-dönüslü ve geri-dönüşsüz birçok etkisi olduğu saptanmıştır. Akciğer dokusunda yapısal değişikliklere yol açabilmekte ve amfizem benzeri bir tabloya neden olabilmektedir. Düşük seviyeli konsantrasyonlara uzun süre maruz kalınması hücresel düzeyde değişikliklere yol açmaktadır. Ayrıca bakteriyel ve viral enfeksiyonlara karşı direnci düşürmektedir. Yapılan çalışmalar uzun süre azot dioksit maruz kalan çocukların solunum sistemi semptomlarında artış ve akciğer fonksiyonlarında azalış olduğunu göstermiştir. Ancak erişkinlerde benzer bir ilişki net olarak gösterilememiştir.

1.1.2.4. Uçucu Organik Bileşikler (UOB)

Hem dış hem de iç ortamda çok farklı uçucu organik bileşik (UOB) kaynakları bulunmaktadır. Dış ortam için ana kaynak trafikken, başlıca iç ortam kaynakları ısınma, pişirme, boya, oda koku spreylere, halılar, temizlik maddeleridir. UOB' lere maruziyet akut ve kronik sağlık etkileri oluşturur. Düşük dozlardaki UOB' ler, astıma ve diğer bazı solunum yolu hastalıklarına sebep olur. UOB'ler yüksek konsantrasyonlarda merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik etki yaparlar. Bazı UOB'ler ekstrem konsantrasyonlara ulaştıklarında sinir sistemine ait fonksiyonlarda bozulmalara neden olurlar. Toksik özellik gösteren bu bileşikler solunum yolu hastalıklarına sebep oldukları gibi, yüksek konsantrasyonlarda sinir sisteminde tahribata yol açmaktadır.

UOB'ler arasında yer alan karbon tetraklorür, kloroform, vinil klorür, etilen dibromür kansere sebep olma riski taşıyan maddeler olarak sınıflandırılırken kanser yaptığı kanıtlanmış ve kent atmosferinde trafik, sanayi gibi birçok kaynaktan salınım yapan benzen kirleticisi UOB'ler arasında ayrı bir öneme sahiptir.

1.1.2.5. Partikül Maddeler (PM)

Partikül şeklindeki kirletici emisyonların tanımları iriliklerine, yoğunluklarına ve kimyasal yapılarına bağlı olarak aerosol, duman, is ve toz şeklinde isimlendirilmektedir.

Partiküller madde doğal ve antropojenik faaliyetler sonucu oluşur. Partiküller maddenin esas kaynakları fabrikalar, enerji tesisleri, yakma tesisleri, inşaat faaliyetleri, yangınlar ve rüzgârdır. Partiküllerin boyutu aerodinamik çapları 2.5 µm'den küçük olanlar PM_{2.5} ve 10 µm'den küçük olanlar PM₁₀ olarak tanımlanmaktadır.

Partikül maddelerin fiziksel yapısı ve kimyasal kompozisyonu sağlık açısından oldukça önemlidir. Kanser yapıcı organik kimyasallar (PAH, dioksin, furan gibi) içeren partikül maddeler sağlık açısından çok tehlikelidir. Birçok farklı bileşenden oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle birleşerek aside dönüşmektedir. PM₁₀, akciğere kadar ulaşır, kanın içindeki karbon dioksitin oksijene dönüşmesini yavaşlatmakta, bu da nefes darlığına sebep olmaktadır. Bu durumda oksijen kaybının giderilebilmesi için kalbin daha fazla çalışması gerektiği için kalp üzerinde ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Partikül maddelerin sağlık üzerine etkileri akuttan daha çok kroniktir.

1.1.2.6. Asit Aerosoller

Asit aerosoller ile partikül maddelerin birlikte yaptığı etki, akciğerlerden alveollere kadar taşınması nedeniyle her birinin ayrı ayrı yaptığı etkiden daha fazla olabilmektedir.

Bu olumsuz etkiler sonucunda ortaya çıkan önemli rahatsızlıklar arasında; pulmoner fonksiyon bozuklukları, kronik bronşit vakalarında artış, solunum yolları epitel dokusunda kalınlaşma gibi sağlık problemleri örnek olarak verilebilir.

1.1.2.7. Ağır Metaller

Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin insineratörlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar.

Ağır metaller insan dokularında biriktiklerinden ve muhtemel sinerjik etkilerinden dolayı insan sağlığı yönünden önemlidirler. Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküler madde vücuda alınabilmektedir. İnsan sağlığını geniş çapta olumsuz yönde etkileyen metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; Kurşun, Kadmiyum, Nikel, Civa metalleri ve Asbest önem taşımaktadır.

Kurşun (Pb)

Mavimsi veya gümüş grisi renğinde yumuşak bir metaldir. Kurşunun tetraetil veya tetrametil gibi organik bileşenlerinin yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaları nedeniyle kirlenici parametre olarak önem gösterirler

Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum (Cd) gümüş beyazı renğinde bir metaldir. Havada hızla kadmiyum oksite dönüşür. Havadaki kadmiyum fume konsantrasyonu 1 mg/m³ limitini aşması durumunda, solunumdaki akut etkileri gözlemek mümkündür. Kadmiyumun vücuttan atılımının az olması ve birikim yapması nedeni ile sağlık üzerine olumsuz etkileri zaman doğrultusunda gözlenir. Uzun süreli maruziyetten en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Akciğer kanserinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir.

Nikel (Ni)

Nikel gümüşümsü beyaz renkli sert bir metaldir. Nikel biyolojik sistemlerde adenosin, trifosfat, aminoasit, peptit, protein ve deoksiribonükleik asitle kompleks oluştururlar. Havadaki nikel bileşiklerinin solunması sonucunda, solunum savunma sistemi ile ilgili

olarak; solunum borusu tahribatı, immunolojik değişim, alveoler makrofaj hücre sayısında artış gibi anormal fonksiyonlar meydana gelir. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar tespit edilememişse de; nikel işinde çalışanlarda astım gibi olumsuz sağlık etkilerinin yanı sıra, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu kanıtlanmıştır.

Arsenik (As)

Doğada çok az miktarda bulunan arsenik genellikle oksijen, klor ve kükürtle bileşik halde bulunur. Bitki ve hayvanlarda ise karbon ve hidrojenle bileşik yapar. Çoğu arsenik bileşiğinin özel bir tadı ve kokusu yoktur. Çevrede bulunan arsenik buharlaşmaz, çoğu arsenik bileşiği suda çözünür, arsenik bulaşmış maddelerin yanmasıyla havaya karışabilir, havadan yere inerek birikebilir, parçalanmaz, ancak bir türden diğerine dönüşebilir. Solunum ve sindirim yollarıyla vücuda alınabilir. Arsenik sinir sistemi, mide-barsak ve cilt dokularına zarar verir. Yüksek miktarlarda solunması akciğer ve solunum yollarında yaralara neden olabilir.

1.1.3. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki zararlı etkileri

Hava kirleticilerindeki günlük artışlar çeşitli akut sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Örneğin hava kirletici parametrelerinin konsantrasyonunun artması, astım ataklarında artışa yol açmaktadır. Kirleticilere uzun süreli maruz kalma sonucunda sağlıkta kronik etkiler ortaya çıkmaktadır.

Hava kirliliğinin sağlık etkisi; öksürük ve bronşitten, kalp hastalığı ve akciğer kanserine kadar değişmektedir. Kirliliğin olumsuz etkileri, sağlıklı kişilerde bile gözlenmekle birlikte bazı hassas gruplar daha kolay etkilenmekte ve daha ciddi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu gruplardan biri yaşlılardır. Fizyolojik kapasitesi ve fizyolojik savunma mekanizması fonksiyonlarındaki azalma, kronik hastalıklardaki artma sebebiyle yaşlılar, normal yaş gurubundaki halka nazaran hava kirliliğinden daha kolay etkilenmektedir. Küçük çocuklar, savunma mekanizması gelişiminin tamamlanmaması, vücut kitle birimi başına daha yüksek ventilasyon (soluk alıp verme) hızları ve dış ortamla daha sık temas sebebiyle daha fazla riske sahip diğer bir hassas gruptur. Yaş durumunun yanı sıra hava yolunda daralmaya yol açan hastalıklar da kirleticilere hassasiyeti artırmaktadır. Yapılan çalışmalar, kirlilik arttıkça astım ve kronik obstrüktif akciğer hastalıkları (KOAH) gibi hastalıklarda artış olduğunu göstermiştir.

Risk Grupları

- Bebekler ve gelişme çağındaki çocuklar
- Gebe ve emzikli kadınlar
- Yaşlılar

- Kronik solunum ve dolaşım sistemi hastalığı olanlar
- Sigara kullananlar
- Düşük sosyoekonomik grup içinde yer alanlar

Genel olarak havadaki kirleticilerin sağlığa etkileri şöyle toparlanabilir;

- Solunum fonksiyonlarında bozulma
- Solunum sistemi hastalıklarında artış
- Kronik solunum sistemi hastalığı ve kronik kalp hastalığı olan kişilerin hastalıklarının alevlenmesinde artış
- Kanseri görülme sıklığında artış
- Erken ölümlerde artış

Dış ortam hava kirliliğinin toplum sağlığı ile ilişkisi değerlendirilirken, yukarıda sıralanan doğrudan sağlık etkilerinin yanı sıra içme ve sulama suyu kaynaklarının, bitki örtüsünün zarar görmesi ve mikro klima değişiklikleri nedeniyle dolaylı etkilerini de göz önünde bulundurmak gereklidir. Tüm bunların yanı sıra; ortamın nem oranı, sıcaklık, sıcaklık değişim hızı, rüzgârlar ve benzeri etmenler de hava kirliliğinin sağlık üzerine olan etkisinde değişikliklere yol açabilmektedir.

Sağlık Bakanlığı, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), Birleşmiş Milletler (BM) Kalkınma Programı ve BM Bulaşıcı Olmayan Hastalıkların Önlenmesi ve Kontrolü Ortak Görev Gücü iş birliğinde hazırlanan "Türkiye'de Bulaşıcı Olmayan Hastalıkların Önlenmesi ve Kontrolü için Yatırım Gereksinimleri Raporu" na göre, kanser, kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve kronik hava yolu hastalıkları gibi bulaşıcı olmayan hastalıklar en önemli sağlık tehdidi olarak vurgulanmaktadır. Ayrıca raporda; Türkiye'de ölümlerin % 87,5' inin bulaşıcı olmayan hastalıklardan kaynaklandığı, bu hastalıkların neden olduğu engellilik ve erken ölümler sonucunda ülkede iş gücü açısından üretkenliğin ciddi şekilde etkilendiği belirtilmektedir.

Tablo 1. Hava kirletici parametreler ve sağlık üzerine etkileri

Kirletici	Ana Kaynağı	Sağlık Etkisi
Kükürt dioksit	Fosil yakıt yanması	Solunum yolu hastalıkları
Azot oksitler	Taşıt emisyonları, yüksek sıcaklıkta yakma prosesleri	Göz ve solunum yolu hastalıkları, asit yağmurları
Partikül Madde	Sanayi, yakıt yanması, tarım ve ikincil kimyasal reaksiyonlar	Kanser, kalp problemleri, solunum yolu hastalıkları, bebek ölüm oranlarında artış
Karbon monoksit	Eksik yanma ürünü, taşıt emisyonları	Kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşınma kapasitesinde azalma, ölüm
Ozon	Trafikten kaynaklanan azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığıyla değişimi	Solunum sistemi problemleri, göz ve burunda iritasyon, astım, vücut direncinde azalma

1.1.4. Hava kirleticilerin bitki, hayvan ve çevre üzerindeki etkileri

Su Üzerindeki Etkileri

Yüzeysel su kirliliğini, yer altı suyu kirliliğinden ayrı tutmak mümkün değildir. Yağmur suyu yeryüzüne indiği andan itibaren kirlilik yükünde ani bir artış olur. Organik ve anorganik partiküller, hayvansal ve bitkisel atıklar, doğal ve yapay gübreler, pestisitler, mikroorganizmalar su ve yeraltı suyunun kirlenmesine neden olurlar.

Toprak Üzerindeki Etkileri

Katı, sıvı ve gaz atıklar alıcı ortama verildikten sonra, iklim durumuna, toprağın yapısına, topoğrafik yapıya, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına taşınırlar.

Flora ve Fauna Üzerindeki Etkileri

Hava kirliliğini meydana getiren bazı gazlar, bitkilerin solunumu sırasında gözeneklerinden içeriye girerek fotosentezi yavaşlatırlar. Bitkilerdeki olumsuz etki, bir ölçüde ürün azalmasına sebep olur. Kükürt dioksit en çok etkilediği bitki türleri, bazı önemli tahıl ürünleridir. Ağaçların yapraklarında görülen renk bozulmaları da hava kirliliğinin bitki hayatında sebep olduğu ayrı bir bozulmadır.

Yapay Çevreye (Görüntü Kirliliği Üzerine) Olan Etkileri

Hava Kirliliğinin, görüntü kirliliği üzerindeki en çok bilinen tesiri; bina cephelerinde, kumaşlar ve diğer eşyalar üzerinde lekeler meydana getirmesidir. Yüzeyler üzerine 0,3 mikron büyüklüğündeki smogların birikmesi sonucu söz konusu bozulma ve lekeler meydana gelmektedir. Zamanla bu birikme, yüzeyi tahrip ederek, rengini değiştirerek kendini belli etmektedir. Hava Kirliliğinin malzemelere olan bir diğer tesiri korozyonu hızlandırmasıdır. Özellikle kükürt dioksit (SO_2) çürümeyi son derece hızlandırmaktadır.

Ozon Tabakasının İncelmesinin Etkileri

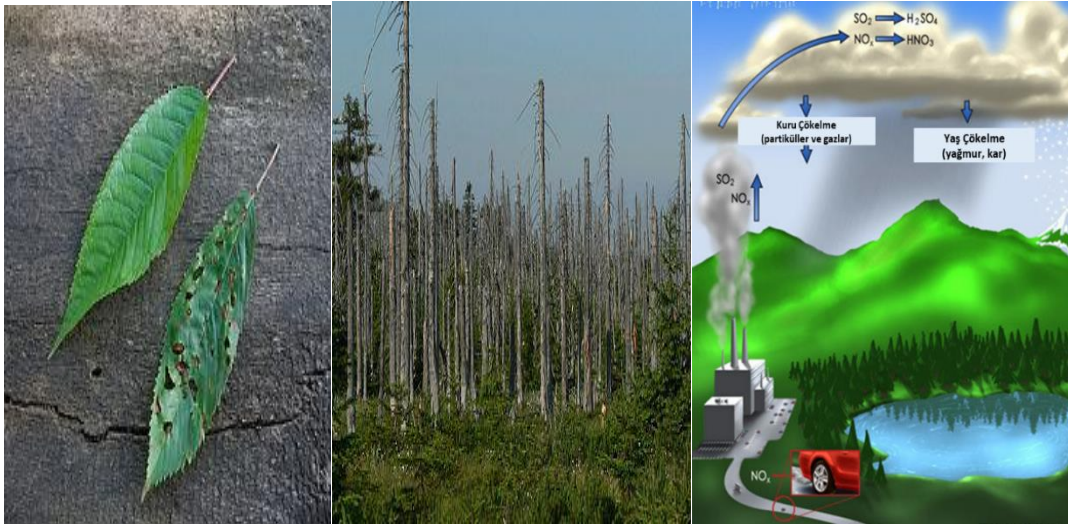
Atmosferdeki oksitleyici maddelerin en önemlisi ozondur. Ozon, kirletici kaynaklardan atmosfere atılan bir kirletici olmayıp, atmosferde çeşitli kirleticilerin yan etkileriyle ve güneşin mor ötesi ışınlarının yardımıyla meydana gelen reaksiyonlar ürünüdür.

Canlıların hücrelerinde bulunan kalıtım maddeleri (DNA) tahrip olur. Tüm canlıların bağışıklık sistemi bozulur. Deri kanseri ve bazı göz hastalıklarında artışlar görülür. Bitki ve hayvan yaşamı üzerindeki olumsuz etkileri sonucu biyolojik çeşitlilikte

azalmalar, denizel ve karasal ekosistemlerde bozulmalar olur. Atmosferin sera etkisi artacağından küresel sıcaklıkta artış görülebilir.

Asit Yağmurlarının Etkileri

Hiçbir yabancı maddeyle kirlenmemiş bir atmosferde bile yağmur suyu, hafif asit karakterlidir, pH derecesi 5,6'dır. Çeşitli yanma olayları sonucu havaya karışan SO_2 , O_2 , NO_x gibi gazlar yağışla birleşip asit meydana getirebilmekte, bunların yeryüzüne yağması ile asit yağmurları oluşmaktadır. Asit yağmurları; göllerde, akarsularda asit dengesini bozarak, önce hassas canlılar olmak üzere tüm canlıları etkilemekte hatta bazı türlerin ölümüne yol açmaktadır. Tarihsel kalıntıların, çelik köprülerin, demiryollarının aşınmasına ve tahribatına neden olmaktadır. En büyük etkisi ormanlar üzerinde olup, ağaçların en önemli organı olan yapraklardaki büyüme ve gelişmeyi engellemektedir. Yeryüzüne inen asit yağmurları, suya ve toprağa geçerek, onların fizyo-kimyasal yapısını değiştirmekte, neticede toprak ve suyla ilişkide olan canlılar etkilenmektedir.



Resim 4. Asit yağmurlarının oluşumu ve etkisi

Hayvanlar Üzerinde Etkileri

İnsanlarda görülen hava kirliliği etkilerine, bir ölçüde hayvanlarda da rastlanılmaktadır. Evcil hayvanlar (kedi, köpek, inekler vb.) insanlar gibi hava kirlenmesinden etkilenmektedir. Yapılan otopside akciğer ödemleri görülmüştür. Nefes yollarından çok toksik kirleticilerle bulaşmış gıda maddeleri yoluyla giriş belirleyicidir. Bu durum besi hayvancılığında hava kirlenmesine maruz kalmış bitki kısımlarının yenmesi ile vücutta birikmekte ve hayvansal ürünlere geçmektedir. Pestisit, herbisit ve fungusitlerin önemi artmaktadır. Florür, kurşun, ağır metaller ve partiküler maddeler evcil hayvanlarda etkili olmaktadır. Florürler, bu kirleticilere maruz kalmış bitkisel yemleri tüketen, inek, koyun, at, domuz ve kümes hayvanlarında

florozis hastalığına neden olmaktadır. Kurşunla kirlenmiş otların yedirilmesi durumunda da kurşun maruziyetine bağlı olarak rahatsızlıklar ortaya çıkmaktadır. Arsenik, selenyum ve molibden gibi ağır metaller de kümes hayvanlarında birikime neden olmaktadır.

1.2. Hava Kalitesinin Değerlendirilmesinin Gerekliği

Yerel hava kalitesi, yaşadığımız ve soluduğumuz havayı ve hayatımızın kalitesini doğrudan etkiler. Hava durumu gibi hava kalitesi de gün gün veya saat saat değişmektedir. Özellikle yapay kaynaklardan dış ortama verilen kirleticilerin yıllık miktarları, birkaç yüz tondan milyonlarca tona kadar ulaşmaktadır. Bunlar oluştukları alan ve miktarlarına bağlı olarak, değişen ölçülerde etki meydana getirirler.

Özellikle şehirlerde ısınma, trafik ve sanayiden kaynaklanan hava kirliliğinin son yıllarda artmasıyla sağlık problemlerinde de artış görülmektedir.

Havaya karışan kirleticilerin doğrudan solunması, havadan toprak, bitki, hayvan ve diğer çevresel ortamlara geçerek biriken kirleticilerin içme suyu ve besin zincirine karışmaları ile vücuda dolaylı yolla giren kimyasalların birikimi ve emilimi sonucunda meydana gelen olumsuz sağlık etkileri hava kirliliğinin en önemli sonucudur.

Bakanlığımız görevleri arasında;

- Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak
- Tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek
- Hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek
- Hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamak

bulunması nedeniyle Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve İl Müdürlükleri, insan sağlığının ve ekosistemlerin korunması için gerekli önlemleri almakla yükümlüdür.

Bu kapsamda; tüm illerimizde hava kirliliğinin doğru bir şekilde ölçülmesi, hava kirliliği politikaları oluşturulması ve bu politikalar çerçevesinde hava kalitesinin daha iyi durumlara getirilebilmesi amacıyla, Bakanlığımız tarafından 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur.

Kurulan hava kirliliği ölçüm istasyonlarında Partikül Madde (PM₁₀, PM_{2.5}), Kükürt dioksit (SO₂), Azot oksitler (NO, NO₂, NO_x), Karbon monoksit (CO) ve Ozon (O₃) gibi kirleticiler ile meteorolojik veriler saatlik olarak ölçülmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve İl Müdürlüklerinin hava kalitesi yönetimi konusundaki

görevlerinin temelini, mevcut durumun tespit edilmesi ile limit değerlere göre gelecekte oluşabilecek limit aşımalarının öngörülmesi oluşturmaktadır. Limit değerler aşıyorsa veya aşılma riski varsa gerekli önlemlerin alınması ve halkın bilgilendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bakanlığımız tarafından saatlik ortalamalar şeklinde istasyonlardan alınan veriler incelenerek doğrulama çalışmaları yapılmakta ve söz konusu veriler aylık ve yıllık raporlar halinde yayınlanmaktadır.

Şehirler için öncelikle bir ön değerlendirmenin gerçekleştirilmesi önemlidir. Ön değerlendirme çalışmasında; nesnel tahminlerin varsa mevcut ölçüm verilerinin değerlendirilmesi, yeterli bilgi mevcut değilse gerekli görülmesi durumunda gösterge ölçümlerinin gerçekleştirilmesi, önemli kirletici kaynakları, ilde hava kalitesi ile ilgili yapılan proje ile bilgi ve belgeleri kullanarak bir değerlendirme gerçekleştirilmektedir. Ön değerlendirme kapsamında mevcut durum tespiti yapılarak nerelerde, hangi kirletici parametrelerinin izlenmesi gerektiğine kirlilik, nüfus kriterleri, planlamalar vb. bilgiler ışığında karar verilmektedir. Bu çerçevede hava kalitesi değerleri istasyon tiplerine göre (yerleşim, sanayi, trafik, kırsal vb.) izlenmesi gerekli olan tüm parametrelerin sürekli ölçüm istasyonları ile izlenmesi sağlanmaktadır. Kaynak bazında (ısınma, sanayi, ulaşım) kirleticiler için emisyon veri tabanının (emisyon envanteri) oluşturulması, hava kirliliğinin azaltılması ve hava kalitesi değerlerinin korunması amacıyla gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemler alınırken uygun, uygulanabilir, halk tarafından kabul edilebilir, uygun maliyetli önlemlerin olmasına dikkat edilmelidir. Diğer bir ifadeyle şehirler için temiz hava planlarının hazırlanarak etkin yürütülmesinin sağlanması gereklidir.

Bu çerçevede, belediyelerin, ildeki ilgili kurum ve kuruluşların işbirliği ve koordinasyon halinde çalışması etkin bir hava kalitesi yönetimi için gereklidir. Diğer bir önemli hususta ölçülen hava kalitesi değerleri, konsantrasyon ve dağılım oranları ile alınan önlemler ve yapılan çalışmaların her aşamasında halkın bilgilendirilmesidir. Ancak halkın desteği ve karar vericilerin koordineli çalışmaları ile şehrimizde hava kirliliğinin kontrolü mümkündür. Diğer taraftan şehirlerin planlanmasında/imar planlarında hava kirliliğinin dikkate alınarak planlama yapılması gerekmektedir. Meteorolojik parametreler dikkate alınarak özellikle rüzgâr yönü göz önünde bulundurularak yerleşim alanlarının hava kirliliğinden etkilenme durumunun dikkate alınması, yerleşim alanı ile sanayi alanı arasında özellikle yeşil kuşakların oluşturulması, yerleşim alanlarında hava koridorlarının oluşturulması, binaların hava akımlarını kesmeyecek yükseklik ve biçimde yapılması, yalıtım tedbirlerinin alınarak ısı verimliliğinin sağlanması, yol güzergahlarının trafik yoğunluğu yaratmayacak şekilde öngörülmesi, akıcı trafik düzeni, raylı sistem vb. toplu taşıma sistemlerinin kullanımının sağlanması, çevre yollarının yapılarak kent trafiğinin azaltılması illerde hava kalitesi standartlarının sağlanması açısından önemlidir.

Hızla devam eden “ Kentsel Dönüşüm” sürecinde de tüm bu hususların göz önünde bulundurulması şehirlerde hava kalitesi yönetimine katkı sağlayacaktır.

1.2.1. Hava Kalitesi ve Yasal Yükümlülükler

Atmosferde toz, duman, gaz, koku ve saf olmayan su buharı şeklinde bulunabilecek kirleticilerin, insanlar ve canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyecek ve/veya maddi zararlar meydana getirecek miktarlara yükselmesi, “Hava Kirliliği” olarak nitelenmektedir. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz yönde etkilenmektedir. Havayı kirleten maddelerin sınır değerleri (havada zararlı olmayacak derecedeki en yüksek değerleri), her ülkenin ilgili kuruluşları tarafından yönetmeliklerle belirlenir. Kirletici parametrelerin ilgili yönetmeliklerde tanımlanan sınır değerlerin altında olduğu durumlar ise hava kalitesi olarak tanımlanmaktadır. Hava kalitesi kavramı Ülkemizde ilk olarak 1986 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile gündeme gelmiştir.

AB uyum sürecinde hava kalitesi alanındaki 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı direktiflerinin ulusal mevzuata aktarılması sonucu hazırlanarak 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete ’de yayımlanarak yürürlüğe giren Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği’nin amacı; hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kirleticileri, esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır.

Hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için; hava kalitesinin düzeyini ölçmek amacıyla kurulan istasyonları doğru işleterek verinin güvenilirliğini sağlamak, hava kirliliğine neden olan kaynağı doğru tespit ederek ilgili kirleticileri kapsayacak şekilde entegre hava kalitesi kontrol planlarının hazırlanması gerekmektedir.

2008/50/EC sayılı CAFE direktifi ve 2004/107/EC ile Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğini içeren 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı direktiflerinde tanımlı kirletici parametreler; online ölçülen ve sahada toz örneklerinden alınacak numunelerin analizine dayalı olmak üzere 2 grupta toplanmaktadır. Bu kirleticiler;

Birinci grupta; kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO) ozon, partikül madde (PM₁₀ ve PM_{2.5}),

İkinci Grupta ise; Kurşun (Pb), benzen, arsenik, kadmiyum, nikel ve benzo(a) piren bulunmaktadır.

Birinci grupta yer alan parametreler ile ikinci grupta yer alan kurşun ve benzenin limit değere esas birimleri $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ikinci grupta yer alan diğer parametrelerin limit değerlere esas birimleri ng/m^3 olup kirletici parametreler bazındaki limit değerler insan sağlığını ve ekosistemi korumaya yönelik olarak tanımlanmıştır.

İnsan sağlığını korumaya yönelik limit değerler;

SO₂ için; saatlik limit değer, günlük limit değer, üç saatlik ardışık değerleri içeren uyarı eşiği ile bir yıl içerisinde saatlik ve günlük limit değerlere göre aşım sayısı

NO₂ için; saatlik limit değer, yıllık limit değer, ardışık değerleri içeren uyarı eşiği ile bir yıl içerisinde saatlik limit değere göre aşım sayısı,

PM₁₀ için; günlük limit değer, yıllık limit değer ile bir yıl içerisinde günlük limit değere göre aşım sayısı,

PM_{2.5} için; 3 yıllık ortalama maruziyet aralığı, yıllık maruziyet konsantrasyonu değeri, (mevcut yönetmelikte yer almayıp CAFE direktifinde tanımlanmıştır)

CO için; günlük sekiz saatlik ortalama limit değeri,

Ozon için; Günlük 8 saatlik ortalama limit değeri,

Vejetasyonun korunmasına yönelik limit değerler;

- SO₂ için; yıllık limit değer,
- NO_x için; yıllık limit değer,
- Ozon için; Mayıs ayından Temmuz ayına kadar 1 saatlik değerlerden hesaplanacak AOT40, 1 saatlik bilgi ve 1 saatlik uyarı eşiği

Kurşun, Benzen Arsenik, Kadmiyum, Nikel ve Benzo(a)Piren için; yıllık limit

HKDY Yönetmeliğinin yürürlüğe giriş tarihinden itibaren kirletici parametreler bazında uygulanacak limit değer azaltım süreçleri ile CAFE direktifinde tanımlı olan ve azaltım takvimine tabi olmayan kirletici parametrelerin limit değerleri Tablo 2' de verilmektedir.

Tablo 2. Kirletici parametrelerin azaltım takvimine göre limit değerleri

KİRLETİCİ	Türkiye-Limit Değerler												
	Süre	2014 Sınır Değer	2015 Sınır Değer	2016 Sınır Değer	2017 Sınır Değer	2018 Sınır Değer	2019 Sınır Değer	2020 Sınır Değer	2021 Sınır Değer	2022 Sınır Değer	2023 Sınır Değer	2024 Sınır Değer	Türkiye için AB Limit Değerlerin Geçerli Olacağı Tarih
		(µg/m3)											
SO ₂	saatlik	350+150	350+120	350+90	350+60	350+30	350	350	350	350	350	350	1 Ocak 2019
	24 saat	125+125	125+100	125+75	125+50	125+25	125	125	125	125	125	125	
	yıl ve kış	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
NO ₂	saatlik	200+100	200+90	200+80	200+70	200+60	200+50	200+40	200+30	200+20	200+10	200	1 Ocak 2024
	yıl	40+20	40+18	40+16	40+14	40+12	40+10	40+8	40+6	40+4	40+2	40	
NO _x	yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1 Ocak 2014
PM10	24 saat	50+50	50+40	50+30	50+20	50+10	50	50	50	50	50	50	1 Ocak 2019
	kış dönemi	40+50	40+40	40+30	40+20	40+10	40	40	40	40	40	40	
	yıl	40+20	40+16	40+12	40+8	40+4	40	40	40	40	40	40	
Pb	yıl	0.5+0.5	0.5+0.4	0.5+0.3	0.5+0.2	0.5+0.1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1 Ocak 2019
C6H6	-	5+5	5+5	5+5	5+4	5+3	5+2	5+1	5	5	5	5	1 Ocak 2021
CO	8 saat	10000+6000	10000+4000	10000+2000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	1 Ocak 2017
O ₃	8 saat	hedef değer								120	120	120	1 Ocak 2022
	saatlik	bilgi eşiği								180	180	180	
		uyarı eşiği								240	240	240	
Arsenik	yıl	Bir yılda PM10 fraksiyonundaki toplam içerik için hedef değer						0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	1 Ocak 2020
Kadmiyum	yıl							0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	
Nikel	yıl							0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Benzo(a)piren	yıl							0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
NOT: 1 Ocak 2014'ten itibaren AB limit değerlerin geçerli olacağı tarihe kadar limit değerler toleranslı değerlerdir. AB Limit Değerlerin geçerli olacağı tarihlere kadar tolerans payları sıfırlanacak şekilde her 12 ayda bir eşit miktarda yıllık olarak azaltılır													

Ülkemizde yürürlükte olan Yönetmelikte; yukarıda tanımlanan ve maruziyet süresine göre konsantrasyon düzeyi belirlenen parametrelerin yanı sıra hava kirliliğinde etken kaynak emisyonunu saptamak, kaynak envanterinin tutarlılığını ve emisyon azaltım stratejilerinin verimliliğini kontrol etmek amacıyla izlenmesi gereken parametreler tanımlanmıştır.

Bunlar;

- a) Hava kirliliğinin önemli kaynaklarından uzakta, kırsal arka fon yerlerinde yıllık ortalama bazda PM_{2,5} parametresi için toplam konsantrasyonun yanı sıra Tablo 3’de tanımlı kimyasal bileşenlerine bakılması

Tablo 3. PM_{2,5} içinde bakılacak parametreler

SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Elementel karbon (EC)
NO ₃ ⁻	K	Cl ⁻	Mg ²⁺	Organik karbon (OC)

- b) Ozon öncül maddelerin ölçülmesi, bunun için de en azından azot oksitler ve Tablo 4’ de tanımlı uçucu organik bileşiklere bakılması

Tablo 4. Ozon öncüllerin değerlendirilmesi için analiz edilecek uçucu organik bileşikler

	1-Büten	İzopiren	Etil benzen
Etan	trans-2-Büten	n-Hekzan	m+p-Ksilen
Etilen	cis-2-Büten	i-Hekzan	o-Ksilen
Asetilen	1.3-Bütadien	n-Heptan	1,2,4-Trimet. benzen
Propan	n-Pentan	n-Oktan	1,2,3-Trimet. benzen
Propen	i-Pentan	i-Oktan	1,3,5-Trimet. benzen
n-Bütan	1-Penten	Benzen	Formaldehit
i-Bütan	2-Penten	Tolüen	Toplam metan içermeyen hidrokarbonlar

Havadaki Benzo(a)piren seviyesini değerlendirmek için sınırlı sayıda ölçüm yerlerinde; benzo(a)antracen, benzo(b)fluoranten, benzo(j)fluoranten, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenz(a,h)antracene gibi polisiklik aromatik hidrokarbonların (PAH) incelenmesi (ayrıca her 100.000 km² de bir fon örnekleme noktasında ise partikül ve gaz halindeki iki değerlikli civa konsantrasyonunun tespiti de mevzuatta önerilmektedir) gerekmektedir.

1.2.2. Değerlendirmenin Çıktıları

- Hava kirliliğinin bilimsel olarak tespit edilmesi için hava kalitesinin değerlendirilmesi konusunda teknik destek verilerek sorumlu kurum/kuruluşların yerel ölçekte kapasitelerinin arttırılmasının sağlanması,
- Paydaşların teknik olarak bilgilendirilerek hava kirliliğinin olumsuz sağlık etkileri konusunda farkındalığın arttırılması,
- Hava kalitesi ölçüm istasyonlarından elde edilen saatlik ölçüm sonuçlarının günlük, yıllık veya mevsimsel olarak nasıl değerlendirileceğini, meteorolojik verilerle ilişkilendirilmesi, sınır değerlerle karşılaştırılarak illerin gelecek yıllardaki hava kalitesi değerlerinin öngörülmesinin sağlanması ve bu konuda hazırlanacak raporlar ile halkın bilgilendirilmesi,
- Hava kirliliği kaynakları olarak belirlenen sanayi, ulaşım ve ısınma konularında emisyon envanterlerinin oluşturularak kirlilik dağılımının görselleştirilmesi ve hava kirliliği sebeplerinin daha iyi belirlenmesinin sağlanması,
- Hava kalitesi ölçüm istasyonlarından alınan verilerin sürekliliğinin ve kalitesinin sağlanması, ilde gerçekleşecek hava kirliliğinin gelecek yıllardaki durumunun hesaplanması ve projeksiyonlar açısından öneminin vurgulanması,
- Hava kirliliğinin limit değerler altında tutulmasının sağlanması ve hazırlanan raporlarla gereken düzenlemeler konusunda karar vericilere yol gösterilmesi.

1.3. Temiz Hava Eylem Planını Hazırlayanlar ve İletişim Bilgileri

Sema Nur GÜNEŞ	Bolu Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (Çevre Yönetimi ve Denetimi Şube Müdürü)	(374) 270 35 73-1110
Zeliha GEMİCİ	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi Müdürü)	(312) 498 21 50
Doç.Dr. Fatma ÖZTÜRK	B.A.İ.B.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü (Öğretim Üyesi)	(374) 254 10 00-4911

İlimizde şehirde yaşayan nüfusun toplam nüfusa oranı % 72 iken, kırsalda yaşayan nüfusun toplam nüfusa oranı % 28'dir.

Tablo 5. Bolu ile ilgili veriler, 2018

Nüfus	311.810
Yüzölçümü	8.323,39 km ²
Rakım	1000 m
İl Nüfus Yoğunluğu (km2)	37
İl Nüfus Artış Hızı(2018)	28,1
İl/İlçe Merkezlerin Nüfusu	220.274
Belde / Köylerin Nüfusu	91.536
İlçe Sayısı	9
Belde Sayısı	4
Köy Sayısı	487

Tablo 6. Bolu ili ilçelere göre nüfus sayımı sonuçları ve kır-kent dağılımı

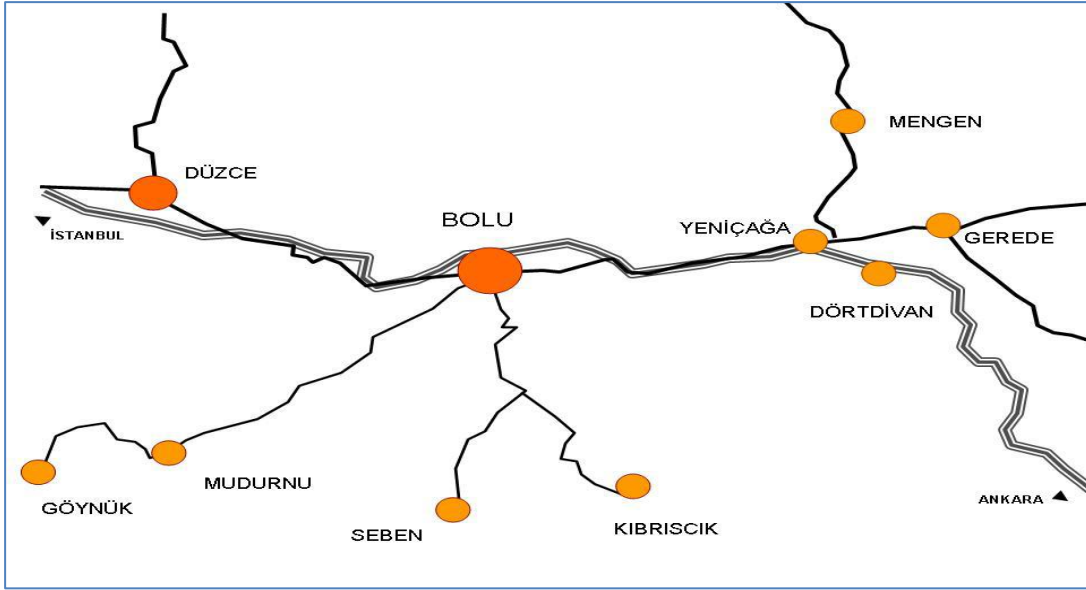
İlçeler	2016 (ADNKS)*			2017 (ADNKS)*			2018 (ADNKS)*		
	Kent	Kırsal	Toplam	Kent	Kırsal	Toplam	Kent	Kırsal	Toplam
Merkez	163018	321191	195209	168187	31515	199702	173330	32195	205525
Dörtdivan	2677	3568	6245	2631	3554	6185	2993	4146	7139
Gerede	24078	9377	33455	24079	9432	33511	23038	11239	34277
Göynük	4140	11231	15371	4111	11073	15184	4183	11240	15423
Kırıbrıscık	1422	1993	3415	1192	1919	3111	1193	2027	3220
Mengen	5232	8527	13759	5400	8450	13940	7715	6640	14355
Mudurnu	5082	14292	19374	5036	14030	19066	7368	11959	19327
Seben	2699	2806	5505	2549	2677	5226	2440	2810	5250
Yeniçağa	5196	2367	7563	8416	2443	7259	4573	2721	7294
TOPLAM	213544	86352	299896	218001	85103	303184	226833	84977	311810

* Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi

Kaynak: Bolu İl Planlama ve Koordinasyon Müdürlüğü (2018)

2.2.3. Çevre Yerleşmeler ve Ulaşım Özellikleri:

Bolu, İstanbul'u Ankara'ya bağlayan D-100 (E-80) karayolunun kenarında, İstanbul'a 262 km Ankara'ya 191 km mesafede yer almaktadır. TEM otoyolu il merkezinin kuzeyinden geçmektedir. TEM otoyoluna; Abant, Paşa köyü ve Çaydurt girişi bulunmakta olup, Abant girişi 12 km batısında, Paşaköy girişi 3 km batısında ve Çaydurt girişi de 13 km doğusundadır.



Şekil 1. Çevre yerleşmeler

İl'de 365 km devlet yolu, 311 km il yolu ve 113 km otoyol bulunmaktadır. İl Özel İdaresi'nin sorumlu olduğu köy yolları ağının uzunluğu 3.655 km' dir. İl genelinde; 2.003 km birinci derece, 1.040 km ikinci derece, 1.365 km köy içi olmak üzere toplam 4.408 km köy yolu bulunmaktadır. Toplam yol ağının 2.482 km'si (% 56) asfalt, 1.734 km'si (% 39) stabilize, 144 km'si parke ve 48 km'si ham/tesviye yoldur. Köyleri ilçe merkezleri ile il merkezine bağlayan birinci derece köy yollarının 1.603 km'si (% 80) asfalttır. Mahalle ya da diğer kırsal yerleşim alanlarını köylere bağlayan yollar ise genelde stabilize'dir. İl'in demiryolu ve denizyolu bağlantısı yoktur. İl'de sivil taşımacılığa kapalı bir havaalanı mevcuttur.

Bolu İli, doğu-batı istikametindeki D-100 karayolunun çevresinde gelişmiştir. Bu nedenle kent makroform olarak kuzey ve güney olmak üzere ikiye bölünmüştür. D-100 karayolu şehir içi trafiğinde de yoğun biçimde kullanılmaktadır.

2.2.4. Ulaşım Sistemini Etkileyen Arazi Kullanım Özellikleri

Merkez Alan:

Kent merkezinin önemli bir bölümü, dar ve düzensiz sokaklara ve az katlı yapılara sahip geleneksel konut dokusunun, aynı yetersiz yol şebekesi üzerinde yüksek yoğunluklu yapılara dönüşümüyle oluşmuştur.

Sanayi Alanları:

Kentin doğu yönünde D-100 üzerinde yoğunlaşan sanayi siteleri ve organize sanayi bölgesi kentteki çalışma yolculuklarının kent merkezinden kent dışına yönlenmesini

sağlamaktadır. Kentin bu özelliği sayesinde çalışma yolculukları merkezden dışarıya yöneldiğinden merkez üzerindeki baskıları azalmaktadır.

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gölköy Yerleşkesi:

İzzet Baysal Üniversitesi yerleşkesi kentin batısında, kent merkezinden yaklaşık 12 kilometre uzaklıkta konumlanmıştır. Yaklaşık 33 bin öğrencinin öğrenim gördüğü üniversite Bolu kentinin toplu taşıma yolculuklarının en yoğun odağını oluşturmaktadır.

2.2.5. Topoğrafya, iklim

8.323,39 km²'lik Bolu il alanının yaklaşık % 56 'sı rakımları 2.499 m'ye kadar çıkan dağlarla kaplıdır. Dağlar kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda sıralanan ve oluşumlarında Kuzey Anadolu fay kuşağı hareketinin etkisi bulunan ovalarla bölünmüştür.

İl alanının % 12'lik bir kısmı ovalarla kaplıdır. Ovaların toplam alanı 102.000 ha kadar olup, en genişleri 46.000 ha ile Bolu ovasıdır. Ovalar kuzeydoğudan güneybatıya doğru, dağlık araziye bölecek şekilde uzanırlar.

Genel olarak akarsu bakımından zengin gözükse de Bolu ilindeki akarsular küçük akarsulardır, tek başına nehir debisine ulaşan akarsu bulunmamaktadır.

İl'de yapılaşma konusunu yakından ilgilendiren en önemli tektonik öge Kuzey Anadolu fay kuşağıdır. Depremsellik konusu Bolu için son derecede önemli bir konudur. Çünkü İl arazisinin tamamına yakını I. derece deprem kuşağı içinde kalmaktadır. Türkiye'nin hatta dünyanın en fazla yıkıcı deprem üreten karasal fay kuşaklarından biri olan Kuzey Anadolu fay kuşağı, Bolu il arazisini kuzeydoğu-güneybatı doğrultusunda ortalayıp geçmektedir.

İlin kuzey kesimlerinde, Yedigöller civarında dar bir alanda Batı Karadeniz iklimi görülür. Oradan güneye doğru gidildikçe Karadeniz ikliminin etkisi azalmaya başlar ve İç Anadolu ikliminin etkisi hissedilir. İlin en güney kesimlerinde İç Anadolu iklimi etkisi ağır basar. Aradaki kısımda Karadeniz ardı iklimi olarak tanımlanan bir iklim tipi yaşanır. Bu genel duruma ek olarak, yerel ölçüdeki topografik yükseklik farkları da önemli bir iklim etkenidir. Örneğin rakımı 725 olan Bolu ovası ile oviden sadece 20 km kadar güneydoğuda bulunan, rakımı 2000 m ve üzerinde olan Kartalkaya bölgesinin iklimi birbirinden hayli farklıdır.

2.2.6. Rüzgar

Rüzgâr en basit anlatımla yatay hava hareketi olup yüksek basınçtan alçak basınca doğru olan hava akımıdır. Rüzgâr hızı anemometre ile ölçülür, ancak artık meteorolojik ölçümlerin çoğu sensörler yoluyla otomatik meteoroloji istasyonları

tarafından yapılmaktadır. Rüzgâr, doğu, batı, kuzey (yıldız) ve güney (kıble) olmak üzere dört ana, kuzeydoğu (poyraz), kuzeybatı (karayel), güneydoğu (keşişleme) ve güneybatı (lodos) ara yönleri ile tanımlanmaktadır. Meteorolojik ölçümlerde ise daha da hassas ara yönler kullanılmaktadır.

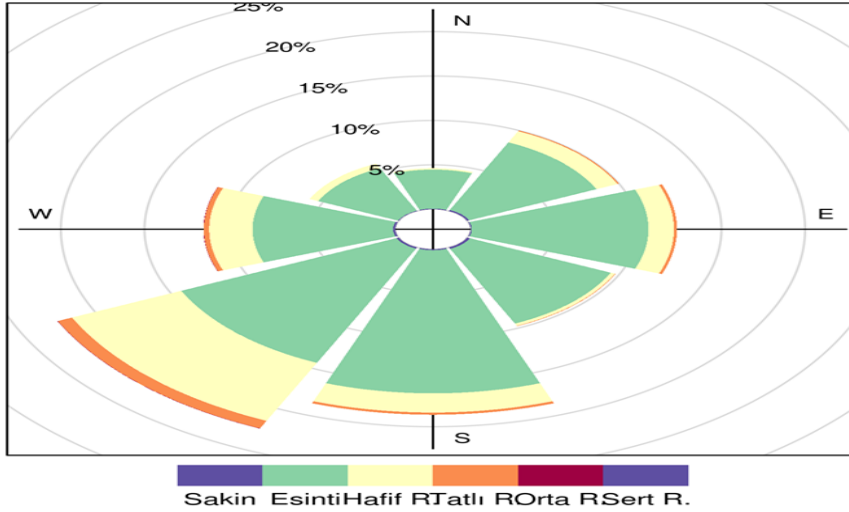
Rüzgârlar esiş frekansına bağlı olarak kirli havayı dağıtabilir ya da uzaklaştırabilirler. Rüzgârların esmediği dönemlerde özellikle yanma süresi içerisinde kirli hava kütleleri kentlerin üzerine yığılırlar. Bu bakımdan bir şehrin iskân alanlarının genişlemesinde dikkate alınması gereken hususlardan birisi de hâkim rüzgâr yönü olmalıdır. Ortalama rüzgâr hızının az olduğu günlerde kirlilik oranlarının arttığı görülmektedir.

Kararsız (anstable) ve nötr şartlarda, yere yakın hava, üstteki havadan daha hızlı olarak ısınır. Isınan hava soğuk tabakaya doğru yükselir. Sıcaklığın yerden yükseklikle azalması, havayı karıştırarak bacalardan ve egzozlardan atılan kirleticilerin dağılmasına ve seyrelmesine yardımcı olur. Bir parsel hava, çevre havasından daha sıcaksa bu hava atmosferde kendi sıcaklığına, yoğunluğuna ve basıncına ulaşmaya kadar yükselir. Böylece kararsız ve nötr şartlarda bacadan ve egzozdan atılan gazların atmosferde yükselmesi ve dağılması hızlı bir şekilde gerçekleşir.

Tablo 7. Bolu ili yönleri göre rüzgar esme sayıları, esme oranları ve rüzgar ortalama hızları, m/sn (1980-2018) (Bolu MİM)

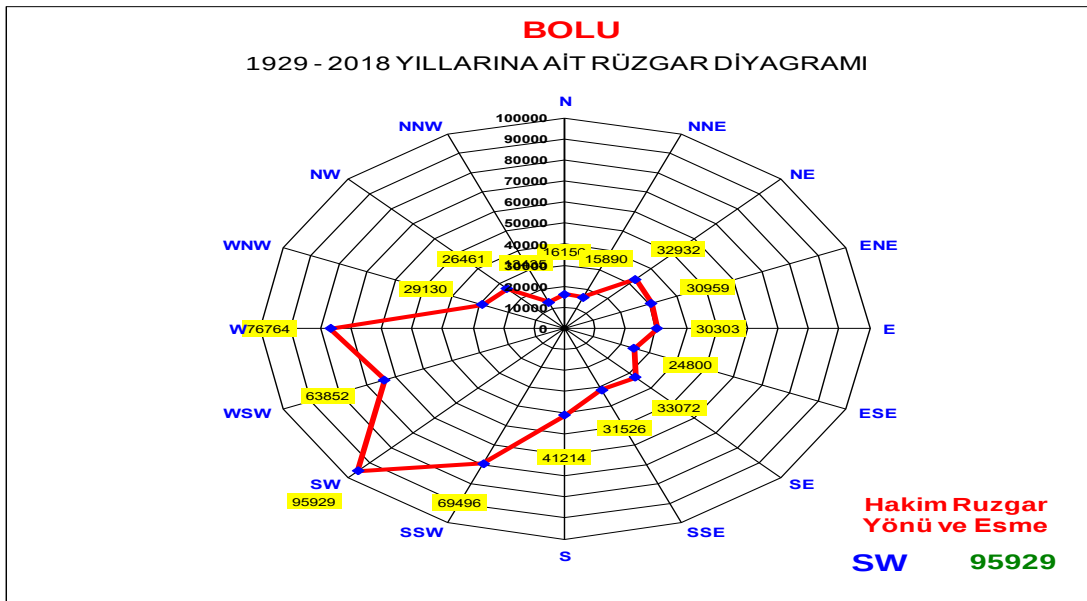
Rüz.Yönü	N	NE	NNE	ENE	E	ESE	SE	SSE
Esme Sayısı	6696	12310	10665	22334	15433	18314	14707	20519
Aylık Esme Oranı (%)	1,97	3,63	3,16	6,59	4,55	5,4	4,34	6,06
Ort.Rüz. Hızı (m/sn)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,1
Rüz.Yönü	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Esme Sayısı	21671	49641	37369	45452	24754	20331	8889	8598
Aylık Esme Oranı (%)	6,40	14,65	11,03	13,43	7,32	6,01	2,63	2,53
Ort.Rüz. Hızı (m/sn)	1,2	1,4	1,7	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4

İl merkezinde hâkim rüzgâr yönü güney ve güneybatıdır. Kış ve ara mevsimlerde daha belirgin olan rüzgârlar yaz aylarında azalır. Batı ve güneybatıdan esen rüzgârların hızları saniyede 1,7-1,9 m/sn arasında değişirken; doğu-kuzeydoğu rüzgârlarının hızı 1,1-1,2 m/sn arasındadır.

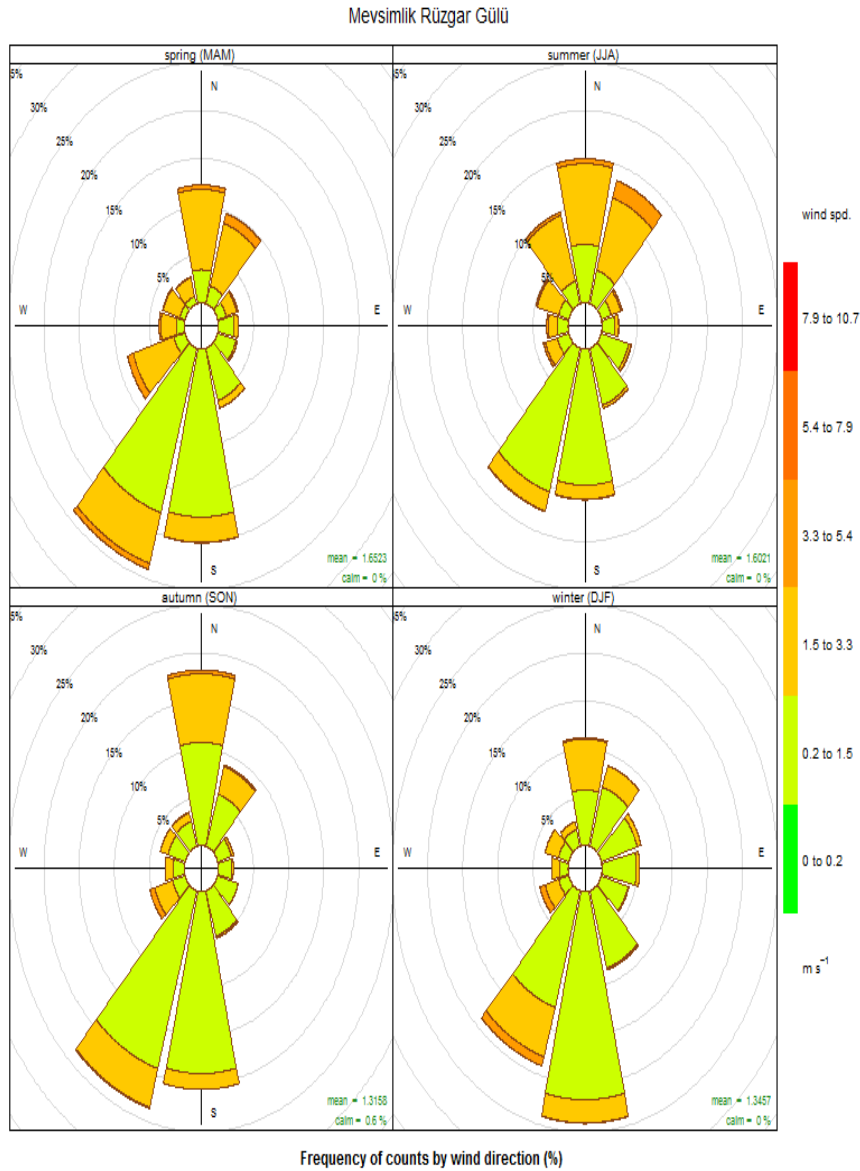


Grafik 1. Hâkim rüzgâr yönü (KIATHM, 2019)

Burada 'Sakin' olarak belirtilen aralıkta rüzgar hızı 0-0.2 m/sn arasında, 'esinti' olarak adlandırılan aralıkta rüzgar hızı 0.3-1.5 m/sn arasındadır. 'Hafif rüzgar' olarak adlandırılan aralıkta ise rüzgar hızı 1.6-3.3 m/sn arasında olup, gerçekleşen rüzgâr insan teninde hissedilir, yapraklar titreşir ve rüzgâr gülü harekete geçer. 'Tatlı rüzgar' olarak adlandırılan aralıkta ise rüzgar hızı 3.4-5.4 m/sn aralığındadır ve rüzgâr, yaprakları ve ince dalları sürekli hareket ettirir ve bayrakları hafif dalgalandırır. 'Orta rüzgar' olarak isimlendirilen bu aralıktaki rüzgar hızı ise 5.5-7.9 m/sn aralığındadır. Bu rüzgar hızı toz ve kağıt parçacıklarını uçurur, küçük dalları hareket ettirir. 'Sert rüzgar' olarak isimlendirilen aralıkta ise rüzgar hızı 8.0-10.7 m/sn arasındadır. Bu rüzgar hızında ise yapraklı küçük ağaçlar sallanmaya başlar, iç sularda tepeli dalgacıklar oluşur.



Şekil 2. Uzun yıllar rüzgar esme yönü ve esme sayıları toplamı (1929-2018) (Bolu MİM)



Grafik 2. Hâkim rüzgâr yönünün mevsimsel değişimi (KIATHM, 2019)

Hâkim rüzgâr yönü tüm yönlerde görülmekle birlikte ağırlıklı %40 sıklıkla güney ve güney batıdan olmaktadır. Bunun ise % 30'unu esinti ve %9'unu hafif rüzgârlar oluşturmaktadır.

2.2.7. Basınç

Atmosfer basıncı, atmosferdeki gazların yeryüzüne uyguladığı kuvvettir. 45° enleminde 15°C sıcaklıkta deniz seviyesinde ölçülen atmosfer basıncı 1013 mbar ya da 760 mm ile ifade edilir. Bu değere normal atmosfer basıncı denir. 1013 mbar'dan daha düşük basınç değerlerine alçak basınç, 1013 mbar'dan daha fazla basınç değerlerine yüksek basınç denir. Basıncın yeryüzündeki dağılışı aynı değildir. Yerçekimi, sıcaklık, yükselti ve Dünya'nın günlük hareketi basınç türlerinin oluşumunda etkilidir.

Yüksek Basınç şartlarının hâkim olduğu dönemler alçalıcı hava hareketlerinin etkin olduğu dönemlerdir. Bu gibi dönemlerde hava hareketleri kararlılık gösterirler ve böylesi günlerde yerleşim merkezleri üzerinde kirli hava kütleleri uzun süre dağılmadan kalabilirler.

Tablo 8. Bolu ili uzun yıllar aylara göre basınç (1980-2018) (Bolu MİM)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Basınç (hPa)	931,6	930,4	929,2	928,2	928,9	929,0	928,4	929,2	931,1	933,0	933,0	932,4	930,4
Maksimum Basınç (hPa)	948,6	948,7	948,1	944,1	945,0	944,8	941,7	941,7	942,6	948	949,9	952,1	952,1
Minimum Basınç (hPa)	905,5	911,4	904,4	903,5	914,4	916,8	916,1	917,9	914,9	913,9	904,6	907,2	903,5

Tablo 9. Bolu ili aylara göre basınç (2019) (Bolu MİM)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Basınç (hPa)	925,1	931,6	929,7	928,8	927,8	929,0	927,1	929,4	930,7	932,3	931,7	929,9
Maksimum Basınç (hPa)	937,0	939,1	940,1	941,7	933,9	933,9	935,1	934,2	939,0	939,9	940,1	944,1
Minimum Basınç (hPa)	909,8	919,9	920,0	916,8	919,7	923,5	919,2	921,8	925,0	921,0	921,0	910,7

2.2.8. Sis ve Nem

1 m³ havanın içindeki su buharının gram olarak ağırlığına mutlak nem denir. Mutlak nem, sıcaklığa bağlı olarak, Ekvator'dan kutuplara doğru, denizlerden karalara doğru ve yükseklerle çıkıldıkça azalır. 1 m³ havanın belli bir sıcaklıkta taşıyabileceği nemin gram olarak ağırlığıdır.

Nem faktörü hava kirliliği üzerinde genel olarak olumlu tesir oluşturmaktadır. Ancak; hava kütlesi içerisinde SO₂ konsantrasyonu yüksek olduğu zamanlarda nemli hava H₂SO₄ oluşturduğu için bu durumda nemli hava daha çok olumsuz bir rol üstlenmektedir. Sisli günlerin özellikle kış mevsiminde artması ile hava kirliliği olumsuz yönde etkilenmektedir.

Tablo 10. Bolu ili uzun yıllar aylık buhar basıncı, nem, sis, sıcaklık, yağış, rüzgar ve sisli günler (1980-2018) (Bolu MİM)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Buhar Basıncı (hPa)	5,5	5,9	6,6	8,3	11,5	14,5	16,1	16,0	13,2	10,5	7,6	6,2	10,1
Ortalama Nem (%)	79,6	76,4	72,8	70,1	72,3	72,3	70,3	70,0	71,8	76,4	77,1	80,3	74,1
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,0	2,1	5,1	9,9	14,1	17,6	20,1	20,2	16,4	11,8	6,6	2,8	10,6
Ortalama Yağış (mm=kg÷m ²)	56,5	46,0	52,9	51,2	60,7	58,7	29,5	25,0	25,7	48,4	45,2	60,1	559,9
Ortalama Rüzgar (m/sn)	1,2	1,3	1,5	1,5	1,4	1,4	1,5	1,4	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3
Sisli Günler Sayısı Ort.	2,74	1,26	0,82	0,49	0,46	0,31	0,10	0,21	0,33	0,85	2,13	3,18	12,88

Tablo 11. Bolu ili aylık sıcaklık, basınç, nem, yağış, sis, rüzgar yönü ve hızı (2019) (Bolu MİM)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	1,5	3,0	5,1	8,3	15,1	18,4	18,8	19,5	16,4	13,8	9,1	4,1
Maks. Sıcaklık (°C)	13,7	18,2	20,6	25,4	32,3	27,9	33,1	34,5	30,2	30,0	23,7	16,9
Min. Sıcaklık (°C)	-11,5	-3,2	-5,8	-2,6	2,9	9,3	7,5	9,5	1,6	5,2	-2,6	-5,5
Ortalama Basınç (hPa)	925,1	931,6	929,7	928,8	927,8	929,0	927,1	929,4	930,7	932,3	931,7	929,9
Maksimum Basınç (hPa)	937,0	939,1	940,1	941,7	933,9	933,9	935,1	934,2	939,0	939,9	940,1	944,1
Ortalama Nem (%)	81,9	81,5	70,4	71,4	70,6	80,9	73,3	72,5	70,3	75,5	69,3	81,7
Toplam Yağış	60,0	47,9	36,7	25,6	125,9	138,6	50,8	69,0	6,4	30,2	24,6	34,7
Mak. Rüzgar Yönü ve Hızı (m/sn)	SW 11.8	SE 12.3	WSW 9.9	W 9.3	W 14.9	NE 12.3	S 10.8	SSW 10.8	E 8.2	W 10.8	WSW 8.2	S 9.8
Sisli günler sayısı	3	2										

2.2 9. Sıcaklık

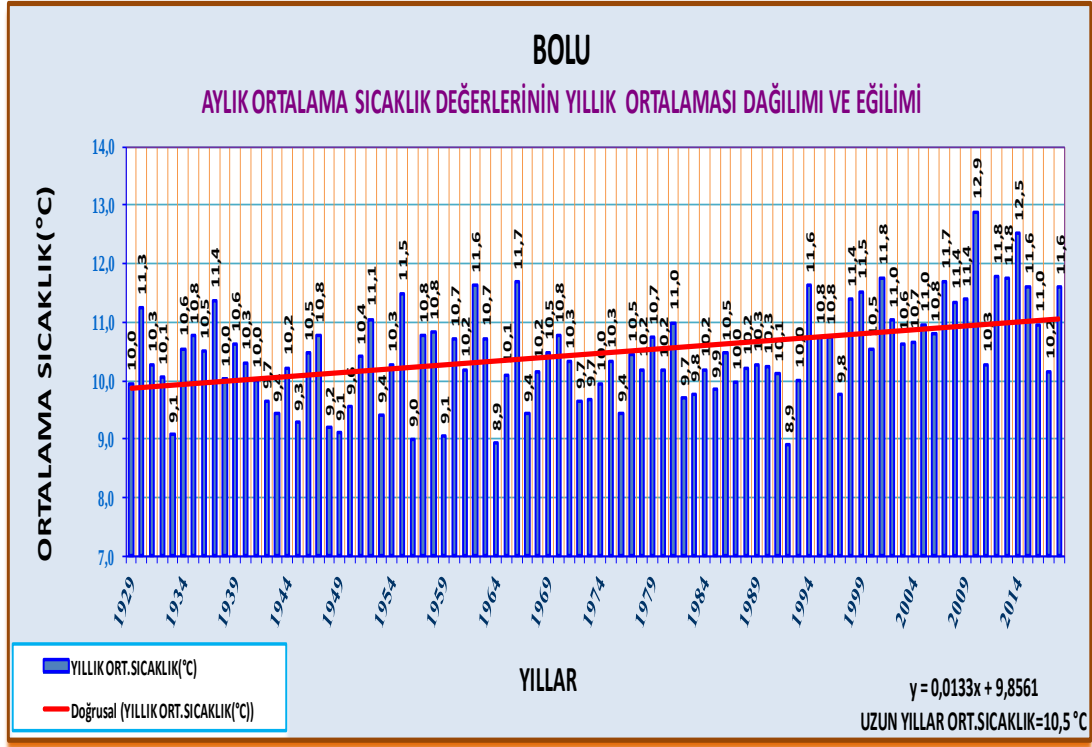
Bolu ilinde hava kirliliğinin başlıca sebebinin öncelikle ısınma ve motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtlardan kaynaklandığı bilinmektedir.

Kış mevsiminde hava sıcaklığının 15 °C'nin altına düştüğü günlerde yaşamsal alanların ısıtılmasına başlanılmaktadır. Isıtma işlemi hava sıcaklığı 15 °C'yi aşan aylara kadar devam etmektedir. Bolu ilinin sıcaklık ortalamalarından bu şehirdeki yanma sürelerini tespit etmek mümkündür.

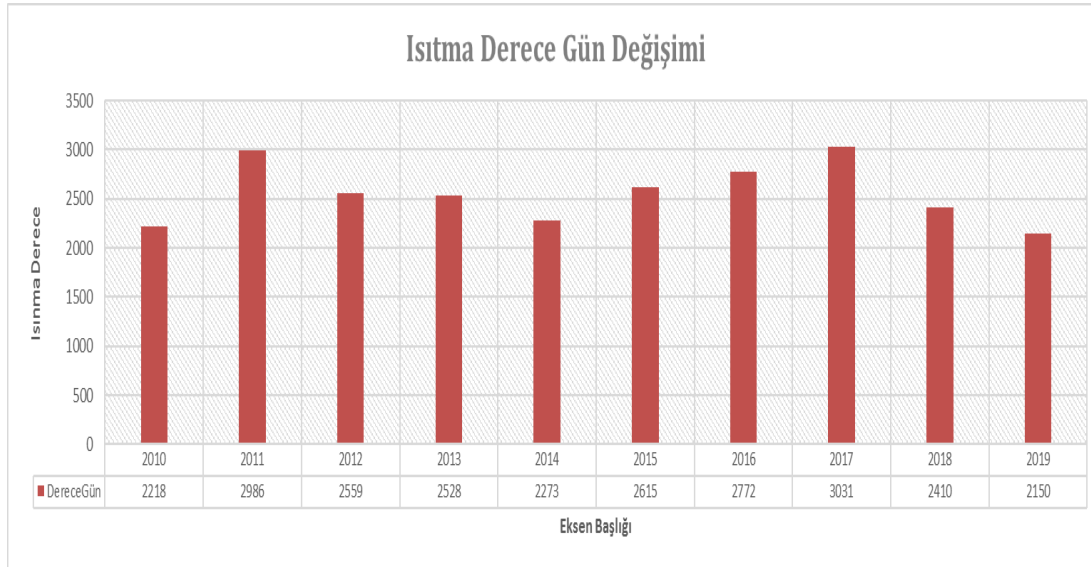
Buradaki rakamlara göre ilimizde yanma süresi Ekim ayında başlayıp Mayıs ayı sonuna kadar sürmektedir. Bu da bize Bolu ilinde 8 ay devam eden bir yanma süresi olduğunu göstermektedir. Ortalama sıcaklık değerleri dışında günlük azami ve asgari sıcaklıklar da yanma süresinde etkilidir.

Kış mevsiminin kendisini tam olarak hissettirdiği kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında ise yanma işlemi en üst seviyede gerçekleştirildiği için hava kirliliği değerleri bu aylarda özellikle partikül maddede oldukça üst seviyelere ulaşmaktadır.

Bu verilerin ışığında Bolu'da Kasım-Aralık-Ocak-Şubat ve Mart ayları hava kirliliği açısından birinci derecede risk taşıyan aylar olarak ön plana çıkmaktadır.



Grafik 3. Bolu ili 1929-2014 dönemi ortalama sıcaklık parametresi istatistiksel analizi (Bolu MİM)

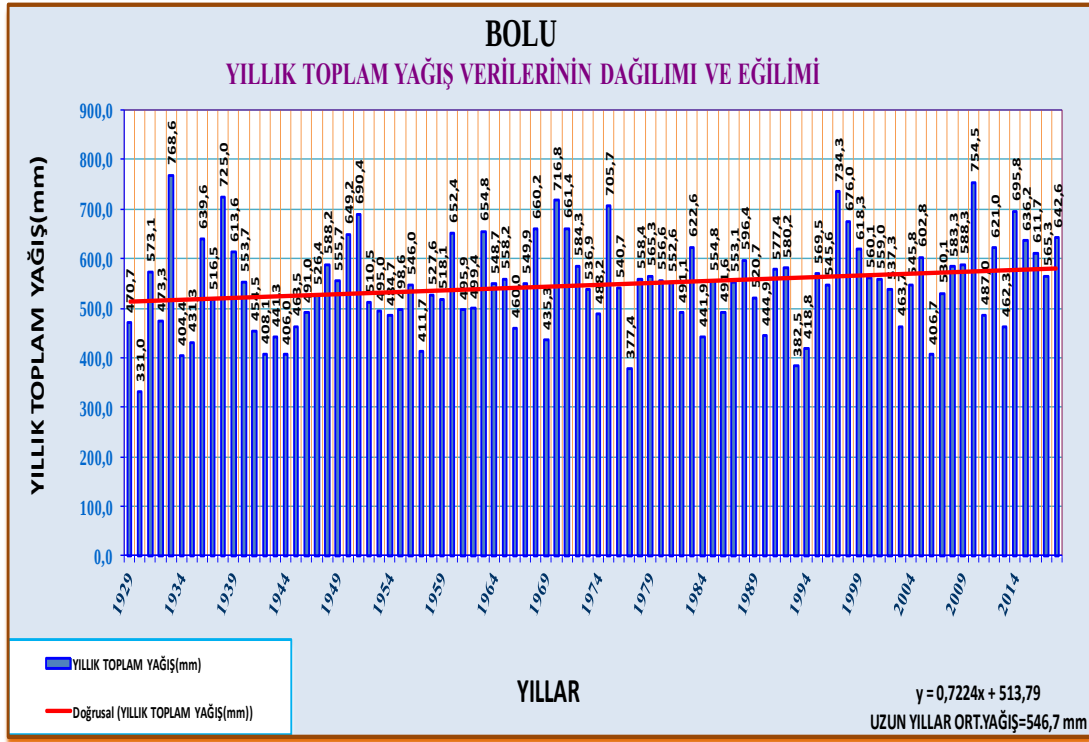


Grafik 4. Bolu ili 2010-2019 dönemi ısıtma gün derece değişim sayısı (KIATHM, 2019)

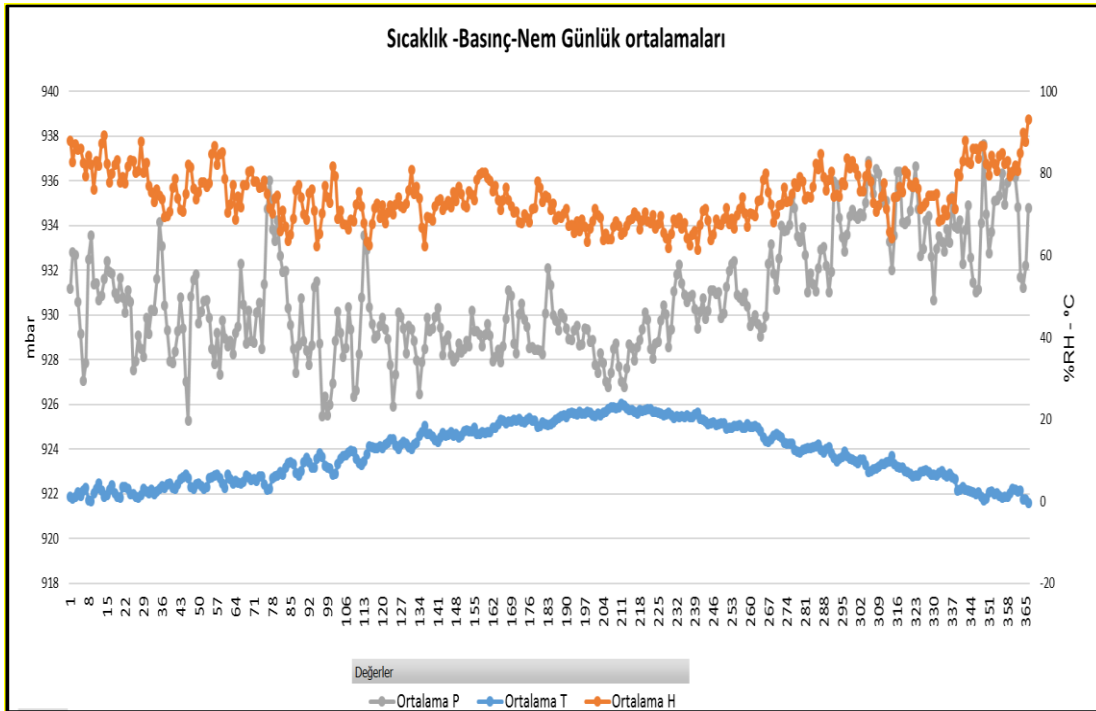
Burada yıllar itibari ile en yüksek ısıtma ihtiyacının 2011 yılında olduğu bunu 2015, 2016 ve 2017 yıllarının izlediği görülmektedir.

2.2.10. Yağışlar

Yağışlar aynı zamanda kirletici unsurları arındırma vazifesini de görmektedirler. Bu durumda yağışın karakteri hava kirliliği açısından önem kazanmaktadır.



Grafik 5. Bolu ili 1929-2014 dönemi yıllık yağış parametresi istatistiksel analizi (Bolu MİM)



Grafik 6. Bolu ili 2010-2019 dönemi sıcaklık, basınç ve nem değişimi (KIATHM, 2019)

İl genelinde sıcaklığın nem ve basınçla ters orantılı olarak yaz aylarında artan sıcaklık karşısında nem ve basıncın düşük olduğu, yaz ve kış aylarında nem oranının yüksek olduğu, kış aylarında basıncın daha yüksek olduğu görülmektedir.

2.2. Verilerin Kaynakları, Yöntem

1986 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile başlayan ulusal yasal sorumluluklar, Avrupa Birliği uyum sürecinde hava kalitesi alanındaki yasal düzenlemelerin ulusal mevzuata aktarılması sonucu 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği ile revize edilmiştir. Söz konusu Yönetmelikte hava kalitesinin izlenmesi amacıyla kurulacak istasyonların yeri, sayısı ve ölçülecek parametrelerin belirlenmesine ilişkin esaslar çok net olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi bünyesindeki iller bazında yapılan ön değerlendirme sonucunda bağlı illerde kurulacak istasyonların sayısı, yerleri ve ölçülecek parametreleri belirlenmiş ve 2017 yılı sonu itibari ile bu istasyonların kurulumu, bağlı iller bazında gerçekleşmiştir.

İlimizde 2007 yılında kurulmuş olan ve yeni istasyonların kurulmasıyla 2017 yılında atıl duruma düşen bir adet Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na ait Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağına bağlı sabit hava kalitesi izleme istasyonunda sürekli olarak kükürt dioksit (SO₂) ve partikül madde (PM₁₀) parametreleri otomatik cihazlarla ölçülerek saatlik ortalama değerler olarak alınmıştır.

Bu planda yapılan çalışmaların ilk adımı Bolu ili için çalışma alanının belirlenmesidir. İlin yüz ölçümü, sanayi tesislerinin dağılımı, nüfus ve trafik yoğunluğu göz önüne alınarak Bolu ili mücavir alanı çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Hava kirliliğinin çok çeşitli kaynakları olmakla beraber bu planda ısınma, sanayi ve ulaşım kaynaklı hava kirliliği olmak üzere üç başlık altında çalışma yürütülmüştür.

Hava kalitesi düzeyi analizinden gidilerek etkin hava kirliliği kaynağının belirlenebilmesi için yapılan çalışmalar 3 grupta toplanmıştır:

1. Her bir istasyonun temsil alanı içindeki kaynakların istasyon konumuna göre yönü ve mesafesinin belirlenmesi,
2. Kirlletici parametreler arasındaki ilişkinin analiz edilmesi,
3. Kirlletici parametrelerin alansal dağılımının belirlenmesi

Bu çalışmada Karaçayır parkındaki ısınma istasyonu bazında hava kalitesi veri analizi yapılarak kaynakların (ısınma, sanayi, ulaşım) katkı payları belirlenmiştir. Ayrıca kaynakların faaliyetlerdeki zaman dilimi esas alınarak sabah (07.00-11.00), öğlen (12.00-16.00), akşam (17.00-01.00), gece (02.00-06) ölçüm sonuçlarından kaynak oranları belirlenmiştir. 8 yıllık yaz ve kış dönemi farklılıklarından ısınmanın katkı payı belirlenmiştir. Hafta içi-hafta sonu verilerinden ulaşım katkı payı belirlenmiştir. Saatlik hava kalitesi verileri saatlik meteorolojik verilerle güçlendirilerek istasyon temsil alanındaki kaynaklar yönlerine göre ilişkilendirilmiştir.

2.3. Hava Kalitesi İzleme İstasyonları

2.3.1. Eski HKİİ

2007 yılında kurulan ve 2017 yılında atıl duruma düşen hava kalitesi ölçüm istasyonu Meteoroloji Müdürlüğü'nün bahçesinde, kentin merkezindedir. İstasyonun 2 km yarıçaplı alanı içerisindeki hava kirlilik kaynaklarının konum ve mesafeleri ile Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Bolu eski HKİ istasyon ve kaynak bilgileri

Alan Türü	Kentsel		
Kaynak Türü	Isınma		
Ölçülen Parametreler	PM ₁₀ , SO ₂		
Yükseklik	714 m		
Adres	Meteoroloji Müdürlüğü Bahçesi/Bolu		
Enlem/Boylam	40,7338, 31,6018		
Bolu Meteoroloji bahçesinde bulunan istasyon, ana yollara ve devlet hastanesine çok yakın konumdadır.			
Kaynak Tipi	Kaynaklar	Yönü	Mesafesi
Isınma	Büyükcamı Mahallesi	Doğu	660 m
	Bahçelievler Mahallesi	Batı	400 m
	Karaçayır Mahallesi	Güney	1,07 km
	Kültür Mahallesi	Kuzey	1,32 km
Ulaşım	İstasyonun kuzey yönünde 430 m mesafede D-100 karayolu ve güneydoğu yönünde 560 m mesafede D-160 karayolu bulunmaktadır.		
Sanayi	Hava kalitesi izleme istasyonu temsil alanı içerisinde istasyonun kuzeydoğu yönünde 1.92 km mesafede küçük sanayi sitesi ve 9 km doğusunda ahşap ve mobilya sektörünün ağırlıklı olduğu organize sanayi bölgesi bulunmaktadır.		



Resim 5. Bolu hava kalitesi izleme istasyonu (eski HKİİ)

Alan olarak kentsel alanı, hava kirliliği kaynağı olarak da ısınma kaynağını temsil eden istasyonda Enviroment Marka cihazla kükürtdioksit (SO₂) ve Enviroment MP 101m Marka cihazla da partikül madde (PM₁₀) ölçümleri yapılmıştır. İstasyona ait ölçüm sonuçlarını analiz etmeden önce ölçüm sonuçlarının kaynakla ilişkilendirilebilmesi için HKDY Yönetmeliğinde tanımlanan temsil alanı için il merkezindeki hava kirliliği kaynaklarının dağılımı ve topoğrafik yapı yükselti değişimi dikkate alınarak yaklaşık 2 km yarıçaplı bir alan belirlenmiş olup görüntüsü Resim 6'da verilmektedir.



Resim 6. Bolu hava kalitesi izleme istasyonunun ve çevresinin uydu görüntüsü (eski istasyon)

Hava kalitesi izleme istasyonun 2 km yarıçaplı alanı içerisinde yer alan hava kirliliği kaynakları ağırlıklı olarak ısınma olup bunun yanı sıra şehir içi yollar ile merkeze yakın konumdaki devlet yollarının etkisi olduğu da söylenebilir.

2.3.2. Karaçayır HKİİ

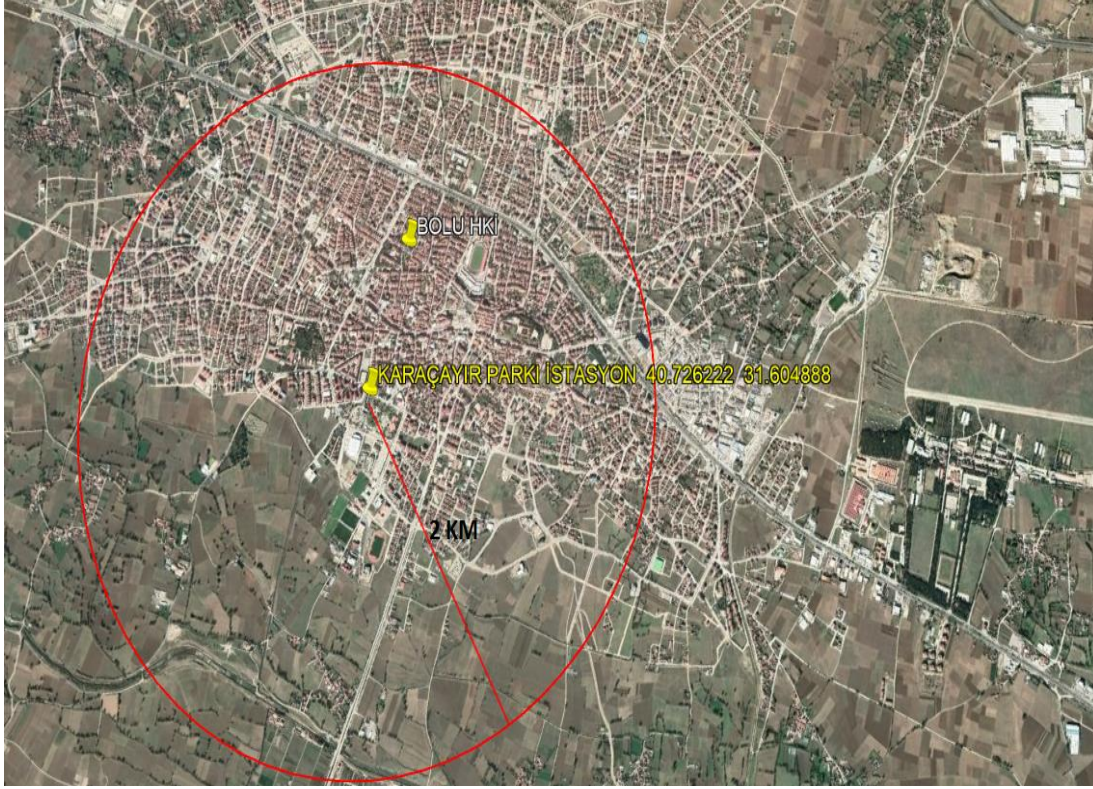
Kuzey İç Anadolu Temiz Hava Merkezi bünyesindeki Bolu ilinde, istasyon kurulum projesi kapsamında kurulan istasyonların yeri, temsil ettiği kaynak tipi ile ölçülen parametreler Tablo 13'de verilmiştir. Söz konusu istasyonlardan Karaçayır parkında kurulu olan ısınma istasyonunun 2018 yılından itibaren sonuçları www.havaizleme.gov.tr adresinden kamuoyu bilgisi ile paylaşılmaktadır.

Tablo 13. Bolu Karaçayır istasyonu kaynak bilgisi (KIATHM, 2019)

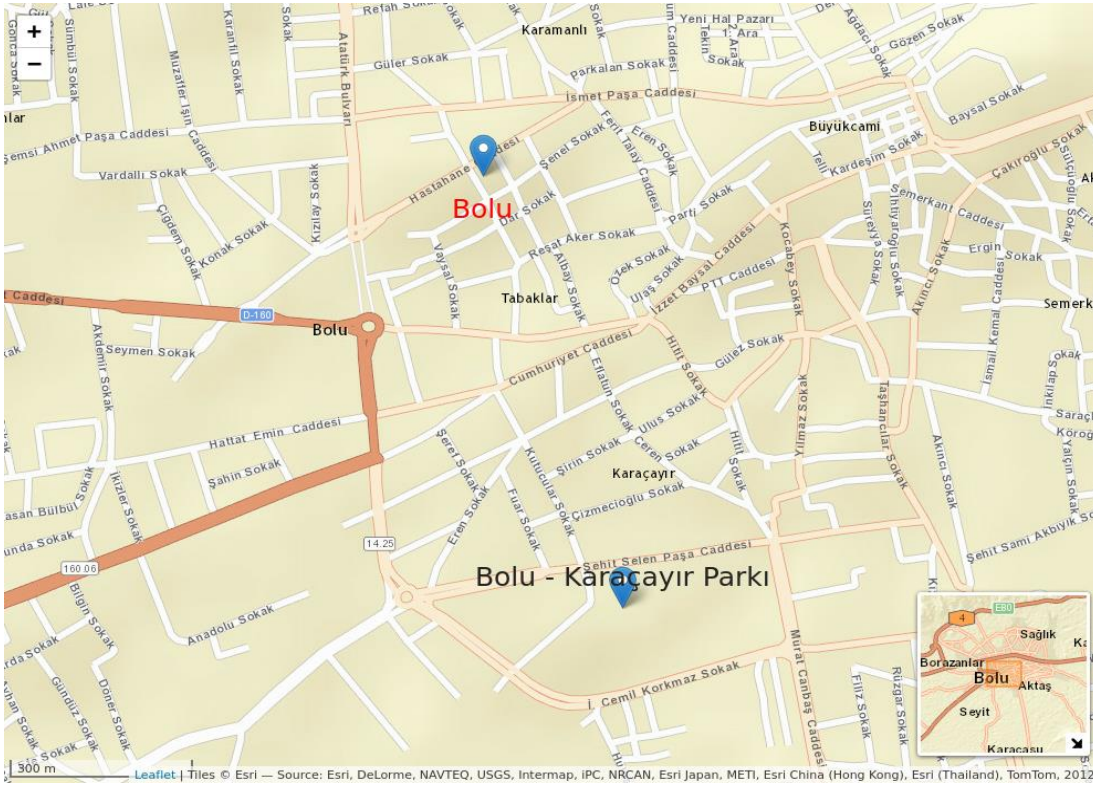
İstasyon Kodu	TR140141		
Alan Türü	Kentsel		
Kaynak Türü	Isınma		
Ölçülen Parametreler	PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO ₂ ,NO _x , O ₃ ve CO		
Yükseklik	714 m		
Adres	Karaçayır Mahallesi Merkez/Bolu		
Enlem/Boylam	40.72645645/31.60502068		
Bolu Karaçayır Parkı’nda bulunan istasyon Ankara ilinin kuzeybatı yönünde yer almakta olup şehir merkezi olarak kabul ettiğimiz Bolu Valiliği binasının 500 m güneydoğusundadır. İstasyonun etrafında konut alanları dışında cafeler, spor alanları ve işyerleri yer almaktadır.			
Kaynak Tipi	Kaynaklar	Yönü	Mesafesi
Isınma	Aktaş Mahallesi	Doğu	600 m
	Tabaklar Mahallesi	Batı	1,47 km
	Küçükberk Mahallesi	Güney	1,1 km
	Tabaklar Mahallesi	Kuzey	1,20 km
Ulaşım	İstasyonun kuzey yönünde yaklaşık 40 m mesafede Şehit Selen Paşa Caddesi, 1200 m mesafede D-100 karayolu ve güneydoğu yönünde 300 m mesafede D-160 karayolu, kuzeyde 3.7 km mesafede ise E.80 otoyolu bulunmaktadır.		
Sanayi	Hava kalitesi izleme istasyonu temsil alanı içerisinde istasyonun kuzeydoğu yönünde 2 km mesafede küçük sanayi sitesi, 2.7 km mesafede beton yapı malzemeleri üretim tesisi, 3.2 km mesafede döküm fabrikası, 3.6 km mesafede hazır beton ve maden ocakları, 5 km mesafede metal ve beyaz eşya üretim tesisleri, 8 km mesafede yeni küçük sanayi sitesi ile 9 km doğusunda ahşap ve mobilya sektörünün ağırlıklı olduğu organize sanayi bölgesi bulunmaktadır.		



Resim 7. Bolu Karaçayır HKİİ'nin ve çevresinin uydu görüntüsü



Resim 8. Karacayir HKİİ ve eski HKİİ



Resim 9. Eski HKİİ ve Karacayir HKİİ

2.4. Hava Kalite İndeksi

Farklı hava kirleticilerinin farklı konsantrasyon ve sürelerde farklı etkiler oluşturması dikkate alınarak günlük hayatta daha kolay anlaşılabilmesi için hava kirliliği seviyesi veya hava kalitesi düzeyi, hava kalitesi indeksi (HKİ) olarak ifade edilen bir sayısal ölçekle anlatılır. Bu ölçek, bir de renk skalası ile görselleştirildiğinde geniş halk kitleleri tarafından kolaylıkla algılanabilmektedir.

Bu göstergede; hava kalitesi düzeyi izlenen her bir kirletici parametrenin konsantrasyon değer aralığı ülkelerin politik kararları doğrultusunda belirlenerek renk skala aralıkları belirlenmektedir. İndeks göstergelerinde kullanılan renklerin temel grupları ile renklerin insan psikolojisi üzerine etkileri Tablo 14’ de tanımlanmıştır.

Tablo 14. Renk çarkı ve renklerin insan psikolojisi üzerine etkileri

Renk	Psikolojik Etkisi
Sarı	En parlak renktir. Dikkat çekici özelliğinden dolayı uyarı ışıklarında tercih edilir.
Kırmızı	En uzun dalga boyuna sahip olan kırmızı renk, canlılık ve dinamizmle ilgili bir renktir. Kırmızı tansiyonu yükseltir, kan akışını hızlandırır. Uyarıyı ve tehlikeyi simgeler.
Mavi	Dünyanın hakim rengi olan mavi çekingen bir renktir. Koyu tonlarda ya da yoğun olarak kullanıldığında moral bozan, kasvet veren, açık tonlarda kullanıldığında yatıştırıcı ve güven veren bir etki yaratır.
Yeşil	Sessizliği anlatır. Rahatlatıcı, güven veren bir renktir.
Mor	En kısa dalga boyuna sahip olan mor nevrotik duyguları açığa çıkardığından, insanların bilinç altını korkuttuğu saptanmıştır.

Hava Kalitesi İndeksi sınıfları oluşturulurken, insanlar tarafından kolay anlaşılması hedef alınarak az sayıda kademe ve tanımlayıcı ifadelerin tercih edildiği, kademeler etiketlenilirken, kişiden kişiye farklı algılamaya sebep olabilecek “mükemmel”, “uygun”, “yeterli”, “tatmin edici” gibi ifadeler ve “az”, “çok” gibi nicelik bildiren kelimelerin kullanılmasından sakınıldığı tespit edilmiştir.

EPA tarafından yayınlanan hava kalitesi indeksi tüm dünya ülkelerinde hava kalitesi düzeyinin kamuoyu bilgisine sunulmasında ortak taban olarak kullanılmaktadır. EPA hava kalitesi indeksi; 5 parametre için (Partikül madde (PM₁₀), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃)) oluşturulmuş olup, sadece belli bir yer ve zamanda sınır değeri en fazla aşan kirleticiye göre raporlama yapmaktadır. Birden fazla kirleticinin standart değeri aşması durumunda (HKİ, 100 değerini aşarsa) ise indeks değeri en yüksek kirleticiye göre belirlenmekte, ayrıca diğer kirleticiler de bilgilendirme amaçlı raporlanmaktadır. Bazı ülkeler tarafından EPA indeksinde verilen aralıklara ilave olarak hassas gruplar için de bir indeks tanımlanması

yapılmaktadır. EPA hava kalitesi indeks aralığı ve her bir kirlletici parametrenin konsantrasyon aralığı Tablo 15-16’ da verilmektedir.

Tablo 15. EPA hava kalitesi indeks aralığı ve renk skalası

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 sayıda insan için bazı kirlleticiler 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.

Tablo 16. EPA hava kalitesi kirlletici parametre konsantrasyon aralığı

O ₃ ppm 8 saat	O ₃ ppm 1 saat ¹	PM ₁₀ (µg/m ³) 24 saat	PM _{2.5} (µg/m ³) 24 saat	CO (ppm) 8 saat	SO ₂ (ppb) 1 saat	NO ₂ (ppb) 1 saat	HKİ	Kategori
0-0,059	-	0-54	0,-12,0	0,0-4,4	0-35	0-53	0-50	İyi
0,060-0,075	-	55-154	12,1-35,4	4,5-9,4	36-75	54-100	51-100	Orta
0,076-0,095	0,125-0,164	155-254	35,5-55,4	9,5-12,4	76-185	101-360	101-150	Hassa gruplar için sağlıksız
0,096-0,115	0,164-0,204	255-354	(55,5-150,4) ³	12,5-15,4	(186-304) ⁴	361-649	151-200	Sağlıksız
0,116-0,374	0,205-0,404	355-424	(150,5-250,4) ³	15,5-30,4	(305-604) ⁴	650-1249	201-300	Çok sağlıksız
(2)	0,405-0,504	425-504	(250,5-350,4) ³	30,5-40,4	(605-804) ⁴	1250-1649	301-400	Tehlikeli
(2)	0,505-0,604	505-604	(350,5-500,4) ³	40,5-50,4	(805-1004) ⁴	1650-2049	401-500	Tehlikeli

(1) Bölgelerden genellikle 8 saatlik ozon değerlerine göre HKİ oluşturması beklenir. Fakat az sayıda bölgede 1 saatlik ozon değerlerine göre HKİ oluşturmak daha ihtiyatlıdır. Bu durumlarda indeks için 8 saatlik ozon değerlerinin hesaplanmasının yanında; 1 saatlik ozon değerlerinin de hesaplanması yapılır ve en yüksek iki değer raporlanır.

(2) 8 saatlik ozon değerleri, 301’den büyük HKİ için tanımlanmamıştır. 301 ve daha büyük HKİ, 1 saatlik ozon değerlerine göre hesaplanır.

(3) PM_{2.5} için eğer farklı bir SHL yayımlandı ise değerler buna göre değişecektir.

(4) 1 saatlik SO₂ değeri 200’den büyük HKİ için tanımlanmamıştır. 200 ve daha büyük HKİ 24 saatlik SO₂ konsantrasyonu ile hesaplanır.

EPA indeks aralığının belirlenmesinde; belli bir noktada ve zamanda ölçülen her bir kirlletici için Tablo 16’da verilen kesme noktalarına göre ayrı ayrı alt-indeks değeri hesaplanmakta, en yüksek indeks değerini veren kirlleticiye göre o noktadaki HKİ belirlenmektedir. Ancak, bu indeks tüm kirlleticilerin insan sağlığına bir arada muhtemel zararlı etkilerini hesaplamamaktadır. Bu amaçla bazı ülkelerce PM_{2.5}, O₃ ve NO₂ kirlletici parametrenin birlikte değerlendirildiği hava kalitesi indeksi kullanılmaktadır.

Genel amacı yaşam ortamlarında solunan hava kalitesi düzeyinin insan sağlığına olumsuz etkileri olup olmayacağı konusunda kamuoyunu bilgilendirerek karar destek sistemlerinin bu kapsamda etkin kontrol tedbirleri almasını sağlamak olan ve ülkemizde kullanılan Hava Kalitesi İndeks gösterge değerleri, renk skalası ve kirletici parametrelerin zaman dilimlerine göre konsantrasyon değerleri Tablo 17’de verilmektedir.

Tablo 17. Ulusal hava kalitesi indeksi kesişme noktaları

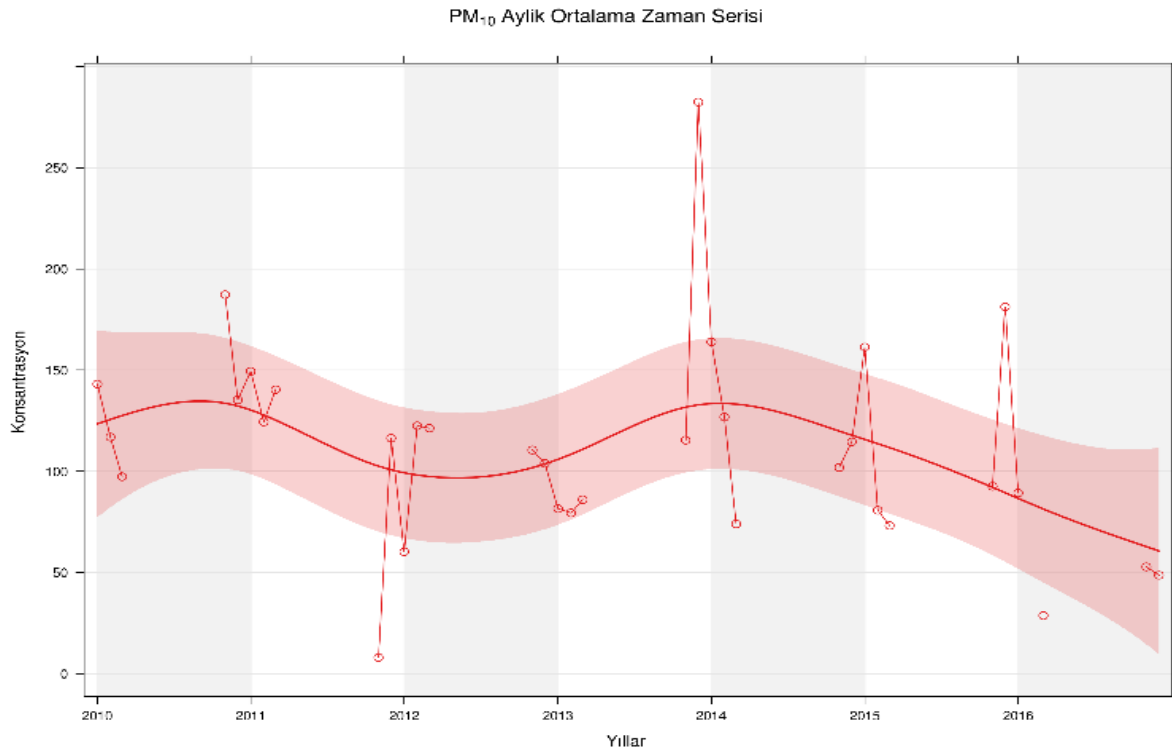
İndeks	HKİ	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)
		1 saatlik ort.	1 saatlik ort.	1 saatlik ort.	8 saatlik ort.	24 saatlik ort.
İyi	0-50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51-100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101-150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151-200	501-850	501-100	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

2.5. İstasyonda Ölçülen Hava Kalitesi Verileri

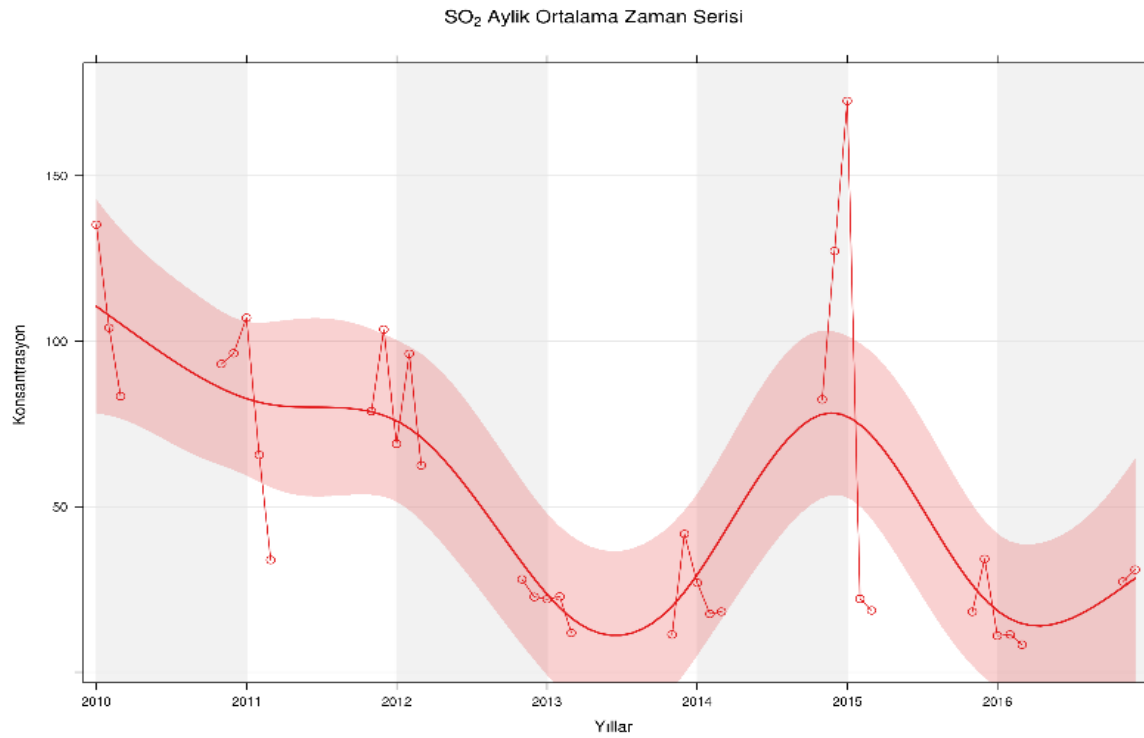
Veri analizi araştırma kapsamında toplanan verilerin özetlenmesi, değerlendirilmesi için gerekli tüm istatistiksel yöntemleri kapsar. Günlük olarak toplanan veriler üzerinden yapılacak istatistik analizde;

- Her bir kirleticinin zamansal değişimi (konsantrasyon ve indeks değerlerine göre),
- Zaman içerisinde en büyük, en küçük, ortalama değerler ile mevzuat limit değerlerine göre aşım sayıları,
- Veri aralıklarına göre gruplar ve dağılımı,
- Kirleticiler arasındaki korelasyon,
- Meteorolojik verilerin zamansal değişimi,
- Meteorolojik veriler ile kirleticiler arasındaki korelasyon,
- Kirleticilerin meteorolojik faktörlerde dikkate alınarak dağılımı ve etken kaynak ilişkisi konularında değerlendirme yapılmıştır.

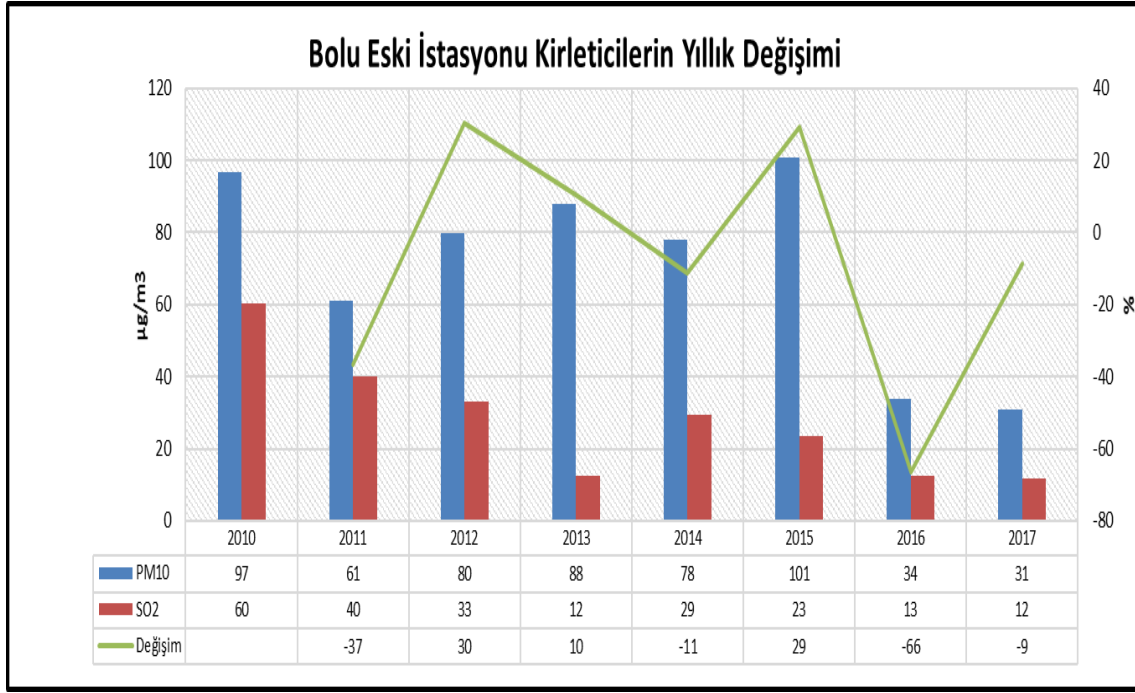
2010-2016 dönemi için Meteoroloji Müdürlüğü’nün bahçesinde kurulu olan eski hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen her bir kirletici parametre bazında ölçüm sonuçlarının yıllık değerlendirme sonuçları Grafik 7-8-9’da verilmektedir.



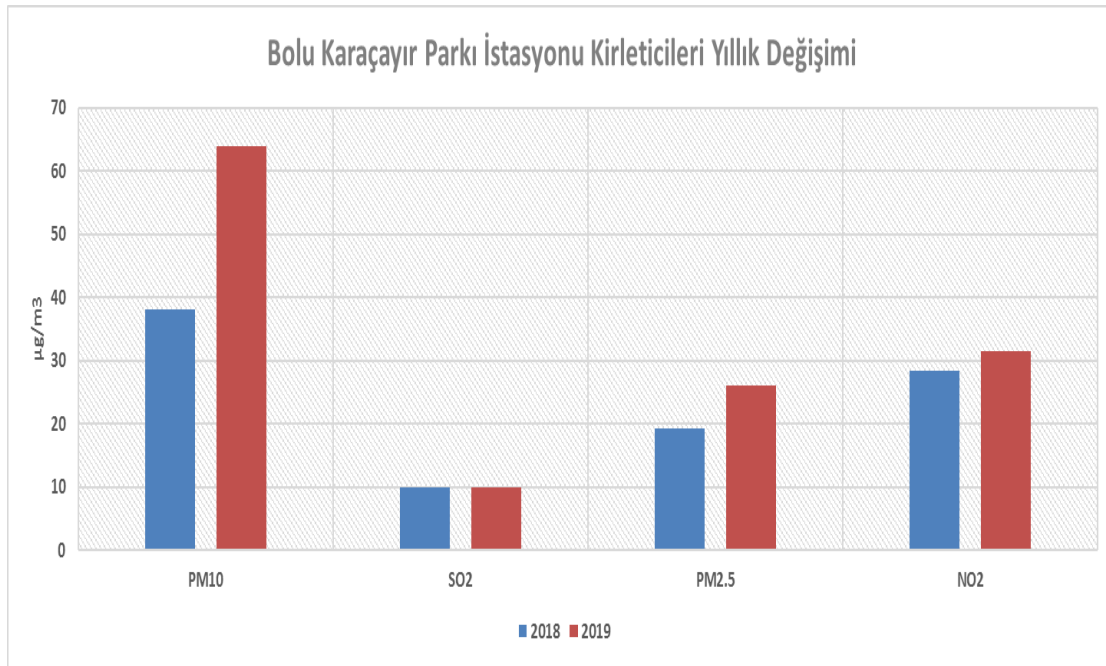
Grafik 7. PM₁₀ aylık ortalama zaman serisi (eski HKİİ) (konsantrasyon $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (KIATHM, 2019)



Grafik 8. SO₂ aylık ortalama zaman serisi (eski HKİİ) (konsantrasyon $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (KIATHM, 2019)



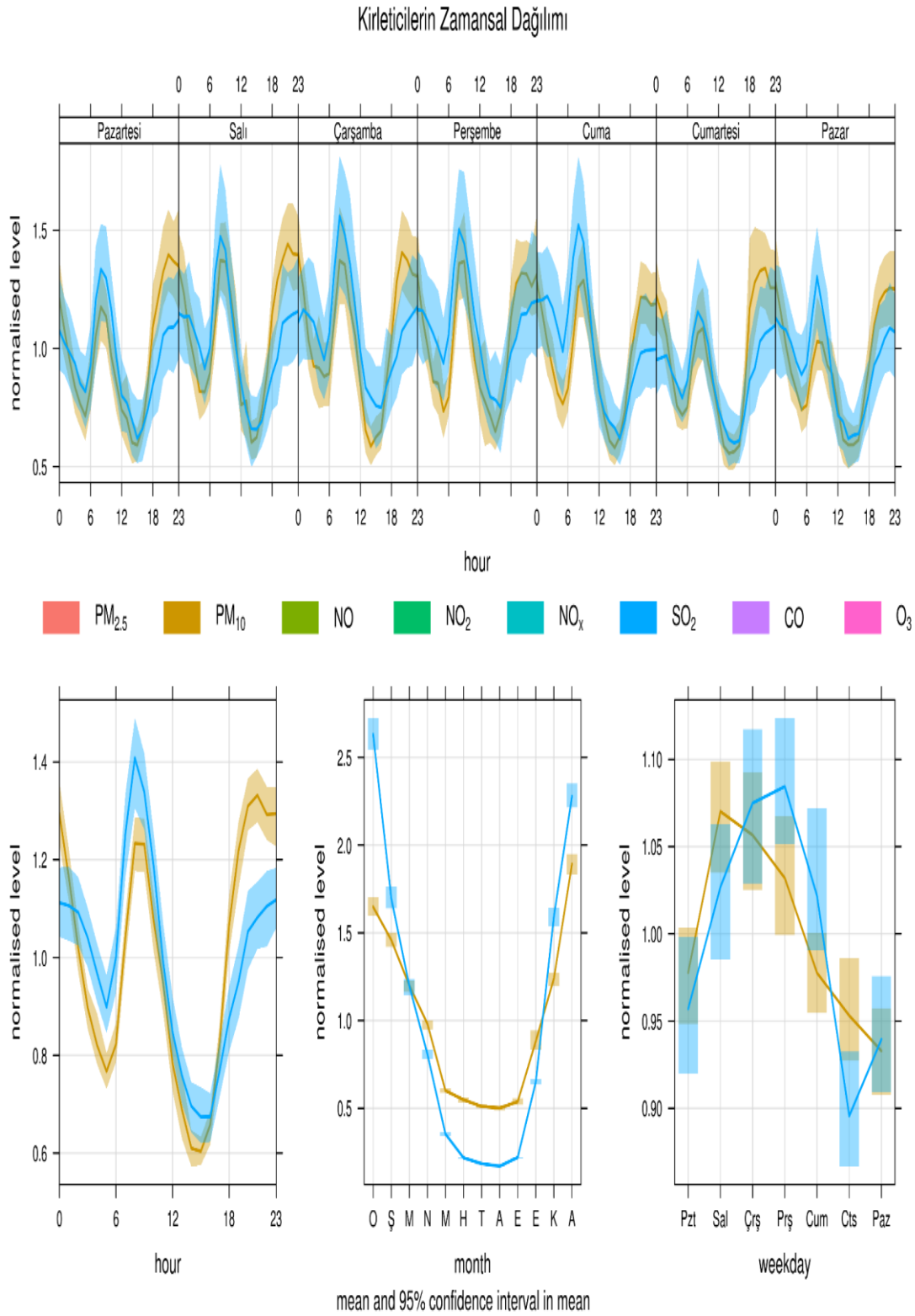
Grafik 9. PM₁₀ ve SO₂ yıllara göre değişim grafiği (eski HKİİ) (KIATHM, 2019)



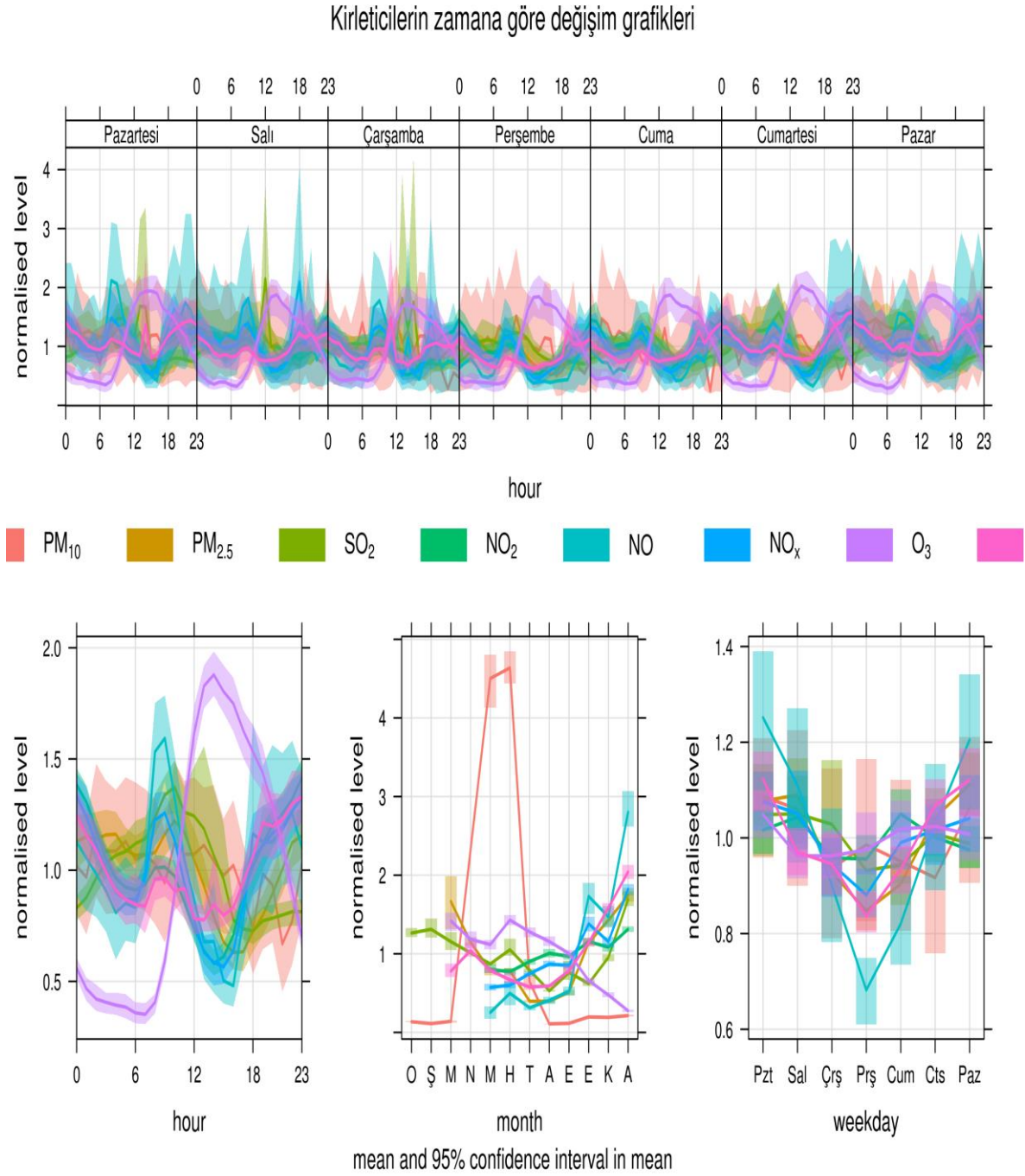
Grafik 10. PM₁₀ ve SO₂ yıllara göre değişim grafiği (Bolu Karaçayır HKİİ) (KIATHM, 2019)

Grafiklerden görüldüğü üzere; kirleticilerin genel itibari ile değişiminin yıllara göre artış ve azalış olarak değiştiği, toz parametresi için en yüksek azalışın 2015 yılından 2016 yılına geçişte olduğu, Karaçayır Parkındaki istasyon verilerinin diğer istasyon verilerine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

İstasyon bazında kirleticilerin zamansal değişimi ise Grafik 11-12’de verilmektedir.

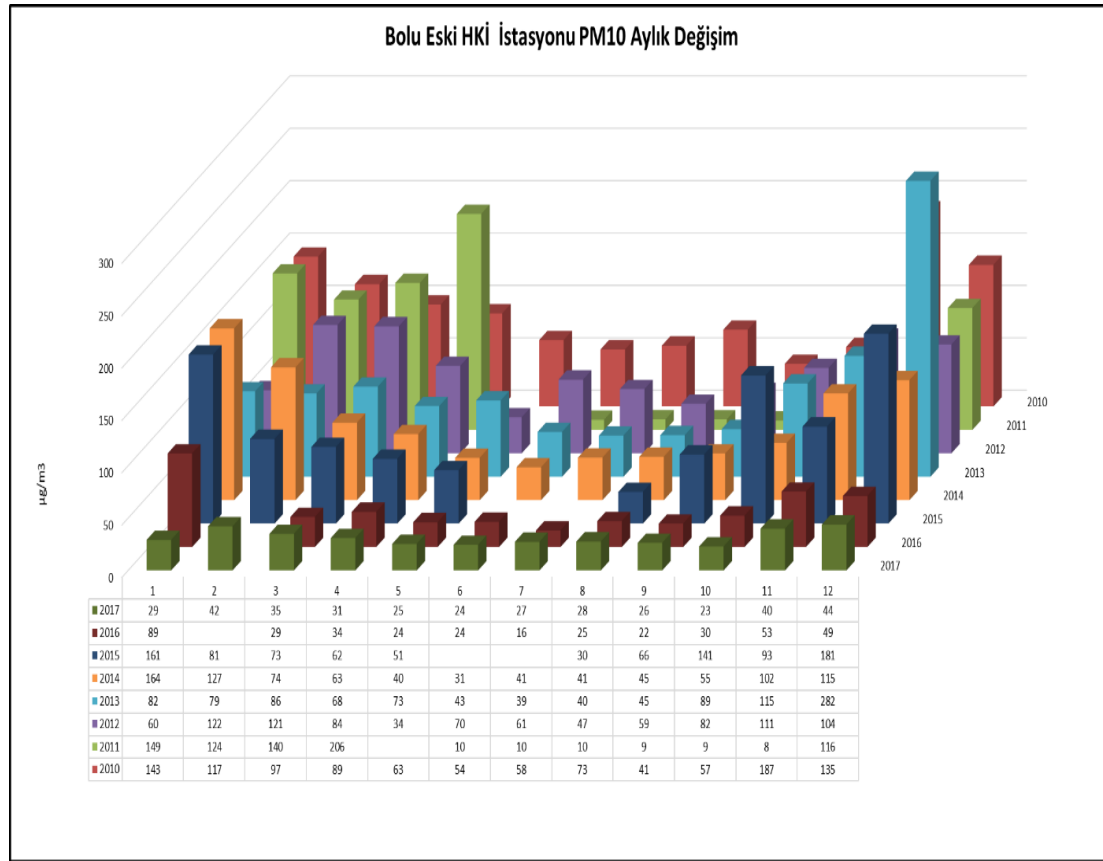
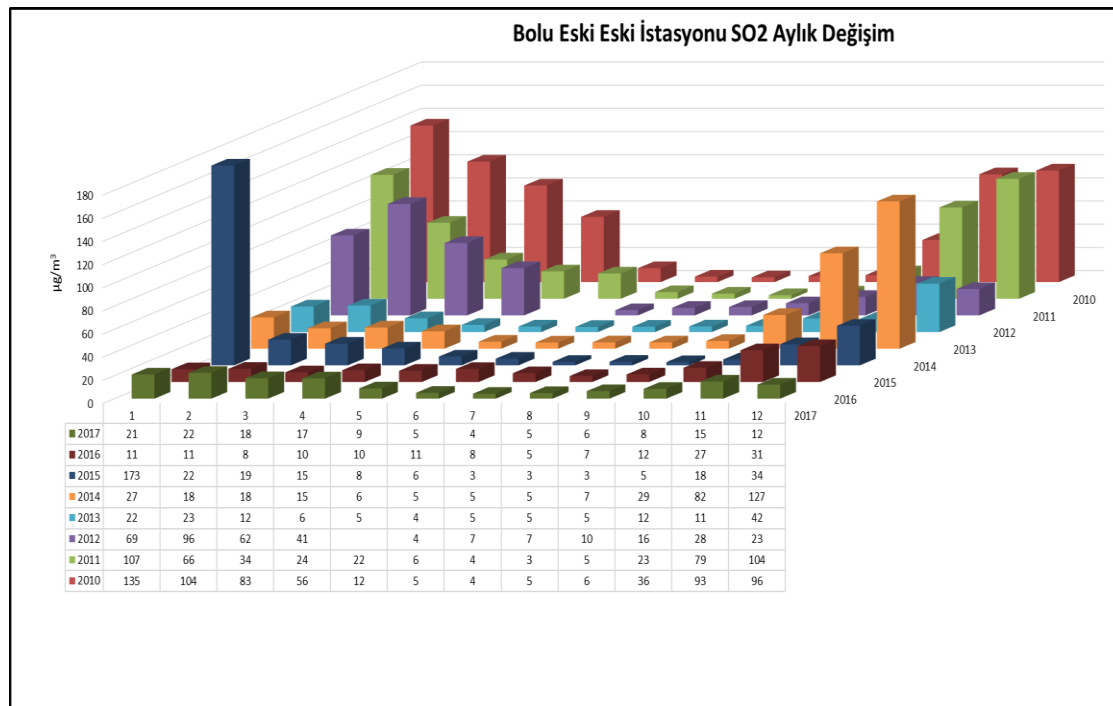


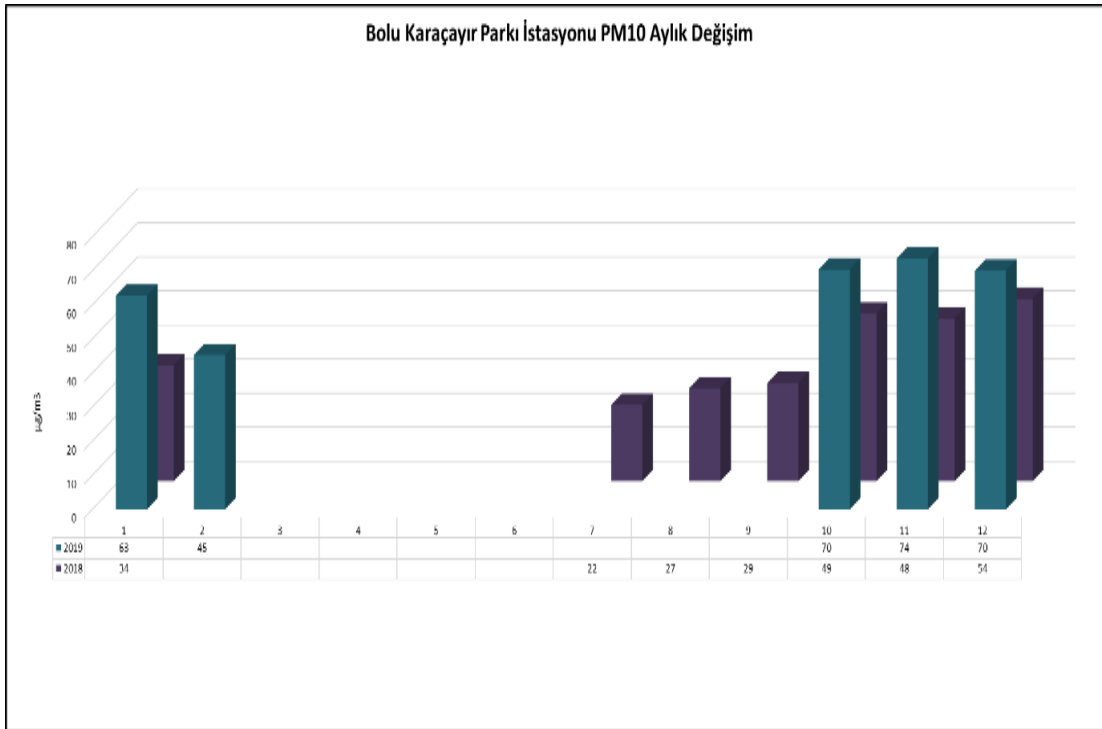
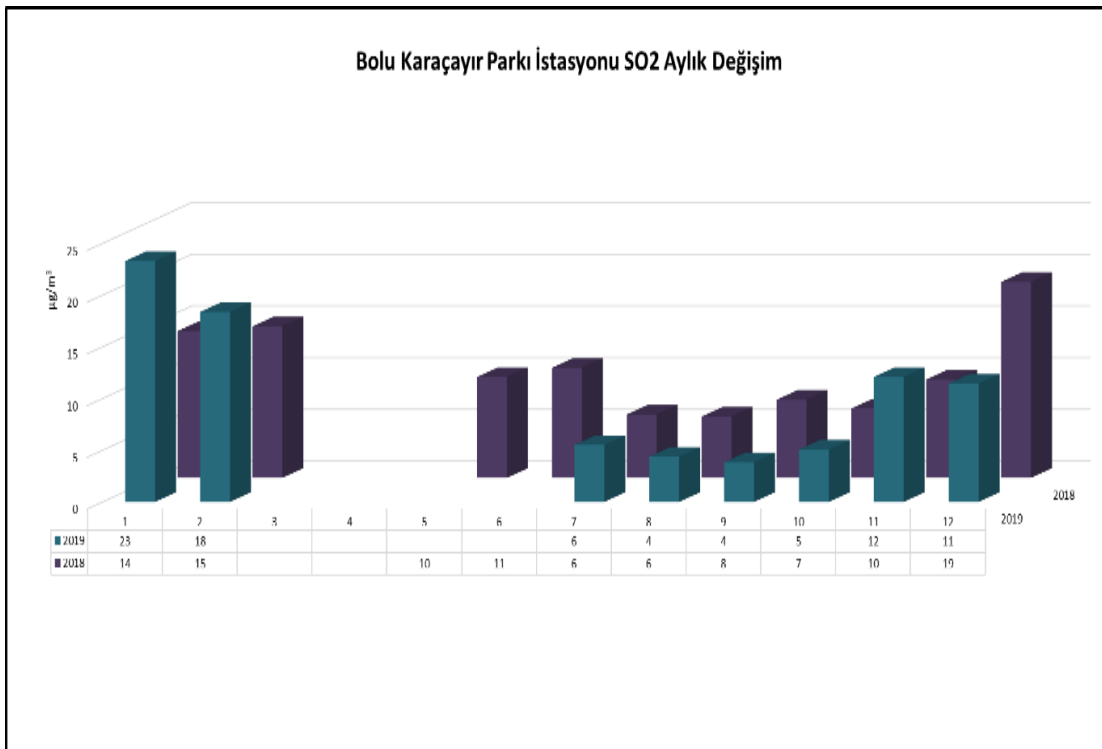
Grafik 11. 2007-2017 yılları arasında faaliyet gösteren istasyonun zamansal değişimi (eski HKİİ) (KIATHM,2017)

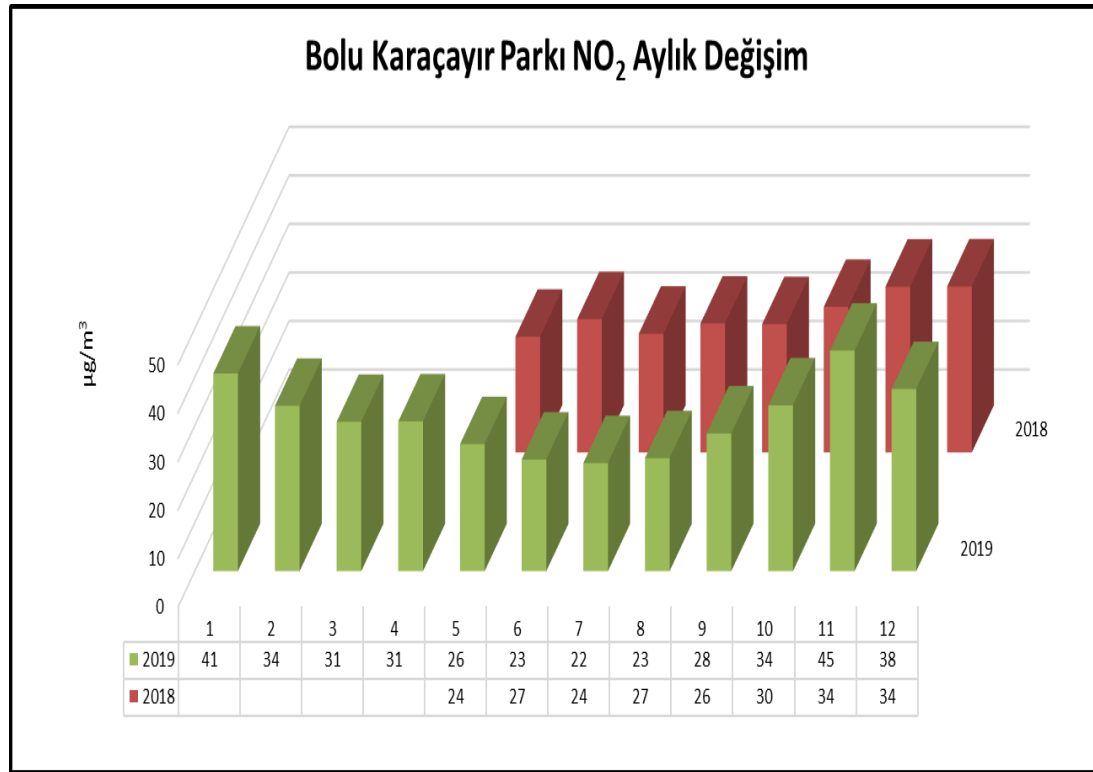
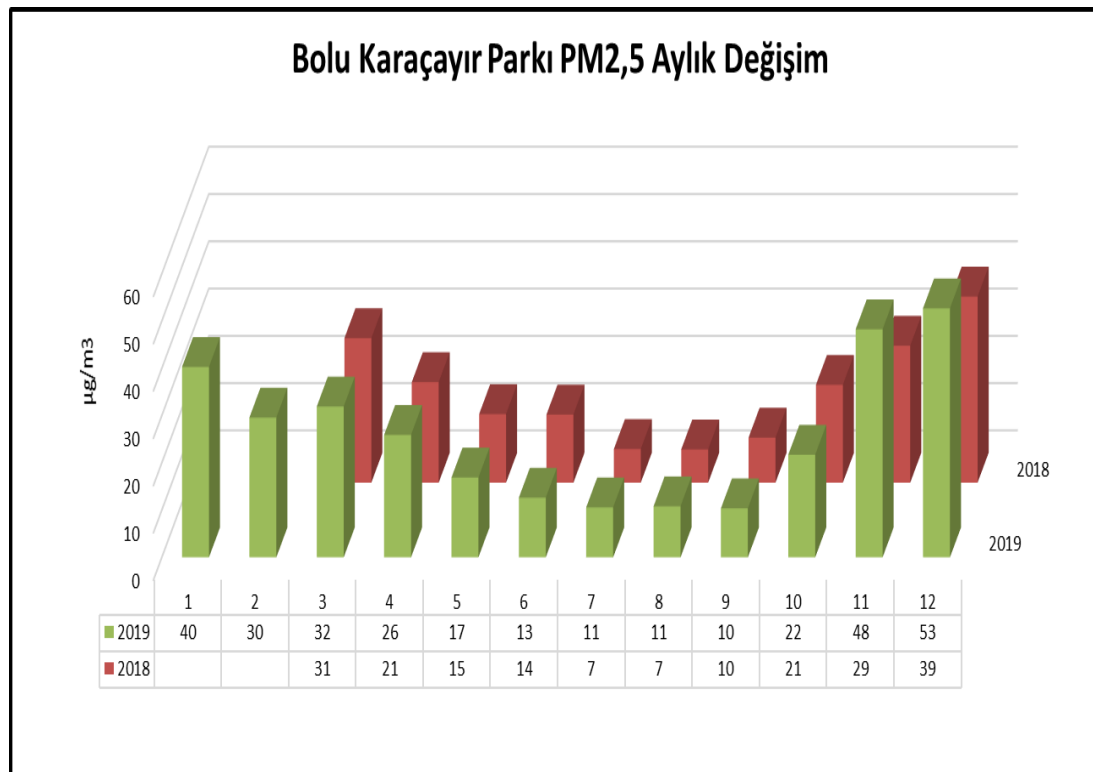


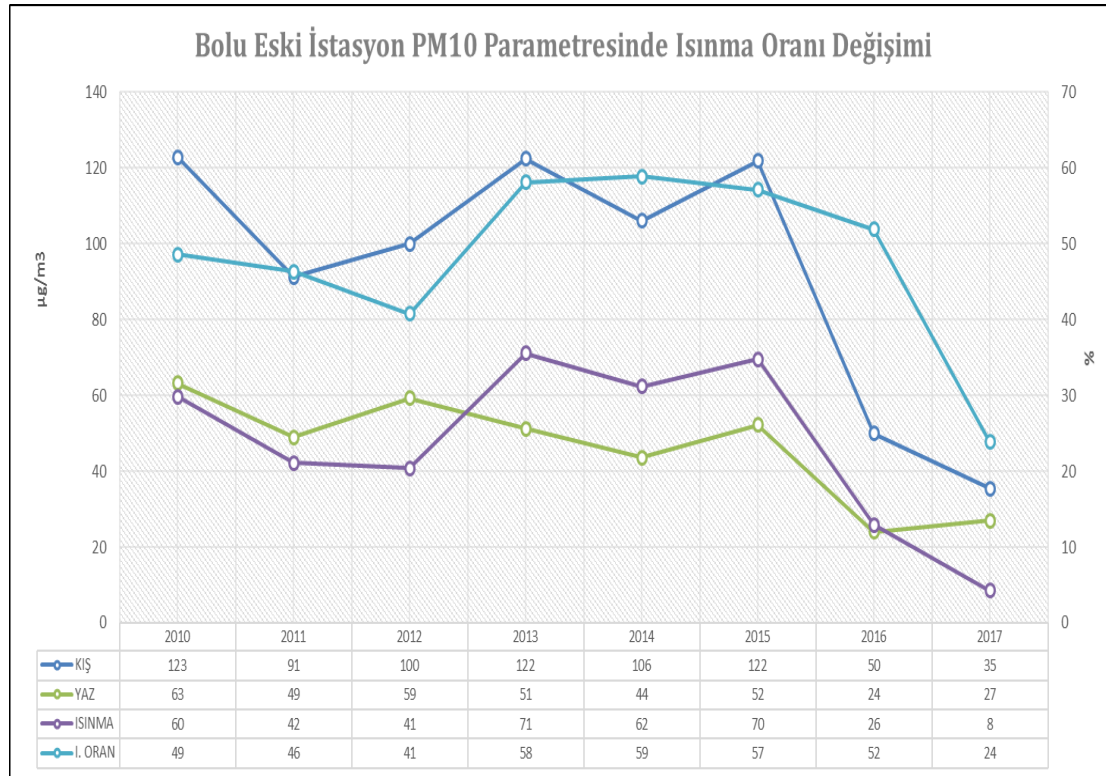
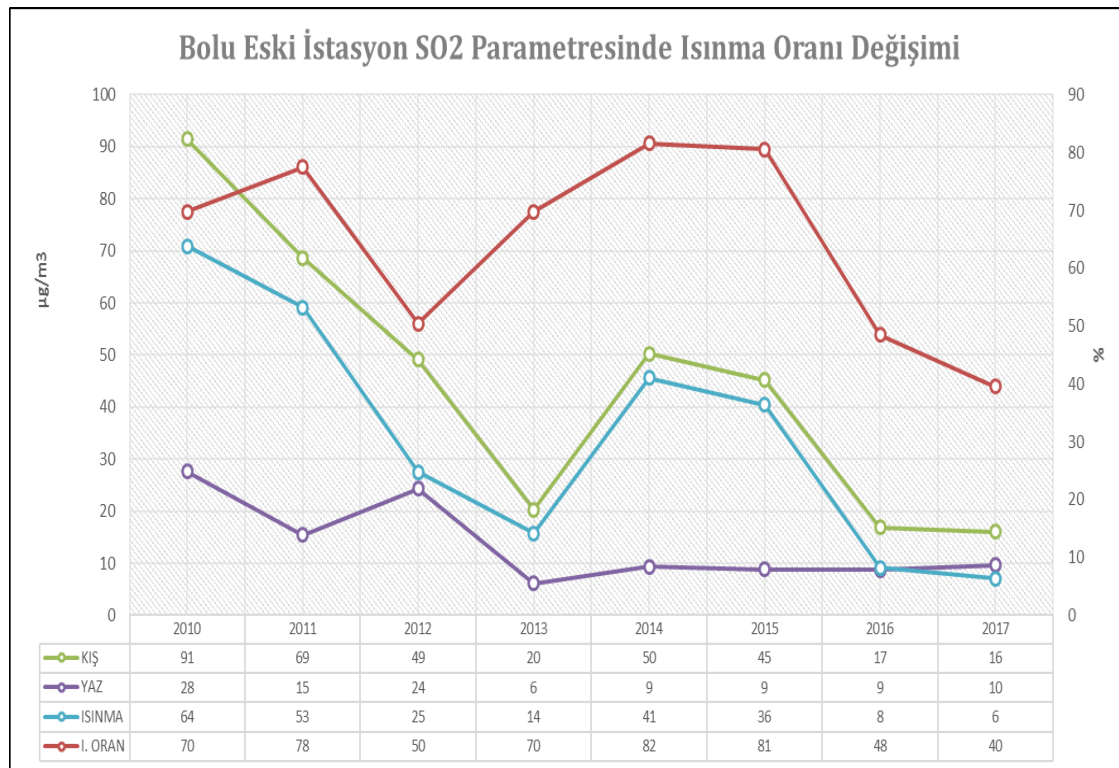
Grafik 12. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu zamansal değişimi (KIATHM,2019)

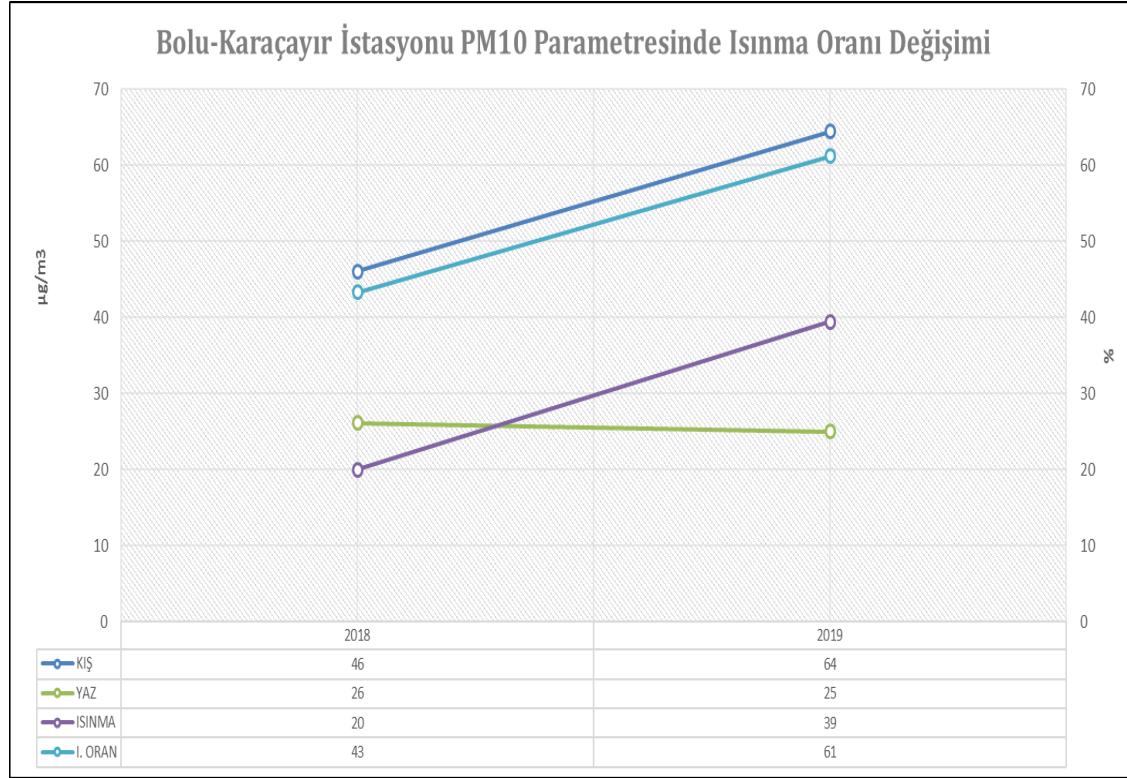
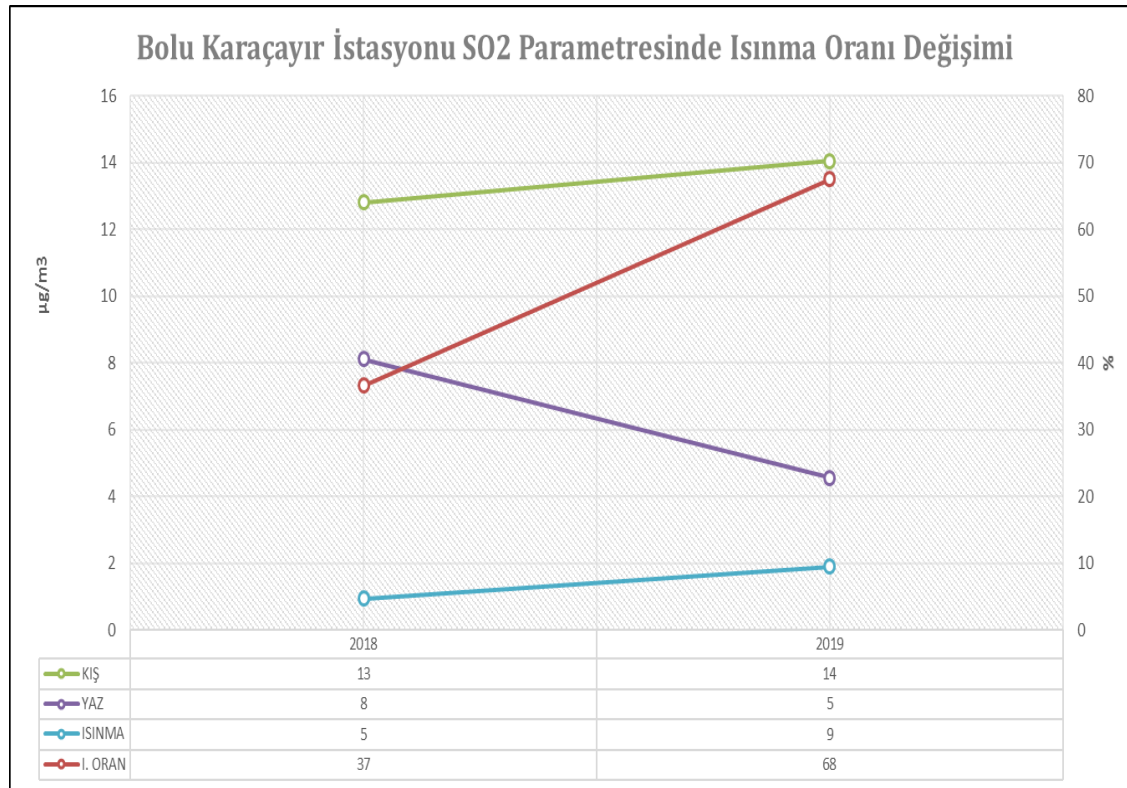
2010-2017 döneminde faaliyette olan eski HKİ istasyonu ile 2018 yılında faaliyete geçen Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonunda ölçülen kirlenici parametrelerin aylık sonuçları ile ısınma katlı oranının belirlendiği veri analiz sonuçları Grafik 13-23 arasında verilmiştir.

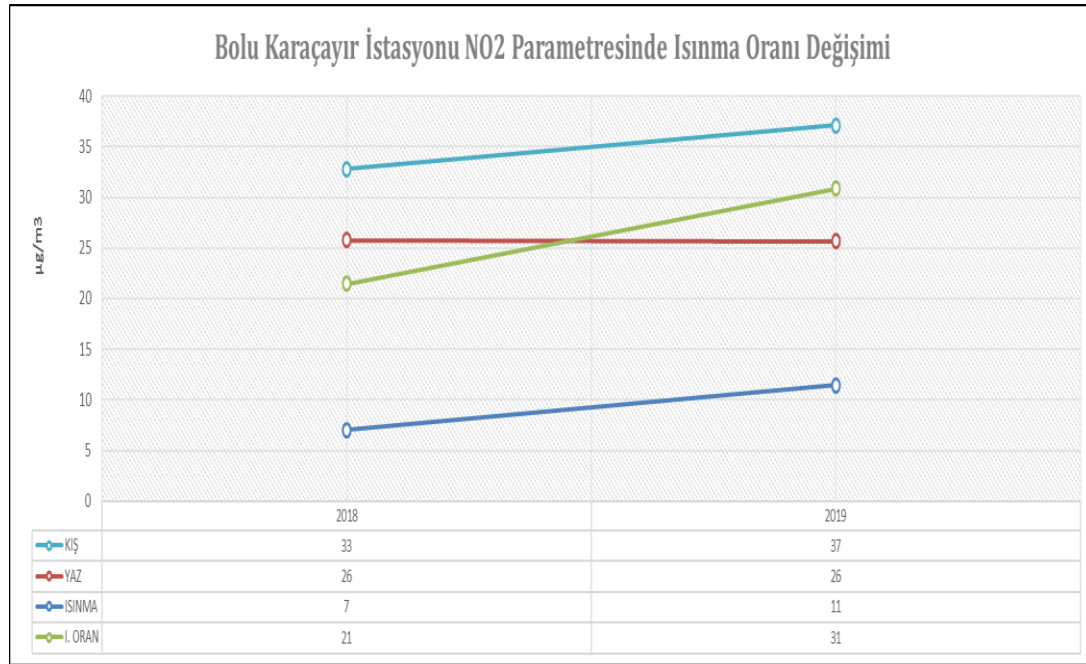
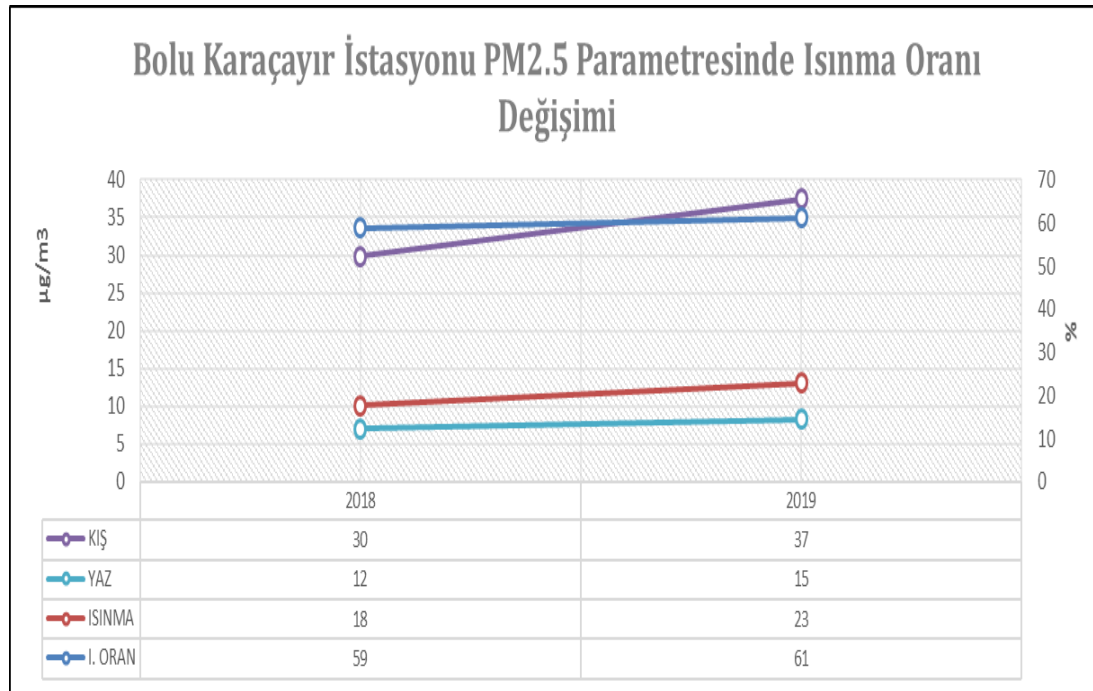
Grafik 13. Bolu eski HKİ istasyonu PM₁₀ aylık değişimi, (KIATHM,2017)Grafik 14. Bolu eski HKİ istasyonu SO₂ aylık değişimi (KIATHM,2019)

Grafik 15. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM₁₀ aylık değişimi (KIATHM,2019)Grafik 16. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu SO₂ aylık değişimi (KIATHM,2019)

Grafik 17. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu NO₂ aylık değişimi (KIATHM,2019)Grafik 18. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM_{2,5} aylık değişimi (KIATHM,2019)

Grafik 19. Bolu eski HKİ istasyonu PM₁₀ ısınma oranı değişimi (KIATHM,2019)Grafik 20. Bolu eski HKİ istasyonu SO₂ ısınma oranı değişimi (KIATHM,2019)

Grafik 21. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM₁₀ ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019)Grafik 22. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu SO₂ ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019)

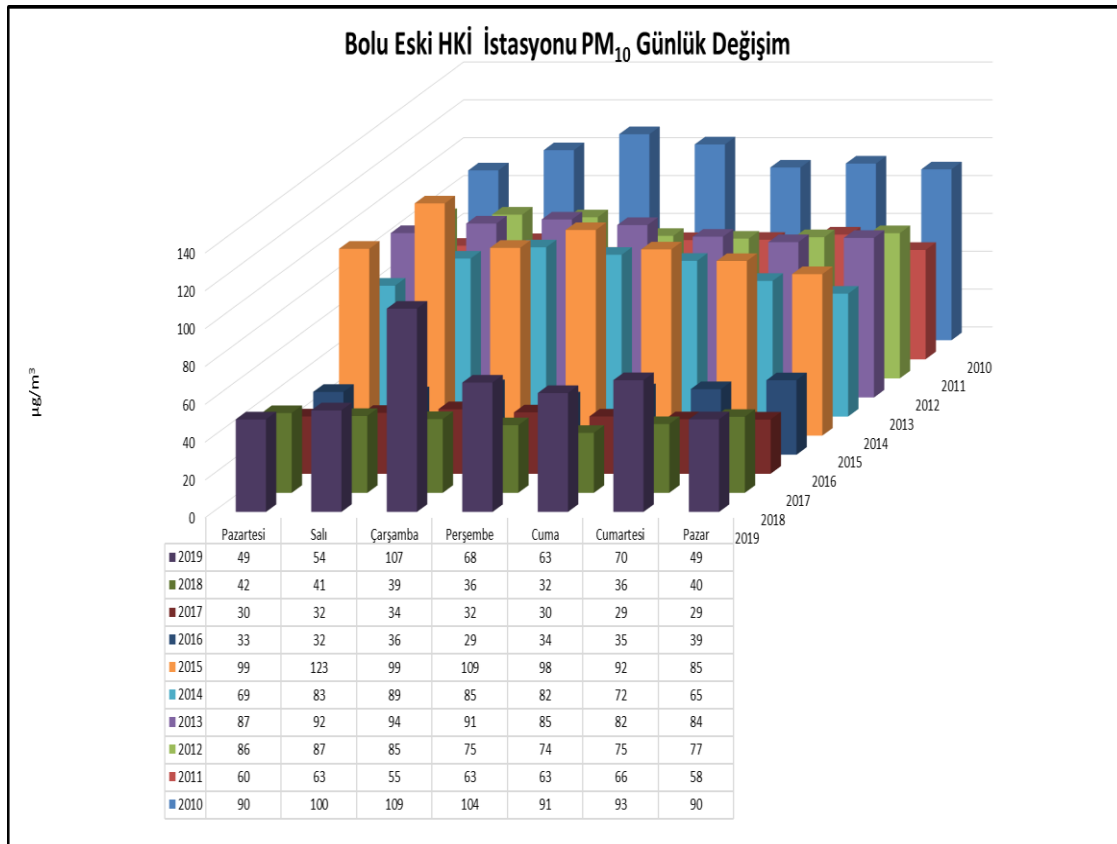
Grafik 23. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu NO₂ ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019)Grafik 24. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM_{2.5} ısınma oranı değişimi (KIATHM, 2019)

Eski HKİ istasyonunda PM₁₀'a ısınmanın oranı %48 iken Karaçayır parkında bu oranın %52 olduğu, SO₂ parametresinde ise; eski istasyonda ısınmanın oranı %65 iken Karaçayır parkında %52 olduğu grafiklerden görülmektedir. Ayrıca 2019 yılı itibari

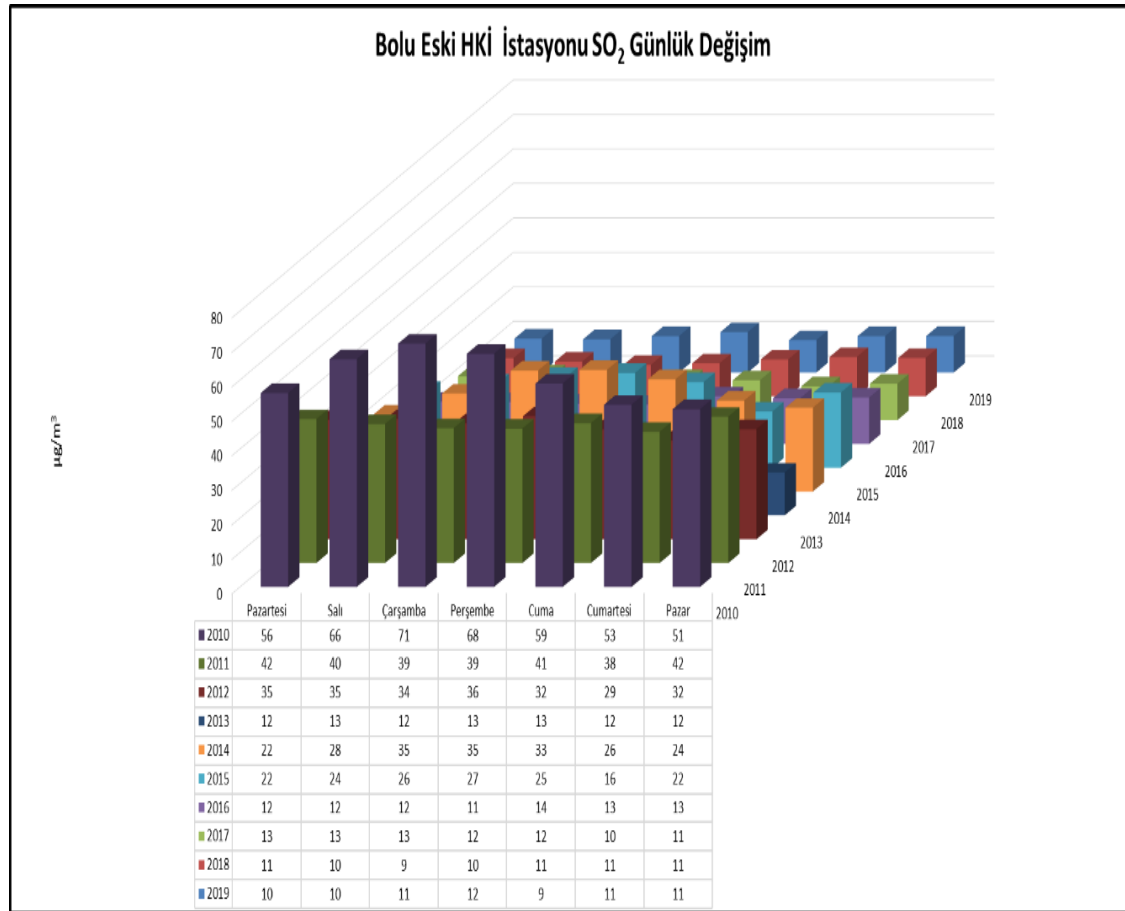
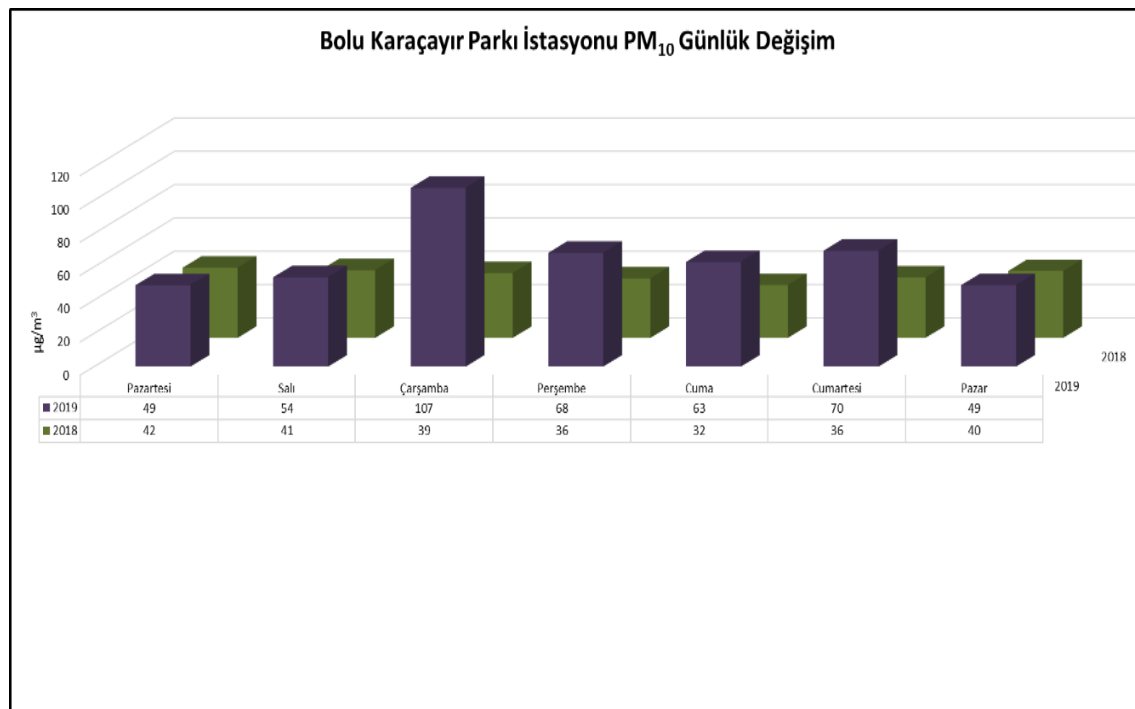
ısınma döneminin etkisi değerlendirildiğinde NO₂'de oran %31 iken PM_{2,5} da bu oran %61'dir.

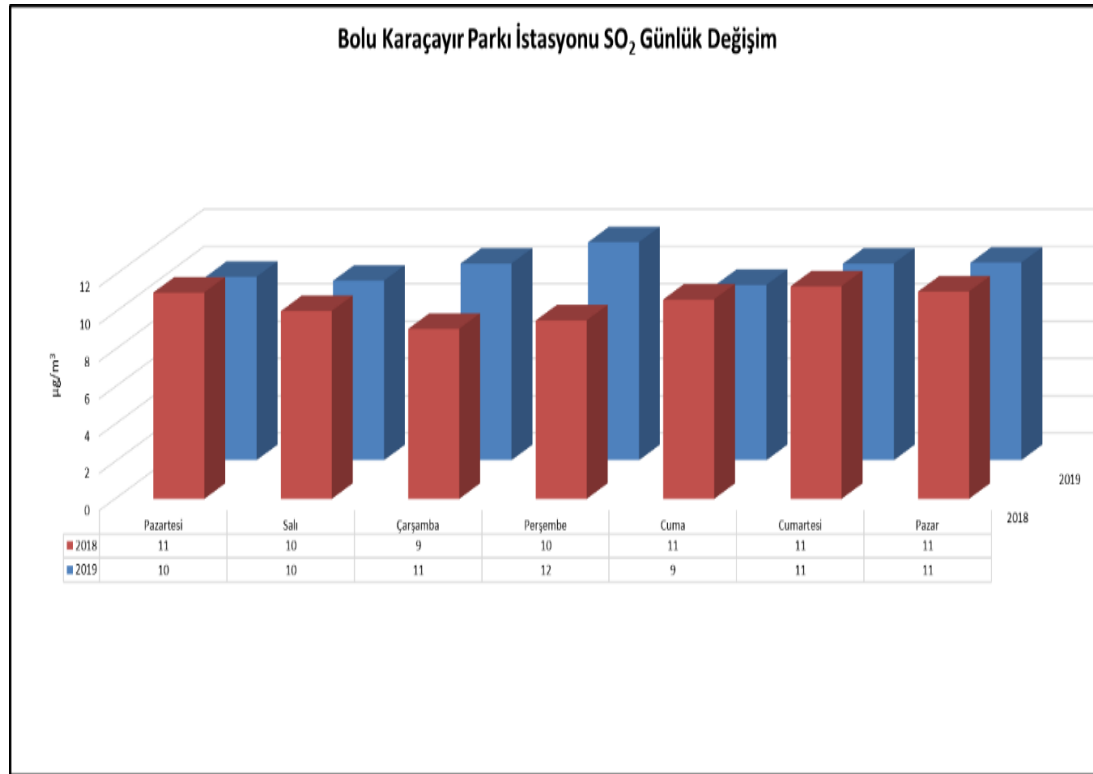
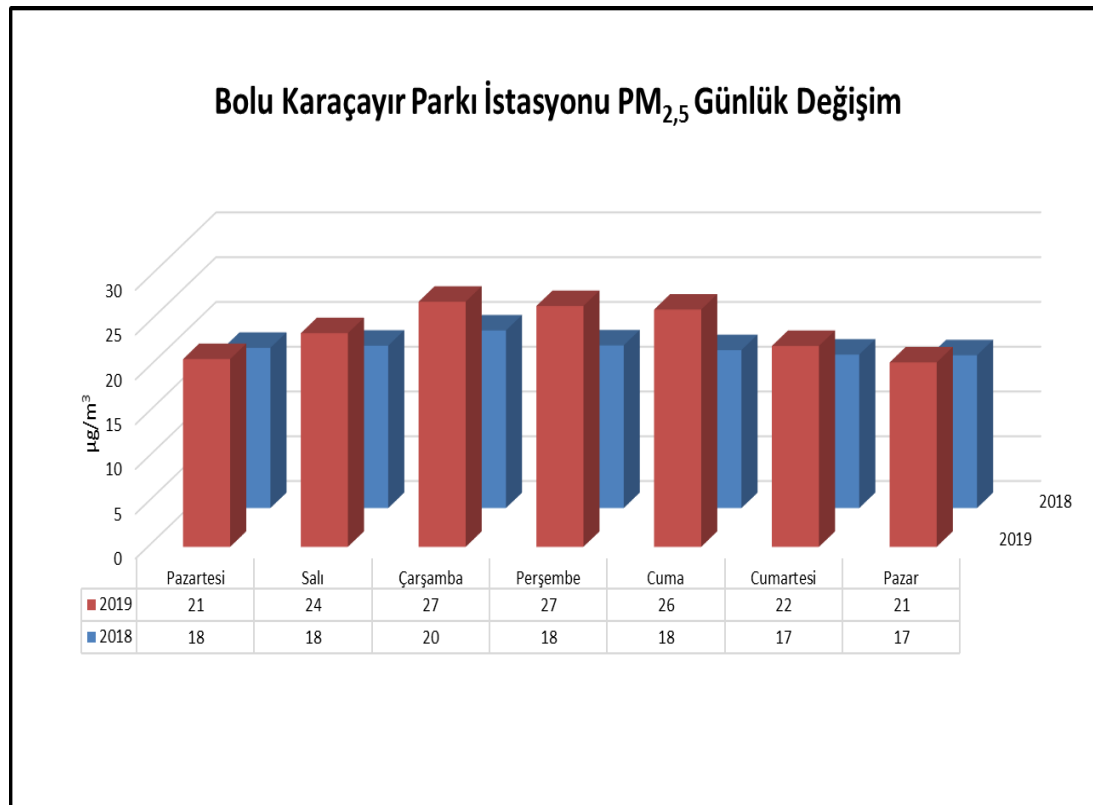
- Kirleticilerin ağırlıklı olarak kış aylarında yüksek konsantrasyonlarda seyrettiği, PM₁₀ parametresinin 74 µg/m³ ve NO₂'nin 45 µg/m³ değeri ile en yüksek değerinin Kasım ayında, SO₂'nin 23 µg/m³ ile Ocak ayında, PM_{2,5} parametresinin ise 53 µg/m³ ile Aralık ayında görüldüğü,
- PM₁₀ parametresinde 2010-2017 döneminde ısınmanın etkisi %48 iken 2018 yılından itibaren faaliyette olan Karaçayır Parkında bu oranın 2019 yılında %62 seviyesine yükselmiş olması ısınmanın etkisini daha net göstermektedir. Karaçayır parkında diğer kirleticilerin ısınmadaki oranları ise; SO₂ parametresinde %68, PM_{2,5} 'in %61 ve NO₂'nin ise %31 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

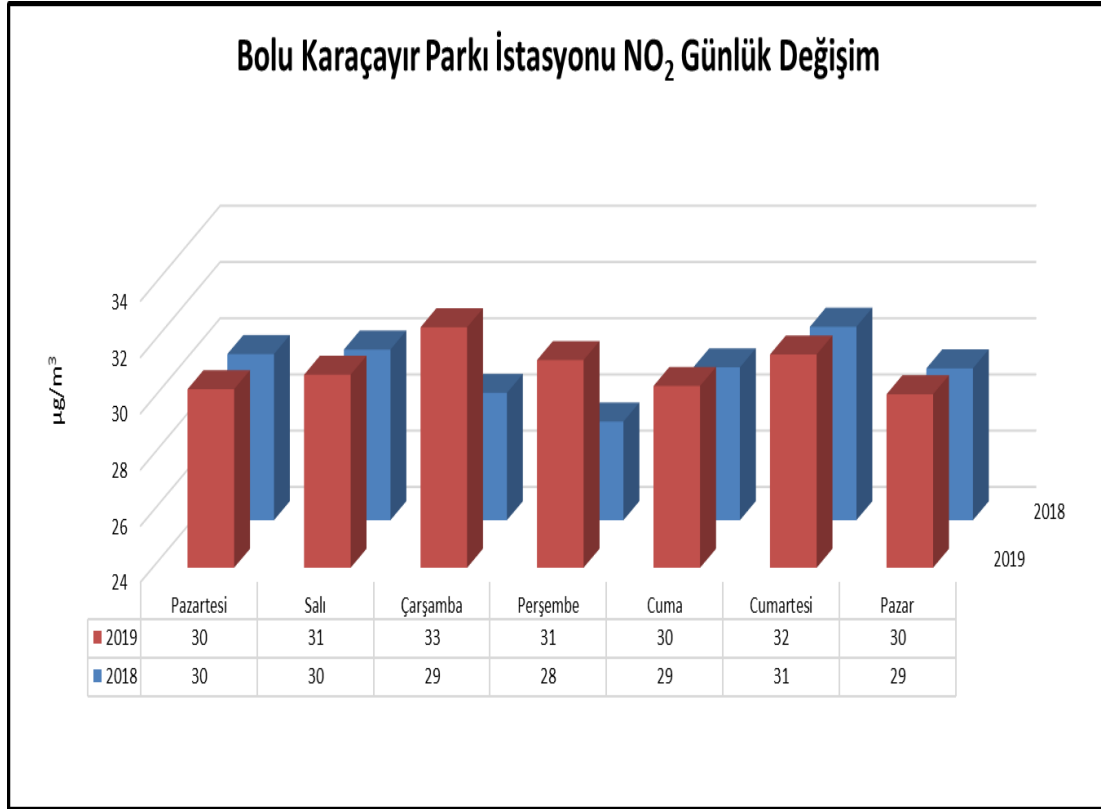
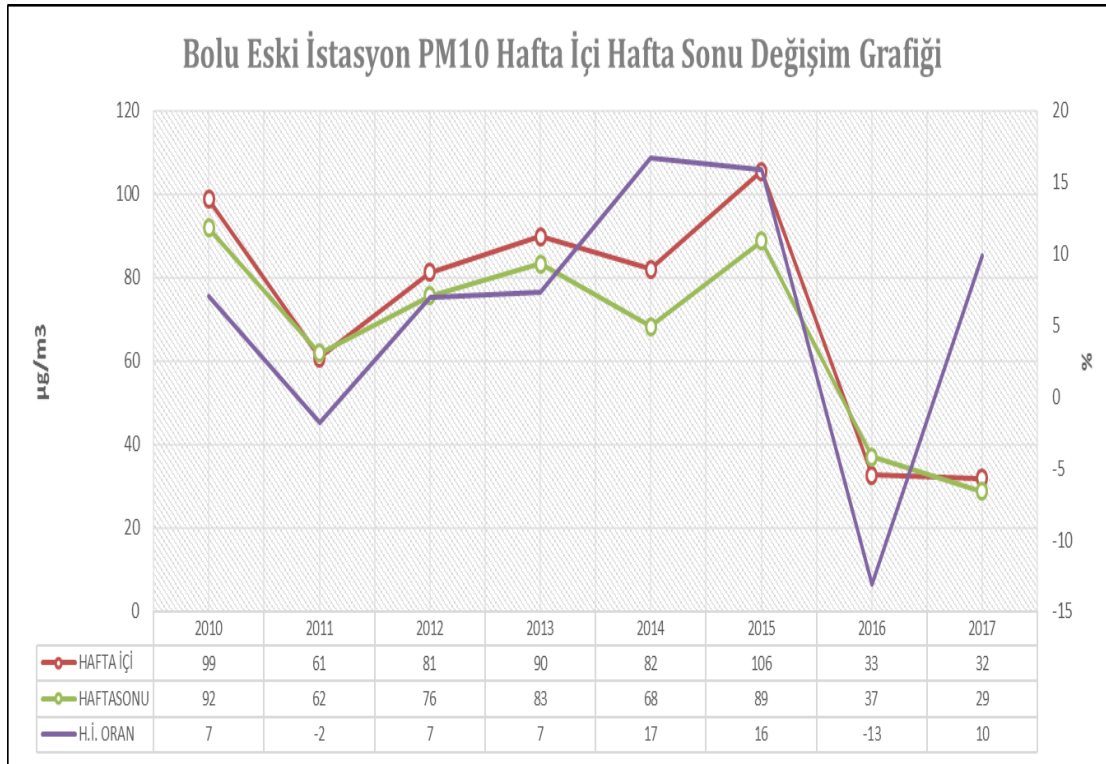
Kirletici parametrelerin günlük değişiminin her iki istasyondaki analiz sonuçları Grafik 25-31'de verilmiştir.

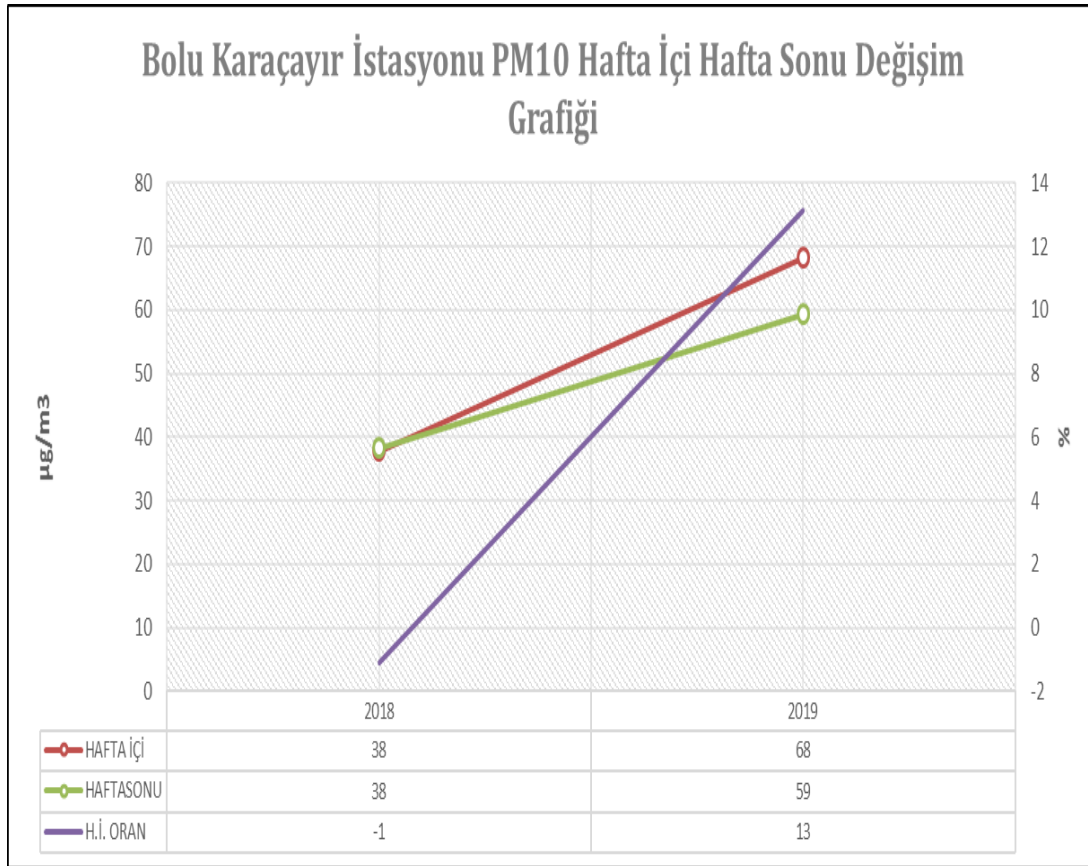


Grafik 25. Bolu eski HKİ istasyonu PM₁₀ günlük değişimi (KIATHM,2017)

Grafik 26. Bolu eski HKİ istasyonu SO₂ günlük değişimi (KIATHM, 2017)Grafik 27. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM₁₀ günlük değişimi (KIATHM, 2019)

Grafik 28. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu SO₂ günlük değişimi (KIATHM, 2019)Grafik 29. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM_{2,5} günlük değişimi (KIATHM, 2019)

Grafik 30. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu NO₂ günlük değişimi (KIATHM, 2019)Grafik 31. Bolu eski HKİ istasyonu PM₁₀ hafta içi hafta sonu değişimi (KIATHM, 2019)

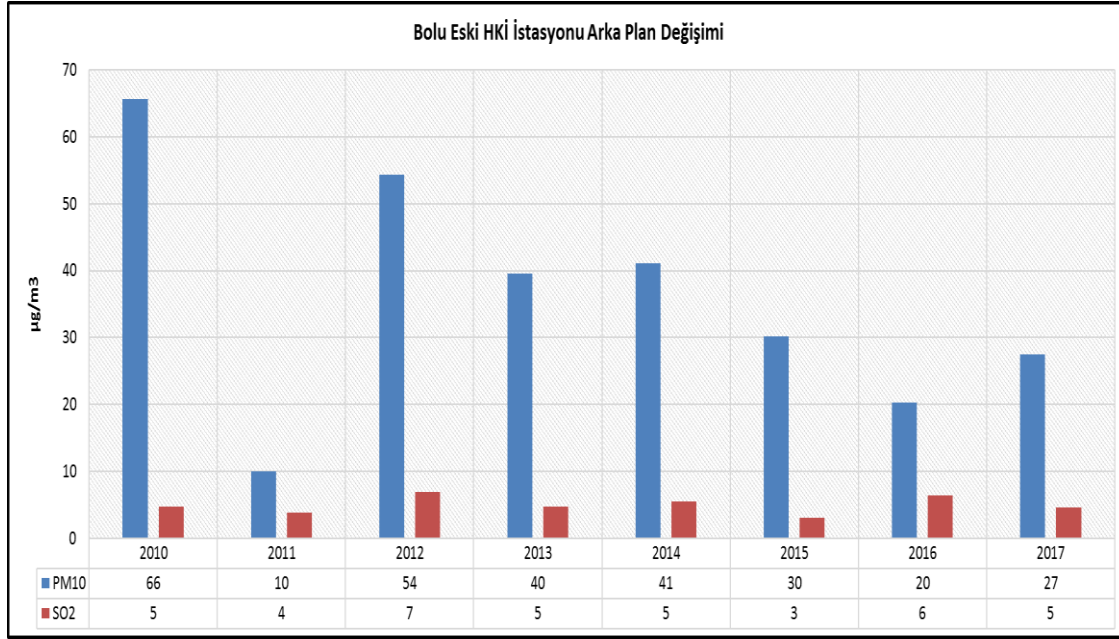


Grafik 32. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM₁₀ hafta içi hafta sonu değişimi (KIATHM, 2019)

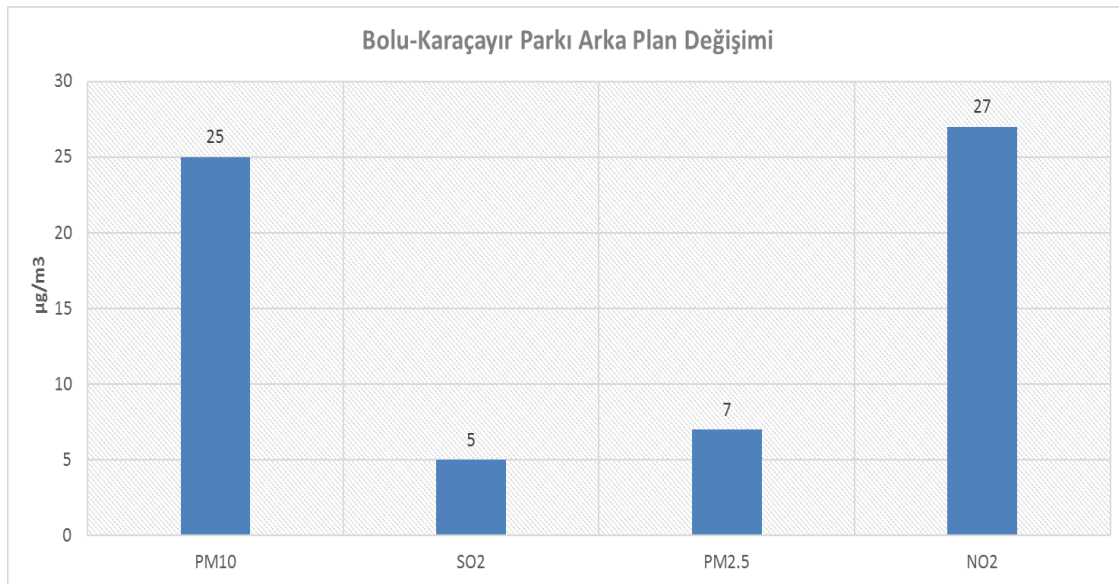
24-32 arasındaki grafiklerden,

- Eski istasyonun normalize edilmiş verilerinde yaz ve kış farkının net bir şekilde görüldüğü, her iki kirlenici içinde sabah ve akşam saatlerinde piklerin gözlemlendiği, akşam saatlerinde toz parametresindeki piklerin SO₂'ye göre daha yüksek olduğu, PM₁₀ değerinin en yüksek Salı günü, en düşük değerinin ise cumartesi günü görüldüğü,
- Tüm kirlenicilerin diğer günlere göre en yüksek konsantrasyonlarının Çarşamba günü PM₁₀'da 107 µg/m³, SO₂'de 12 µg/m³, PM_{2,5}' da 27 µg/m³, NO₂'de ise 33 µg/m³ olduğu,
- Tüm kirlenicilerin hafta içi ve hafta sonu konsantrasyonlarının özellikle son yıllarda birbirine çok yakın olmakla birlikte hafta içinin hafta sonuna göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Isınma kaynağının tamamen etkisinin olmadığı ve arka plan kaynaklarının genel itibarı ile aynı olduğu dönem seçilerek yapılan arka plan kirlenici analiz sonuçları Grafik 33-34'de verilmektedir.



Grafik 33. Bolu eski HKİ istasyonu kirleticilerin arka plan düzeyi değişimi (KIATHM, 2017)

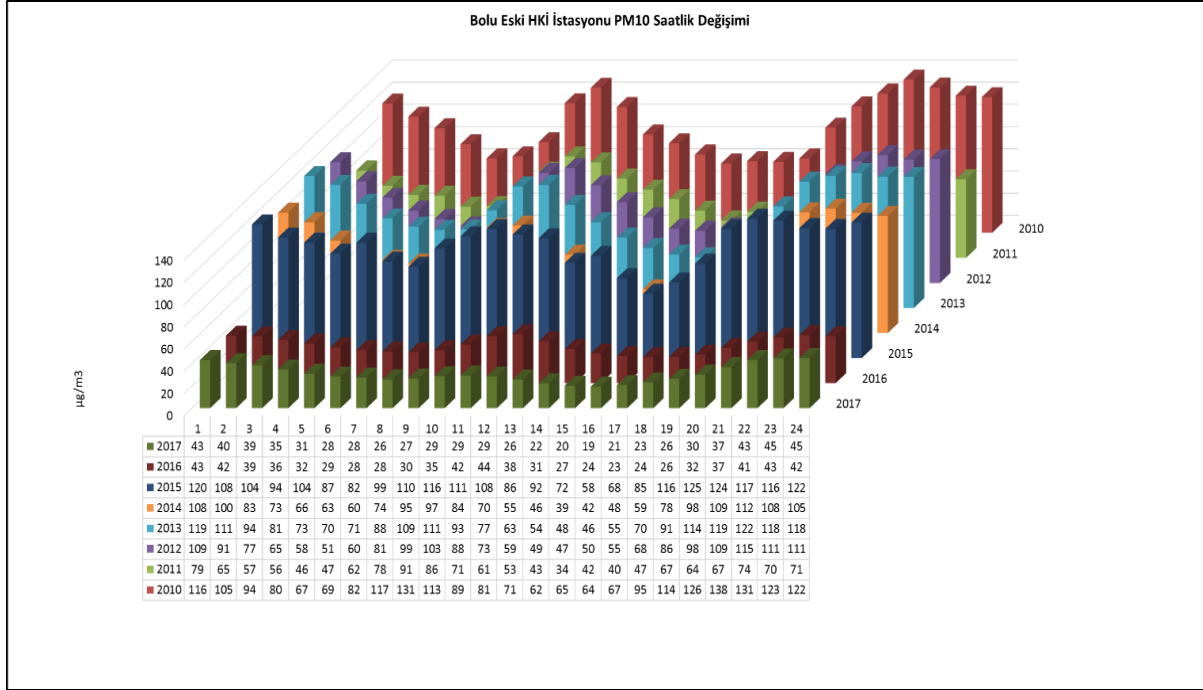


Grafik 34. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu kirleticilerin arka plan düzeyi değişimi (KIATHM, 2019)

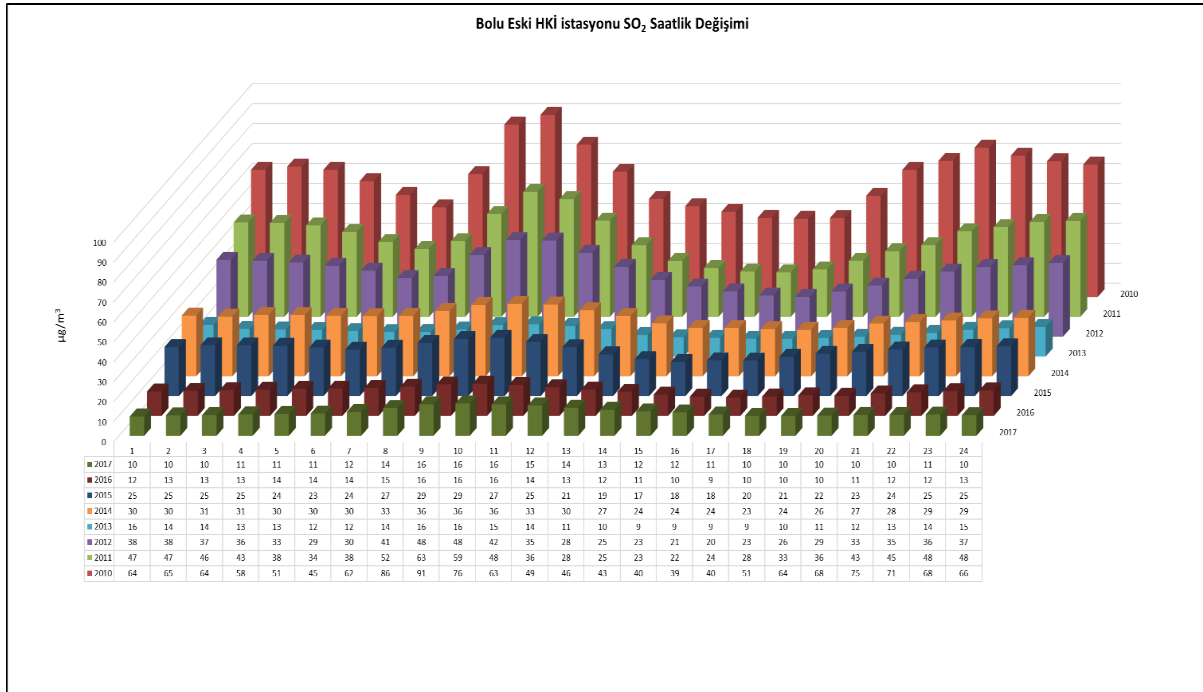
- Bolu Eski HKİ istasyonunun bulunduğu temsil alanında arka plan PM₁₀ düzeyinin 35 µg/m³ ve SO₂ düzeyinin 5 µg/m³,
- Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu arka plan PM₁₀ düzeyinin 25 µg/m³, SO₂ düzeyinin 5 µg/m³, PM_{2,5} düzeyinin 7 µg/m³ ve NO₂ düzeyinin ise 27 µg/m³ değerinde olduğu Grafik 33 ve 34'den görülmektedir.

İl genelinde en yüksek arka planının PM₁₀ değerinin 2010 yılında olduğu ve 2018 yılında bu oranın 2010 yılına göre %62 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

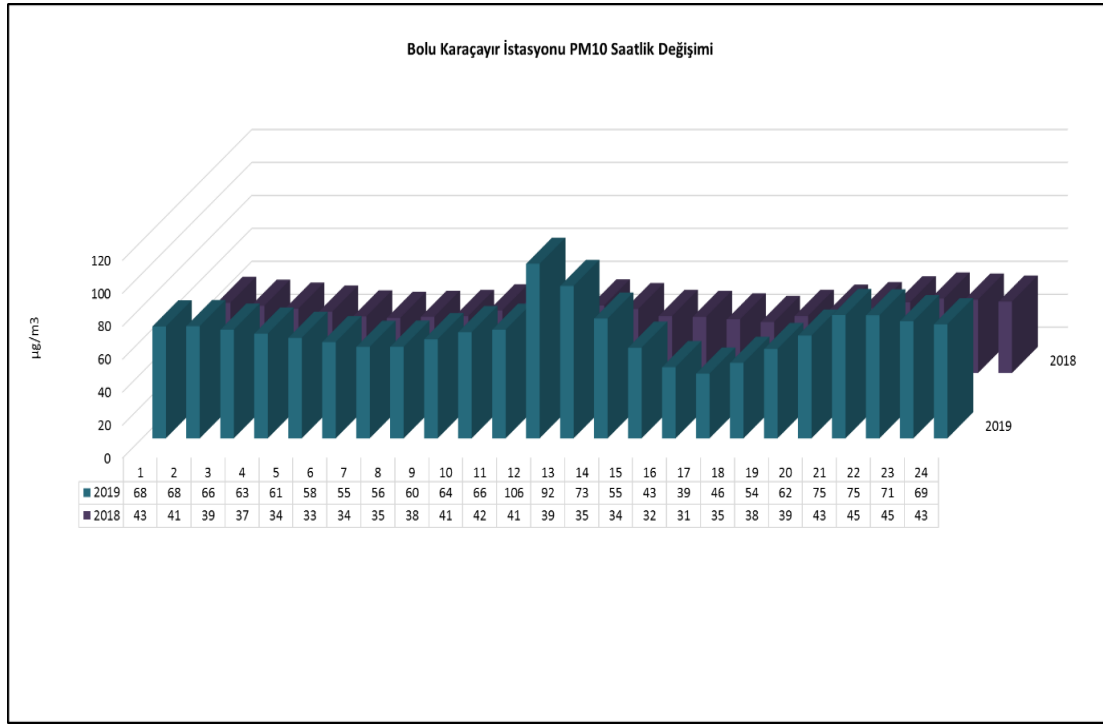
Kirleticilerin saatlik değişimlerinin analizi Grafik 35 ile Grafik 46 arasında verilmektedir.



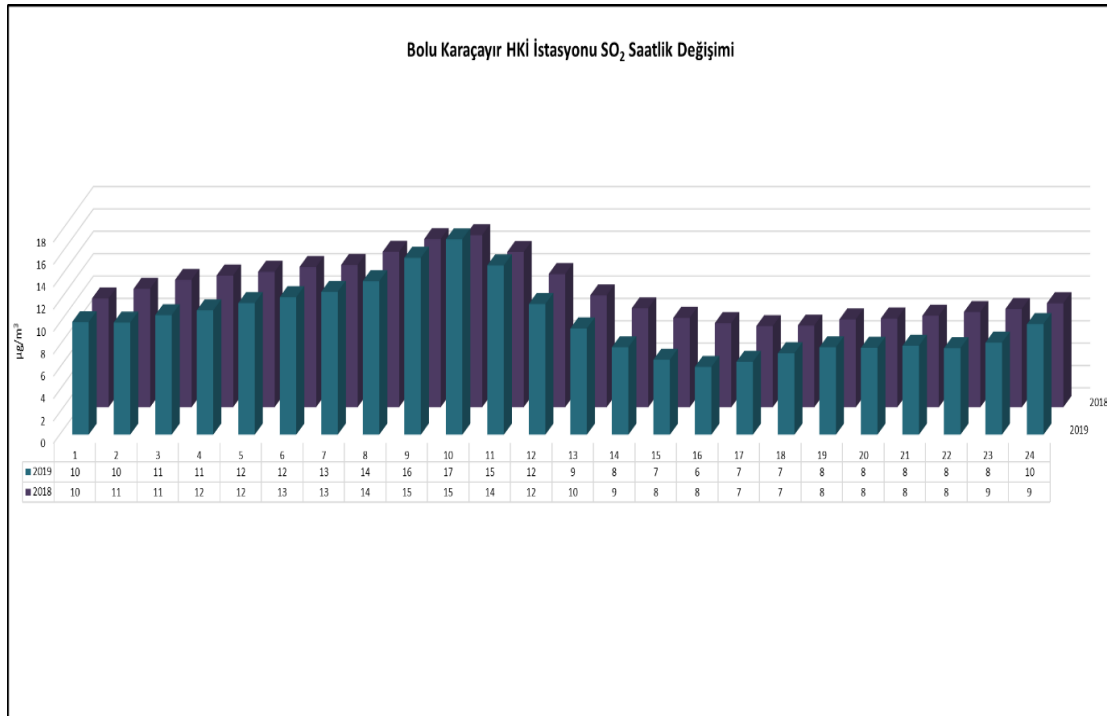
Grafik 35. Bolu Eski HKİ istasyonu PM₁₀ parametresinin 2010-2017 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2017)



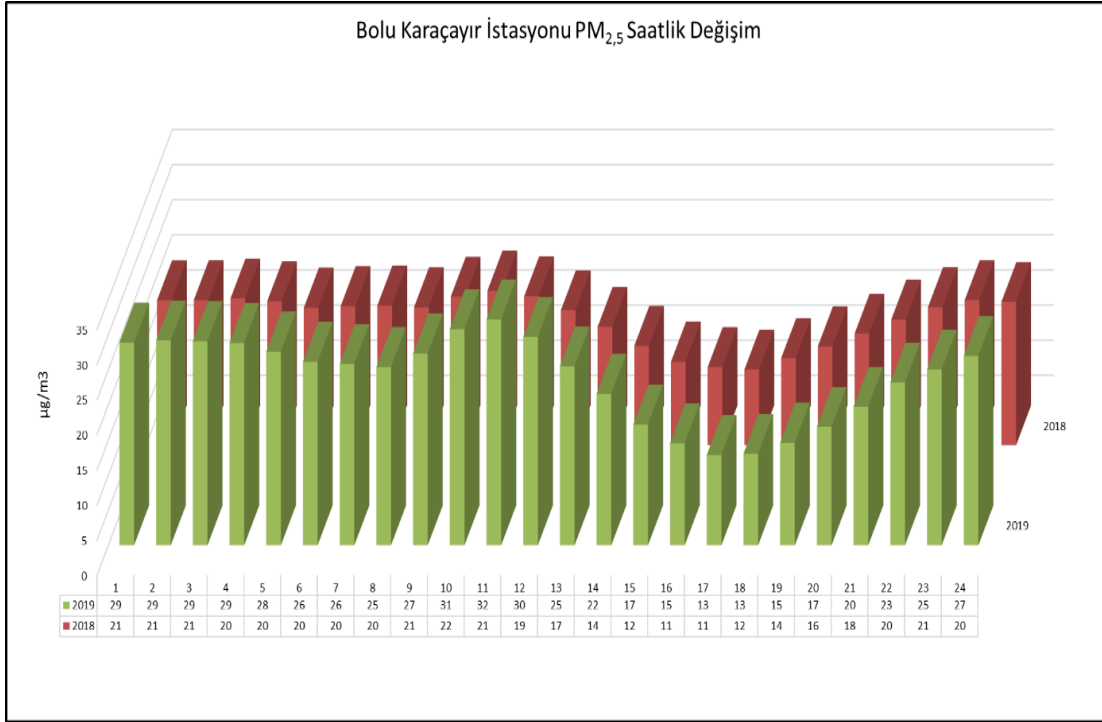
Grafik 36. Bolu Eski HKİ istasyonu SO₂ parametresinin 2010-2017 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2017)



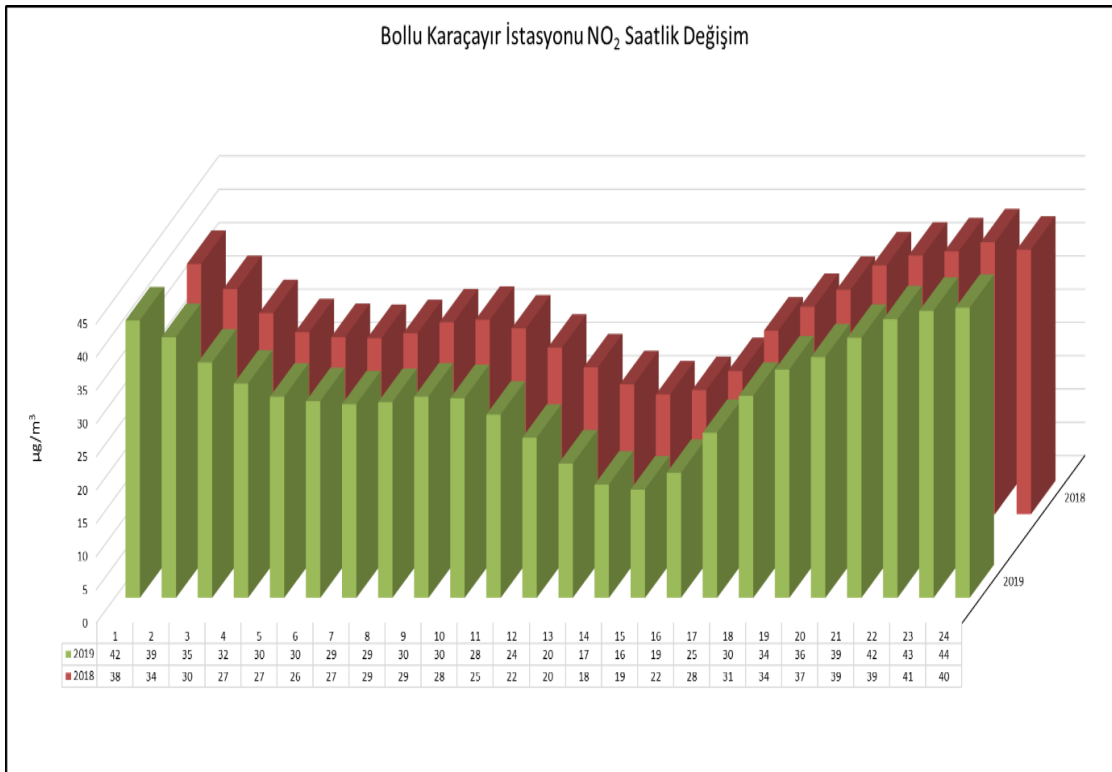
Grafik 37. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM₁₀ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)



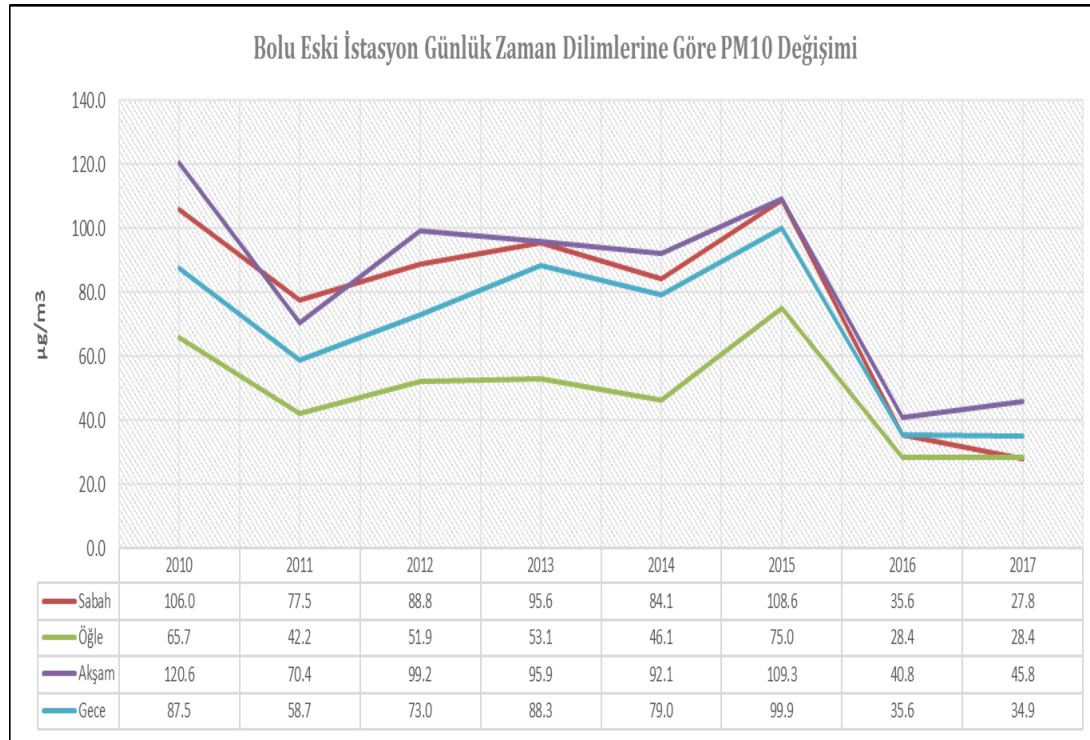
Grafik 38. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu SO₂ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)



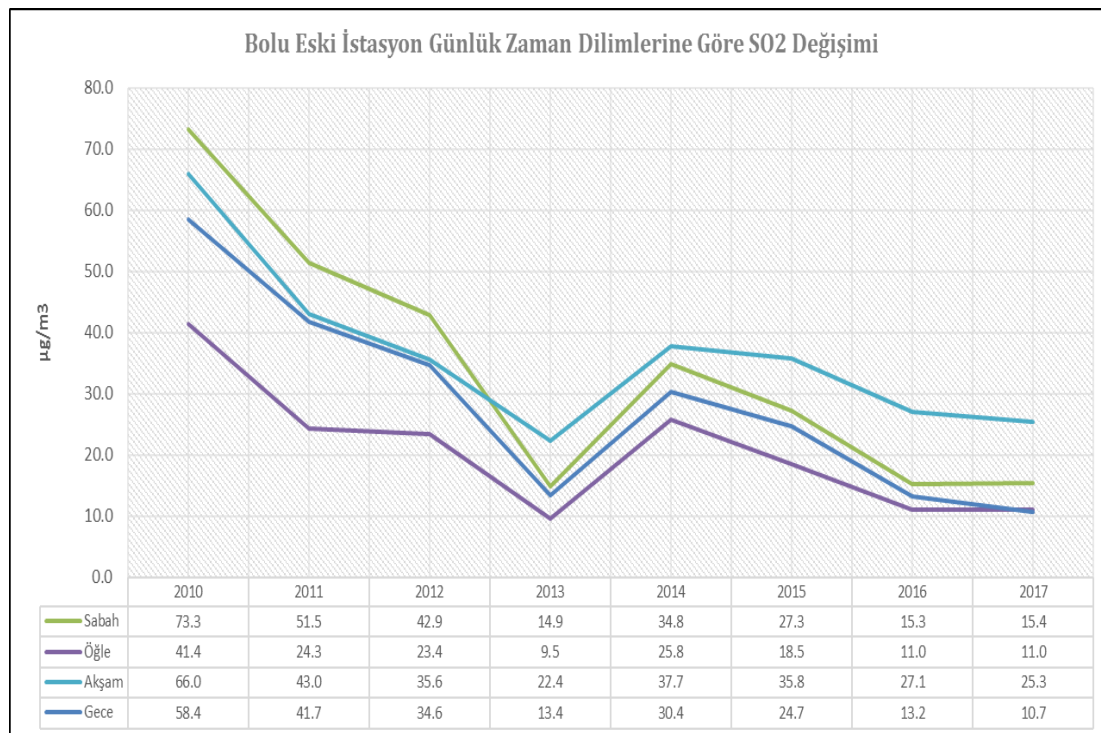
Grafik 39. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM₁₀ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)



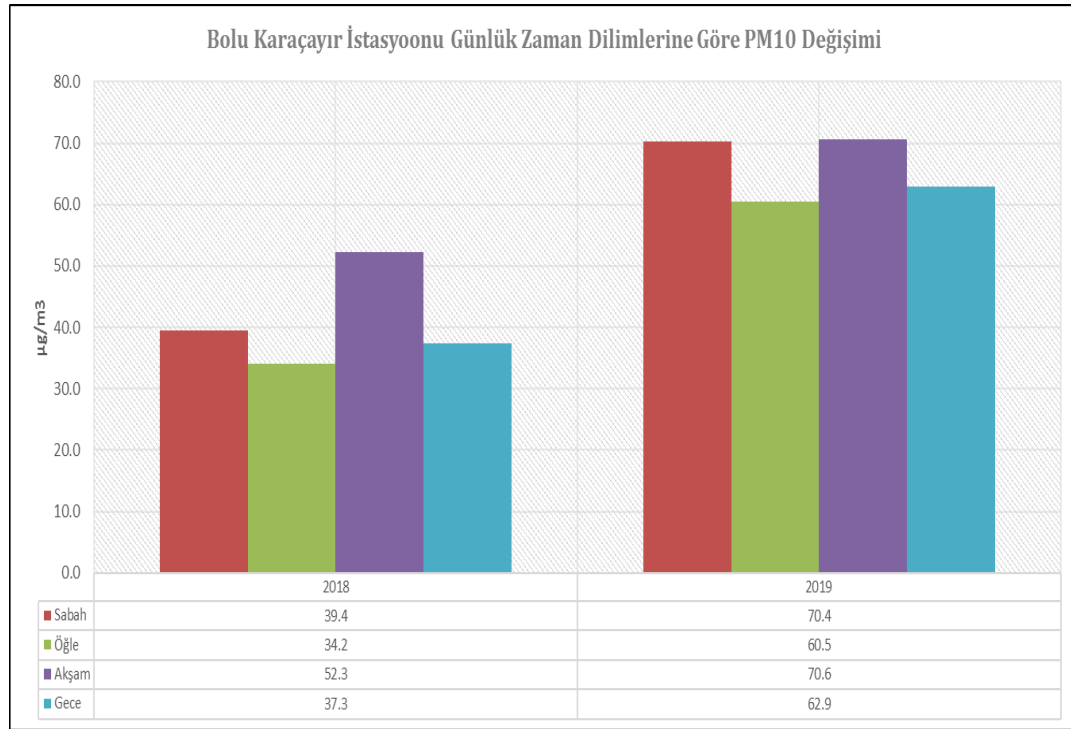
Grafik 40. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM₁₀ parametresinin 2018-2019 yılları saatlik değişimi (KIATHM, 2019)



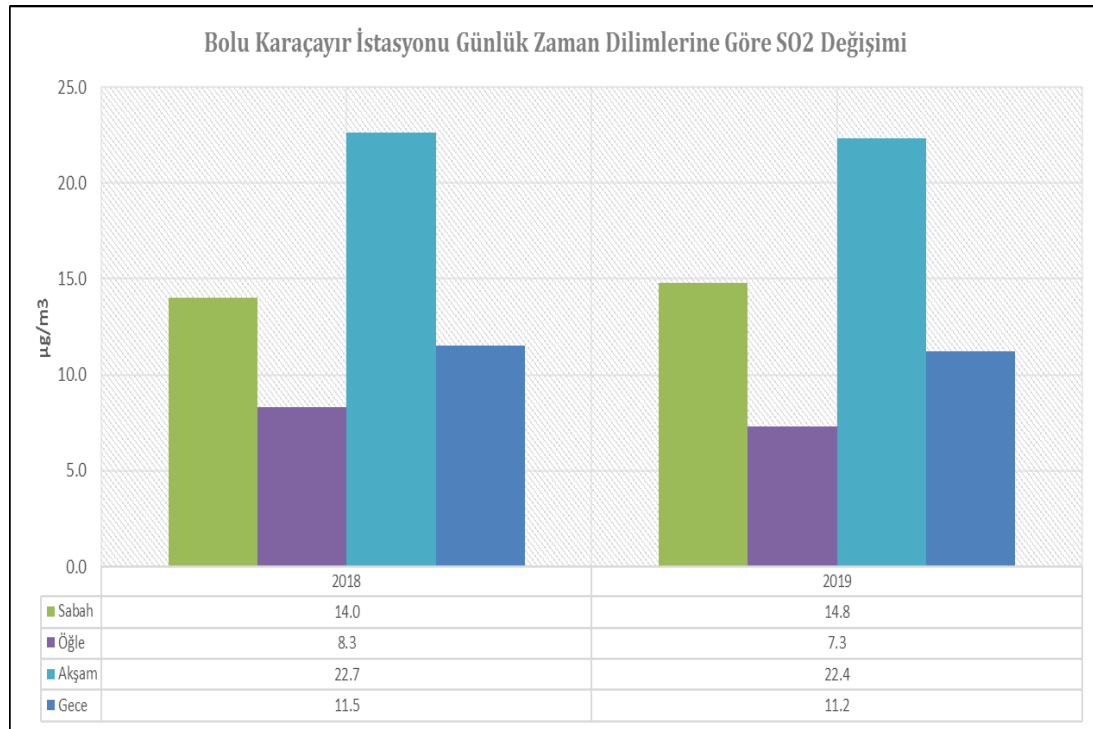
Grafik 41. Bolu eski HKİ istasyonu PM₁₀ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2017)



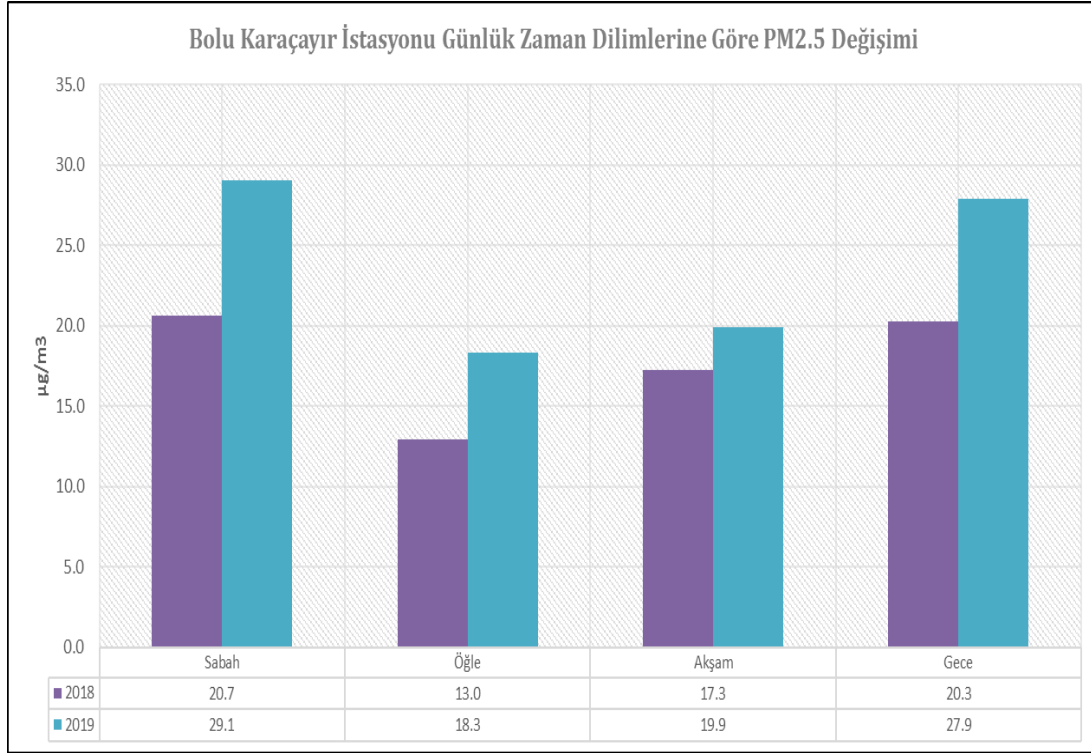
Grafik 42. Bolu eski HKİ istasyonu SO₂ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2017)



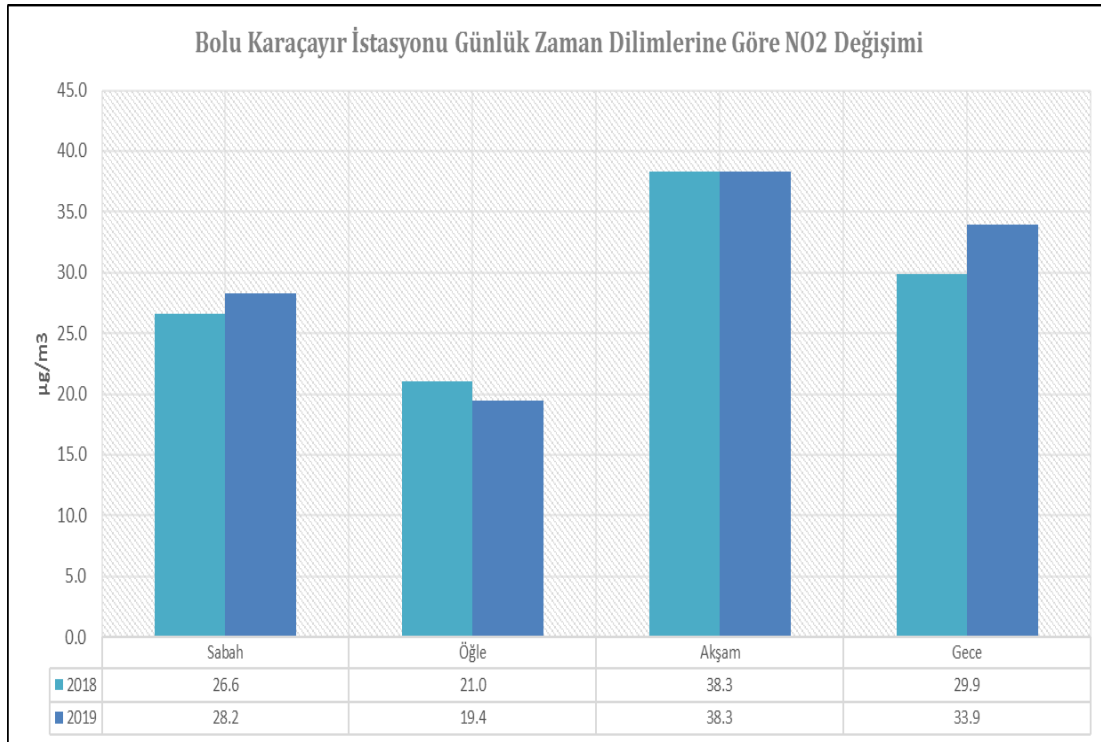
Grafik 43. Bolu Karaçayır Parkı HKİ istasyonu PM₁₀ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019)



Grafik 44. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu SO₂ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019)



Grafik 45. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu PM_{2.5} parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019)

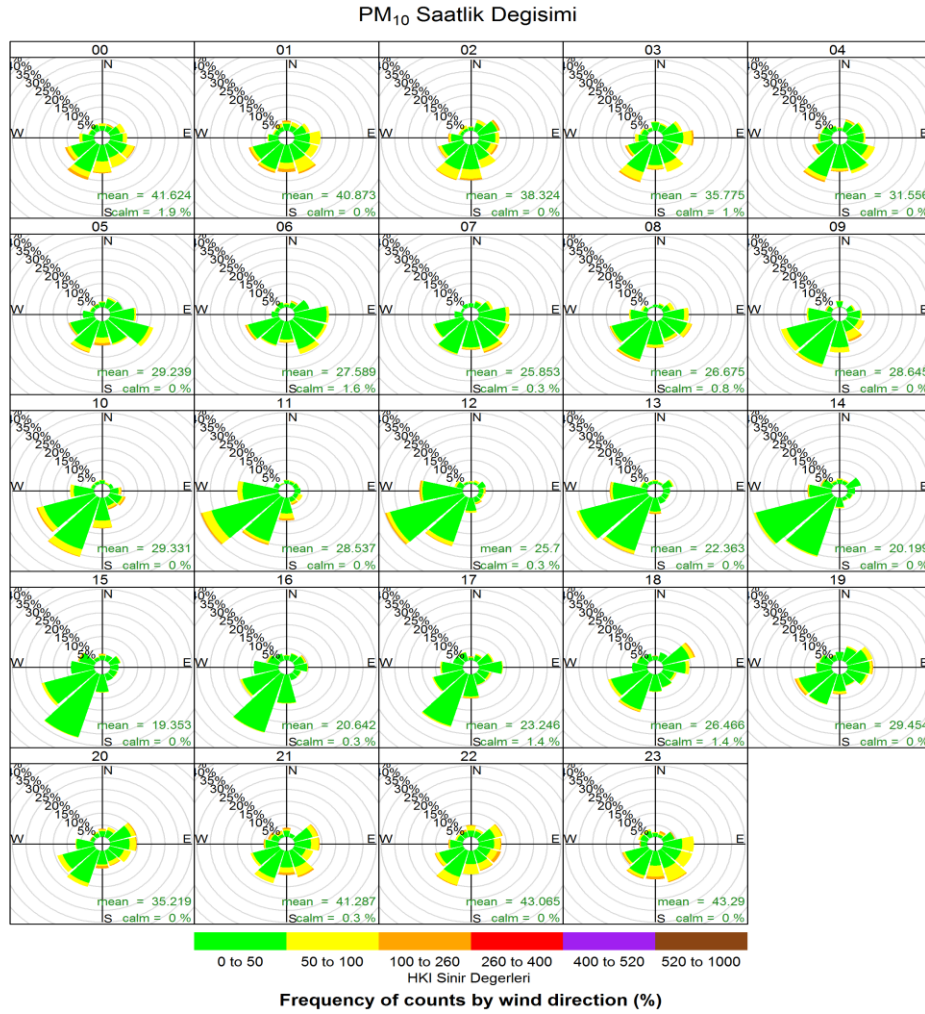


Grafik 46. Bolu Karaçayır HKİ istasyonu NO₂ parametresinin günlük zaman dilimlerine göre değişimi (KIATHM, 2019)

- 2010-2015 döneminde PM₁₀ konsantrasyonunun sabah ve akşam saatlerinde yaklaşık 90 µg/m³ civarında iken son yıllarda 50 µg/m³ seviyesinde olduğu,
- 2010-2015 döneminde SO₂ konsantrasyonunun sabah ve akşam saatlerinde yaklaşık 40 µg/m³ civarında iken son yıllarda 20 µg/m³ seviyesinde olduğu
- PM_{2.5} parametresinde en yüksek konsantrasyonları saat 00.00-10.00 arasında olduğu,
- NO₂ konsantrasyonlarının en yüksek 00.00-10.00 ve 19.00-23.00 saatleri arasında olduğu,
- Gece zaman diliminde 2019 yılı için PM₁₀ parametresinin yüksek seviyelerde olduğu sabah ve akşam zaman diliminden %11 daha düşük olduğu,
- NO₂ konsantrasyonunun gece daha yüksek seviyelerde olduğu,
- PM_{2.5} 'in sabah ve akşam zaman dilimine çok yakın seviyede kaldığı

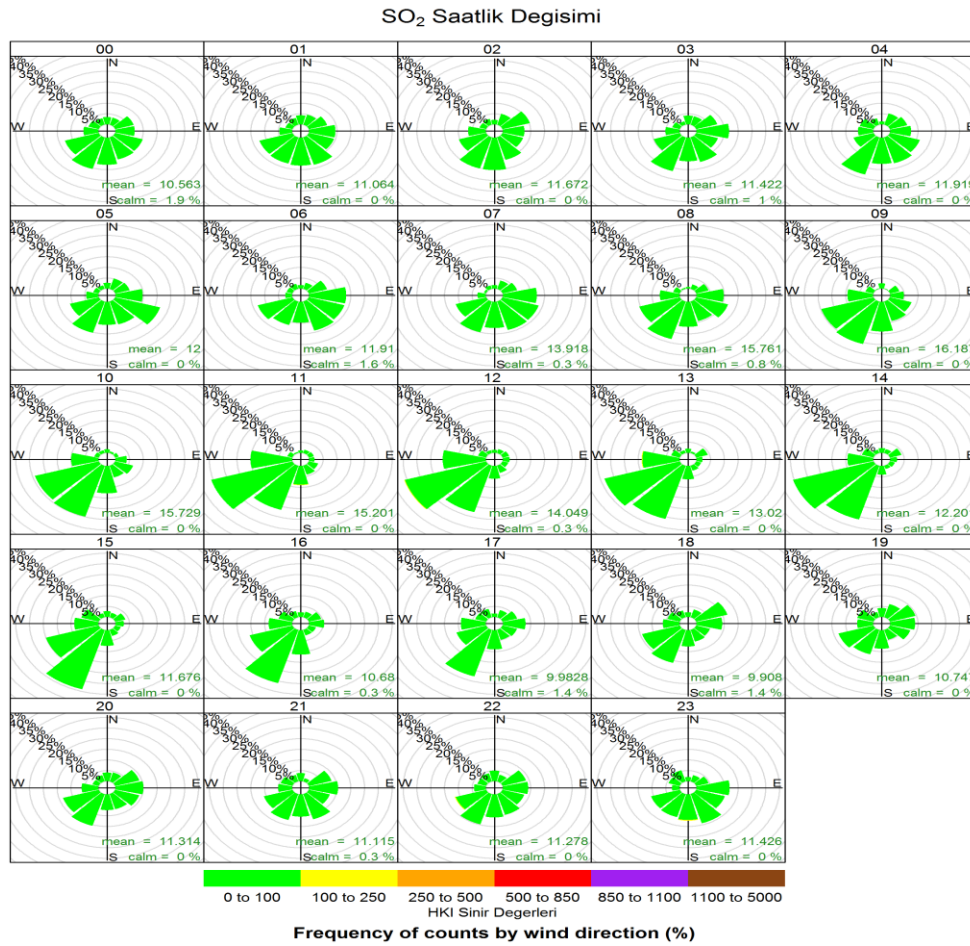
35 ve 46 aralığındaki grafiklerden görülmektedir.

Kirletici parametre bazında saatlik rüzgar yönüne değişimi analiz edilmiş olup sonuçları Grafik 47'de verilmiştir.



Grafik 47. PM₁₀ parametresinin saatlik ve rüzgar yönüne göre değişimi (KIATHM, 2019)

PM₁₀ parametresinde 00.00-04.00 saat dilimlerinde her yönlü rüzgarların hakim olmasıyla birlikte ağırlıklı **doğulu ve batılı rüzgarların** sıklığının yüksek olduğu buna bağlı olarak **doğu, güney doğu, güney ve güney batı** yönlerinde düşük sıklıkla da olsa hava kalitesi indeksinin orta ve hassas seviyelerde gözleendiği (özellikle 00.00-02.00 arası güneyli yönde (güney doğu ve güney batı)) , saat 05.00-09.00 arasında güney, güney batı yönünde yüksek olan konsantrasyonların gittikçe güney doğu yönünden etkilendiği, 10.00-15.00 saatlerinde konsantrasyonun **güney batı ve batı yönünde** artışa geçtiği, saat 15.00'den itibaren **kuzey doğu, doğu ve güney yönlerindeki** kaynakların düşük sıklıklada olsa etkili olduğu, saat 20.00-23.00 arasında tüm yönlerin etkin olduğu ve yüksek konsantrasyonun istasyona yakın alandaki kaynaklardan (doğu, güney ve batı yönlerindeki) etkilendiği, toz parametresinin özellikle 02.00-04.00 ile 18.00-22.00 saatlerinde kuzey doğu yönündeki kaynağın etkisi ile düşük sıklıkla da olsa indeks değerin hassas seviyeye geçtiği görülmektedir.

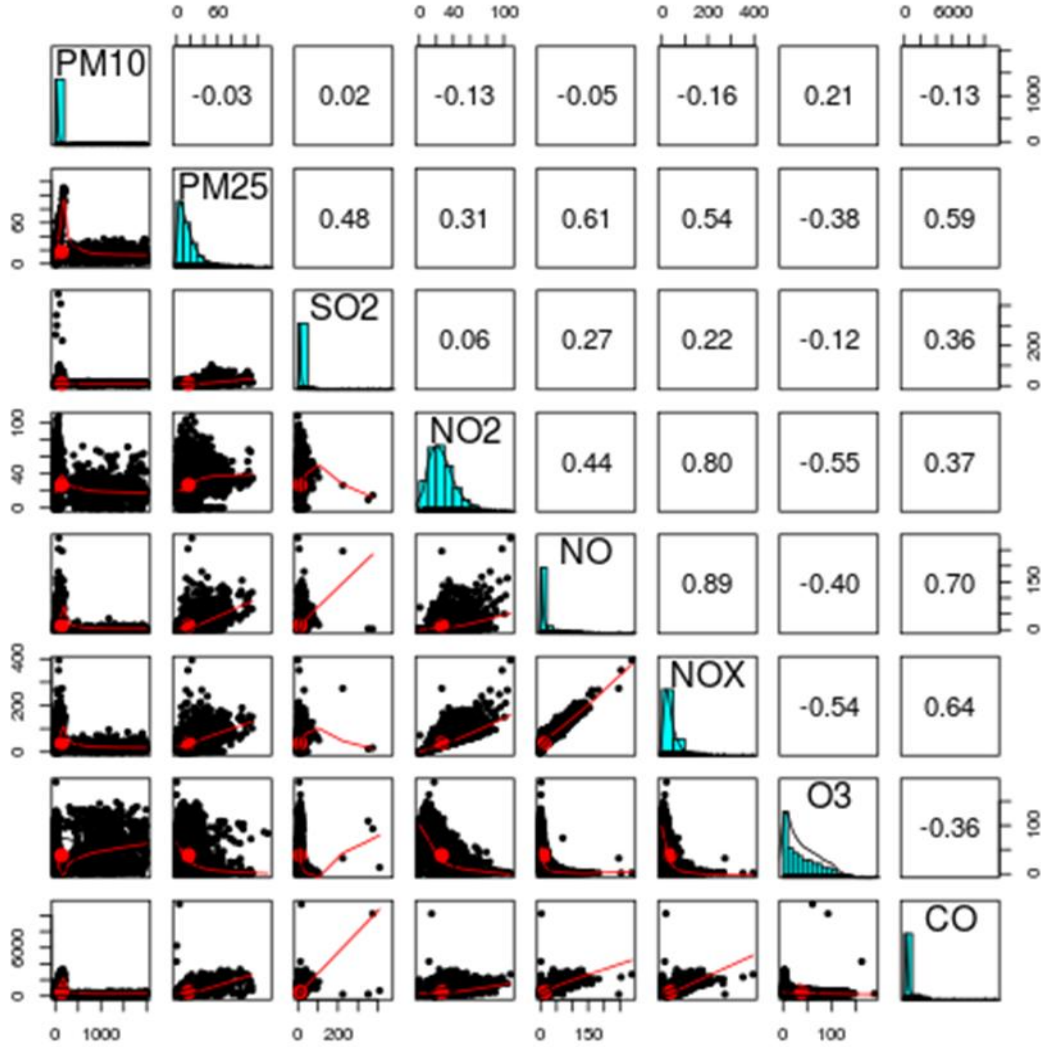


Grafik 48. SO₂ parametresinin saatlik ve rüzgar yönüne göre değişimi (KIATHM, 2019)

Sonuç olarak, hava kirliliği kaynaklarının yoğunluk saatleri referans alınarak yapılan analizde kirleticilerin en düşük konsantrasyonlarının saat 12.00-16.00 dilimine denk geldiği, sabah ve akşam saatlerinin diğer zaman dilimlerinden daha yüksek olduğu, toz parametresinin özellikle 02-04 ile 18-22 saatlerinde kuzey doğu yönündeki kaynağın

etkisi ile düşük sıklıkla da olsa indeks değerinin hassas seviyeye geçtiği tespit edilmiştir.

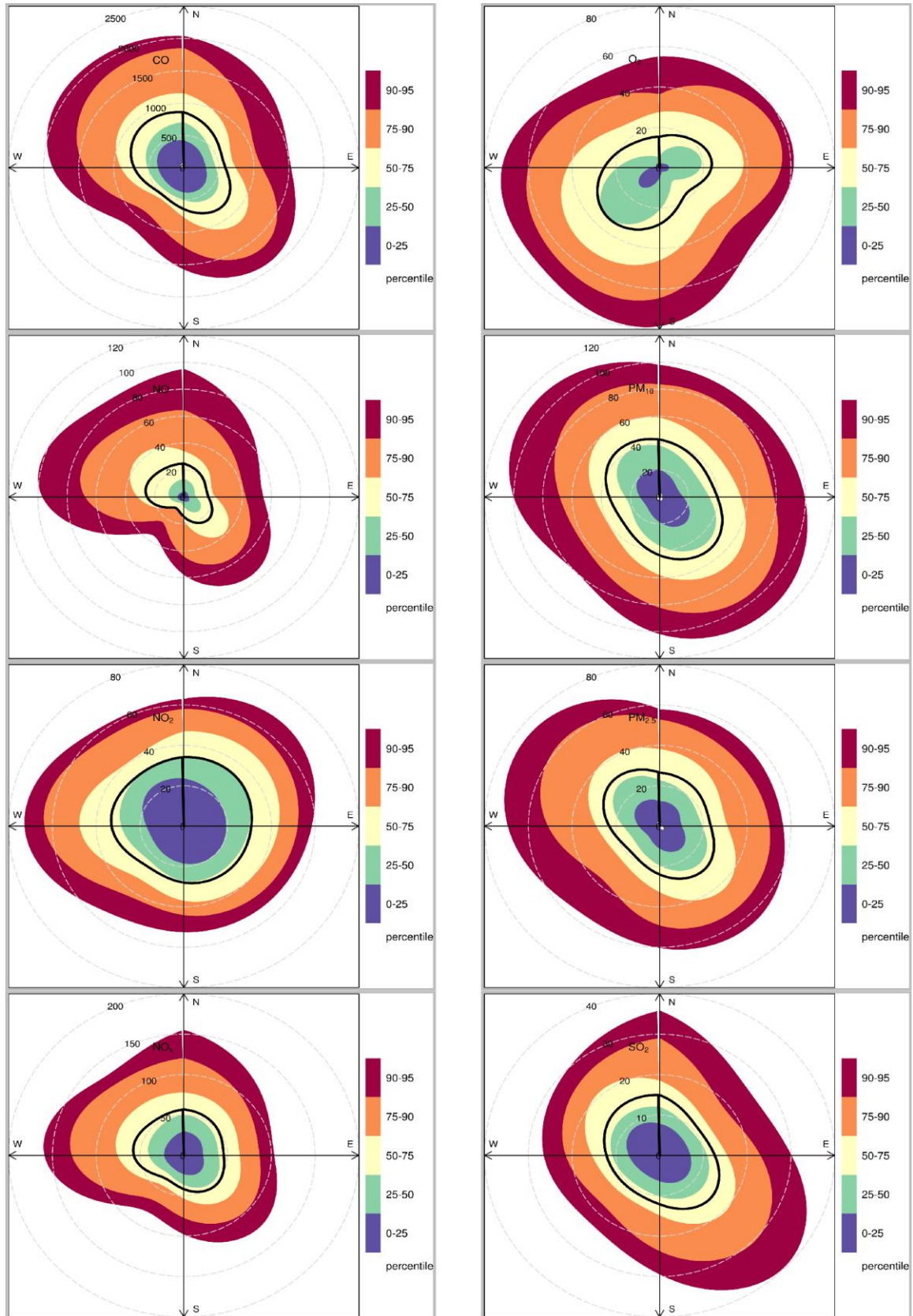
Her bir istasyon bazında kirletici parametrelerin birbiri ve meteorolojik faktörlerle ilişkisi incelenmiş olup sonuçları Grafik 49'da verilmiştir.

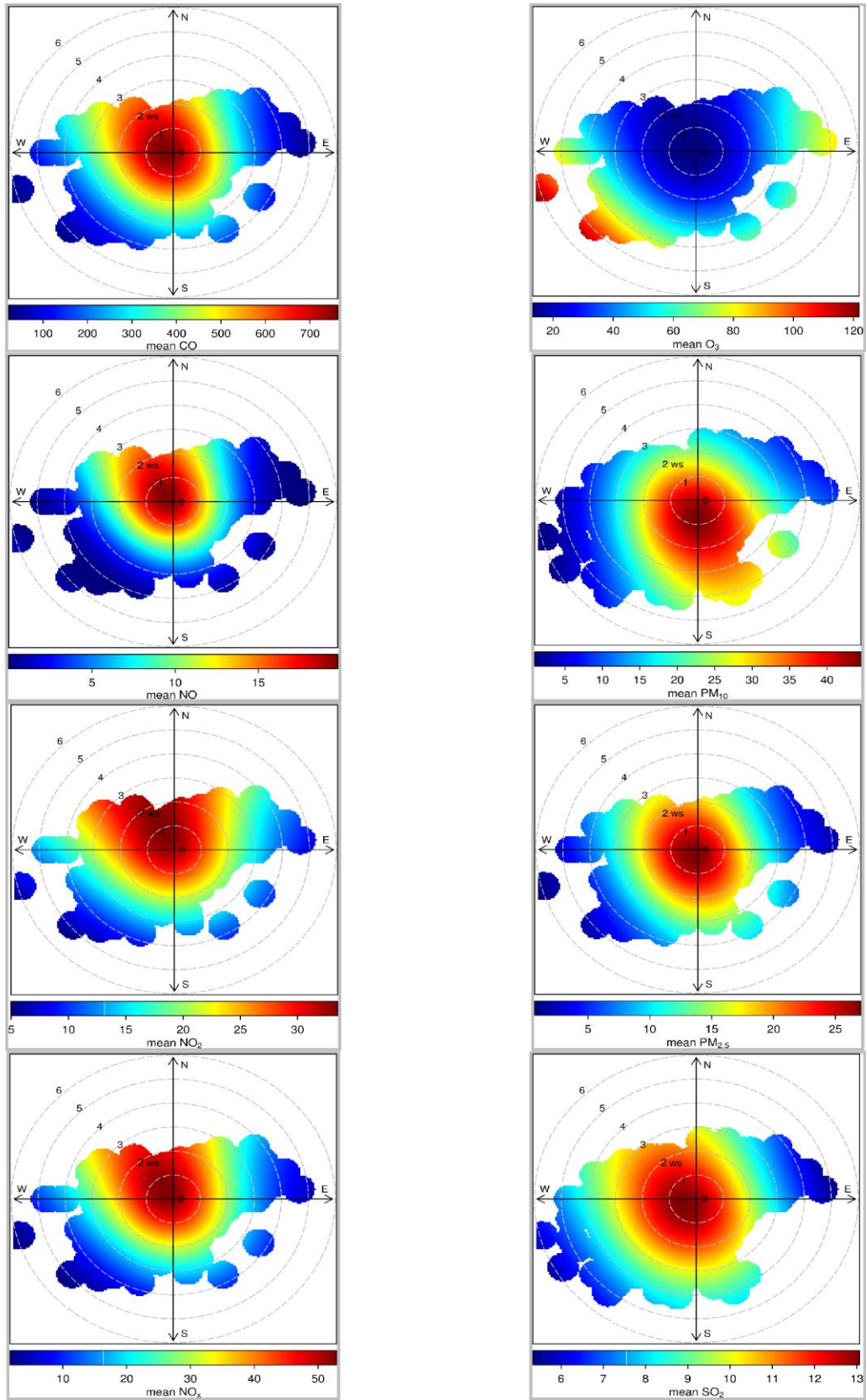


Grafik 49. Kirleticiler arasında ilişki grafiği (Karaçayır HKİİ) (KIATHM, 2019)

Grafikten 49'da görüldüğü üzere; istasyonda; NO ve NO₂, NO ve CO parametreleri arasında kuvvetli, SO₂ ve PM₁₀ parametreleri arasında ise zayıf bir ilişki bulunmaktadır.

Kaynak ilişkisi için yapılan önemli analizlerden biri olan kirleticilerin alansal dağılımı olup bu kapsamda yapılan analiz sonuçları Grafik 50'de verilmiştir.





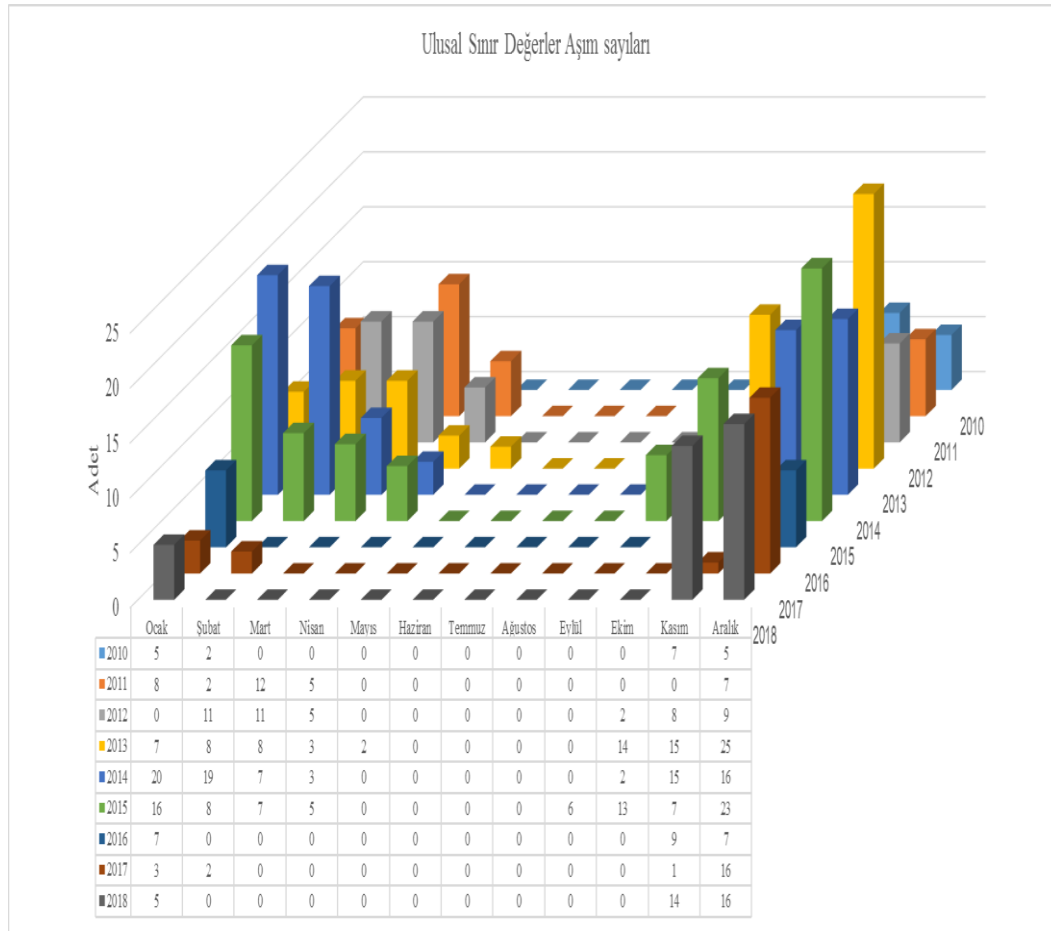
Grafik 50. Kirleticilerin alansal dağılımı (Karaçayır HKİ) (KIATHM, 2019)

Grafikler incelendiğinde rüzgar yönüne bağlı olarak;

- PM₁₀ parametresi için ilk %50 'lik kısmı genellikle güney yönlü 40 µg/m³ 'ü, ikinci % 50 'lik kısmının ise ağırlıklı olarak güney ve güneybatı olmak üzere yaklaşık 110 µg/m³ 'ü bulmaktadır.
- PM_{2,5} parametresi için genellikle yakın çevre olmak üzere ilk % 50 lik kısmın kuzeybatı ve güneydoğu yönlerinde 30 µg/m³ 'ü, ikinci % 50 ' lik kısmın ise her yönde 70 µg/m³ 'i bulmaktadır.
- SO₂ parametresi için ilk % 50'lik kısmın yakın çevrede her yönde 15 µg/m³ 'ü bulduğu, ikinci % 50'lik kısmın ise yine yakın çevrede bir miktarda güneydoğu ve kuzey batılı yönlerde 35 µg/m³ 'ü bulmaktadır.
- Ozon parametresi için Güneybatı yönlü uzak kaynaktan etkilendiği ilk %50 'lik kısmının ağırlıklı olarak güneybatılı yönlü olup 30 µg/m³ civarında olduğu, ikinci % 50'lik kısmın ise ağırlıklı olarak güneybatılı yönde 90 µg/m³ 'ü bulmaktadır.

Karaçayır istasyonunda tüm kirleticilerin düşük hızlı rüzgârlardan yakın kaynaklarda yüksek konsantrasyonlar olarak ortaya çıktığı, SO₂ ve PM_{2,5} parametrelerinin tüm günlerde yakın kaynak etkisi altındayken PM₁₀ 'un yakın kaynak ancak güney doğu yönündeki kaynaktan da etkilendiği, NO_x emisyonlarına ise yakın kaynak ve özellikle kuzey ve kuzey batı yönündeki kaynakların etkili olduğu tespit edilmiştir.

2010-2019 dönemi ölçüm sonuçlarının Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliğinde her bir kirletici parametre için tanımlı yıllık aşım sayıları ilde önemli bir kirletici kaynak olan PM₁₀ parametresi bazında analiz edilmiştir. Yönetmelikte her bir yıl için tanımlı günlük limit değerinin yıl içinde toplam 35 kere aşma koşulu aylık bazda incelenmiş olup sonuçları Grafik 51'de verilmektedir.



Grafik 51. PM₁₀ parametresinin ulusal sınır değer aşım sayıları (Eski HKİİ ve Karaçayır HKİİ), (KIATHM, 2019)

Grafik 51’de aşımaların ağırlıklı kış aylarında gerçekleştiği ve etken kaynağın ısınma olduğu görülmektedir.

3. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

- İldeki hava kirliliği kaynaklarının etkisi, istasyonun 2010-2017 döneminde meteoroloji bahçesindeki konumuna göre (eski istasyon) Karaçayır parkındaki yerde daha bariz olarak ortaya çıkmaktadır.
- 2019 yılında artış gösteren PM₁₀ parametresinde ana kaynak % 49 seviyesinde ısınma olup bunu % 29 ile ulaşım ve % 22 ile sanayi izlemektedir.
- 2019 yılında sabah ve akşam saatlerinde 70 µg/m³ civarında olan PM₁₀ konsantrasyonu gece ve öğlen saatlerinde 60 µg/m³ civarında olmakta, kirlilik tüm yönlerde yakın kaynak etkisinde artış göstermektedir. Sabah ve akşam saatlerinde yüksek konsantrasyonların gözlemlendiği yönlerin **doğu ve güney doğu yönünde** katı yakıt kullanan mahallelerin etkisi bulunmaktadır. Öğlen saatlerinde ısınmanın etkisi biraz daha azalmaktadır. Akşam ve gece

saatlerinde ise **batı, güneybatı ile kuzey ve kuzey doğu yönündeki kaynakların** etkisi bulunmaktadır.

- Her bir kirletici parametre bazında arka plan konsantrasyon değerleri yıllık limit değerlerinin altındadır. Ancak kirletici emisyonlar üzerinde ısınmanın etkisinin yüksek olmasından dolayı söz konusu istasyon etki alanında ısınma döneminde acil kontrol tedbirlerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Hızla kentleşen İlimizde özellikle kış sezonunda meteorolojik şartlara da bağlı olarak hava kirliliği görülmektedir. Kentin topoğrafik yapısı, hızlı nüfus artışı, ısıtma sisteminde kullanılan kalitesiz yakıtlar, yanlış yakma tekniklerinin uygulanması ve kullanılan yakma sistemlerinin işletme bakımlarının düzenli olarak yapılmamasına ek olarak bir çanak şeklinde olan kentin yıllık ortalama rüzgâr hızının çok düşük olması, motorlu araç sayılarının her geçen gün artması, toplu taşımanın yeterli olmaması veya kullanılmaması gibi nedenlerle İlimiz hava kalitesi olumsuz değerlere ulaşmıştır. Meteorolojik etkenler de (enversizyon) kirleticilerin şehir üzerinde toplanmasına ve kirlilik düzeylerinin artmasına katkıda bulunmaktadır.

3.1. Tavuk Gübresinin Hava Kirliliği Üzerindeki Etkisi

Şehir genelinde en önemli yayılı kirletici kaynaklarından bir tanesi de tavuk çiftliklerinden açığa çıkan gübrenin kontrolsüz bir biçimde toprağa uygulanmasıdır. Özellikle sonbahar mevsiminde toprağa atılan gübreler il genelinde rahatsız edici şekilde koku problemine yol açmaktadır. Tavuk gübrelerinin toprağa uygulanması sonucunda gübrenin yapısında bulunan organik kirleticilerin hava, toprak ve suya etkisinin olması beklenmekle birlikte bu tür etkileri ayrıntılı bir biçimde ortaya çıkaracak bilimsel çalışmalar yok denecek kadar azdır. Tavuk gübrelerinin toprağa uygulanması sonrasında atmosfere PM₁₀ yapısında biyo-aerosol adı verilen organik yapılar salınmaktadır.

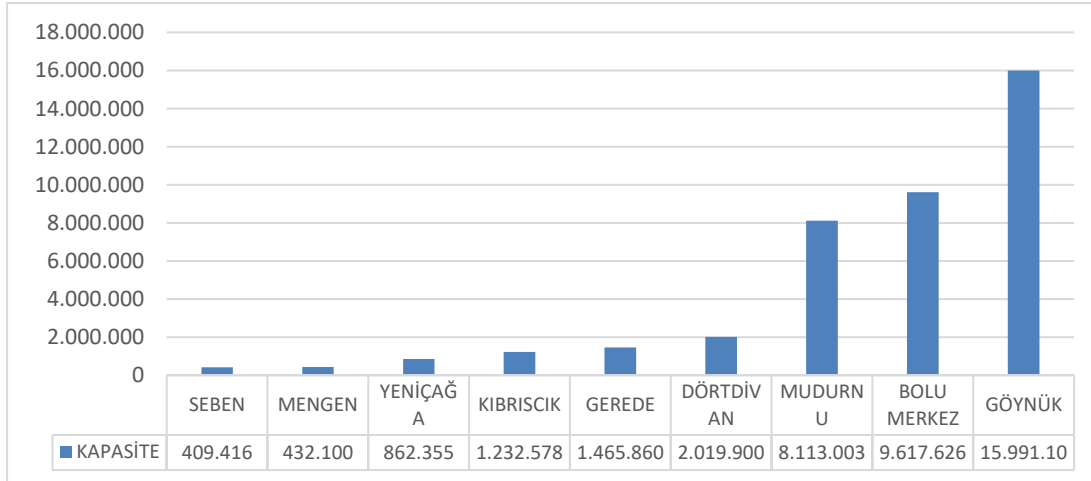
Biyo-aerosoller (bioaerosol) bakteri, mantar sporları, virüsler ile bunların parçaları ve hayvan, böcek ve bitki parçalarını içeren partikül maddenin anorganik olmayan organik kısmına verilen genel isimdir (*Kalogerakis vd., 2005; Güllü, 2013*). Biyo-aerosollerin çapının 5 ile 100 µm arasında değiştiği belirlenmiştir (*Seedorf, 2004*). Biyo-aerosoller güneş ışığını soğurup dağıtarak dünyanın enerji bütçesini etkiledikleri gibi, bulut yoğunlaşma ve buz çekirdekleri olarak davranıp bulut zerreciklerinin ve yağmurun oluşumunu başlatmaktadır (*Sun ve Ariya, 2006; McFiggans vd., 2006; Dusek vd., 2006*). Bununla birlikte biyo-aerosollerin çevre sağlığı üzerinde ciddi etkileri bulunmaktadır. Organik tozun solunması (teneffüs edilmesi) ciddi akut sistematik akciğer iltihaplanmasına, astıma ve kronik obstrüktif akciğer hastalığına (KOA) sebep olmaktadır (*American Thoracic Society, 1998; Rylander, 2002*). Organik tozu atmosfere salan ana kaynaklar arasında ördek, tavuk ve büyük baş hayvan yetiştiren çiftlikler, tohum işleme tesisleri, sebze-meyve ve pamuk işleme

tesisleri, kerestehane, metal ve cam fiber işleme tesisleri, kompostlama ve atık bertaraf tesisleri bulunmaktadır (*Mueller-Anneling vd., 2000*).

Tavuk çiftliklerinden salınan emisyonların büyük miktarda farklı mikroorganizma ve metabolit (örneğin, bakteri ve mantar hücrelerinin karışımı, gram-negatif bakterilerine ait endotoksinler (lipopolisakkarit, LPS), 1,3-beta-glukan, mantar sporları ve miselyum parçaları) içerdiği daha önce literatürde yapılan çalışmalar tarafından ortaya konmuştur (*Dutkiewicz, 1987; Radon vd., 2002; Nevalainen, 2007; Stetzenbach, 1992*). Bu yapılar biyo-aerosoller likit damlacık yada kuru partiküller olarak havada askıda bulunmaktadır. Tavuk çiftliklerinden salınan biyo-aerosoller içinde bazı bakteri türleri bulunmakta olup *Psedomonas*, *Bacillus*, *Crynebacterium*, *Pateurella*, *Vibrio*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Brucella*, *Leptospira*, *Haemophilus*, *Mycoplasma*, *Yersinia*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Pantoea* ve *Sarcina* bu biyo-aerosollere örnek olarak verilebilir (*Siemenski, 2001*). Tavuk çiftliklerinden dış ortam havasına verilen biyo-aerosoller toprak, tavuk yemi, tavuk altlık maddesi, tavuk dışkısı ve tavukların derilerinden kaynaklanmaktadır. Kayda değer miktarda atmosfere salınan biyo-aerosoller özellikle insanların solunum sistemlerini etkilemektedir.

Literatürde yapılan birçok çalışmada biyo-aerosollerin partikül maddeyi oluşturan önemli organik bileşenler arasında olduğu ortaya konmuştur. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2018 verilerine göre Bolu ülkemizin kanatlı et ihtiyacının yaklaşık % 23'ünü karşılamaktadır (*TÜİK, 2018*). Tablo 18'de Bolu ilinde bulunan kanatlı hayvan kapasitelerinin ilçelere göre dağılımını örnek mümkündür.

Tablo 18. Kanatlı hayvan kapasitelerinin ilçelere göre adeti (Bolu İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2018)



Tablo 18'den de görülebileceği gibi kapasiteleri oldukça yüksek çok sayıda kanatlı hayvan çiftliğinin bulunması ve bu çiftliklerden azınmayacak ölçüde bakteri ve mantarın atmosfere salındığını söylemek hiç de yanlış olmayacaktır. Durumun

ciddiyetine rağmen şehir genelinde biyo-aerosol türlerini ve seviyelerini ortaya koyacak herhangi bir çalışma şimdiye kadar yapılmamıştır.

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi (BAİBÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Fatma Öztürk'ün yürütücülüğünü yaptığı ve BAİBÜ Bilimsel Araştırmalar Proje (BAP) Koordinatörlüğü tarafından BAP-2017.9.04.1162 numaralı proje kapsamında Bolu il merkezinde (40.7330°N, 31.6017°E) konuşlandırılan hava kalitesi izleme istasyonunda 30 Haziran 2017-10 Ağustos 2017 ve 22 Şubat 2018-11 Mart 2018 tarihleri arasında Tish Environmental Inc. marka yüksek hacimli örnekleyici (U.S.EPA Federal Reference Number REPS-0202-141) kullanılarak günlük PM₁₀ örnekleri toplanmış ve toplanan bu örnekler bakteri ve mantarlar açısından qPCR (nicel polimeraz zincir reaksiyonu) kullanılarak analiz edilmiştir. Buna ek olarak bakterilerden antibiyotik direnci gösteren genler izole edilmiştir. Ayrıca, toplanan örneklerde organik karbon (OC), elemental karbon (EC), ana iyonlar (F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻, SO₄²⁻, Li⁺, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺ ve Ca²⁺), suda çözünmüş organik karbon (WSOC) ve organik iyon (WSON) gibi parametrelerde analiz edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında PM₁₀ örneklerinde belirlenen bakteri türleri arasında *Cyanobacteria*, *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, Ice Nucleating bacteria bulunmaktadır. *Alternaria alternata*, *Cladosporium cladosporioides*, *Epicoccum nigrum*, *Aspergillus* ve *Paecilomyces varioti* ise aynı örneklerde belirlenen fungi türlerini göstermektedir. Antibiyotik direnci gösteren genler arasında ise *IntI-1*, *ctx-m-32*, *Sul1*, *qnrS*, *mecA* belirlenmiştir.

Antibiyotik direnci gösteren genler arasında bulunan *IntI-1* endüstriyel kirliliğin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Gillings vd., 2015). Gerçekleştirilen bu çalışmada da *IntI-1* antibiyotik direnci göstere en yaygın genler arasında bulunmaktadır. *qnrS* geni ise bakterileri kinolon antibiyotiklerine karşı korumaktadır. qPCR analizi yapılan örneklerden sadece beş tanesinde *qnrS* geni saptanabilmiştir. Bakterileri sülfonamidlere karşı koruyan gen *Sul1* genidir. *Sul1* bu çalışma kapsamında analiz edilen örneklerin büyük bir çoğunluğunda saptanmıştır. *ctx-m-32* geni bakterileri üçüncü nesil sepalosporin antibiyotiklerine karşı korumakta olup Mazar vd. (2016) tarafından tavuk çiftliklerinde toplanan örneklerde en çok rastlanan gen olarak belirlenmiştir. Yine aynı çalışmada dış ortam örneklerinde bu gen tayin sınırının altında kaldığı için belirlenememiştir. Bolu'da toplanan örneklerin dört tanesinde ise bu genin bulunması ilin tavuk kümeslerinden kaynaklanan kirliliğin etkisi altında kaldığını göstermektedir. *metA* geni patojenleri biresimsel penisilin olarakta bilinen metisiline karşı korumakla sorumlu olup bu çalışmada toplanan PM₁₀ örneklerinin hemen hemen hepsinde yüksek konsantrasyonlarda saptanmıştır.

Bu çalışmada, örneklerin toplandığı alanın yaz aylarında daha çok kuzeyden gelen hava hareketlerinden kış aylarında ise güneyden gelen hava hareketlerinden

etkilendiğini ortaya koymuştur. Buna ek olarak yaz ve kış döneminde rüzgar hızının istatistiksel anlamda farklı olduğunu ve örnekleme yapıldığı kış döneminde rüzgar hızının daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Toplanan PM₁₀ örneklerinde antibiyotik direnci gösteren gen seviyelerinde mevsimler açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaması bu genlerin tamamen lokal kaynaklardan atmosfere salındığı sonucunu çıkarmamızı sağlamaktadır. Dolayısı ile tavuk kümeslerinin Bolu atmosferinde bulunan biyo-aerosol ve bunların yapısında bulunan antibiyotik direnci gösteren gen seviyelerini belirleyen önemli bir kaynak olduğunu söylemek mümkündür.

Söz konusu bu çalışma daha öncede belirtildiği gibi çok kısa bir örnekleme dönemini içerecek şekilde tasarlanmış olup, tavuk altlıklarının özellikle toprağa uygulandığı sonbahar dönemini içermemektedir. Ayrıca, biyo-aerosollerin atmosferde hangi parçacık boyutunda bulunduklarının saptanması insan sağlığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi açısından da oldukça önemlidir. Doç. Dr. Fatma Öztürk'ün bu hususları dikkate alacak şekilde hazırladığı proje önerisi TÜBİTAK tarafından 119Y256 proje numarası ile desteklenmeye hak kazanmış olup, bu proje kapsamında yapılacak çalışmalar ile Bolu ili hava kalitesini etkileyen antropojen ve biyojenik kaynakların detaylı olarak saptanması hedeflenmektedir.

4. TAMAMLANAN VE PLANLANAN PROJELER

4.1. Tamamlanan Projeler

1. *Bolu Atmosferinde Bulunan Gaz ve Partikül Fazlı Kirleticilerin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin İncelenmesi ve Yeni Bir Yaklaşımla Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi: İzotopik Kompozisyon (01/10/2012-01/10/2015, Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK, Bütçe: 391,000 TL, Proje Yürütücüsü: Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK)*
 - Bu proje kapsamında BAİBÜ Gölköy kampüsünde konuşlandırılan bir istasyonda günlük ince ve kaba fraksiyonda toplanan partikül madde (PM) örnekleri metaller, ana iyonlar ve elemental ve organik karbon açısından analiz edilmiştir. Ayrıca, Bolu il merkezi genelinde toplanan çam ibresi örneklerinde metal ve kararlı izotop tayinleri yapılmıştır. Üretilen veri seti yardımıyla yapılan kaynak belirleme çalışması ile Bolu Hava Kalitesini etkileyen ana kirletici kaynakları toprak, evsel ısınma ve yol tozu olarak

belirlenmiştir. Karayollarından uzaklaştıkça PM yapısında bulunan Pb, Zn, Ba, Cu ve Sb gibi metallerin seviyelerinin düştüğü saptanmıştır.

2. *Bolu İl Merkezinde Kış Mevsiminde Toplanan PM_{2.5-10} ve PM_{2.5} Fraksiyonlarını Etkileyen Kirletici Kaynaklarının Belirlenmesi (01/12/2014-06/02/2015, Proje Yürütücüsü: Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK)*

- 1 Aralık 2014- 6 Şubat 2015 tarihleri arasında Bolu il merkezinde günlük ince ve kaba fraksiyonda PM örnekleri toplanmıştır. Toplanan örnekler metaller ve karbon içerikleri açısından analiz edilmiştir. Örnekleme dönemi boyunca toplanan ince fraksiyonda PM kütle konsantrasyonunun WHO limit değeri olan 25 µg/m³ değerinin yaklaşık üç kat üstünde olduğu belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmeler ikincil PM oluşumunun ve evsel ısınma kaynaklı emisyonların özellikle kış döneminde şehrin hava kalitesini etkileyen önemli kirletici kaynakları olduğunu göstermiştir.

3. *Bolu Şehir Merkezinde Partikül Madde Kompozisyonunun Parçacık Boyutu İle Değişiminin İncelenmesi (01/01/2015-01/01/2016, Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK, Bütçe: 30,000 TL, Proje Yürütücüsü: Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK)*

- 15 Temmuz 2015-14 Ocak 2016 tarihleri arasında dokuz farklı parçacık boyutunda (9.0-10.0 µm, 5.8-9.0 µm, 4.7-5.8 µm, 3.3-4.7 µm, 2.1-3.3 µm, 1.1-2.1 µm, 0.65-1.1 µm, 0.43-0.65 µm ve <0.43 µm) toplanan PM örnekleri metaller, ana iyonlar ve karbon bileşikler açısından analiz edilmiştir. Biyojenik ve antropojenik kaynaklardan atmosfere salınan organik karbonun toplam partikül madde kütlelerine katkısı yaklaşık olarak % 70 bulunmuştur. Sülfat ve amonyum iyonlarına ait konsantrasyon değerlerinin 2.1 µm çapından daha küçük parçacıklar üzerinde yoğunlaştığı görülmüş olup bu sonuç bu kirletici parametrelerinin antropojen kaynaklı olduğunu göstermektedir.

4. *Bolu Şehir Merkezi Hava Kalitesinin Biyo-aerosoller Açısından İncelenmesi (01/03/2017-01/03/2018, Destekleyen Kuruluş: BAİBÜ BAP, Bütçe: 20,951.27 TL, Proje Yürütücüsü: Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK)*

- Bu çalışmada 30 Haziran 2017-10 Ağustos 2017 ve 22 Şubat 2018-11 Mart 2018 tarihleri arasında Bolu il merkezinde günlük PM₁₀ örnekleri

toplanmıştır. Toplanan örnekler iyonlar, karbon, mantar ve bakteriler açısından analiz edilmiştir. Ayrıca bakterilerden antibiyotik direnci gösteren genler de izole edilmiştir. Üretilen veri seti analiz edildiğinde antibiyotik direnci gösteren bazı bakterilerin kaynaklarının yerel olduğu sonucuna varılmıştır.

5. *Bolu Atmosferinde Gaz Fazı Kirleticilerin Uzun Vadeli, Alansal Değişiminin İncelenmesi: Yüksek Ozon Konsantrasyonlarına Biyogenik Uçucu Bileşiklerin Katkısı (2016-2019, Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Serpil YENİSOY KARAKAŞ)*

4.2. Devam Eden Projeler

1. *Bolu Hava Kalitesini Etkileyen Biyo-Aerosollerin Seviyelerinin ve Türlerinin Belirlenmesi ve Diğer Kirleticiler İle İlişkilerinin Halk Sağlığı Açısından İncelenmesi (2020-2022, Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK, Bütçe: 775800 TL, Proje Yürütücüsü: Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK)*
 - Bu projede beş farklı parçacık boyutunda toplanan PM örnekleri çok sayıda kirleticili parametresi açısından analiz edilecektir. Üretilen veri setine uygulanacak olan istatistiksel analizler sonucunda şehir atmosferini etkileyen kirleticilerin kaynaklarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.
2. *Bolu Şehir Merkezinde Belirlenen Aerosollerin Kimyasal Kompozisyonunun Görüş Mesafesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi (2020-2021, Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK, Bütçe: 45000 TL, Proje Yürütücüsü: Doç. Dr. Fatma ÖZTÜRK)*
 - Bu projede partikül madde yapısında bulunan kirleticilerin görüş mesafesi üzerine etkisi belirlenecek ve halihazırda Devlet Meteoroloji İşleri uzmanlarınca kalitatif olarak belirlenen görüş mesafesine alternatif olacak nicel bir yöntem geliştirilecektir.
3. *Gölcük Göleti Tabiat Parkı'nın Sürdürülebilir Kullanımına Yönelik Çalışma: Mevcut Durumun Belirlenmesi ve Rekreasyonel Aktivitelerin Tabiat Parkı ve Gölete Etkilerinin Araştırılması (15/10/2017-15/10/2019, Bütçe: 306014, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Duran KARAKAŞ)*

4. *Partikül Faz Organik Karbon ve PAH'ların Örneklenmelerinde Karşılaşılan Girişimlerin Giderilmesi (2019-2020, Destekleyen Kuruluş: TÜBİTAK, Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Duran KARAKAŞ)*

5. TAVSİYELER

Şehirlerin planlanmasında hava kirliliğinin dikkate alınarak planlama yapılması gerekmektedir. Yerleşim alanları ile sanayi alanı arasında yeşil kuşaklar oluşturulmalı, şehir planlaması yapılırken ilin hakim rüzgar yönü ile komşu illerden olası kirletici taşınımı göz önünde bulundurulmalıdır.

Büyük çoğunluğu kömür ile ısınan İlimizde ısınma kaynaklı kirliliğin devam ettiği gözlenmektedir. Bu kapsamda muhtaç ailelere çeşitli kurum ve kuruluşlarca yapılan yardımlardaki kömürün iyi denetlenmesi gerekmektedir. Kaçak kömür kullanımının ve kömürün özelliklerinin ilimizde müsaade edilen sınırlarda olduğunun kontrolünün sağlanması ile kömür kullanan konutlarda doğru yakma sistemlerinin kullanılarak emisyon azaltımı sağlanması için halka eğitimler düzenlenebilir. Konutlarda izolasyon tekniklerinin uygulanması, halkın bu konuda hazırlanan mevzuatlara uyumu konusunda teşvik edilmesi ve desteklenmesi sağlanabilir. Doğal gaz geçişin teşvik edilmesi ya da zorunlu hale getirilmesi gerekmektedir.

Trafikten kaynaklı emisyonların azaltımı için; yeşil dalga ve akıllı sinyalizasyon sistemlerinin kullanımı yaygınlaştırılabilir. Trafik kaynaklı kirleticilerin yoğun olduğu şehir merkezinde yol güzergahları trafik yoğunluğunu azaltacak şekilde, çevre yolları ve alternatif güzergahlar ile kent merkezi trafiği azaltılmalı, toplu taşıma sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmalıdır. Trafikte emisyon azaltıcı özellikler taşıyan yeni araçlar kullanılması, hibrit ve elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşması gibi hususlarda yasal düzenlemeler ve kampanyalarla halk çevreci araçlara teşvik edilebilir.

Sanayi kaynaklı kirliliğin azaltımı için, sanayi tesislerinin ve OSB lerin büyüyen şehir sınırları içinde kalmaması için gerekli planlamalar yapılmalı, kirletici vasfı yüksek tesislerin emisyon miktarları düzenli denetlenmeli, izinsiz çalışan tesisler tespit edilmelidir. Yeni kurulacak tesisler için en iyi teknolojilerin kullanılması sağlanmalıdır.

Belediyelerin, ildeki ilgili kurum ve kuruluşların işbirliği ve koordinasyon halinde çalışması etkin bir hava kalitesi yönetimi için gereklidir. Hızla devam eden “Kentsel Dönüşüm” sürecinde de tüm bu hususların göz önünde bulundurulması şehirlerde hava kalitesi yönetimine katkı sağlayacaktır.

Şehir genelinde en önemli yayılı kirletici kaynaklarından bir tanesi de tavuk çiftliklerinden açığa çıkan gübrenin kontrolsüz bir biçimde toprağa uygulanmasıdır.

Özellikle sonbahar mevsiminde toprağa atılan gübreler il genelinde rahatsız edici şekilde koku problemine de yol açmaktadır. Tavuk gübrelerinin toprağa uygulanması sonucunda gübrenin yapısında bulunan organik kirleticilerin hava, toprak ve suya etkisinin olması beklenmekle birlikte bu tür etkileri ayrıntılı bir biçimde ortaya çıkaracak bilimsel çalışmalar yok denecek kadar azdır. Tavuk gübrelerinin toprağa uygulanması sonrasında atmosfere PM₁₀ yapısında biyo-aerosol adı verilen organik yapılar salınmaktadır. İlimizde kapasiteleri oldukça yüksek çok sayıda tavuk çiftliğinin bulunması, bu çiftliklerden azınmayacak ölçüde bakteri ve mantarın atmosfere salındığını söylemek hiç de yanlış olmayacaktır. Literatürde yapılan birçok çalışmada biyo-aerosollerin partikül maddeyi oluşturan önemli organik bileşenler arasında olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle tavuk kümeslerinin Bolu atmosferinde bulunan biyo-aerosol ve bunların yapısında bulunan antibiyotik direnci gösteren gen seviyelerini belirleyen ve PM₁₀ için önemli bir kaynak olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla gübrelerin toprağa uygulanmasının ve toprağa uygulanmadan önce depolama şartlarının denetlenmesi oldukça önem arz etmektedir.

6.UYGULAMA TAKVİMİ

Yapılması Planlanan Eylem-Proje-Faaliyet	2020	2021	2022	2023	2024	Eylemi yapacak Kurum/Kuruluş	İşbirliği Yapılacak Kurum/Kuruluş
Doğalgaz kullanımının konutlarda yaygınlaştırılması için doğalgaz altyapı çalışmalarına hız verilmesi, abone olmak isteyen vatandaşlara hızlı ve kolay hizmet verilmesinin sağlanması						Bolu Belediyesi, Doğalgaz Dağıtım Şirketi	
Hakim rüzgar yönünde bulunan yerleşim birimlerinde doğalgaz kullanımına geçilmesi						Bolu Belediyesi, Doğalgaz Dağıtım Şirketi	
Fosil yakıtlar yerine temiz enerji kaynaklarının kullanılması, binalarda ısı kaçağının önlenmesi, pencerelerin çift camlı olması ve binalarda özellikle dıştan yalıtım yapılması hususlarının yakıt tasarrufuna katkıları konularında halkın bilgilendirilmesi						Bolu Belediyesi, İlçe Belediye Başkanlıkları	
İşyerleri, kamu kurum ve kuruluşları ve konutlarda ateşçi/kaloriferli belgesi olmayan kaloriferli çalıştırılmaması ve bu kurala uymayanlar için cezai müeyyideler uygulanması						Bolu Belediyesi, İlçe Belediye Başkanlıkları	
Yeni yerleşim bölgelerinin imara açılması aşamasında ve binalara verilecek kat izinlerinde; hakim rüzgar yönünün dikkate alınması ve hava koridorlarının oluşturulması sanayi tesislerinin yakınında yapılaşmanın önlenmesi,						Bolu Belediyesi, İlçe Belediye Başkanlıkları	
Kentsel dönüşüm çerçevesinde yapılacak plan ve projelerde merkezi ısıtma sistemlerinin tercih edilmesi						Bolu Belediyesi, İlçe Belediye Başkanlıkları	
Yerleşim yerlerinde faaliyet gösteren fırın, fırınlı lokanta vb. gibi emisyon çıkışı olan işyerlerinin iş yeri açma ve çalışma ruhsatlarının kontrolünün yapılması, bu işyerlerinin uygun yakıt, baca ve filtre sistemine sahip olup olmadıklarının düzenli olarak denetlenmesi						Bolu Belediyesi, İlçe Belediye Başkanlıkları	

Yapılması Planlanan Eylem-proje-Faaliyet	2020	2021	2022	2023	2024	Eylemi yapacak Kurum/Kuruluş	İşbirliği Yapılacak Kurum/Kuruluş
Bacaların kış dönemi gelmeden bakım, onarım ve baca temizleme işlemlerinin yaptırılması ve yakıt ve yakma sistemlerinin uygunluğunun denetlenerek bacada uygun emisyon çıkışlarının sağlanması						Bolu Belediyesi, İlçe Belediye Başkanlıkları	
Toplu taşıma araç kullanımının daha cazip hale getirilmesi						Bolu Belediyesi	
Kent merkezinde trafik ışık kontrollerinin (sinyalizasyon) iyileştirilmesi ve trafiğin yoğun olduğu caddelerde yeşil dalga sisteminin uygulanmasının sağlanması						Bolu Belediyesi	
Sıkıştırılmış doğal gaz ve petrol gazının kamu ve özel toplu taşıma araçlarında (minibüs, midibüs, otobüs vb.) yakıt olarak kullanımına kademeli olarak geçilmesi ve yukarıdaki kriterlere uygun olmayan trafiğe yeni çıkacak araçlar için toplu taşımacılık ruhsatının verilmemesi						Bolu Belediyesi	
Bisiklet yollarının artırılması ve bisiklet kullanımının teşvik edilmesi						Bolu Belediyesi	
Üniversiteye ulaşım için bisiklet yollarının yapılması ve bisiklet kullanımının teşvik edilmesi						Bolu Belediyesi, Karayolları 41. Şube Şefliği	Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü, BAİB Üniversitesi
Kent içinde yeşil alanların artırılması, yürüyüş ve bisiklet yollarıyla bağlantı kurulması						Bolu Belediyesi	
Kenti rahatlatacak yeni çevre yollarının ve şehir içi yolların açılması						Bolu Belediyesi, Karayolları 41. Şube Şefliği	
Hava kirliliğinden kaynaklı insanlarda yaşanan sağlık sorunları ile hava kalitesi arasındaki ilişkinin takip edilmesi ve üniversite ve diğer kamu kuruluşları ile sağlık verisinin paylaşılması						İl Sağlık Müdürlüğü	
Hava kirliliği nedeni ile yaşanabilecek sağlık sorunları karşısında insanların bilinçlendirilmesi						İl Sağlık Müdürlüğü	

Yapılması Planlanan Eylem-Proje-Faaliyet	2020	2021	2022	2023	2024	Eylemi yapacak Kurum/Kuruluş	İşbirliği Yapılacak Kurum/Kuruluş
Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı tarafından dağıtılan kömürlerin analiz sonuçları uygun çıkmadan dağıtımının yapılmaması						İlçe Kaymakamlıkları, Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı	
Hava kalitesini etkileyebilecek kritik meteorolojik şartların (inversiyon, düşük rüzgar hızı vs.) olduğu durumlarda halkın önceden bilgilendirilmesi						Meteoroloji İl Müdürlüğü	
Anız yakılmaması ile ilgili çiftçilere eğitim verilmesi						İl Tarım ve Orman Müdürlüğü	
Gübrelerin toprakta kullanılıncaya kadar depolama şartlarının uygunluğunun denetlenmesi						İl Tarım ve Orman Müdürlüğü	
Mevcut orman alanlarının korunması, yangınlara karşı gerekli önlemlerin alınmasının sağlanması, ağaçlandırma çalışmalarına önem verilmesi						Bolu Orman Bölge Müdürlüğü	
İlimizde satışı sunulan katı yakıtlar için düzenli olarak denetim yapıp, numunelerin tahlil ettirilerek, katı yakıtların belirlenen standartları sağlayıp sağlamadıklarının kontrol edilmesi						Yetki Devri Yapılan Belediyeler, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	
Açık kömürün (torbasız) ısınma amaçlı olarak satışının ve kullanımının önlenmesi için denetimlerin yapılması						Belediye Başkanlıkları	Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü
Akaryakıt istasyonlarının düzenli olarak denetlenmesi ve özellikle promosyonlu ve düşük fiyatlı ürün satan tesislerin kontrol edilmesi						Bilim, Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü, İl Emniyet Müdürlüğü, İl Jandarma Komutanlığı	
Kalorifer kazanlarının tekniğine uygun yakılması ve kazan bakımı işlerinde çalışacaklar için “Yetkili Kalorifer Ateşçisi Kursları”nın düzenli olarak ve belirli aralıklarla gerçekleştirilmesi						İl Milli Eğitim Müdürlüğü	
Okullarda değiştirilmesi gereken pencerelerin çift camlı pencerelerle değiştirilmesi						İl Milli Eğitim Müdürlüğü	

Yapılması Planlanan Eylem-Proje-Faaliyet	2020	2021	2022	2023	2024	Eylemi yapacak Kurum/Kuruluş	İşbirliği Yapılacak Kurum/Kuruluş
Halka, ilköğretim, lise ve üniversite öğrencilerine hava kirliliği ve iklim değişikliği konularında seminerlerin ve eğitimlerin verilmesi						İl Milli Eğitim Müdürlüğü BAİB Üniversitesi	
Hava emisyon konulu Çevre İznine tabi olan ancak Çevre İzni olmayan işletmelerin belirlenmesi ve emisyon konulu Çevre İzni almalarının sağlanması						Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	
Emisyon konulu Çevre İzni olan sanayi tesislerinin denetlenmesi						Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	
Emisyon içerikli “Çevre İzni” için başvuran tüm tesislerin, yönetmelik doğrultusunda emisyon kaynaklarının ölçtürülerek, atmosfere yayım standartlarını sağlayıp sağlamadıklarının kontrol edilmesi						Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	
Egzoz gazı emisyon ölçümü denetimlerinin yapılması						Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	İl Emniyet Müdürlüğü, İl Jandarma Komutanlığı
Egzoz gazı emisyon ölçüm yetki belgesi bulunan istasyonların denetlenmesi						Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü	