

**ERZURUM İLİ HAVA KALİTESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Hasan Tamer ALPARSLAN

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojileri Bilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. Serkan BAYAR

2017

Her hakkı saklıdır

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM İLİ HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasan Tamer ALPARSLAN

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Çevre Teknolojileri Bilim Dalı**

**ERZURUM
2017**

Her Hakkı Saklıdır



**T. C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEZ ONAY FORMU



ERZURUM İLİ HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yrd. Doç. Dr. Serkan BAYAR danışmanlığında, Hasan Tamer ALPARSLAN tarafından hazırlanan bu çalışma, 29/12/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı – Çevre Teknolojileri Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Recep BONCUKCUOĞLU

İmza

Üye : Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Serkan BAYAR

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 18.01.2018 tarih ve 3 / 27 nolu kararı
ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM İLİ HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Hasan Tamer ALPARSLAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Teknolojileri Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Serkan BAYAR

Bu çalışma, Ülkemizin Büyükşehirlerinden biri olan, karasal iklimin yaşandığı, endüstriyel sanayinin fazla gelişmediği buna rağmen şehrin konumu, çarpık kentleşme ve yoğun kış şartları nedeni ile hava kirliliğinin zaman zaman sınır değerleri aştığı Erzurum ilinde hava kalitesinin araştırılması amacıyla yapılmıştır.

Çalışmanın materyalini, Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait şehrin belirli yerlerine yerleştirilen 5 istasyon tarafından yayınlanan hava kirliliği günlük ölçüm sonuçları ve Meteoroloji Genel Müdürlüğünden sağlanan meteorolojik veriler oluşturmuştur. Araştırmada 2016-2017 kış dönemi incelenmiştir. Hava kirleticileri ile meteorolojik parametrelerin eğilimleri ile bunlar arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla SPSS 20 paket programı kullanılarak stepwise regresyon analizi yapılmıştır. Yapılan regresyon analizi sonucunda hakim bağımsız değişkenin rüzgar hızı olduğu belirlenmiştir. Bütün denklemlerde rüzgâr hızı kirlilik konsantrasyonlarını azaltıcı bir etki yapmıştır. Yine aynı program yardımı ile korelasyon analizleri yapılmış ve bu analizler grafiksel olarak gösterilmiştir.

Bu çalışma sonucunda Erzurum ilinde hava kirliliğinin ana kaynağının; ısınma amaçlı kullanılan katı ve sıvı fosil yakıtlar ile egzoz gazları olduğu belirlenmiştir. Erzurum'da kirliliği yönlendiren ve artıran bütün faktörlerin bertaraf edilmesi için acilen uygun hava kirliliği yönetim planları ve eylem stratejileri geliştirilmelidir.

2017, 92 sayfa

Anahtar Kelimeler: Hava Kalitesi, PM₁₀, SO₂, Meteorolojik Parametreler

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF AIR QUALITY IN ERZURUM PROVINCE

Hasan Tamer ALPARSLAN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering
Department of Environmental Technology

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Serkan BAYAR

This study was conducted to investigation of air quality in the province of Erzurum of the major cities of our country where air pollution occasionally exceed the limit values and the industrial industry didn't developed much. Nevretheless, due to heavy winter conditions, crooked urbanization and the city's position.

In the study, the data were collected from the daily air pollution measurement results published by 5 sataions located in certain parts of the city Environment ad Urban Ministry and the meteorological data from the Directorate General of Meteorology. In the study were examined 2016-2017 winter season. Stepwise regression analysis was conducted using the SPSS Package program to reveal trends in meteorological parameters with air pollutants and the relationships between them. As a result of this analysis, the dominant independent variable was determined to be the wind speed. In all equations, the wind speed had a decreasing effect on pollution concentrations. Correlation analyzes were performed with the same program help and this analyzes are shown graphically.

In conclusion, The main source of air pollution in the province of Erzurum was determined to be derived from solid and liquid fossil fuels and exhaust gases used for heating purposes. Appropriate air pollution management plans and action strategies should be developed In order to eliminate all the factors that guide and increase the pollution in Erzurum.

2017, 92 pages

Keywords: Air Quality, PM₁₀, SO₂, Meteorological Parameters

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmada her türlü desteği sağlayan değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Serkan BAYAR'a, çalışmam sırasında bilgileriyle beni yönlendiren Sayın Prof. Dr. Recep BONCUKCUOĞLU ve Sayın Prof. Dr. Hanefi BAYRAKTAR'a, tez çalışmam esnasında bana her türlü yardımda bulunan başta Ziraat Mühendisi Dr. Tuğba EREM KAYA'ya ve tüm mesai arkadaşlarıma, beni yalnız bırakmayan eşim Çevre Yük. Müh. Tuba ALPARSLAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tüm çalışmam boyunca bana her türlü desteği veren ve sonsuz sabır gösteren aileme, anlayış ve hoşgörüsünden dolayı sevgili kızıma ve oğluma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hasan Tamer ALPARSLAN

Aralık, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	4
2.1. Havanın Tanımı.....	4
2.2. Hava Kirliliğinin Tanımı.....	4
2.3. Emisyonun Tanımı.....	5
2.4. Hava Kirliliğinin Nedenleri.....	6
2.4.1. Kentleşme.....	6
2.4.2. Sanayileşme.....	7
2.5. Hava Kirleticileri ve Etkileri.....	7
2.5.1. İç ortam hava kirleticileri.....	7
2.5.1.a. Biyoaerosoller.....	7
2.5.1.b. Partikül maddeler.....	8
2.5.1.c. Ağır metaller.....	9
2.5.2. Kirletici gazlar.....	9
2.5.2.a. Kükürt oksit.....	9
2.5.2.b. Azot oksit.....	10
2.5.2.c. Karbon monoksit.....	10
2.6. Hava Kirleticilerin Sonuçları.....	10
2.7. Hava Kirliliğinin Tarihçesi.....	14
2.8. Dünya’da Hava Kirliliği Çalışmaları.....	15
2.9. Türkiye’de Hava Kirliliği.....	15
2.10. Türkiye’de Hava Kalitesi Mevzuatı.....	17
2.10.1. Türkiye’de hava kirliliği konusunda kanun ve yönetmelikler.....	18

2.11. Hava Kalitesi Ölçümü Yapan Bazı Kuruluşların Çalışmaları.....	18
2.11.1. Türkiye’deki genel durum	19
2.11.2. Dünya’daki genel durum	19
2.12. AB’nin Hava Kalitesi Mevzuatı	20
2.12.1. Türkiye’de hava kalitesi yönetimi ve yasal sorumluluk.....	22
2.12.2. Türkiye’de hava kalitesi ön değerlendirme	23
2.12.3. Isınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği.....	23
2.12.4. Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği	24
2.12.5. Benzin ve motorin kalite yönetmeliği	25
2.12.6. Egzoz gazı emisyonu kontrolü yönetmeliği	25
2.13. Erzurum’da Hava Kirliliği.....	26
2.13.1. Erzurum’un konum ve topoğrafik özellikleri	26
2.13.2. Nüfus	27
2.13.3. Hava kirliliğini etkileyen faktörler	28
2.13.3.a. İklim.....	28
2.13.3.b. Doğal faktörler	28
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	4
3.1. Materyal.....	30
3.2. Yöntem	33
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	30
4.1. Kirleticilerin ve Meteorolojik Faktörlerin İstatistiksel Özellikleri.....	35
4.2.Regresyon Analiz Sonuçları	37
4.3. 2016-2017 Yılı Kış Aylarında Meteorolojik Parametreler ile Kirleticiler Arasındaki İlişki	44
4.3.1. Rüzgâr hızı ile kirletici parametreleri arasındaki ilişki	44
4.3.2. Sıcaklık ile kirletici parametreleri arasındaki ilişki.....	46
4.3.3. Bağıl nem ile kirletici parametreler arasındaki ilişki	49
4.4. 2016-2017 Yılı Kış Aylarında Meteorolojik Parametreler ile Kirleticiler Arasındaki İlişkinin Çizgisel Grafiklerle İfadesi	50
4.4.1. Rüzgâr hızı ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin çizgisel grafiklerle ifadesi	50

4.4.2. Sıcaklık ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin çizgisel grafiklerle ifadesi	53
4.4.3. Bağıl nem ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin çizgisel grafiklerle ifadesi	56
4.5. Kirletici Faktörlerinin Meteorolojik Parametrelerle Korelasyonu	58
4.6. Kirletici Faktörlerinin Meteorolojik Parametrelerle Korelasyon Grafikleri	62
4.6.1. SO ₂ ve PM ₁₀ , PM _{2.5} konsantrasyonun rüzgâr hızı ile ilişkisine ait korelasyon grafiği	62
4.6.2. NO ve NO ₂ konsantrasyonun rüzgâr hızı ile ilişkisine ait korelasyon grafiği	65
4.6.3. NO _x konsantrasyonun rüzgâr hızı ile ilişkisine ait korelasyon grafiği	67
4.6.4. SO ₂ ve PM ₁₀ , PM _{2.5} konsantrasyonun sıcaklık ile ilişkisine ait korelasyon grafiği	71
4.6.5. NO ve NO ₂ konsantrasyonun sıcaklık ile ilişkisine ait korelasyon grafiği	73
4.6.6. NO _x konsantrasyonun sıcaklık ile ilişkisine ait korelasyon grafiği	76
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR	88
ÖZGEÇMİŞ	92

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

μg	Mikro Gram
As	Arsenik
B(a)p	Benzoapiren
C ₆ H ₆	Benzen
Cd	Kadmiyum
CO	Karbon monoksit
HC	Hidrokarbon
Hg	Cıva
k	Reaksiyon Hız Sabiti (dak-1)
mg	Miligram
Ni	Nikel
NO	Azot Monoksit
NO ₂	Azot Dioksit
NO _x	Azot oksitler
O ₃	Ozon
PAH	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar
Pb	Kurşun
PM ₁₀	10 μm ve Altındaki Partikül Madde Konsantrasyonu
PM _{2.5}	2.5 μm ve Altındaki Partikül Madde Konsantrasyonu
R ²	Korelasyon Katsayısı
SO ₂	Kükürt dioksit
SO ₃	Kükürt trioksit
t	Zaman (dak.)
VOC	Uçucu organik bileşikler

Kısaltmalar

AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
APM	Asılı partiküler maddeler
BAPMoN	Geriye Dönük Hava Kirliliği İzleme Ağı
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
EC	Elektrokoagülasyon
EMEP	Avrupa Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirleticilerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi İşbirliği Programı
GAW	Küresel Atmosfer Gözlem Şebekesi
GO3OS	Küresel Ozon Gözleme Sistemi
GTZ	Almanya Teknik İşbirliği
HKDYY	Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği
HKKY	Hava Kalitesini Kontrol Yönetmeliği
HKÖİ	Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonu
OMGİ	Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu
RSHE	Refik Saydam Hıfzıssıhha Enstitüsü
R.HIZ	Rüzgâr Hızı
SIC	Sıcaklık
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNCHS	Birleşmiş Milletler İnsan Yerleşimleri Konferansı
UNDP	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
WDCGG	Sera Gazları için Dünya Data Merkezi
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
WMO	Dünya Meteoroloji Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Hava kalitesi mevzuatı.....	21
Şekil 2.2. Çalışma alanının lokasyon haritası	27
Şekil 4.1. Rüzgâr hızı ile kirleticiler arasındaki ilişki.....	53
Şekil 4.3. Bağıl nem ile kirleticiler arasındaki ilişki.....	58
Şekil 4.4. SO ₂ ve PM ₁₀ konsantrasyonlarının rüzgâr hızı ile ilişkisi	64
Şekil 4.5. NO ve NO ₂ konsantrasyonlarının rüzgar hızı ile ilişkisi	67
Şekil 4.6. NO _x konsantrasyonunun rüzgâr hızı ile ilişkisi	70
Şekil 4.7. SO ₂ ve PM ₁₀ konsantrasyonlarının sıcaklık ile ilişkisi	73
Şekil 4.8. NO ve NO ₂ konsantrasyonlarının sıcaklık ile ilişkisi.....	76
Şekil 4.9. NO _x konsantrasyonun sıcaklık ile ilişkisi	79

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Kirletici parametreler ve sağlık etkileri	11
Çizelge 2.2. Hava kalitesi limit değerleri.....	12
Çizelge 2.3. 2016 yılı Erzurum İli nüfus bilgileri	27
Çizelge 4.1. Hıfzıssıhha İstasyonundaki istatistiksel özellikler	35
Çizelge 4.2. Aziziye İstasyonundaki istatistiksel özellikler.....	35
Çizelge 4.3. Taşhan İstasyonundaki istatistiksel özellikler	36
Çizelge 4.4. Palandöken İstasyonundaki istatistiksel özellikler	36
Çizelge 4.5. Pasinler İstasyonundaki istatistiksel özellikler	36
Çizelge 4.6. Regresyon analiz sonuçları	43
Çizelge 4.8. Sıcaklık ile kirleticiler arasındaki ilişki	47
Çizelge 4.9. Bağıl nem ile kirleticiler arasındaki ilişki.....	49
Çizelge 4.10. Kirleticilerin, meteorolojik parametrelerle korelasyonu.....	59

1. GİRİŞ

Atmosferde farklı şekillerde bulunan kirleticilerin, insan ve diğer canlılara zarar verecek düzeye erişmesi (Cuci ve Polat 2015) biçiminde tanımlanan hava kirliliği, her geçen gün fazlaşan dünya nüfusu ve çevre sorunlarından dolayı son yıllarda dünyanın en önemli konularından birini oluşturmaktadır (Kardeşoğlu vd 2011).

Hava kirliliği 19.Yüzyıl'da özellikle Amerika ve Avrupa ülkelerinin bazı endüstri bölgelerinde önceleri mahallî bir sorun olarak dikkatleri çekti. 1940'lı yıllardan itibaren etkileri açık bir şekilde hissedilmeye başladı. Çevresel etkileri yanında insan sağlığını da büyük ölçüde etkileyebilmektedir. 1934 yılında Belçika'nın Meuse Vadisinde, 1947 yılında Amerika'nın Donora Kentinde ve 1952 yılının Aralık ayında 4 günde binlerce kişinin ölümü hava kirliliği etkilerinin en belirgin örneklerindendir.

Bu felaketler neticesinde ilk olarak Londra'da emisyon kontrolü gereksinimi ortaya çıkmış ve kömür kullanımına kısıtlamalar getirilmiştir. Hava kirliliği kontrolü konusunda yasal süreçlerin başlamasıyla birlikte dünyanın bir çok ülkesinde yerel birimlerin ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirlediği kirlilik sınır değerleri ve emisyon kriterleri kullanılmaktadır (Lipfert 1994). Türkiye'de ise ilk ciddi hava kirliliği sorunu 1970'li yıllarda Ankara İlinde yaşanmıştır. Günümüzde ise nüfustaki artış ve çarpık kentleşmenin beraberinde getirdiği birçok etkene bağlı olarak, ülkemizi etkileyen ve özellikle de kış dönemlerinde ciddi miktarlara ulaşan, yaygın bir sorun haline gelmiştir (Keser 2002).

Son yıllarda Türkiye'de hava kalitesi endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliği resmi ölçüm sonuçları, ülke genelinde solunan havanın sağlığa zararlı olduğunu ifade etmektedir. Hatta Türkiye'deki bazı ölçüm değerleri, AB ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün standart limit değerlerinin oldukça üzerindedir (Garipağaoğlu 2015). Bu nedenle hem Hava Kalitesini Kontrol Yönetmeliği (HKKY) yayınlanarak hava kirliliği standartları ve kirleticilere yönelik hedef sınır değerler belirlenmiş (Doğan ve

Kitapçioğlu 2007) hem de Sağlık Bakanlığı tarafından hava kirliliğinin zararlı etkilerini azaltmak veya önlemek için kısa, orta ve uzun dönemde gerçekleştirilecek eylem planları hazırlanmıştır (Cavkaytar vd 2013).

Erzurum şehri hava kirliliği problemini, uzun zamandır yaşayan şehirler arasındadır. İklim şartlarının yılın büyük bir bölümünde elverişsiz olması, topoğrafik özelliklerin uygun olmaması ve beşeri coğrafya etmenleri hava kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Türkiye'nin topoğrafik bakımdan en yüksek yerinde kurulmuş şehirlerinden biri olan Erzurum, 2004 yılına kadar kirlilik düzeyinin en yüksek olduğu iller sıralamasında SO₂ konsantrasyonları bakımından iki, PM bakımından ise üçüncü sırada yer almaktaydı (Kırımhan 2005; Kopar ve Zengin 2009). Soğuk dönemde tüm çabalara rağmen SO₂ ve PM madde yoğunlaşma oranı yönetmeliklerle belirlenen kısa ve uzun vadeli limit değerlerin altına düşürülemedi. 2005 yılı sonunda doğalgazın alt yapısı tamamlandıktan ve 2006 yılından itibaren konut ve işyerlerinde kullanılmaya başlanmasının ardından hava kalitesinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler görülmüştür. Bugün itibarıyla amaçlanan kalite değerlerine ulaşılamaması, üzerinde önemle durulması gereken bir sorun olarak görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde; bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; hava ve hava kirliliğine dair temel bilgiler, emisyon konusu, hava kirlleticilerin nedenleri ve etkileri incelenmektedir. İkinci bölümde Hava Kirliliğinin Tarihçesi, Dünya'da, Türkiye'de ve Erzurum'da Hava kirliliği ve Hava kirliliği ile İlgili Kanun ve Yönetmelikler incelenmiştir. Üçüncü Bölümde Hava kirliliği parametreleri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla istatistiksel analiz yöntemleri uygulanmıştır.

Bu çalışma; hava kirliliğiyle mücadelede kanuni düzenlemelerin ne denli önemli olduğunun altını çizmektedir. Çevre Kanunu ile ilgili araçlar, çevrenin yükselişinde önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Ülkemizin Büyükşehirlerinden biri olan, karasal iklimin yaşandığı, endüstriyel sanayinin fazla gelişmediği buna rağmen, şehrin konumu ve yapısı, çarpık kentleşme ve yoğun kış şartları nedeniyle hava kirliliğinin zaman

zaman sınır değerleri aştığı Erzurum kent merkezinin hava kalitesinin araştırılması hedeflenmiştir.



2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Havanın Tanımı

Hava farklı tür gazlardan meydana gelmiş bir karışım olup atmosferi oluşturur. Hava yaşamın en önemli koşullarından biridir. Hava hacminde olan formüller: Azot, oksijen, hidrojen, Karbondioksit, Neon, Argon, Kripton, Helyum, Ksenon, Su buharı ve Amonyak gazından oluşmuş ve yüzde 78 azot kapsamış ve havayı dolduran renksiz ve kokusuz gazlardır. Havadaki oksijen canlı yaşamında önemli rol taşımaktadır. İnsan yemek yemeden yaşayabilir, ama oksijen almadığı zaman hayatını kaybeder ve tüm canlıların yaşamında oksijen önemlidir. Havanın yüzde 99'u oksijen ve azotdan oluşmuştur. Havadaki oksijen, canlı organizmasında besinlerin yanması için şarttır ve dünyadaki tüm yakıtlar için oksijen olması gereklidir. Hava olmadan ses titreşimleri iletilmez ve dünya sese kapanır.

Hava hem canlılar hem de cansızlar için gereklidir. Doğadaki her çeşit farklılık, hava sayesinde gerçekleşir. İnsanlarda solunum yoluyla kanın temizlenmesine yardımcı olduğu gibi, alınan besinlerin yanmasına da katkı sağlar. Karbon dioksit oranının havada fazla olması vücuda zarar verir, hatta bu oranın olması gerekenden fazla olması öldürücü bir etkiye sahip olabilir. Bitkilerin yaşamında da havanın büyük bir fonksiyonu vardır. Hava özel yöntemlerle sıvılaştırılabilir. Sıvı hava ise endüstride oksijen elde etmek için kullanılır (Anonim 2017 a).

2.2. Hava Kirliliğinin Tanımı

Hava kirliliği, tüm canlıların sağlığını olumsuz bir şekilde etkileyen ve havada olması gerekenden fazla miktar ve konsantrasyona sahip yabancı maddelerin bulunmasıdır. Başka bir ifadeyle hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz halindeki yabancı maddelerin canlı yaşamına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, konsantrasyon ve uzun zamanda atmosferde bulunmasıdır. İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan üretim ve

tüketim faaliyetleri sırasında oluşan atıklarla hava tabakası kirlenir ve canlı yaşamını olumsuz bir şekilde etkiler.

Atmosferdeki partikül miktarının ve zehirli gazların artması hava kirliliğine neden olur; hava kirliliği havadaki karbondioksit miktarının gereğinden fazla olması durumudur. Atmosferde bulunan gazların yoğunluğunun artması sonucu hava kirliliği oluşur (Keleşoğlu 2009).

2.3. Emisyonun Tanımı

Sözlük anlamı olarak emisyon; dışarı çıkmak, yaymak, dolaşıma sokmak gibi anlamlarla ifade edilmektedir. Çevre bakımından emisyon; yakıt ve benzeri maddelerin yakılmasıyla birlikte; ayrışma, sentez, buharlaşma ve benzeri işlemlerle; maddelerin yığılması, ayrılması, taşınması ve diğer mekanik işlemler sonucu ünitelerden atmosfere yayılan hava kirleticileri olarak tanımlanmaktadır.

Dış ortam havasında bulunan hava kirlilik parametreleri; partikül maddeler (PM), karbon monoksit (CO), ozon (O₃), azot oksitleri (NO_x), kükürt dioksit (SO₂) ve kurşun (Pb) dur (Anonim 2017 b).

Bunlardan ozon ve asit yağmurları en çok bilinenlerdendir (Taşdemir, 2002). Tamamen yanma elemanları (ısınma için lazım olan fosil yakıtların emisyonu sanayide ihtiyaç duyulan yanma elemanları, tarımda yanma ile olan emisyonlar, ormanlarda meydana gelen yangınlar, motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar), madencilik, ozon hariç bu kirleticiler hava kirliliğine kaynak oluşturmuştur (Sofuoğlu 1992). Motorlu taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar; motorun çalışma devri, taşıtın yaşı, çalışmadan kaynaklanan sıcaklıklar, ortam basıncı, ortam sıcaklığı, yakıt çeşidi ve kalitesi gibi faktörlere doğrudan bağlıdır. Motorların çalışma şartları da emisyon oluşumunda önemlidir. Düşük devir esnasında oluşan emisyonlar, hızlandırılmış koşullarda oluşan emisyonlara kıyasla oldukça etkilidir. Örneğin düşük devir halinde bir motorlu taşıtın egzoz gazlarında VOC ve CO kirleticileri çok yüksek olması durumunda NO miktarı

düşüktür buna karşılık aracın hızlanması durumunda VOC ve CO miktarı düşük olduğu zaman NO oranı yüksek olabilir (Fatih 2012).

2.4. Hava Kirliliğinin Nedenleri

Tüm canlı ve cansızlar için önemli olan hava; hızlı nüfus artışı, çarpık kentleşme ve sanayileşme neticesinde belli bir konsantrasyonun üzerindeki maddelerin atmosfere bırakılması sonucu kirlenmektedir.

Ticari faaliyetlerin genellikle belirli bölgelerde yoğunlaşmasına paralel olarak enerjiye daha çok gereksinim duyulması hava kirliliğinin oluşmasına neden olmuştur. Hava kirliliğinin başlıca nedenleri şehirleşme ve sanayileşmedir. Bunlardan şehirleşme; nüfus yoğunluğu ve çarpık kentleşme ile kirliliği arttıran bir faktör olarak görülmektedir. Şehirlerdeki ısınma yöntemi, tüketilen yakıt çeşitleri, ulaşım araçları bu problemin daha da büyümesine neden olmaktadır. Şehirleşmenin düzensiz eğilimi devam ettikçe kentsel kaynaklı hava kirliliği Ülkemizin önemli problemi olmaya devam edecektir. Sanayileşme ise sanayi kuruluşlarının çarpık bir şekilde konumlandırılması ve proses kaynaklı atık gazların gerekli önlemler alınmadan havaya salınması ile hava kirliliğine etkileyen diğer bir önemli faktördür (Türküm 1998).

2.4.1. Kentleşme

Nüfus artışı ve endüstrileşme neticesinde meydana gelen şehirleşme olgusu, çok sayıda problemi de beraberinde getirmektedir (Ulusoy ve Vural 2001). Nüfusun hızlı bir şekilde artması, tarımda makine kullanımının artması ve şehirlerde iş imkânlarının artması neticesinde şehirlere olan göç hızlanmıştır. Bu durum ekonomik, sosyal, kültürel vs. sorunlara da neden olmuştur (Karaman 2003).

Şehirlerdeki ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği, bilhassa kış dönemlerin başlaması ile birlikte artar. Kış aylarında ısınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin esas nedenleri; ısınmada kalitesiz yakıtların (kül, kükürt ve nem oranı fazla olup ta kalorisi düşük

kömürlerdir) kullanması, yakma tekniklerinin hatalı bir şekilde uygulanması ve kazan bakımlarının düzenli olarak yapılmamasıdır (Fatih vd 2010).

2.4.2. Sanayileşme

Günümüzde bilhassa gelişmekte ve az gelişmiş olan ülkelerde ileri teknolojilerin kullanılmaması ve kirliliği önleyici etkenlerin maliyetinin fazla olması nedeniyle sanayi kaynaklı kirlenme önemli bir yer almaktadır. Burada en önemli husus, genellikle gelişmiş ülkeler kendilerini koruma düşüncesiyle bu tür kirliliklere neden olan endüstrileri kendi ülkeleri yerine, gelişmekte olan ülkelere kurmaları sonucunda gelişmekte olan ülkelere sanayi kaynaklı hava kirliliği giderek artan bir sorun haline gelmektedir. Ülkemizde bu problemi yaşayan ülkelere tipik bir örnek olarak verilebilir (Türküm 1998).

2.5. Hava Kirleticileri ve Etkileri

2.5.1. İç ortam hava kirleticileri

2.5.1.a. Biyoaerosoller

Biyoaerosoller; bakteri, mantar, mantar sporları, virüsler ile polen ve onların fragmentlerini içeren biyolojik kökenli olarak havada bulunan bütün organik tozların genel adıdır (Stetzenbach *et al.* 2004).

Biyoaerosoller toprak, su, hayvan ve insanlardan kaynaklandıkları için tüm ortamlarda az veya çok miktarlarda olabilirler. Hayvansal doku artıkları, bitkisel lifler, tüyler, polen taneleri, deri epiteli gibi parçalar bunların kaynakları olabilir (Cox and Wathes 1995). Havadaki bir biyoaerosolun davranışı meteorolojik koşullar, onun şekli ve konsantrasyonu ile yakından ilgilidir (Menteşe vd 2009). Biyoaerosoller kapılardan, pencerelerden, duvar açıklıklarından, ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinden,

su tesisatı kanallarından gelebildiği gibi ayakkabı ya da giysiler ile de iç ortama gelebilmektedir (Güllü 2013). Mikro organizmaların iç ortamda çoğalmasını; besin varlığı, nem oranı, sıcaklık ile oksijen ve ışık miktarı belirlemektedir. Binalarda su kaçakları ve nem oranının yüksek olması biyoaerosol miktarı artışında ilk nedenlerdendir. Yüksek nem, mantar ve bakterilerin kolayca barınıp üreyebileceği ortamı sağlar (Alçay ve Yalçın 2015).

Biyoaerosoller tek başlarına sağlık riski oluşturabildikleri gibi; biyoaerosollerin metabolizma ürünleri olan endotoksinler, ekzotoksinler ve mitotoksinler de insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilirler (Godish 2001). Biyoaerosollerin astım, kronik alerjik, rinit ve hipersensitiv pnömani gibi çeşitli hastalıklara yol açtığı belirlenmiştir (Gorny *et al.* 2002). Nefes alıp verme sonucu havaya verilen biyoaerosoller aerodinamik çaplarının elverdiği ölçülerde uzun mesafelere taşınabilirler ve havada kaldıkları zaman zarfında enfekte olmamış başka bir kişinin soluklanmasıyla kişiler arasında yayılabilirler (Edwards *et al.* 2004).

2.5.1.b. Partikül maddeler

Havayı kirleten ikinci temel hava kirleticiler, askıdaki katı sıvı maddeler (aerosoller) veya partikül maddelerdir (PM) (Müezzinoğlu 2005). Atmosferik PM, elementel ve organik karbon, amonyum, nitratlar, sülfatlar, mineral toz, iz elementler ve suyun kompleks bir karışımıdır.

Atmosferdeki partikül maddelerin kaynakları toprak, deniz, çöl, bataklık, volkan vb. doğal kaynaklar ile fosil yakıt kullanılması, sanayi vb. insan kaynaklı olup bunların etki miktarları bölgelere göre farklılık gösterebilir. Sanayileşmenin hızla artması ve nüfustaki artışa paralel olarak fosil yakıt kullanımının artması dünyanın birçok yerinde atmosferdeki Partikül madde yoğunluklarının yükselmesine neden olmuştur (Yatkın ve Bayram 2007).

2.5.1.c. Ağır metaller

Cıva, kurşun, krom, kadmiyum gibi elementler, dış havadaki partikül ve toprak tozunun iç ortamlara girmesi ile iç havayı kontamine etmektedir.

Toprak, hava ve su gibi ortamlarda belirgin bir şekilde yığılan ağır metaller, Dünyadaki tüm organizmaların yaşamını tehdit etmektedir. Ağır metallerin çevreye yayılmasına neden olan faktörlerin başında endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıt egzozları, madencilik faaliyetleri, tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklar gelmektedir (Stresty and Madhava 1999; Asri ve Sönmez 2006).

Sağlık açısından önemi insan dokularında birikime uğramaları ve sinerjik etkilerinden kaynaklıdır. Belirli sınırlar dışında havada bulunan her türlü metal, insan sağlığına toksik etki yapmaktadır (Sonsuz vd 2011).

2.5.2. Kirletici gazlar

2.5.2.a. Kükürt oksit

Havadaki kükürt oksitler kükürt dioksit (SO_2) gazına aittir. SO_2 , atmosferde hızlı bir oksitlenme sonucu kükürt trioksit (SO_3) ve sülfatlara dönüşür. SO_3 , yağmur veya sis damlalarıyla reaksiyona girerek kükürt oksitin oluşmasına sebep olur. Bu oksitler gazı kirlettiği için zararlı etkilere sahiptir ve partiküller maddelerle birleştikleri zaman sülfürlü smok oluşturarak daha tehlikeli duruma gelirler. Volkanlar en önemli doğal kaynağıdır. Günlük yaşamdaki kaynakları ise ulaşım araçları, yakma olayları ve sanayilerdir (Bayat 2011).

2.5.2.b. Azot oksit

Azot Oksitler (NO_x) : Azotun oksijenle yaptığı bileşiklerin toplamını gösteren en önemli kirletici gazlardandır. Bu bileşikler arasında azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO_2) önem taşımaktadır. NO; kokusuz, renksizdir. Oksijen ile azot gazının yüksek sıcaklıktaki reaksiyonu neticesinde oluşan bir gazdır. NO_2 ; yakıcı bir kokuya sahip açık kırmızı renkli, güneş ışığı altında azot monoksitin oksijenle verdiği reaksiyon sonucu oluşan bir gazdır. Suya fazla ilgisinden dolayı su ile reaksiyona girip nitrikasit ve nitroz asite dönüşür. İnsan faaliyetlerine dayalı kaynakları; yanma olayları, ulaşım araçları ve endüstrilerdir (Bayat 2011).

2.5.2.c. Karbon monoksit

Karbon monoksit (CO) kokusuz, renksiz, tatsız gazdır. CO, karbon kaynaklı yakıtların uygun bir şekilde yanmaması neticesinde oluşur, akut ve kronik zehirlenmelere neden olabilir (Kandis *et al.* 2007). Araçların egzozları, yangınların neden olduğu dumanlar, gazla çalışan motorlar, metilenklorür içerikli boyalar ve orman yangınları en yaygın CO kaynaklarıdır (Omaye 2002; Katırcı 2005). Karbon monoksit havadan daha ağır bir gaz olup havalandırılmalı kapalı ortamlarda dahi hızla birikebilir (Kandis *et al.* 2007). Karbonmonoksitin insan sağlığı üzerine aşırı derecede önemli zararlı etkileri vardır. Karbonmonoksit gazı insanın kandaki hücrelerinin oksijen taşıma kabiliyetini azaltır. Taşıma kabiliyetinin azaldığında oksijen miktarını ciddi bir şekilde azaltıp ölüme yol açmaktadır (İncecik 1994).

2.6. Hava Kirleticilerin Sonuçları

Hızlı nüfus artışı ile sanayileşme ve kentleşmeler meydana gelmektedir. Bunlardan kaynaklanan maddelerin belli bir yoğunluğa ulaşması sonucu atmosferi kirlenmektedirler. Sanayileşmede sanayi kuruluşlarının yanlış yerlerde yapılması ve yakıtların kullanımı sonucunda atık gazları yeterli teknik önlemler olmadan havaya

bırakılmaktadır. Sanayiden ve kentleşmeden meydana gelen hava kirliliğine etkisi olan diğer bir sorun sayılmaktadır.

Hava kirliliği yalnızca insan sağlığını değil aynı zamanda doğayı da tehdit eden ciddi bir tehlikedir. Kirlenmiş hava bronşlarda iltihaplanmaya ve akciğer kanserine neden olabilir. Ayrıca insanların bağışıklık sistemine etki ederek diğer birçok hastalığa da neden olabilmektedir. Tecer ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada havadaki partikül maddelerin ($PM_{2,5}$, $PM_{10-2,5}$ ve PM_{10}) çocuklarda astım ve solunum hastalıklarına neden olduğunu belirlemişlerdir (Tecer vd 2008).

Çizelge 2.1. Kirletici parametreler ve sağlık etkileri (Anonim 2017d)

Kirletici	Temel Kaynağı	Sağlığa Etkisi
Kükürt dioksit	Fosil yakıt kullanılması	Solunum yolu enfeksiyonları
Azot oksit	Araç egzozları	Göz ve solunum yolu enfeksiyonları
Partikül Madde	Endüstri, fosil yakıt tüketimi, tarım ve bazı kimyasal reaksiyonlar	Kalp sorunları, Kanser, solunum yolu enfeksiyonları, bebek ölümleri
Karbonmonoksit	Taşıt egzozları, Eksik yanma ürünü,	Kandaki hemoglobin ile birleşerek oksijen taşıma kapasitesinde azalma ve ölüm sonucu
Ozon	Trafik kaynaklı azot oksitler ve uçucu organik bileşiklerin (VOC) güneş ışığının etkisiyle değişimi	Solunum problemleri, göz ve burun problemleri, astım, vücut direncinde azalma

Hava kirliliği atmosfer koşullarını değişime uğratarak mevcut iklim dengesini ve bitkilerin dokusunu bozarak, toprağın verimliliği azaltmakta ve sonuçta tarımsal üretimi düşürmektedir. Yapılar ve eşyaların da nitelikleri bozularak ömürleri kısalmaktadır. Atmosferdeki karbondioksitin artması dünyanın ısınmasına, iklim değişikliğine, buzulların erimesine, deniz seviyesinin artmasına ve tarımsal arazilerin sular altında

kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca Ozon tabakasının incilmesiyle birlikte güneşin morötesi ışınlarının etkileri daha zararlı olmaya başlayacaktır (Türküm 1998).

Havadaki Partikül madde konsantrasyonunu azaltmak için ülkeler standartlar geliştirmiştir. Bu sınır değerler belirlenirken insan sağlığı ve çevreye verdiği zarar üzerinde durulmuştur. Çizelge 2.2’de Avrupa Birliği (AB) Ülkeleri ve Türkiye’de tüm canlıların ve ekosistemin korunması için Hava Kalitesi Limit Değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. Hava kalitesi limit değerleri (Anonim 2017d)

İnsan Sağlığı ve Ekosistemin Korunması İçin Hava Kalitesi Sınır Değerleri				
Kirlenici Parametreler	Ölçüm Periyodu	Sınır Değerler		Uyum Takvimi
		Ülkemizde Uygulanan (2017 Yılı)	AB Üye Ülkelerde Uygulanan	
Kükürtdioksit SO₂ (µg/m³)	Saatlik	410	350	01.01.2019
	Günlük	175	125	
	Uyarı Eşiği (3 ardışık saat)	500	500	
	Saatlik Aşım Sayısı	-	24/Yıl	
	Günlük Aşım Sayısı	-	3/Yıl	
	Yıllık (Ekosistem)	20	20	01.01.2014
Partikül Madde PM₁₀ (µg/m³)	Günlük	70	50	01.01.2019
	Yıllık	48	40	
	Günlük Aşım Sayısı	-	35/Yıl	
Azotdioksit NO₂ (µg/m³)	Saatlik	270	200	01.01.2024
	Yıllık	48	40	
	Uyarı Eşiği (3 ardışık saat)	400	400	
	Saatlik Aşım Sayısı	-	18/Yıl	
Azotoksitler NO_x (µg/m³)	Yıllık (Ekosistem)	30	30	01.01.2014
Karbonmonoksit CO (mg/m³)	8 saatlik Ortalama	10	10	01.01.2017
Ozon O₃ (µg/m³)	8 saatlik Ortalama	120	120	01.01.2022
	Bilgi Eşiği (saatlik)	-	180	
	Uyarı Eşiği (saatlik)	-	240	
Benzen C₆H₆ (µg/m³)	Yıllık	9	5	01.01.2021

Çizelge 2.2. (devam)

Kurşun Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Yıllık	0.7	0.5	01.01.2019
Arsenik As (ng/m^3)	Yıllık	-	6	01.01.2020
Kadmiyum Cd (ng/m^3)	Yıllık	-	5	02.01.2020
Nikel Ni (ng/m^3)	Yıllık	-	20	03.01.2020
Benzoapiren B(a)p (ng/m^3)	Yıllık	-	1	04.01.2020

Çizelge 2.2’de Türkiye’deki limit değerler AB deki limit değerlerinden iki katı daha fazla olduğu görülmektedir. Bu değerlerin 2019 yılına kadar eşitlenmesi amaçlanmaktadır.

19. yüzyıldan sonra petrol ve kömür gibi fosil yakıtların enerji üretimi için kullanılmasının artması sonunda, SO_2 ve CO_2 , partikül kirleticisi atmosferde yoğunlukları da giderek artmaktadır, bu artışlar özellikle 20. yüzyılın ikinci döneminden sonra, küresel ölçekte CO_2 ve sera gazlarının meydana getirdiği ozon tabakasının incelmesi, yerel ölçekte ise büyük yerleşim alanları, bölgesel ölçekte asitli yağışlar, ve sanayi bölgelerinde meydana gelen hava kirliliği olarak görülmüştür.

Küresel ısınmanın insan aktiviteleri sonucu oluştuğunun belirlenmesinden sonra 1950 yıllarından itibaren küresel ısınmanın önlenmesine yönelik bireysel veya bölgesel nitelikli konferanslar başlamıştır. Dünya çapında ilk önemli toplantı 1979 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) öncülüğünde “Birinci Dünya İklim Konferansı”dır. Sırasıyla 1985 ve 1987 yıllarında Avusturya’nın Villach’a, 1988’de Kanada’nın Toronto şehrinde iklim değişikliklerine karşı siyasi seçenekler tartışılmıştır. 1988 Aralıkta Malta’nın girişimiyle BM Genel Kurulu’nda “İnsanoğlunun bugünkü ve gelecek kuşakları için küresel iklim korunması” konulu karar onaylanmıştır. 1990 yılının 29 Ekim-7 Kasım’ında Cenevre’de yapılan İkinci Dünya İklim Konferansında aralarında Türkiye’nin de bulunduğu 137 ülke tarafından sera gazlarının kontrolüne ilişkin anlaşma imzalanmıştır (Ersoy 2006). 1997 yılında Japonya’nın Kyoto kentinde 160

ülkeden gelen bilim adamları, uzman ve hükümet yetkililerinin katıldığı uluslararası konferansta Kyoto Protokolü imzalanmıştır (Akın 2006).

2.7. Hava Kirliliğinin Tarihçesi

İnsanoğlunun Dünya’da oluşturduğu kirliliğin ateşin bulunması ile başladığını söylemek mümkündür. Ateşin bulunması ile ısınmanın gereksinimi ortaya çıkmıştır. Jeolojik dönemlerde yanardağların patlamasından kaynaklanan doğal kirlenme daha sonradan insan faaliyetleri sonucu daha ciddi boyutlara ulaşmıştır. Hava kirliliğinin il olarak MÖ. 500 yıl önceleri Pers mezarlarının bulunduğu türbelerde petrol yakılmasıyla ortaya çıktığı bilinmektedir.

Atmosferin yapısındaki değişiklikler de 20. yy. başlarında görülmeye başlamıştır. Bilhassa 1940’lı yıllardan itibaren sanayi ve teknolojiye ilerlemeler, kirlenmeyi de beraberinde getirmiştir. Yanma sonucu kaynaklanan hava kirliliği ilk 13. yüzyılda İngiltere’de ortaya çıkmıştır. Kral I. Edward 1301 yılının kış aylarında Londra’da duman ve kokunun aşırı olması gerekçesiyle ısınmak için kömür yakılmasına yasaklama getirmiştir. Yine İngiltere’de 1875 yılında hava kirliliği sonucu ölüm vakalarında ciddi artışlar görülmüştür. 1930 yılında Belçika’nın Meuse Vadisi’nde trajik ölümler gerçekleşmiştir. 1948 yılında ABD’nin Donora şehrinde hava kirliliği sonucu ölümler gözlemlenmiştir. 1952 yılında Londra’da smog olayından sonra kükürtdioskit yoğunluğunun ciddi miktarlara ulaştığı görülmüştür. Hava kirliliği sonucu ölüm oranlarının artması ülkeleri bu konuda yasal önlemler almaya itmiştir (Başer 2008).

Bu nedenle ilk yasal düzenleme 1955 yılında ABD’de Temiz Hava Yasası (Clean Air Act) adıyla yapılmıştır. Daha sonra ise 1956’da İngiltere’de ilk yasal düzenleme yapılmıştır. Günümüzde tüm ülkeler emisyon azaltımına gitmek üzere çeşitli anlaşmalar imzalamaktadır (Anonim 2017 c).

2.8. Dünya’da Hava Kirliliği Çalışmaları

Son yıllarda ülkelerde hava kirliliğinin kontrolü konusunda belirli düzenlemelere gidilmiş ve sonucunda hava kirliliği daha yaygın bir problem haline gelmiştir. Bu konu tüm ülkelerin gündeminde yerini almış ve Birleşmiş Milletler olmak üzere uluslararası kuruluşların esaslı konularından biri olmuştur. Dünyada çevre korumasıyla ilgili önemsemeler 20.yüzyıllarda bilim insanların çevre kalitesinin bozulması uyarımları itibariyle başlamıştır. Deniz ve Sahil sularını korunma anlaşması (1920), İlk Genel Çevre Onayı (1968), Hava Kirliliğine İlgili Haber (Mart 1968), Su Konusunda Avrupa sözleşmesi (1967), İnsani Çevre İle İlgili Birleşmiş Milletler Konferansı (1972), Rio Konferansı (1992) bu çerçevede yapılan ilk sözleşmelerdir (Ziyari 1999).

Kentsel çevreyle ilgili önemli destekleyici planlar onaylanmıştır. Özet olarak şunlardır. Dünya Sağlık Örgütü’nün Sağlıklı Kentler Programı (1968), Kentsel Çevre Programı, Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, Dünya Bankası(1986), Yapısal Çevre Unsurları (United Nations Development Programme, UNDP) Dünya bankası, UNCHS Kent Yönetim Programı (1990), Kent Çevresinde Eğitim Programı, GTZ (Almanya Teknik İşbirliği) (1991), Kent Çevresine Yerel Tesis Önerileri UNDP (1992), Sürdürülebilir Şehirler Projesi, Avrupa Birliği (1993), Uluslararası Kalkınma Ajansı Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (1994), Kent Çevresine Kamu ve Özel Sektör Ortaklığı Programı UNDP 1994 (Lsitmann 1999).

2.9. Türkiye’de Hava Kirliliği

Ülkemizde çevre problemlerini kontrol altında tutmak için değişik politikalar yürütülmüştür. Endüstrileşme ve şehirleşme düzeyindeki gelişmelerle birlikte en önemli problemlerden birisini hava kirliliği oluşturmuş ve bu sorunun çözümüne ilişkin olarak ta değişik yasal politikalar ortaya çıkmıştır.

İlk olarak 1913 Mart tarihli Talimatnamenin ilk maddesinde köyün ikametgâh yerinin havasının temiz olması, temel ilke olarak kabul edilmiştir. Ayrıca 24 Nisan 1930 tarihli

Umumi Hıfzıssıhha Kanunu'nda hava kirliliği ile ilgili maddelere yer verilmiştir. Kanun'un 168. maddesinde tüm belediyelere, nüfus yoğunluğuna ve büyüklüklerine göre, küçük çocukların sağlıklı hava solumaları amacıyla bahçeler ve spor alanları oluşturmaları konusunda zorunluluk getirmiştir.

Ülkemizde çevre sorunlarına yönelik birçok yasa tasarısı hazırlanmıştır. Bu tasarıların biri olan Ertuğ Tasarısı Prof. Dr. Celal Ertuğ tarafından hazırlanmıştır. Türkiye Tabiatını Koruma Derneği tarafından iki adet, Sağlık Bakanlığı, Ankara Hava Kirlenmesiyle Savaş Derneği ve TÜBİTAK tarafından birer yasa tasarısı oluşturulmuştur. Ertuğ Tasarısı ile Ankara Hava Kirlenmesiyle Savaş Derneği'nin oluşturduğu tasarılar Ankara'daki hava kirliliği ile ilgili olarak hazırlanmıştır (Türk 1969). Hava kirliliğine yönelik bu düzenlemelerle birlikte yönetmeliklerin çıkarılması da hız kazanmıştır.

1972 yılında “Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Şehirlerde Isıtma Tesislerinin Sebep Olduğu Hava Kirliliğinin Azaltılmasına Dair Yönetmelik” yayımlanmıştır. 1973 yılında yeni yapılan binaları da içine alacak şekilde revize edilmiştir (Güler ve Çobanoğlu 1997). 1977 yılında bu yönetmeliği adı “Isıtma ve Buhar Tesislerinin Yakıt Tüketiminde Ekonomi Sağlanması ve Hava Kirliliğinin Azaltılması Yönetmeliği” olarak değiştirilmiştir (Çobanoğlu 2005). 1986 yılında Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği yayımlanmıştır. Bu Yönetmeliğin amacı, farklı aktiviteler sonucu atmosfere salınan her türlü emisyonu kontrol altında tutmak, olumsuz sonuçları engellemektir.

Bu Yönetmelikle Ülkemizde sanayi tesislerinin ve taşıtların neden olduğu hava kirliliğinin kontrol altında tutulması sağlanmıştır. Ayrıca “hava kirliliğinin azaltılması” yerine “hava kalitesinin korunması” dikkate alınmış olup önceki yönetmeliklere daha ayrıntılı olarak hazırlanmıştır.

Türkiye’de Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (2004), Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği (2004), Isınmadan Kaynaklanan Hava

Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (2005), Endüstri Tesislerinden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (2006), Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (2008), Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (2009) ve 2009’da yürürlüğe giren Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği hava kirliliğini önlemeye yönelik çıkarılan yönetmeliklerdir.

Bunlara ek olarak hava kirliliğinin önlenmesi ve kontrolü amacıyla Bakanlık tarafından yayımlanan genelgeler ile mahalli çevre kurulları tarafından alınan kararlar da önemli düzenlemelerdir.

Hava kirliliğinin anlık olarak ölçülmesi, hava kirliliği konusunda iller bazında politikalar hazırlanması ve bu politikalar neticesinde hava kirliliğinin bir önceki yıldan daha iyi olması gayesiyle, 2005-2007 yılları arasında mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur. 2014 ve 2015 yıllarında 20 yeni kurulan istasyon ile Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı toplam 195 sabit ve 4 adet mobil istasyon olarak artırılmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait 4 adet mobil hava kalitesi ölçüm aracı da sisteme dahil edilmiş olup, kirlilik sorunu bulunan bölgelere gönderilmekte ve mevcut hava kalitesinin raporlanması amacıyla kullanılmaktadır.

Türkiye genelinde İstanbul, Erzurum, İzmir, Samsun, Adana, Konya, Ankara, Diyarbakır olmak üzere 8 adet Temiz Hava Merkezi kurulmuştur. Hava kirliliği ölçüm istasyonlarında Kükürtdioksit ve Partikül Madde bazılarında ilave olarak Azotoksitler, Karbonmonoksit ve Ozon ölçülmektedir. Ölçüm verileri de yine Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait ağ üzerinden Çevre Referans Laboratuvarı Veri İşletim Merkezine aktarılarak www.havaizleme.gov.tr adresinde yayımlanmaktadır (Anonim 2017 d)

2.10. Türkiye’de Hava Kalitesi Mevzuatı

Hava kirliliğinin kontrol altında tutulmasına ve kalitesinin korunmasına yönelik düzenlemeler 1986’da Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği ile gelişmiştir. Bu Yönetmelik ile birlikte; dış ortam hava kalitesi sınır değerleri, sanayi tesislerinin

emisyon izni ve ısınma ve motorlu taşıtlarda dikkat edilmesi gereken hususlar gibi hususlar belirlenmiştir.

2.10.1. Türkiye’de hava kirliliği konusunda kanun ve yönetmelikler

1982 Anayasasının elli altıncı maddesinde herkesin dengeli ve sağlıklı bir ortamda yaşama hakkına sahip olduğu, Çevre sağlığını korumanın, geliştirmenin ve çevre kirlenmesini önlemenin vatandaşların ve hükümetin görevi olduğu ifade edilmektedir. 13 Ocak 2005 tarihli Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinin 5.Madde’sinde tesislerde kullanılması gereken yakıtlar ile kullanılmaması gereken yakıtlar verilmiştir. Kullanılması gereken katı yakıtlar; Taşkömürü, taş kömürü briketleri, taşkömürü koku, Linyit kömürü, linyit kömürü briketi, turba, Antrasit ve Asfaltittir. Sıvı Yakıtlar; Kükürt içeriği maksimum %1,0 olan ithal fuel-oil ile kükürt içeriği maksimum %1,5 olan yerli fuel-oil ve 2007’de kükürt içeriği maksimum %1,0 olan yerli fuel-oil, ayrıca, gaz yağı, motorin, etanol ve kerosen. Gaz Yakıtlar ise; Hava gazı, doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hidrojen, biyogaz, arıtma gazı, kok fırını gazı, grizu, yüksek fırın gazı, rafineri gazı ve sentetik gazlardır.

Kullanılması yasak maddeler; kullanılmış mineral yağ, petrol koku, araba plastiği parçaları, tezek, lastik, tekstil artıkları ve katı atıklar, kablolar, boyalı odun, ıslak odun, plastikler, gazete hariç olmak üzere ev eşyaları, yemek atıkları gibi evsel atıklar, tıbbi atıklar, özel atıklar, asfalt ve asfalt ürünleridir.

2.11. Hava Kalitesi Ölçümü Yapan Bazı Kuruluşların Çalışmaları

Bütün ülkelerde hava kirliliğinin ölçülmesi, plan ve programlarla azaltılması için İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi oluşturulmuştur. Bu konuda Birleşmiş Milletler Çevre Programı, Dünya Meteoroloji Örgütü ve Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Ekonomi Topluluğu gibi uluslararası örgütler birtakım programlar geliştirmişlerdir.

Bu gözlem programları; GAW (Küresel Atmosfer Gözlem Şebekesi) ve BAPMoN (Geriye Dönük Hava Kirliliği İzleme Ağı), GO3OS (Küresel Ozon Gözleme Sistemi), EMEP (Avrupa Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirleticilerinin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi İşbirliği Programı) dır. Ayrıca Japon Meteoroloji Teşkilatı içinde GAW kapsamında Sera Gazı Ölçüm sonuçlarının toplandığı ve değerlendirildiği bir birim olan WDCGG (Sera Gazları için Dünya Data Merkezi) kurulmuştur.

2.11.1. Türkiye'deki genel durum

Ülkemizde Hava Kirliliği ölçümleri Refik Saydam Hıfzıssıhha Enstitüsü (RSHE) tarafından yapılmaktadır. Kükürtdioksit ve Partikül Madde miktarları il merkezleri başta olmak üzere Türkiye genelinde ölçülmekte, ölçüm sonuçları Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından düzenli olarak yayınlanmaktadır.

RSHE, Kentsel Hava Kirliliği yanı sıra, EMEP ölçüm programına bağlı olarak Ankara'nın Çubuk İlçesinde hava kirliliği ölçümleri ve yağmur suyu analizleri yapmaktadır. EMEP ölçüm programı çerçevesinde SO_4^{2-} , HNO_3^+ , NO_3^- , NH_3^+ , NH_4^+ ölçümleri günlük olarak, SO_2 , NO_2 ve O_3 ölçümleri saatlik olarak ölçülmektedir. Ayrıca yağmur suyunda NO_3^- , Na^+ , Mg^+ gibi bazı elementler ölçülmektedir. Bunların yanında rüzgâr, nem, sıcaklık, gibi meteorolojik parametreler de ölçülmektedir. Ayrıca Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 81 ilde hava kalitesi ölçüm istasyonları kurulmuştur.

2.11.2. Dünya'daki genel durum

1960'lı yıllardan bu yana tüm dünyada CO_2 ölçümlerine başlanmış ve hâlihazırda GAW programı altında devam etmektedir. Son olarak 17 Eylül 1997'de Brezilya'nın Arembepe kentinde yeni bir gözlemevi açılmıştır. GAW pek çok gözlemle birlikte atmosferin fiziksel ve kimyasal yapısının incelendiği bir programdır. GAW aynı zamanda bir erken uyarı sistemidir. Bu program Küresel Ozon Gözlem Sistemi

(GO3OS), Hava Kirliliği Gözlem Şebekesini (BAPMoN) ve diğer ölçüm ağlarını içermektedir.

2.12. AB'nin Hava Kalitesi Mevzuatı

Hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik AB mevzuatı 29 hukuki belgeye dayanmaktadır. Bu belgeler, bir çekirdek mevzuat, 16 direktif, 7 karar metni ve 6 tüzüğü içermektedir.

- Ortam havası
- Yakıt kalitesi
- Otomobil egzozları ve tipi için onay
- Sera gazları ve bu gazların ticari şeması
- Uçucu Organik Bileşikler (VOC) salınımı olmak üzere 5 gruptur.

Avrupa Birliği'nin hava kalitesi mevzuatı, havadaki kirletici miktarlarının azaltılmasına yöneliktir. Sürdürülebilir bir hava kalitesine ulaşılmasını amaçlamaktadır. Belirli tehlikeli maddelerin azaltılması, otomotiv sektörü ve yakıtlardan kaynaklanan kirleticilerin ve organik çözücü bileşen emisyonlarının azaltılması gibi bir dizi düzenlemeyi kapsamaktadır.

Avrupa Birliği'nde hava kalitesi yönetimi; 96/62/EC sayılı Hava kalitesi Çerçeve Direktifi ve dört yan direktifi ile sağlanmaktadır. Hava kalitesi Çerçeve Direktifi, uzun vadeli hava kalitesi hedefleri koyarak AB genelinde genel bir strateji geliştirmektedir.

AB'de düzenli olarak gözlemlenen 13 adet hava kirleticisi gösterilmiştir. (SO₂, NO₂, Partikül madde (PM₁₀, PM_{2.5}), Pb, O₃, benzen, CO, PAH, Cd, As, Ni, Hg). Direktif, kirletici miktarının limit değerleri geçtiği yerler için hava kalitesi planları gerçekleştirilmesi ve ilave önlemler alınmasını şart koşmaktadır. Limit miktarlarının aşılmasına neden olan inşaat faaliyetlerinin, trafiğin, sanayi tesislerin çalışmalarının kontrolü gibi tedbirlerin alınmasına imkân sağlanmaktadır.

Direktif kapsamında bulunan hava kirleticilerinin havadaki yoğunluğu hakkında, insanların düzenli olarak bilgilendirilmesi, raporlar yayınlanması ve mevzuat hükümlerinin ihlali halinde idari cezalar uygulamaları gerekmektedir.



Şekil 2.1. Hava kalitesi mevzuatı

Hava kalitesi konusunda mevzuat Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Ülkemizde Hava Kalitesi Mevzuatı 2008 yılına kadar; Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği’nden ibaretti. AB müktesebatına uyum doğrultusunda, Hava Kalitesi Çerçeve Direktifi ve Kardeş Direktiflerinin paralelinde hazırlanan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği 06.06.2008 tarihli ve 26898 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. Böylece Ülkemiz hava kalitesi konusunda, AB’ye uyum sağlamıştır.

AB ile uyumlu bu mevzuat doğrultusunda, hava kirliliği kaynaklarında (ısınma, sanayi, trafik) alınması gereken tedbirlerin alınarak hava kalitesinin sağlanması konusunda mülga Çevre ve Orman Bakanlığı’na Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ve Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Trafikte bulunan taşıtlarda kullanılan yakıtlar için Benzin ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği çıkarılmıştır.

HKDY Yönetmeliği uygulama takviminde, 2014 yılında Avrupa Birliği hava kalitesi sınır değerlerine uyumun sağlanması hedeflenmektedir. 81 ili içeren Hava Kalitesi İzleme Ağı ve 2010-2013 dönemini kapsayan “Temiz Hava Eylem Planı” geliştirilmiştir.

Türkiye, 2008/50/EC sayılı Çerçeve Direktifine tam olarak uyum gerçekleştirememiştir. Uyum sağlayabilmesi için HKDYY’nin yeniden düzenlenmesini içeren taslak bir yönetmelik oluşturulmuştur. AB mevzuatında bulunan kirletici parametreler için belirlenen sınır değerlere tam olarak uyumun ise, en erken 2024 yılında sağlanması hedeflenmektedir. 2001/81/EC sayılı, Atmosferi kirleten maddeler için ulusal emisyon değerlerine ilişkin direktifin Türk mevzuatına aktarımının ise 2012 yılında sağlanması öngörülmektedir (Anonim 2017 f).

2.12.1. Türkiye’de hava kalitesi yönetimi ve yasal sorumluluk

Hava kirliliğinin azaltılmasında hava kalitesi yönetmeliğinin amacı; çeşitli faaliyetler neticesinde atmosfere salınan toz, duman, buhar, gaz ve aerosol durumundaki emisyonları kontrol altında tutmak için bütün canlıları ve çevresini kirleticilerin neden olduğu tehlikelerden korumak için çevreye zarar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmasını önlemektir.

Buna ek olarak Ülkemizde özellikle düşük kalorili yakıtlarda kükürt oranının fazla olması ve kömür kullanımının yaygın olması ve yanlış yakma tekniklerinin uygulanması hava kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Hava kalitesinin bozulmasını etkileyen hızlı nüfus artışı, gelir düzeyindeki yükselmeye paralel olarak ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan egzoz gazlarındaki artış hava kirliliğinde önemli sorunlar arasında yer almaktadır. Endüstri ve işletmelerin kuruluş aşamasında hatalı yer seçimleri, enerji üreten yakma ünitelerinde kükürt oranı yüksek yakıtların kullanılması, çevre kirliliği bakımından gerekli önlemlerin alınmaması hava kirliliğine neden olan faktörler arasında yer almaktadır. Normal aktiviteler esnasında, motorlu kara taşıtlar Sanayi ve Ticaret Bakanlığı tarafından belirlenen limit değerlerin altında tutulmaktadır. İlave olarak

TSE standardı bulunmayan durumlarda ise, TSE standartları hazırlanıp yürürlüğe konuluncaya kadar AET standartlarındaki değerler esas alınarak uygulanmaktadır.

2.12.2. Türkiye’de hava kalitesi ön değerlendirme

Ülkemizde Avrupa Birliği Projeleri kapsamında, hava kalitesinin ön değerlendirme çalışmaları Kütahya (2004), Ankara (2004), ve Karabük (2005) illerinde yapılmıştır. Hava Kalitesi Eşleştirme Projesi kapsamında ise Kayseri, Kocaeli, Adana, Mersin ve Gaziantep illerinde ön değerlendirme çalışmaları yapılmıştır (2006). MATRA projesi kapsamında, Eskişehir ilinde ön değerlendirme çalışmaları yapılmıştır (2010). (2009-2012) yılları arasında Konya’da Hava Kalitesi Değerlendirme Raporu çıkarılmıştır. Marmara Hava Kalitesi Projesi kapsamında Marmara Bölgesinde bulunan 11 il için ön değerlendirme çalışması yapılmıştır (2009-2010). 2011-2012 yılları arasında Samsun Temiz Hava Merkezi (THM)’ne bağlı Çorum, Amasya, Ordu, Giresun, Samsun, Sinop, Sivas ve Tokat illerinde Ön değerlendirme çalışmaları 2012 tarihi itibarıyla tamamlanmıştır. 2012 yılında başlayan İzmir İli Temiz Hava Merkezi (İzmir, Aydın, Uşak, Manisa, Denizli ve Muğla) ile Erzurum Temiz Hava Merkezi (Erzurum, Erzincan, Bayburt, Gümüşhane, Rize, Trabzon, Artvin, Ardahan, Ağrı, Kars, Iğdır,) ön değerlendirme projesi 2013 tarihi itibarıyla tamamlanmıştır. Şubat 2014 tarihi itibarı ile başlayan Ankara Temiz Hava Merkezi (Eskişehir, Kütahya, Kırıkkale, Kırşehir, Çankırı, Yozgat, Kastamonu, Zonguldak, Karabük, Bartın, Düzce, Bolu) ön değerlendirme çalışması hala devam etmektedir. Adana, Konya ve Diyarbakır Temiz hava Merkezine bağlı ileri kapsayan ön değerlendirme projesinin ihalesi 02.09.2014 tarihinde gerçekleştirilecektir (Anonim 2017 g).

2.12.3. Isınmadan kaynaklanan hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği

Isınma hedefli kullanılan yakma tesislerinden meydana gelen is, duman, gaz ve toz aerosol halinde dış havaya salınan kirlleticilerin hava kalitesi üzerine olan olumsuz etkilerini azaltmak ve denetlemek amacıyla Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliğinin

Kontrolü Yönetmeliği 13 Ocak 2005 tarih ve 25699 sayılı resmi gazete de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte yayımlanan maddeler şöyledir;

- 1) Katı yakıtların torbalı satılmasının zorunlu olmasını belirlenmesi.
- 2) Isınma hedefi ile kullanılacak yerli ve sıvı yakıtların ve ithal katı kalite özellikleri ve kullanılması yasak maddelerinin belirlenmesi.
- 3) İllerin kirlilik derecelendirilmesinin belirlenmesi ve Tip Emisyon Belgesi alınmasının zorunluluğu
- 4) Katı, Sıvı ve gaz yakıt kullanılan yakma sistemlerinin uyması gereken yükümlülükler ile bacadan çıkan emisyonlar için limit değerlerin belirlenmesi
- 5) Katı, Sıvı ve gaz yakıt kullanılan yakma tesislerinde bakım onarım, baca gazı ölçümlerini ve baca temizleme işlerini yetki belgesine sahip gerçek ve tüzel kişilerin yapması gerekmektedir (Anonim 2017 g).

2.12.4. Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği

Enerji ve sanayi üretim tesislerinin faaliyetleri sonucunda atmosfere yayılan emisyonları; gaz, is, duman, buhar, toz ve aerosoller kontrol altında tutmak, canlıları ve çevresini hava kirliliğine neden olan tehlikelerden korumak, çevre üzerine olan olumsuz etkileri gidermek amacı ile 7 Ekim 2004 tarihinde Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. 2009 yılında yapılan bir değişiklik ile bu Yönetmelik Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği olarak değiştirilmiştir. Yönetmeliğin içeriğinde; İşletmelerin kurulması ve faaliyeti için gerekli esasları, işletme faaliyeti sonucu oluşan hava emisyonları ve hava kirliliğinin önlenmesinin tetkik ve tespiti ile yakıtların ve ürünlerin üretilmesi, kullanılması, depolanması ve taşınmasına ilişkin usul ve esaslar bulunmaktadır (Anonim 2017 g).

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde tesisler A ve B şeklinde listelenmiştir. Ayrıca kirletici vasfı yüksek endüstri tesisleri 26 gruba ayrılmış ve kirletici vasfı yüksek tesislerin bacalarından salınan kirletici maddelere sınırlamalar getirilmiştir. Bu yönetmelik kapsamında yer alan tesislerin işletilmesi ve kurulması için;

Emisyon Ön İzni ve Emisyon İzni alınması gerekmektedir. Tesislerin emisyon izni alarak çalışmak zorundadırlar. Aksi takdirde mevcut mevzuata göre yetkili merci tarafından idari yaptırım uygulanması gerekmektedir.

A ve B Listesinde yer alan tesislerin emisyon izni Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından verilmektedir. Bu yönetmelikte ifade edilen şartları yerine getiren ve emisyon limit değerleri sağlayan tesislere Emisyon İzin Belgesi verilmektedir. Sanayi işletmelerinin hava emisyonları çevre izinleri 1 Nisan 2010 tarihinden itibaren değerlendirilmeye alınmaktadır (Karlıkaya ve Yüksel 2010).

2.12.5. Benzin ve motorin kalite yönetmeliği

Ülkemizde 1993 yılından beri, üretilen ve ithalatı yapılan bütün otomobillerin kurşunsuz benzin veya tek kurşunsuz benzin tükettiği gerçeğinden hareketle motorlu taşıtların çevre dostu teknolojisi ile donatılmaları ve ayrıca motorlu taşıtların neden olduğu egzoz salınımlarının azaltılması, kullanılan yakıt kalitesinin iyileştirilmesi son derece önemlidir. Bu amaçla 11 Haziran 2004 tarihinde Motorin ve Benzin Kalitesi Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelikte insan ve çevre sağlığının korunması bakımından pozitif etkili benzin ve motorin ile çalışan içten yanmalı motorlu araçlarda kullanılacak olan yakıtların teknik özellikleri de dahildir. Bu yönetmelikle birlikte 01.01.2006 tarihi itibarıyla kurşunlu benzinin satışının yapılması yasaklanmış olup 01.01.2007 tarihi itibarıyla AB mevzuatı ile tam uyumlu benzin ve motorin üretimine geçilmesi hedeflenmiştir. Bu bağlamda bugün Ülkemizdeki araçlarda AB standartlarında benzin ve motorin tüketilmektedir. Motorin ve benzin kalitesinin denetiminde Düzenleme Kurulu ve Enerji Piyasası görev almaktadır (Karlıkaya ve Yüksel 2010).

2.12.6. Egzoz gazı emisyonu kontrolü yönetmeliği

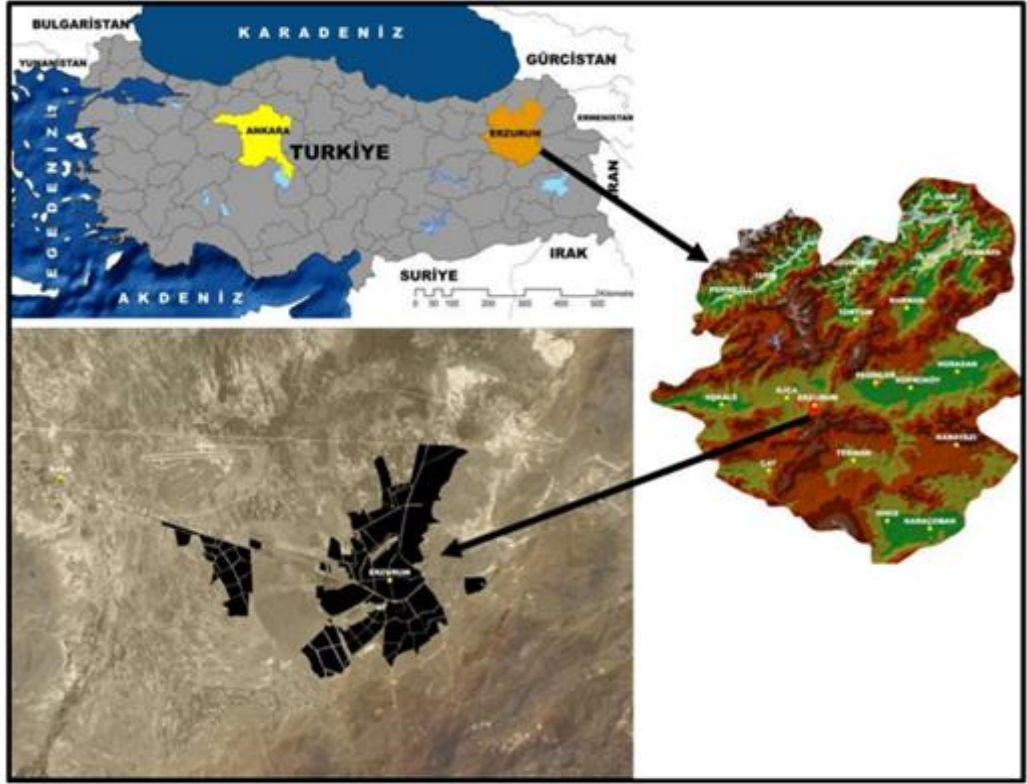
Azotoksit (NO) emisyonlarının yüzde 60'ı, hidrokarbon (HC) emisyonlarının yüzde 50'si, karbonmonoksit (CO) emisyonlarının yaklaşık yüzde 80'i, şehir bazında kurşun

emisyollarının yüzde 100'  motorlu araçlardan kaynaklanmaktadır. Ülkemizde araçların ya larının büyümesi ve gerekli bakımlarının yapılmaması nedeniyle trafikte seyreden araçların düzenli olarak denetimlerinin yapılması büyük önem taşımaktadır (Bayram 2007). Bu kapsamda, 08 Temmuz 2005 tarihinde AB mevzuatına uyum için Avrupa Birliği 96/96/EC direktifi göze alınarak hazırlanan ‘‘Trafikte Seyreden Motorlu Kara Ta ıtlarından Kaynaklanan Egzoz Gazı Emisyonlarının Kontrolüne Dair Yönetmelik’’ yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmeliğin amacı trafikte bulunan motorlu araçlardan kaynaklanan egzoz gazlarının sebep olduğu hava kirliliğinden canlıları ve çevreyi korumak için egzoz gazı kirleticilerini azaltılmak ve ölçümler yaparak kontrol etmektir. Bu Yönetmelik 30 Kasım 2013 yılında Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü İle Benzin Ve Motorin Kalitesi Yönetmeliği ve 11 Mart 2017 yılında da Egzoz Gazı Emisyonu Kontrolü Yönetmeliği olarak yeniden düzenlenmiştir (Anonim 2017  ).

2.13. Erzurum’da Hava Kirliliği

2.13.1. Erzurum’un konum ve topoğrafik  zellikleri

Erzurum Doğu Anadolu Bölgesi’nin kuzeydoğusunda yer alıp, bu bölgenin en büyük, Türkiye’nin ise 4. büyük ilidir. Erzurum İlinin rakımı 1.859 metredir. Kuzeyinde Kaçkar ve Dumlu Dağları ile Doğu Karadeniz dağları bulunmaktadır. Batısında Tercan Dağları, Güneyde Palandöken Dağları yer almaktadır. Erzurum İli paftasında Erzurum ovası, A kale ovası, Hınıs ovası ve Pasinler ovası yer almaktadır. Aras, Fırat ve  oruh havzalarının başlangıç noktasında yer alan Erzurum İlinin komşuları doğuda Kars, AĞrı, kuzeyde Rize ve Artvin, güneyde Mu  ve Bing l batıda Bayburt ve Erzincan, kuzeydoğuda Ardahan, kuzeybatıda ise Trabzon’dur.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.
Figure 1. Location map of study area

Şekil 2.2. Çalışma alanının lokasyon haritası

2.13.2. Nüfus

Çizelge 2.3. 2016 yılı Erzurum İli nüfus bilgileri

ERZURUM	NÜFUS
Aziziye	57.092
Palandöken	168.430
Yakutiye	191.863
İl Merkezi Toplam Nüfusu	417.385

2.13.3. Hava kirliliğini etkileyen faktörler

2.13.3.a. İklim

Erzurum’da iklim özellikleri bakımından kışları yağışlı ve soğuk, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. İl genelinde genelde en yüksek sıcaklık 36,5°C, en düşük sıcaklık -37,2°C, ortalama sıcaklık ise 5,6°C’dir. Ortalama yıllık yağış miktarı 408,1 mm, en yüksek rüzgâr hızı 108 km/saat, ortalama nispi nem 65,2 ve en yüksek kar kalınlığı 110 cm’dir. Erzurum’un deniz seviyesinden yüksekliği 1869 metre olup, denize olan mesafesi ise 377 km’dir. Erzurum ilinde Meteoroloji Bölge Müdürlüğü bünyesinde 33 adet meteoroloji gözlem istasyonu bulunmaktadır. 2016 yılı diğer yıllardaki yağış ortalamalarına göre kurak geçmiştir. 2016 yılı yağış toplamı 540,9 mm’dir.

2.13.3.b. Doğal faktörler

Rüzgâr

Rüzgârlar esiş yönlerine göre kirli havayı dağıtabilir. Rüzgârın olmadığı dönemlerde yakıtların yanması sırasında kirli hava kütleleri şehirlerin üzerinde birikirler. Bu nedenle bir şehrin iskân alanlarının genişletilmesinde göz önünde bulundurulması gereken hususlardan birisi hâkim rüzgâr yönü ve hava sirkülasyonu olmalıdır. Rüzgâr hızının düştüğü günlerde kirlilik oranlarında artış görülür. Erzurum ve çevresinin hâkim rüzgâr yönü W(1975-2011) şeklindedir.

Basınç

Yüksek basıncın olduğu dönemler, alçalıcı hava hareketlerinin olduğu dönemlerdir. Bu dönemlerde yerleşim noktaları üzerinde kirli hava yığınları uzun süre dağılmadan kalabilmektedir. Erzurum İlinde de basıncın yükseldiği günlerde hava kirliliği miktarlarında artış görülmektedir.

Sis ve Nem

Hava kirliliği üzerinde nemin genel olarak olumlu tesirlerinin olduğu bilinmektedir. Hava yığınları içerisinde SO₂ konsantrasyonun fazla olduğu dönemlerde havadaki nem H₂SO₄ konsantrasyonunu artırdığı için bu durumlarda nemli hava olumsuz bir rol oynamaktadır. Özellikle kış döneminde sisli günlerinde fazla olması hava kirliliğini olumsuz bir şekilde etkilemektedir.

Sıcaklık

Erzurum ilinde hava kirliliğine ısınma ve motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtların neden olduğu bilinmektedir. Kışın hava sıcaklığının 15°C'nin altına düştüğü dönemlerde ısınma amaçlı yakıt kullanılmasına başlanmaktadır. Bu durum hava sıcaklığı 15°C'nin üzerine çıktığı dönemlere kadar devam etmektedir. Erzurum'da ısınma amaçlı yakma süresi genellikle Eylül ayında başlar Mayıs ayı sonuna kadar devam eder. Bu da Erzurum'da 9 ay süren yanma süresi olduğunu göstermektedir. Ortalama sıcaklık değerlerinden başka günlük en yüksek ve en düşük sıcaklıklarda yanma süresine etki etmektedir. Kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında ısınma işlemi azami seviyede olduğu için hava kirliliği bu aylarda en yüksek seviyelere ulaşmaktadır.

Yağışlar

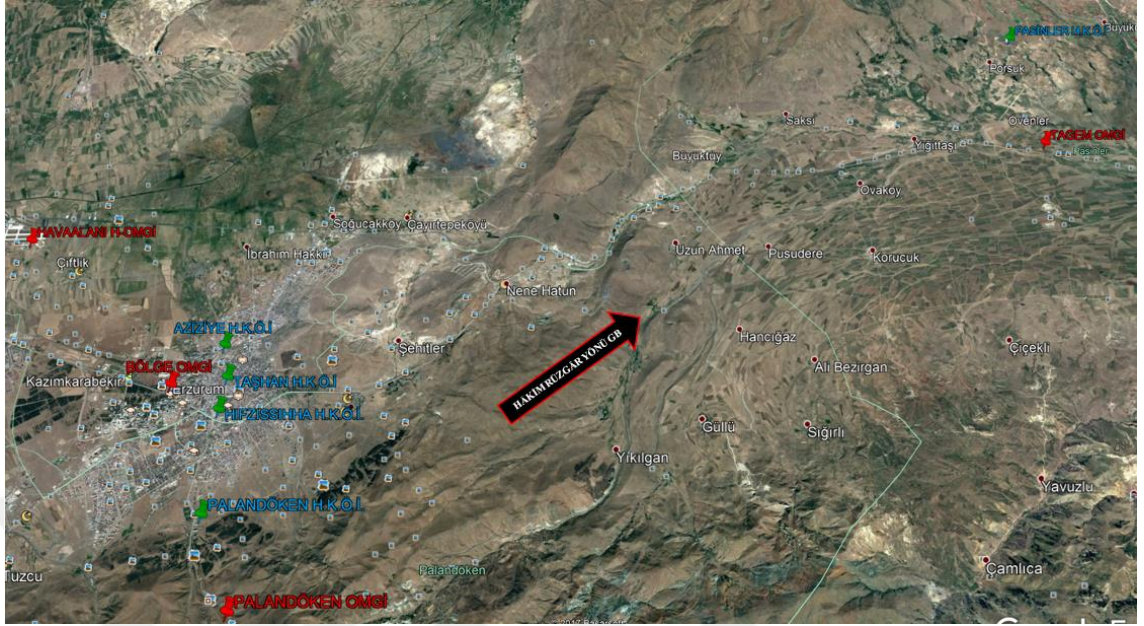
Yağışlar hava kirleticilerini arındırma görevini görmektedir. Yağmur ve kar yağışı hava kirliliğini azaltma açısından olumlu etki göstermektedir. Erzurum'da en çok yağış alan aylar nisan, mayıs, eylül, ekim, kasım ve aralık aylarıdır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmanın kirlilik verileri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından şehrin belirli yerlerine yerleştirilen 5 istasyon tarafından yayınlanan hava kirliliği günlük ölçüm sonuçlarından ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen meteorolojik verilerinden sağlanmıştır. Erzurum ilinde hava kirliliği ölçümlerine 2003 yılında başlanmış olup halen 5 istasyonla (Palandöken, Erzurum Halk Sağlığı Müdürlüğü Laboratuvarı, Devlet Demir Yolları, Menderes Caddesi, Pasinler) devam edilmektedir. Araştırmada 2016-2017 kış dönemi incelenmiştir. Ayrıca konu ile alakalı yapılmış diğer çalışmalar, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), çeşitli kurum ve kuruluşlardan sağlanan veriler araştırmanın diğer veri kaynaklarını oluşturmuştur.

Şekil 3.1 de Erzurum İlinde bulunan Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne bağlı olan Hava Kalitesi Ölçüm İstasyonları (HKÖİ) İle Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 12. Bölge Müdürlüğüne bağlı olan (Havaalanı, Pasinler, Palandöken, Meteoroloji Bahçe) Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonlarının (OMGİ) uydu görüntüleri verilmiş olup Erzurum İli hâkim rüzgar yönü (SW) Güney Batı olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.1. HKÖİ ve OMĞİ uydu görüntüleri

Erzurum İlinde bulunan (Palandöken, Devlet Demir Yolları, Menderes Caddesi, Pasinler) Ölçüm istasyonunda, Thermo Marka 5014i Beta Model sürekli ortam Partikül monitörü, Model 43i SO₂ analiz cihazı, Model 42i NO-NO₂-NO_x tahlil cihazı, Model 48i Gaz Filtresi bağlantılı CO Analizörü bulunmakta olup 5014i Beta Model, beta zayıflama kullanımı ile sürekli olarak askıya alınmış ve rafine partiküllerin (Örn; TSP, PM₁₀, PM_{2,5} ve PM) kütle konsantrasyonunu ölçer. Cihazın ölçüm aralığı 0-10.000 µg/m³, çözünürlüğü 0,1 µg/m³, çalışma aralığı -30°C ve 50°C'dir. Model 42i, NO konsantrasyonuna doğrusal orandaki yoğunlukla bir karakteristik luminans üretmek için Nitrik Oksit (NO) ve Ozon (O₃) prensibi ile çalışır. Model 48i CO Analizörü, Gaz Filtresi Kolerasyonunu kullanarak CO derişimini ölçer. Yine ilimizde bulunan (Erzurum Halk Sağlığı Müdürlüğü Laboratuvarı) Ölçüm İstasyonunda ise yukarıdaki istasyonlardan farklı olarak, BAM 1020 marka Beta Model sürekli ortam Partikül Monitörü ve HORİBA APS-360 SO₂ ortam monitörü bulunmaktadır. Bu cihazlar tarafından ölçülen ölçüm sonuçları ön panel ekranına, analog çıkışlara verilir ve aynı zamanda seri veya Ethernet bağlantısı üzerinden Çevre ve Şehircilik Bakanlığı www.havaizleme.gov.tr adresinden online olarak yayınlanır.



a) Taşhan istasyon dış görünüş



b) Taşhan istasyon iç görünüş



c) TCDD istasyon dış görünüş



ç) TCDD istasyon iç görünüş



d) Model 5014i



e) Model 43i



f) Model 42i



g) Model 48i



ğ) BAM 1020



h) HORIBA

Şekil 3.2. Hava kalitesi ölçüm istasyonu resimleri

3.2. Yöntem

Hava kirliliği parametreleri ve meteorolojik parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. Regresyon denklemi oluşturulurken kirlenici parametreler bağımlı değişken, meteorolojik parametreler ise bağımsız değişken olarak dikkate alınmıştır. Kirlenici ve meteoroloji parametrelerinin çok sayıda olması ve bu parametrelerin önem seviyelerinin değişmesi sebebiyle kademeli değişken seçimi ile regresyon (stepwise regression) analizi yapılmıştır.

Stepwise regresyon yöntemi sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir. Stepwise regresyon yöntemi, her aşamada bir değişkenin ilave edildiği veya eksiltildiği aşamalı bir algoritmadır. Herhangi bir aşamada, bir değişkenin ilave edilmesi veya çıkarılması ile

ilgili ölçüt, kısmi F-sınamasıdır. Birinci basamakta bağımlı değişkenle en yüksek korelasyona sahip olan bağımsız değişken seçilerek basit doğrusal regresyon doğrusu belirlenir. Seçilen bağımsız değişken diğer bağımsız değişkenlere göre en büyük F değerinin bulunmasını sağlamaktadır. İkinci basamakta, kalan k-1 değişken için tek tek deneme yapılarak F_j değerleri hesaplanıp, en büyük F_j değeri veren j inci değişken, ikinci değişken olarak modele sokulabilir (Armutlulu 2000).

Stepwise regresyon analizi şu şekilde gösterilebilir.

$$Y = A + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \epsilon \quad (3.1)$$

(3.1) nolu denklemde A regresyon sabitini, β regresyon katsayısını, ϵ ise hata katsayısını göstermektedir. Bu analizde β_1 , β_2 ve β_3 regresyon katsayıları en küçük kareler metodu kullanılarak elde edilmiştir. Bu metot hata katsayısını minimum değerde tutmaktadır. Sabitin ve regresyon katsayılarının önemlilik dereceleri T dağılımı kullanılarak test edilmiştir.

Bağımlı değişkendeki Y bir birimlik değişimin % kaçının bağımsız değişken (X) tarafından tanımlanabildiğini belirtmek amacıyla belirleyicilik katsayısı olan R^2 hesaplanır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında tam bir bağlantı varsa ve korelasyon katsayısı -1 ve +1'e çok yakın çıkmışsa bunların karesi de 1'e yakın olacaktır. Bunun gibi durumlarda bağımlı değişkenin sadece bağımsız değişken tarafından etkilendiği sonucu ortaya çıkmaktadır (Kabukçu 1994; Ünver ve Gamgam 1999).

$$R_{Y.X}^2 = 1 - \frac{\text{Regresyonla açıklanamayan kısım}}{\text{Toplam kareler toplamı}} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.2)$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Kirleticilerin ve Meteorolojik Faktörlerin İstatistiksel Özellikleri

Bu çalışmada 5 ölçüm istasyonunda PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO, NO₂, NO_x ve bazı meteorolojik faktörlerin SPSS 20 paket programı yardımı ile medyan, standart sapma, çarpıklık gibi çeşitli istatistiksel özellikleri belirlenmiş ve hesaplanan değerler Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Hıfzıssıhha İstasyonundaki istatistiksel özellikler

	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	RHIZ m/s	SIC °C	NEM %	YAĞIŞ kg/m ²
Veri Sayısı	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Mode	70	52	74	95	168	0,4	-3,5	72,1	0
Medyan	51,67	25,5	35,4	70,7	106	0,73	-2,88	72,95	0,04
Minimum	8	2	3	20	24	0,3	-22,9	35,9	0
Maximum	206	122	226	148	373	4,4	13	95,2	18,3
Aritmetik Ort.	60,91	38,03	49,42	75,07	124,47	1,02	-2,86	70,46	0,73
Geometrik Ort.	49,37	24,87	34,35	69,68	108	0,81	0	69,22	0
Standart Sapma	40,11	31,82	42,45	28,01	67,78	0,78	8,07	12,51	2,12
Çarpıklık	1,3	0,86	1,59	0,4	1,14	1,81	-0,02	-0,65	4,7

Çizelge 4.2. Aziziye İstasyonundaki istatistiksel özellikler

	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	RHIZ m/s	SIC °C	NEM %	YAĞIŞ kg/m ²
Veri Sayısı	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Mode	79	10	9	31	39	0,5	-17,8	74,8	0
Medyan	82,4	22	25,6	53,3	78,75	2,029	-4,6	76,37	0,05
Minimum	12	3	2	11	14	0	-28,8	46,3	0
Maximum	405	185	153	159	312	8,2	11,2	96,4	14,8
Aritmetik Ort.	100,06	29,13	30,59	56,76	87,38	2,34	-5,32	75,16	0,55
Geometrik Ort.	77,24	21,74	20,74	49,10	71,30	0	0	74,47	0
Standart Sapma	70,17	23,64	27,65	29,25	55,33	1,66	9,42	9,81	1,86
Çarpıklık	1,27	2,27	1,74	0,7	1,18	1,06	-0,24	-0,73	5,04

Çizelge 4.3. Taşhan İstasyonundaki istatistiksel özellikler

	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	RHIZ m/s	SIC °C	NEM %	YAĞIŞ kg/m ²
Veri Sayısı	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Mode	42	125,4	45	63	108	0,4	-3,5	72,1	0
Medyan	95,5	71,35	75	74,5	151	0,7	-2,9	72,95	0
Minimum	18	13,14	8	13	22	0,3	-22,9	35,9	0
Maximum	400	545,71	337	183	519	4,4	13	95,2	18,3
Aritmetik Ort.	116,20	102,13	92,75	80,37	173,04	1,02	-2,86	70,46	0,73
Geometrik Ort.	93,78	75,53	73,10	73,07	148,31	0,81	0	69,22	0
Standart Sapma	77,69	84,33	64,1	32,83	94,6	0,78	8,07	12,51	2,12
Çarpıklık	1,27	1,87	1,31	0,51	1,03	1,81	-0,02	-0,65	4,7

Çizelge 4.4. Palandöken İstasyonundaki istatistiksel özellikler

	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	RHIZ m/s	SIC °C	NEM %	YAĞIŞ kg/m ²
Veri Sayısı	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Mode	13	4	3	21	20	3,6	-6,4	84,9	0
Medyan	13	7	3	18	20	3,35	-4,2	65,85	0
Minimum	3	1	0	3	4	1	-18,6	8,7	0
Maximum	125	20	20	93	114	9,7	10,9	98,5	18,4
Aritmetik Ort.	15,50	7,07	3,57	19,79	23,35	3,72	-4,18	61,20	0,93
Geometrik Ort.	12,79	6,22	0	16,33	19,44	3,38	0	56,15	0
Standart Sapma	12,12	3,43	2,63	14,42	16,49	1,67	6,56	21,54	2,17
Çarpıklık	4,64	0,8	3,06	2,87	2,77	1,09	0,18	-0,52	4,52

Çizelge 4.5. Pasinler İstasyonundaki istatistiksel özellikler

	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)	RHIZ m/s	SIC °C	NEM %	YAĞIŞ kg/m ²
Veri Sayısı	182	182	182	182	182	182	182	182	182
Mode	10	3	0	3	6	1	-4,6	81	0
Medyan	20,5	5	0	7	8	1,4	-4,25	80,7	0
Minimum	1	0	-1	2	2	0,7	-28,2	42,3	0
Maximum	141	17	2	32	34	7,5	13,4	100	11,9
Aritmetik Ort.	31,05	5,66	0,38	8,69	9,30	2,09	-5,68	78,68	0,51
Geometrik Ort.	20,39	0	0	7,01	7,72	1,72	0	77,52	0
Standart Sapma	29,25	3,34	0,51	5,92	5,99	1,5	10,17	12,83	1,55
Çarpıklık	1,7	1,33	0,5	1,43	1,48	1,57	-0,19	-0,67	4,14

Çizelge 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5’de görüldüğü üzere PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , NO , NO_2 , NO_x kirletici konsantrasyonlarında pozitif çarpıklık görülmektedir. PM_{10} için en büyük değer $405 \mu g/m^3$ ile aziziye istasyonunda aralık ayında, en küçük değer $1 \mu g/m^3$ ile Pasinler istasyonunda kasım ayında ölçülmüştür. Benzer diğer literatür çalışmalarında da Erzurum kent atmosferinde insan sağlığı ve çevreye tehlikeli olan Partikül maddelerin kitle yoğunlukları ile ilgili çalışmalar neticesinde elde edilen sonuçlar ile bu çalışmanın örtüştüğü görülmüştür (Bayraktar vd 2008). Bayraktar ve arkadaşları, Kış sezonunda siyah dumanın dağılımını Kriging modelini uygulayarak belirlemişlerdir. Erzurum kent atmosferinde örnek periyotta TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$ yoğunluklarını sırasıyla 129, 31 ve $13 \mu g/m^3$ ölçmüşlerdir. Rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü gibi meteorolojik faktörlerin PM_{10} ve özellikle $PM_{2.5}$ yoğunluğu üzerine etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Çalışmada geometrik ortalama değerleri aritmetik ortalamadan küçük olup medyan değerine yakın çıkmıştır. Geometrik ortalamayı değerlendirmeye almak hava kirliliği ve meteoroloji gibi pek çok değişken verisi bulunan çalışmalarda daha doğru bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Çünkü bu çalışmalar da bazı verilerin aşırı büyük değerlere sahip olması aritmetik ortalamayı kolay bir şekilde etkilemekte ve ortalamanın daha yüksek konsantrasyonlara yaklaşmasını sağlamaktadır. Bundan dolayı geometrik ortalama ve medyan, büyük değişimler gösteren bu gibi verilerde istatistiksel olarak değerlendirilirken bizlere daha tutarlı sonuçlar vermesi açısından önemlidir (Bayraktar ve Turalioğlu 2008).

4.2. Regresyon Analiz Sonuçları

Bu çalışma kapsamında 5 ölçüm istasyonundan toplanan ölçüm değerleri göz önüne alınmıştır. Meteorolojik parametreler ile hava kirletici parametrelerin seviyelerinin daha iyi açıklanabilmesi için hesaplamalarda kış dönemi değerleri kullanılmıştır. 5 kirletici değişken (SO_2 , PM_{10} , NO , NO_2 ve NO_x) bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. Ölçüm istasyonlarından Taşhan bölgesinde $PM_{2.5}$ ölçülmekte, SO_2 ölçümü yapılmamaktadır. Bu nedenle SO_2 yerine Taşhan bölgesi için bağımlı değişken olarak $PM_{2.5}$ alınmıştır. Bağımsız değişken olarak ise rüzgâr hızı, sıcaklık, bağıl nem, yağış, bir gün önceki

PM₁₀ ve bir gün önceki SO₂ Taşhan için ise bir gün önceki PM_{2,5} ele alınmıştır. Her bir bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında stepwise regresyon analizi yapılmış olup denkleme giren ve girmeyen değişkenler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Denkleme giren değişkenlerden herhangi bir bağımsız değişken çıkarılıp stepwise regresyona, geriye kalan bağımsız değişkenlerle devam edildiğinde sonuç değişmemekte, yine denkleme girmeyen değişken dışındaki bağımsız değişkenler denkleme girmektedir. Yapılan regresyon analizlerinin incelenmesi sonucunda 25 denklem elde edilmiş ve rüzgar hızının hakim bağımsız değişken olduğu görülmektedir. 25 denklemin 16'sında kirlilik yoğunluğunu birinci derecede etkileyen faktör rüzgâr hızı olmuştur. Tüm denklemlerde rüzgâr hızı kirlilik konsantrasyonlarını azaltıcı bir etkiye sahip olmuştur. Bu durum rüzgar hızı ile bağımlı değişkenler arasında negatif bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Rüzgar hızı havanın yatay hareketini sağlayarak kirli havanın dispersiyonunu ve dilüsyonunu sağlaması nedeniyle önemli bir meteorolojik değişkendir (Çiçek vd 2004).

Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi Hıfzıssıhha da ölçülen PM₁₀ değişimine bir önceki günün PM₁₀'nu, rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklığın etkilediği görülmektedir. PM₁₀ ile bir önceki günün PM₁₀'nu arasında pozitif yönlü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış arasında ise negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca değişkenler arasında da orta düzeyde bir ilişki vardır. Hıfzıssıhha bölgesinde ölçülen SO₂'nin değişimine en çok bir önceki günün SO₂'si ile rüzgâr hızının etkilediği hesaplanmıştır.

$$[SO_2]=9.70+0.90\times[Bir\ Önceki\ günün\ SO_2]-5.46\times[R.Hızı] \quad R^2=0.84 \quad (4.1)$$

(4.1) nolu eşitliğe göre; SO₂ seviyesi, bir önceki günün SO₂ değeri ile artmakta ve artan rüzgar hızı ile azalmaktadır. SO₂ miktarını bu denklem %84 civarında ilişkilendirmektedir (Çizelge 4.6). Yani SO₂'nin %16'sı ise iklim dışındaki faktörlere bağlıdır.

Turalioğlu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada; Erzurum ilinde 1995-2002 yılları arasında SO₂ ile meteorolojik parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla

stepwise regresyon analizi yapılmış olup elde edilen regresyon modelinde $R^2 = 0,74$ bulunmuştur. Bir önceki günün SO_2 yoğunluğu ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişkiyi gösteren modelde ise $R^2 = 0,53$ elde edilmiştir. İlk modele, bir önceki günün SO_2 si için oluşturan model ilave edildiğinde ise $R^2 = 0,92$ ye yükselmiştir. Model daha açıklayıcı bir duruma gelmiştir (Turalıoğlu vd 2005).

NO düzeyini sırasıyla rüzgâr hızı, sıcaklık ve bağıl nem değişkenleri anlamlı olarak etkilemektedir. NO ile bu değişkenler arasında negatif yönlü bir ilişki vardır. NO düzeyinin %48'i modele giren bağımsız değişkenlerce belirlenmektedir. NO_2 'nin değişimine ise rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış etki etmiştir. NO_2 ile rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış arasında negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Değişkenler arasında orta düzeyde bir ilişki görülmektedir. NO_x düzeyini de sırasıyla rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış değişkenleri anlamlı olarak etkilemektedir. NO_x ile bu değişkenler arasında da negatif yönlü bir ilişki vardır. NO_x düzeyinin %57'sinin modele giren bağımsız değişkenlerce belirlendiğini ifade etmektedir.

Aziziye bölgesinde en açıklayıcı model olan PM_{10} için Bir önceki günün PM_{10} 'u, rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklığın belirleyici bağımsız değişken olduğu görülmektedir.

$$[PM_{10}] = 185.42 + 0.51 \times [\text{Bir Önceki günün } PM_{10}] - 12.58 \times [R.Hızı] - 1.56 \times [\text{bağıl nem}] - 1.90 \times [sıcaklık] \quad R^2 = 0.72 \quad (4.2)$$

(4.2) nolu denklemde de görüldüğü gibi bir önceki günün PM_{10} 'undaki her bir birimlik artış, PM_{10} miktarında 0.51 birimlik artışa, Rüzgâr hızındaki 1 birimlik artış, PM_{10} miktarında 12.58 birimlik azalışa, bağıl nemdeki 1 birimlik artış PM_{10} miktarında 1.56 birimlik azalışa ve sıcaklıktaki 1 birimlik artış ise PM_{10} Miktarında 1.90 birimlik azalışa neden olmaktadır. PM_{10} seviyesini bu denklem %72 düzeyinde ilişkilendirmektedir (Çizelge 4.6).

Tabloda görüldüğü gibi Taşhan ve Pasinlerde ölçülen PM_{10} 'un değişimine de bir önceki günün PM_{10} 'nu, rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklığın etkilediği görülmektedir. PM_{10} ile

bir önceki günün PM_{10} 'nu arasında pozitif yönlü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve yağış arasında ise negatif yönlü bir ilişki bulunmaktadır. Değişkenler arasında da orta düzeyde bir ilişki olduğu görülmektedir. Palandöken bölgesinde ise PM_{10} 'nun değişimine bir önceki günün PM_{10} 'nu ve sıcaklığın etki ettiği görülmekte olup PM_{10} ile sıcaklık arasında pozitif yönlü bir ilişki olmuştur.

Aziziye bölgesinde ölçülen SO_2 'nin değişimine en çok bir önceki günün SO_2 'si, rüzgâr hızı ve sıcaklığın etkilediği belirlenmiştir. Aralarında iyi bir ilişki vardır. SO_2 ile bir önceki günün SO_2 'si arasında pozitif yönlü, rüzgâr hızı ve sıcaklık arasında da negatif yönlü bir ilişki vardır. Hava sıcaklığı düştüğünde ısınma amacıyla kükürt içeren sıvı ve katı fosil yakıtların kullanımı ile atmosferdeki SO_2 düzeyleri artmakta ve aralarında negatif korelasyon gözlenmektedir. NO , NO_2 ve NO_x düzeylerini sırasıyla rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri anlamlı olarak etkilemektedir. Bağımlı değişkenler ile rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri arasında negatif yönlü bir ilişki vardır. Bu durum NO düzeyinin %53'ünün, NO_2 düzeyinin %68'inin ve NO_x düzeyinin de %63'ünün modele giren bağımsız değişkenlerce belirlendiğini ifade etmektedir.

Palandöken bölgesinde SO_2 'nin değişimine bir önceki günün SO_2 'si ve rüzgâr hızının etkilediği belirlenmiştir. Aralarında orta bir ilişki vardır. SO_2 ile bir önceki günün SO_2 'si arasında pozitif yönlü, rüzgâr hızı arasında da negatif yönlü bir ilişki vardır. NO düzeyini bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri etkilemektedir. NO ile bu değişkenler arasında negatif yönlü bir ilişki vardır. NO düzeyinin %21'inin modele giren bağımsız değişkenlerce belirlendiğini ifade etmektedir. NO_2 'nin değişimine ise sadece sıcaklık etki etmiştir. NO_2 ile sıcaklık arasında negatif yönlü bir ilişki vardır. Sıcaklık arttıkça NO_2 'nin miktarı azalmaktadır. NO_x düzeyini de sırasıyla bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri etkilemektedir. NO_x ile bu değişkenler arasında da negatif yönlü bir ilişki vardır. NO , NO_2 ve NO_x değişkenleri ile bağımsız değişkenler arasında zayıf bir ilişki görülmektedir. Tanımlayıcılık katsayısı olan R^2 'nin Bağımlı değişkenler için nispeten düşük değerler almasının temelinde bağımlı değişken düzeylerini direkt yükselten sıvı ve katı fosil yakıt miktarı gibi değişkenlerin çalışmaya dâhil edilmemiş olmasının yatmakta olduğu söylenebilir.

Taşhan bölgesinde PM_{2,5}'un değişimine bir önceki günün PM_{2,5}'u, rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklığın etkilediği belirlenmiştir. Aralarında iyi bir ilişki vardır. PM_{2,5} düzeyinin %74'ünün modele giren bağımsız değişkenlerce belirlendiğini ifade etmektedir. NO düzeyini rüzgâr hızı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri etkilemektedir. NO ile bu değişkenler arasında negatif yönlü bir ilişki vardır. Aralarında orta bir ilişki söz konusudur. NO₂ için rüzgâr hızı, bağıl nem, sıcaklık ve yağışın belirleyici bağımsız değişken olduğu görülmektedir.

$$[NO_2]=129.37-19.65 \times [R.Hızı]-0.48 \times [bağılnem]-2.33 \times [sıcaklık]-2.13 \times [yağış]$$

$$R^2=0.65. \quad (4.3)$$

(4.3) nolu denklemde de ifade edildiği gibi rüzgâr hızındaki bir birimlik artma, NO₂ miktarında 19.65 birimlik azalışa, bağıl nemdeki 1 birimlik artma, NO₂ miktarında 0.48 birimlik azalışa, sıcaklıktaki 1 birimlik artma NO₂ miktarında 2.33 birimlik azalışa ve yağıştaki 1 birimlik artma NO₂ miktarında 2.13 birimlik azalışa neden olmaktadır. NO₂ seviyesini bu denklem %65 düzeyinde ilişkilendirmektedir.

NO_x düzeylerini sırasıyla rüzgâr hızı, bağıl nem, sıcaklık ve yağış değişkenleri anlamlı olarak etkilemektedir. Bu bağımlı değişkenler ile rüzgâr hızı, bağıl nem, sıcaklık ve yağış değişkenleri arasında negatif yönlü bir ilişki vardır.

Pasinler bölgesinde ise SO₂'nin değişimine en çok bir önceki günün SO₂'si, rüzgâr hızı ve sıcaklığın etkilediği belirlenmiştir. Aralarında iyi bir ilişki vardır. SO₂ ile bir önceki günün SO₂'si arasında pozitif yönlü, rüzgâr hızı ve sıcaklık arasında da negatif yönlü bir ilişki vardır. NO düzeyini sadece sıcaklık etkilemiştir. NO ile sıcaklık arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir. Ancak aralarında çok zayıf bir ilişki vardır. NO₂ ve NO_x düzeylerini sırasıyla bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri etkilemektedir. Bu bağımlı değişkenler ile bağıl nem arasında pozitif, sıcaklık ile arasında negatif yönlü bir ilişki vardır. Yine aralarındaki ilişki zayıf düzeydedir. (Çizelge 4.6). Atmosferdeki bağıl nem oranı Erzurum'da kış aylarında artmakta olup, kış dönemi ortalaması yaklaşık olarak %74'tür. Nem hava sıcaklığının düşmesi ile yoğunlaşarak sis oluşturmakta ve sis

havadaki SO₂'i sülfürik asite çevirerek hava kirliliğinin zararlı etkilerini artırmakta, aynı zamanda güneş ışınlarının yerküreye ulaşmasını azaltarak ısınmayı geciktirmekte ve hava sıcaklığının artmamasına dolaylı katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle nem oranı arttıkça SO₂ ve daha önemli olarak ta partikül madde düzeyleri üzerinde yükseltici etki göstermektedir.

Başka bir çalışmada ise; Çin'in 31 şehrinde hava kirliliği parametreleri ile meteorolojik faktörler arasındaki ilişki incelenmiştir. Ocak 2014-Aralık 2015 döneminde hava ölçüm istasyonlarından alınan CO, NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2,5} ve SO₂ ölçüm sonuçları ile sıcaklık, bağıl nem, rüzgâr hızı, rüzgar yönü ve basınç meteorolojik faktörleri ele alınmıştır. Araştırmada en fazla hava kirliliğinin Kuzey Çin'de olduğu belirlenmiştir. CO, NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} ve SO₂ için ortalama yoğunlukların sırasıyla %5.5, %4.9, %11.4, %12.0 ve %21.5 olduğu ve O₃ için ise %7.4 olduğu tespit edilmiştir. Çin'de en yüksek kirlilik parametresi olarak PM_{2,5} belirlenmiş olup bunu PM₁₀, O₃, NO₂, SO₂ ve CO takip etmiştir. O₃ dışındaki kirlilik parametreleri ile sıcaklık arasında pozitif, rüzgâr hızı arasında negatif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Kuzey Çin'de kirlilik parametreleri ile bağıl nem arasında pozitif yönlü ilişki, kuzey batı ve diğer bölgelerde negatif yönlü ilişki görülmüştür. Çalışmada meteorolojik faktörlerin hava kirliliğine %70 den fazla etkisinin olduğu belirlenmiş olup 2015 yılında 2016 yılına göre hava kalitesinin daha iyi olduğu tespit edilmiştir (He *et al.* 2017).

Çizelge 4.6. Regresyon analiz sonuçları

HKÖİ ile OMGİ	Bağımlı Değişkenler	Denklemdaki Değişkenler	Doğrusal İlişki	Belirleyicilik Katsayısı, R ² (%)	İlişkinin Düzeyi
HIFZISSİHHA (HKÖİ) ile BÖLGE (OMGİ) (Ekim-Mart)	PM ₁₀	PM ₁₀ /ÖnPM ₁₀ , R.Hızı, B.Nem, Sıc.	ÖnPM ₁₀ +, R.Hızı-, B.Nem -, Sıc. -	59	Orta
	SO ₂	SO ₂ /ÖnSO ₂ ,R.Hızı	ÖnSO ₂ + , R.Hızı -	84	İyi
	NO	NO/R.Hızı,B.Nem,Sıc.	R.Hızı -, B.Nem -, Sıc. -	48	Orta
	NO ₂	NO ₂ /R.Hızı,Sıc.,Yağış	R.Hızı -, Sıc. -, Yağış -	66	Orta
	NO _x	NO _x /R.Hızı,Sıc.,Yağış	R.Hızı -, Sıc. -, Yağış -	57	Orta
AZİZİYE (HKÖİ) İle HAVAALANI (OMGİ) (Ekim-Mart)	PM ₁₀	PM ₁₀ /ÖnPM ₁₀ ,R. Hızı,B. Nem,Sıc.	ÖnPM ₁₀ +,R. Hızı-,B. Nem -,Sıc. -	72	İyi
	SO ₂	SO ₂ /ÖnSO ₂ ,R.Hızı,Sıc.	ÖnSO ₂ + , R.Hızı - , Sıc. -	48	Orta
	NO	NO/R.Hızı,B.Nem,Sıc.	R.Hızı -, B.Nem -, Sıc. -	53	Orta
	NO ₂	NO ₂ /R.Hızı,B.Nem,Sıc.	R.Hızı -, B.Nem -, Sıc. -	68	Orta
	NO _x	NO _x /R.Hızı,B.Nem,Sıc.	R.Hızı -, B.Nem -, Sıc. -	63	Orta
PALANDÖKEN (HKÖİ) İle PALANDÖKEN (OMGİ) (Ekim-Mart)	PM ₁₀	PM ₁₀ /ÖnPM ₁₀ ,Sıc.	ÖnPM ₁₀ +,Sıc. +	35	Zayıf
	SO ₂	SO ₂ /ÖnSO ₂ ,R.Hızı	ÖnSO ₂ + , B.Nem -, Yağış. -	46	Orta
	NO	NO/B.Nem,Sıc.	B.Nem -, Sıc. -	21	Zayıf
	NO ₂	NO ₂ /Sıc.	Sıc. -	25	Zayıf
	NO _x	NO _x /B.Nem,Sıc.	B.Nem -, Sıc. -	26	Zayıf
TAŞHAN (HKÖİ) İle BÖLGE (OMGİ) (Ekim-Mart)	PM ₁₀	PM ₁₀ /ÖnPM ₁₀ ,R. Hızı,B. Nem,Sıc.	ÖnPM ₁₀ +,R. Hızı -,B.Nem -,Sıc. -	63	Orta
	PM _{2.5}	PM _{2.5} /ÖnPM _{2.5} ,R. Hızı,B. Nem,Sıc.	ÖnPM _{2.5} +,R. Hızı-,B. Nem-,Sıc. -	74	İyi
	NO	NO/R.Hızı,B.Nem,Sıc.	R.Hızı -, B.Nem -, Sıc. -	56	Orta
	NO ₂	NO ₂ /R.Hızı,B.Nem,Sıc.,Yağış.	R.Hızı -, B.Nem -, Sıc. -,Yağış. -	65	Orta
	NO _x	NO _x /R.Hızı,B.Nem,Sıc.,Yağış.	R.Hızı -, B.Nem -, Sıc. -,Yağış. -	62	Orta
PASİNLER (HKÖİ) İle PASİNLER (OMGİ) (Ekim-Mart)	PM ₁₀	PM ₁₀ /ÖnPM ₁₀ ,R. Hızı,Sıc.	ÖnPM ₁₀ +,R. Hızı -,Sıc. -	72	İyi
	SO ₂	SO ₂ /ÖnSO ₂ ,R.Hızı,Sıc.	ÖnSO ₂ + , R.Hızı - , Sıc. -	72	İyi
	NO	NO/Sıc.	Sıc. -	1	Çok Zayıf
	NO ₂	NO ₂ /B.Nem,Sıc.	B.Nem +, Sıc. -	29	Zayıf
	NO _x	NO _x /B.Nem,Sıc.	B.Nem +, Sıc. -	29	Zayıf

Çizelge 4.6’da görüleceği üzere en iyi ilişki düzeyi, belirleyicilik katsayısı, $R^2(\%)$ 84 olan Hıfzıssıhha ölçüm istasyonundaki SO_2 bağımlı değişkeni ile bir gün önceki SO_2 ile rüzgar hızı arasında olmuştur. Bağımlı değişken olan SO_2 ile bağımsız değişken olan bir gün önceki SO_2 arasında pozitif, rüzgâr hızı ile negatif ilişki gerçekleşmiştir. Dolayısı ile bir gün önceki SO_2 miktarındaki artış bağımlı değişken SO_2 konsantrasyonunu arttırmıştır. Yine rüzgâr hızındaki artış SO_2 konsantrasyonunda azalmaya sebebiyet vermiştir.

Analiz sonuçlarının geneline bakıldığında ilişki düzeylerinin genelinen iyi ve orta seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Genellikle bağımlı değişkenler üzerinde rüzgâr hızı ve sıcaklık bağımsız değişkenlerinin negatif yönde bir gün önceki PM_{10} , $PM_{2.5}$ ve SO_2 bağımsız değişkenlerinin ise pozitif yönde etkili olduğu görülmektedir.

4.3. 2016-2017 Yılı Kış Aylarında Meteorolojik Parametreler ile Kirleticiler Arasındaki İlişki

2016-2017 yılı kış döneminde (Ekim-Mart ayları) 5 ayrı ölçüm istasyonunda günlük olarak ölçülen ortalama meteorolojik parametreler ile kirletici parametreler arasındaki ilişkiye bakıldığında, 5 kirletici parametre ile meteorolojik parametreler arasında ilişkiler aşağıdaki gibi saptanmıştır.

4.3.1. Rüzgâr hızı ile kirletici parametreleri arasındaki ilişki

Erzurum ilinde bulunan 5 ölçüm istasyonunda ki 5 kirletici parametre ile 4 gözlem istasyonundan elde edilen rüzgâr hızı arasındaki ilişki incelendiğinde aşağıdaki çizelgeler elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Rüzgâr hızı ile kirlleticiler arasındaki ilişki**a) Hıfzıssıhha İstasyonu**

Rüzgâr Hızı m/s	PM₁₀ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
0 - 1	77.2	40.2	65.1	87.3	152.4
1 - 2	33.3	36.9	22.2	55.8	78.1
2 - 3	29.9	33	18.3	47.5	66.1
3 - 4	19.2	16	21	44.6	65.6
4 - 5	32	8	15	38	52

b) Aziziye İstasyonu

Rüzgâr Hızı m/s	PM₁₀ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
0 - 1	173,7	44,8	56,1	87,7	143,9
1 - 2	111,7	35,1	34,9	63,1	97,9
2 - 3	77,2	25,9	21,9	47,9	69,9
3 - 4	51,6	13,3	11,5	32,8	44,3
4 - 5	29	11,3	14,4	39,3	53,7
5 +	38,6	12,2	8,2	21,6	29,9

c) Palandöken İstasyonu

Rüzgâr Hızı m/s	PM₁₀ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
0 - 1	13	3	3	20	23
1 - 2	16	7,5	3,2	16,5	19,8
2 - 3	17,1	7,6	3,8	21,5	25,3
3 - 4	18,8	8,25	3,6	18,6	22,3
4 - 5	10,2	5,4	4,1	24,5	28,6
5 +	10,8	5,3	3,1	18,5	21,6

ç) Taşhan İstasyonu

Rüzgâr Hızı m/s	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2.5} (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
0 - 1	147,1	138,1	117,3	94,2	211,4
1 - 2	64,6	154,4	53,7	60,3	114,1
2 - 3	58,7	148,3	42,5	48,7	91,1
3 - 4	34,4	145,7	26,6	38,6	64,8
4 - 5	34	22,8	8	14	22

Çizelge 4.7. (devam)**d) Pasinler İstasyonu**

Rüzgâr Hızı m/s	PM₁₀ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
0 - 1	61,6	8,5	0,5	14,4	15,1
1 - 2	27,2	5,3	0,3	7,4	8,1
2 - 3	13,5	4,4	0,4	6,4	7,1
3 - 4	15,7	3,8	0,1	6,5	6,8
4 - 5	10,4	3,8	0,2	4,5	5
5 +	9	3,2	0,3	5,8	6,5

Rüzgar hızı ile tüm kirletici parametreler arasında negatif korelasyon vardır. (Çizelge: 4.7) Rüzgâr hızı arttıkça kirlilik yoğunluğu belirgin bir şekilde azalmaktadır. Bununla beraber rüzgâr hızı 4 ms⁻¹ nin üzerine çıktığında kirlilik miktarlarında bir artış görülmektedir. Bu durum, rüzgâr hızının yüksek olduğu ilk etapta değil, takip eden zamanlarda kirletici parametreleri ortamdan uzaklaştırılmasıyla ilgilidir.

4.3.2. Sıcaklık ile kirletici parametreleri arasındaki ilişki

Erzurum ilinde bulunan 5 ölçüm istasyonunda ki 5 kirletici parametre ile 4 gözlem istasyonundan elde edilen sıcaklık arasındaki ilişkiye bakıldığında aşağıdaki çizelgeler elde edilmiştir.

Çizelge 4.8. Sıcaklık ile kirleticiler arasındaki ilişki**a) Hıfzıssıhha İstasyonu**

Sıcaklık °C	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
-15+	130	41,8	139,1	121,2	260,2
(-15) - (-10)	79,5	46,8	69,2	90,67	159,7
(-10) - (-5)	86,5	58,7	66,9	98,25	165,1
(-5) - (0)	43,9	38,9	37,1	69,8	106,8
0 - 5	39,8	43,3	24,7	59,1	84
5 - 10	50,6	11,8	33,3	50,8	84,4
10+	45,9	6,6	29,4	53,6	83,2

b) Aziziye İstasyonu

Sıcaklık °C	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
-15+	173,2	46,5	65,1	93,1	158,1
(-15) - (-10)	116,4	37,6	34,3	69	103,5
(-10) - (-5)	99,4	34,5	32,9	62,6	95,6
(-5) - (0)	57,5	19,4	15,5	40,8	56,3
0 - 5	71,1	25,7	17,8	38,3	56,1
5 - 10	83,2	10,9	16,7	35,9	52,6
10+	110,2	11	23	44,2	67,7

c) Palandöken İstasyonu

Sıcaklık °C	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
-15+	10,3	5,4	4,3	27,3	31,7
(-15) - (-10)	12,7	6,3	5,7	28,8	34,5
(-10) - (-5)	11,7	6,8	3,7	23,4	27,1
(-5) - (0)	12,7	6,3	3,6	19,1	22,6
0 - 5	21,2	8,6	2,3	9,8	12,2
5 - 10	35,6	9,6	1,7	6,7	8,6
10+	36	11,3	1	5,3	6

Çizelge 4.8. (devam)

ç) Taşhan İstasyonu

Sıcaklık °C	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
-15	224,1	316,5	224,7	133,5	358,4
(-15) - (-10)	159,4	153,1	129,6	100,5	229,9
(-10) - (-5)	147	143,6	110,1	97,8	208
(-5) - (0)	93,2	138,5	77	73,8	150,7
0 - 5	79,4	47,8	51,1	59,6	110,7
5 - 10	91,1	49,2	69,3	59,6	129
10+	80	37,4	56,5	60	117,1

d) Pasinler İstasyonu

Sıcaklık °C	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
-15+	58,6	9,1	0,6	13,3	14,1
(-15) - (-10)	31,9	6,7	0,2	8,7	9,1
(-10) - (-5)	41	6,2	0,2	10,4	11,1
(-5) - (0)	17,1	4,4	0,4	7,1	7,7
0 - 5	11,7	3,8	0,3	5,5	6,2
5 - 10	15,7	3,1	0,1	6,8	7,1
10+	26,7	3,1	0,2	4,8	5,1

Çizelge 4.8'den anlaşılabacağı üzere; sıcaklık ile kirlilik parametreleri arasında belirli bir ilişki bulunamamakta, sıcaklığın artış gösterdiği bazı dönemlerde kirlilik oranları azalırken bazı dönemlerde ise artmaktadır. Bu durum sıcaklık dışındaki diğer parametrelerin de etkili olduğunu ifade etmektedir. Diğer bölgelerde bulunan ölçüm değerlerinde de benzer durum söz konusudur. Yine Bayraktar ve arkadaşlarının (2008) yaptığı çalışmada; Hava sıcaklığının TSP ve PM yoğunlukları üzerine etkili olmadığı görülmüş olup PM_{2.5} üzerine negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Diğer literatür çalışmaları incelendiğinde bu çalışmaya benzer olarak NO₂ için ise hem sıcaklık hem de basıncın baskın meteorolojik faktör olduğu belirlenmiştir (Bu Due *et al.* 2017).

4.3.3. Bağıl nem ile kirleticiler arasındaki ilişki

Erzurum ilinde bulunan 5 ölçüm istasyonunda ki 5 kirleticiler parametre ile 4 gözlem istasyonundan elde edilen bağıl nem arasındaki ilişki incelendiğinde aşağıdaki çizelgeler elde edilmiştir.

Çizelge 4.9. Bağıl nem ile kirleticiler arasındaki ilişki

a) Hıfzıssıhha İstasyonu

Bağıl Nem %	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
20 - 40	44	6,5	31,7	59,7	91,5
40 - 60	53,7	24,6	43,1	62,1	105,4
60 - 80	64	40,2	54,4	77,1	131,5
80	60,1	46,7	42,5	81,9	124,5

b) Aziziye İstasyonu

Bağıl Nem %	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
40 - 60	96,1	11,3	20,1	41,8	62,1
60 - 80	108,8	34,1	35,1	59,1	94,2
80	88,8	26,2	26,7	57,2	83,9

c) Palandöken İstasyonu

Bağıl Nem %	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NO _x (µg/m ³)
20%	13,1	5	5,14	17,1	22,4
20 - 40%	20,4	9,2	3,6	17,5	21,9
40 - 60%	16,6	7,4	4,1	21,6	25,8
60 - 80%	14,3	6,4	3,3	19,1	22,4
80%	12,8	6,3	2,8	20,9	23,8

Çizelge 4.9. (devam)**ç) Taşhan İstasyonu**

Bağıl Nem %	PM₁₀ (µg/m³)	PM_{2.5} (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
20 - 40%	88,5	40,8	58	70	127,5
40 - 60%	116,1	64,3	92,9	75,4	168,3
60 - 80%	119,5	112,5	96,2	82,5	178,7
80%	108,6	111,2	85,2	79,1	164,2

d) Pasinler İstasyonu

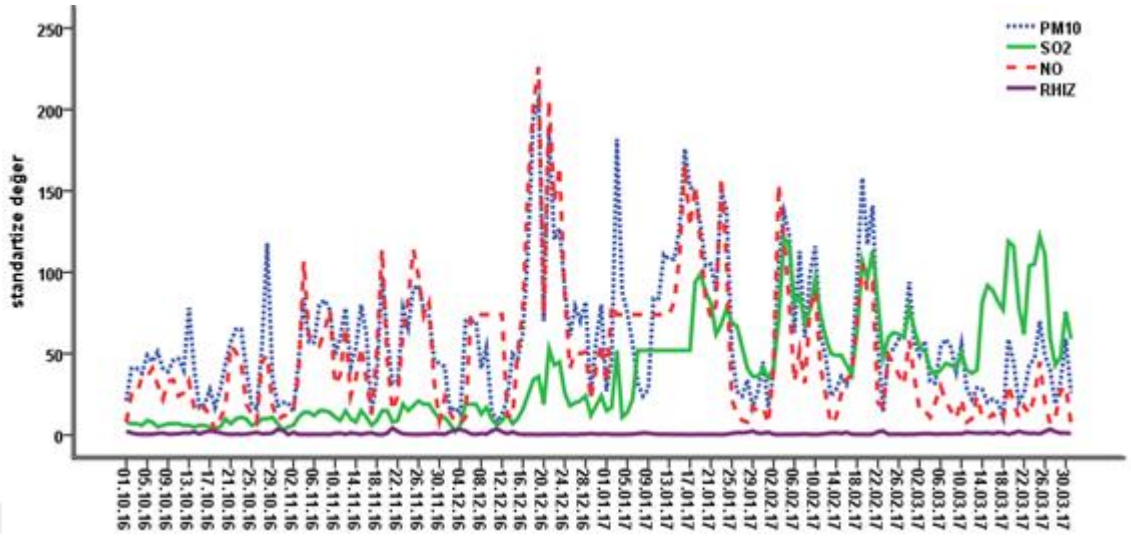
Bağıl Nem %	PM₁₀ (µg/m³)	SO₂ (µg/m³)	NO (µg/m³)	NO₂ (µg/m³)	NO_x (µg/m³)
40 - 60 %	21,5	3,1	0,2	5	5,4
60 - 80 %	25,7	5,4	0,3	7,5	8,2
80 - 100 %	36,3	6,2	0,4	10,1	10,7

Çizelge 4.9 incelendiğinde bağıl nemin yüksek olduğu dönemlerde genelde kirleticiler artmakta düşük olduğu dönemlerde ise azalmaktadır. Bu çalışmada da diğer çalışmalarda olduğu gibi kirlilik parametreleri ile bağıl nem arasında pozitif ilişki görülmüştür (He *et al.* 2017).

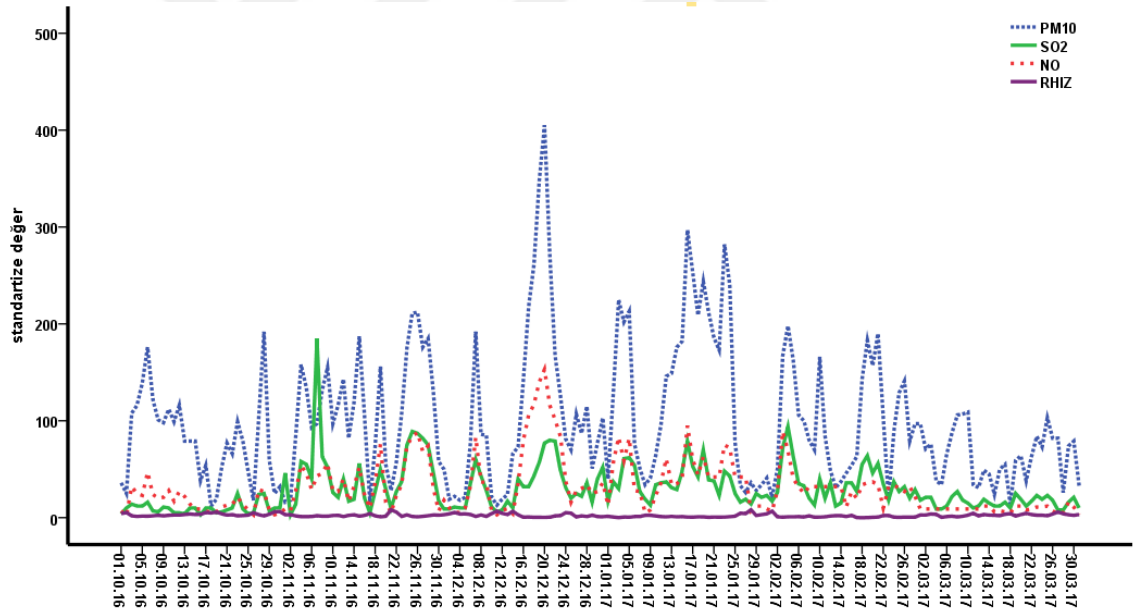
4.4. 2016-2017 Yılı Kış Aylarında Meteorolojik Parametreler ile Kirleticiler Arasındaki İlişkinin Çizgisel Grafiklerle İfadesi

4.4.1. Rüzgâr hızı ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin çizgisel grafiklerle ifadesi

Aşağıda 5 ayrı ölçüm istasyonunda, rüzgâr hızı ile kirleticiler arasındaki ilişki grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekillere bakıldığında rüzgâr hızının yüksek olduğu dönemlerde kirleticiler azalmakta, düşük olduğu dönemlerde ise artmaktadır.

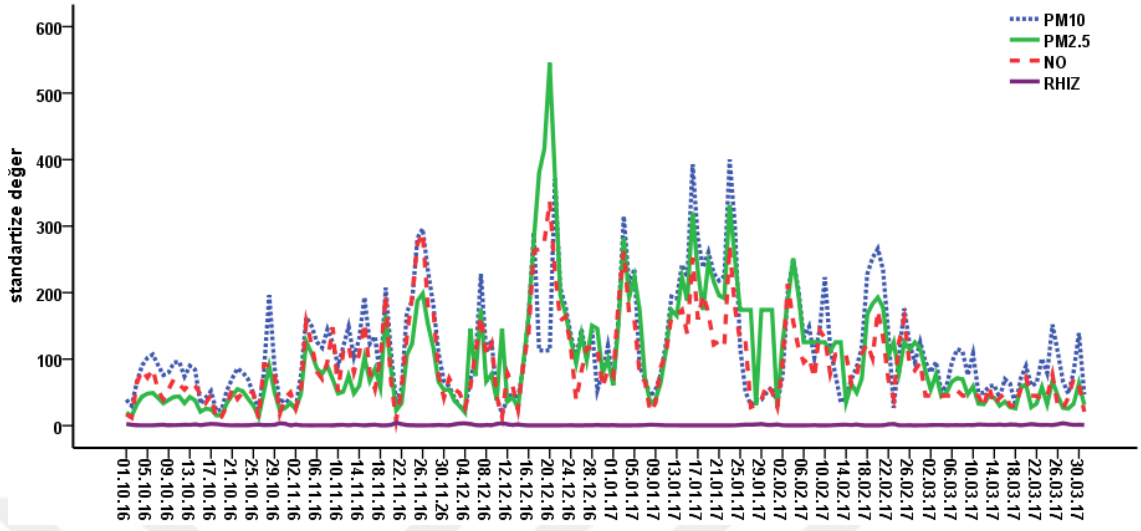


a) Hıfzısıhha istasyonu

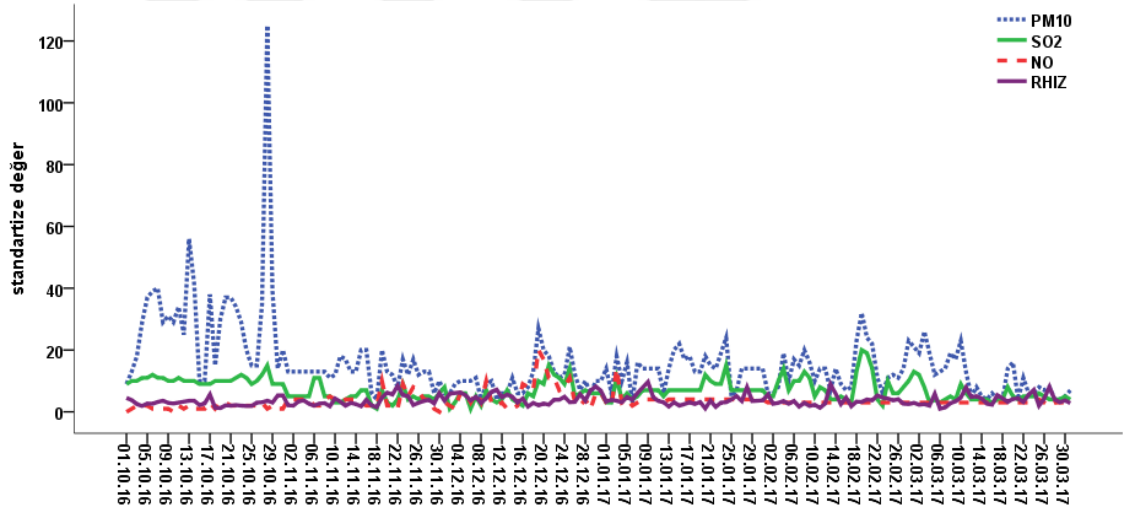


b) Aziziye İstasyonu

Şekil 4.1. (devam)

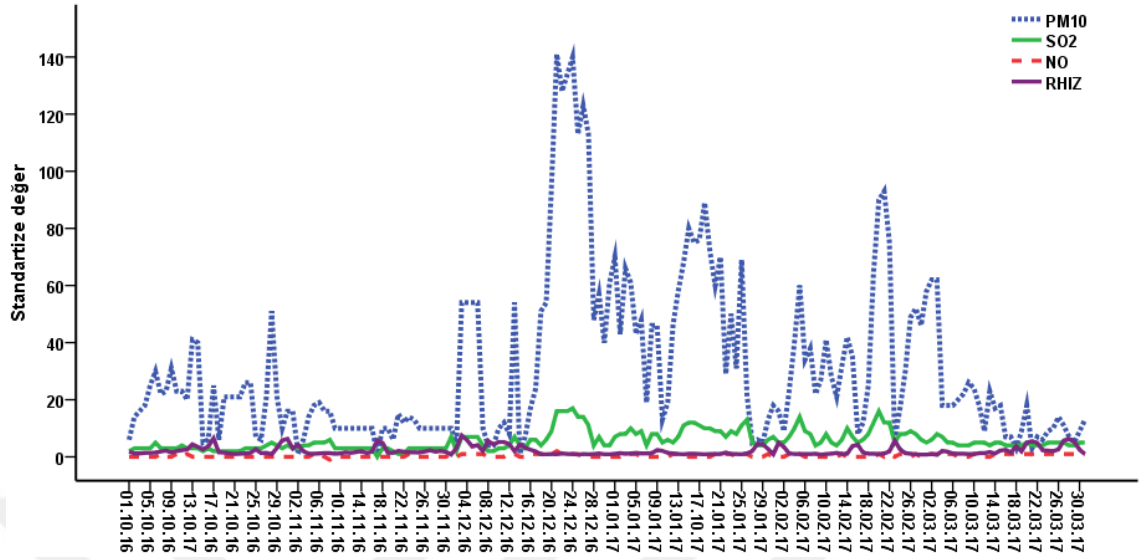


c) Taşhan İstasyonu



ç) Palandöken İstasyonu

Şekil 4.1. (devam)

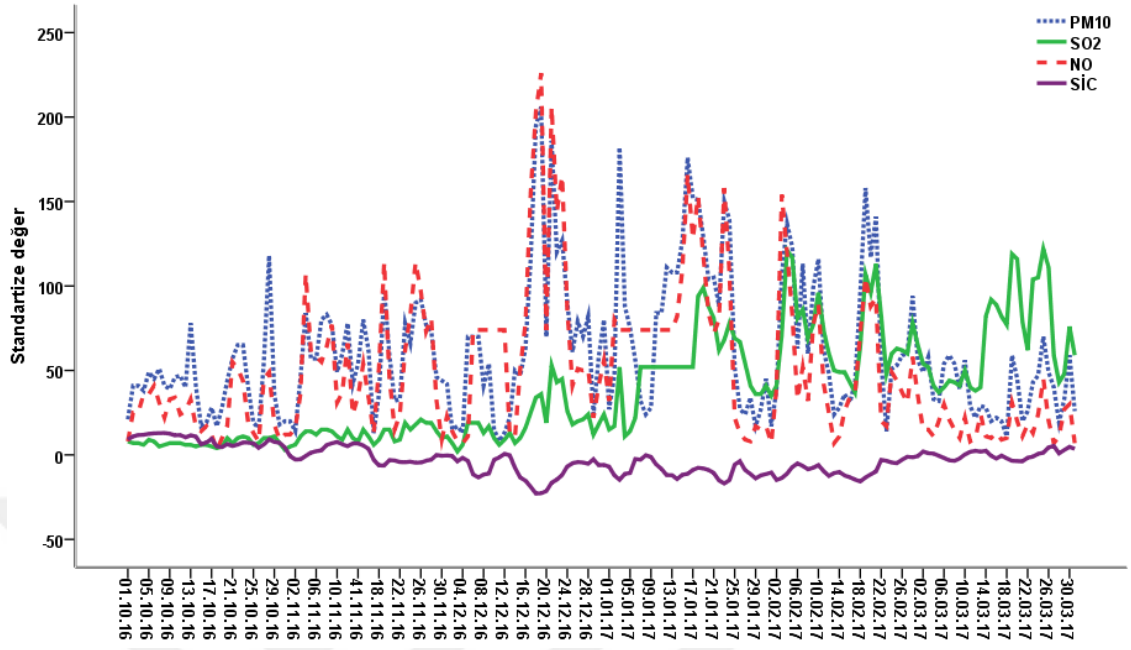


d) Pasinler İstasyonu

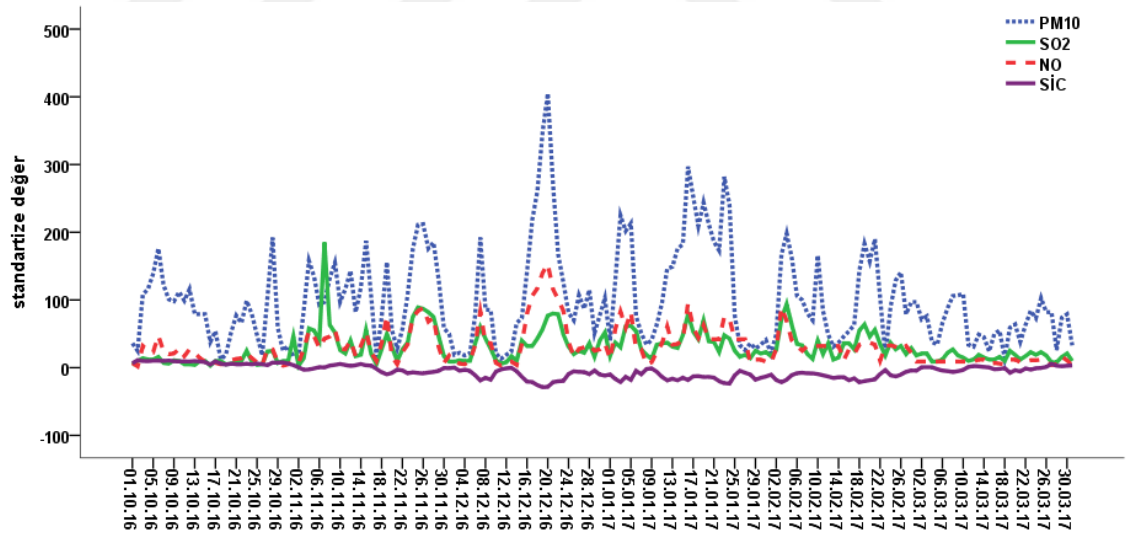
Şekil 4.1. Rüzgâr hızı ile kirleticiler arasındaki ilişki

4.4.2. Sıcaklık ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin çizgisel grafiklerle ifadesi

Aşağıda yine 5 ayrı ölçüm istasyonunda, sıcaklık ile kirleticiler arasındaki ilişki grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekillere bakıldığında sıcaklık ile kirleticiler arasında belirli bir ilişki saptanamamakta, sıcaklığın yüksek olduğu bazı dönemlerde kirlilik oranları azalırken bazı dönemlerde ise yükselmektedir. Benzer diğer bir çalışmada da, Tecer ve arkadaşları (2008) düşük sıcaklık ve düşük rüzgar hızının Partikül Madde artışında etkili olduğunu belirlemişlerdir (Tecer vd 2008).

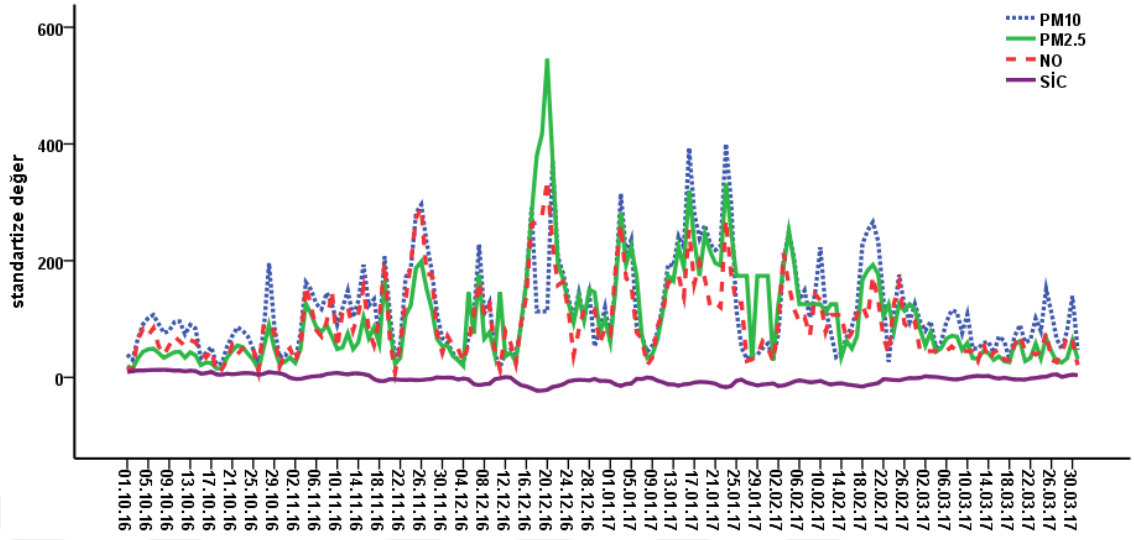


a) Hıfzıssıhha İstasyonu

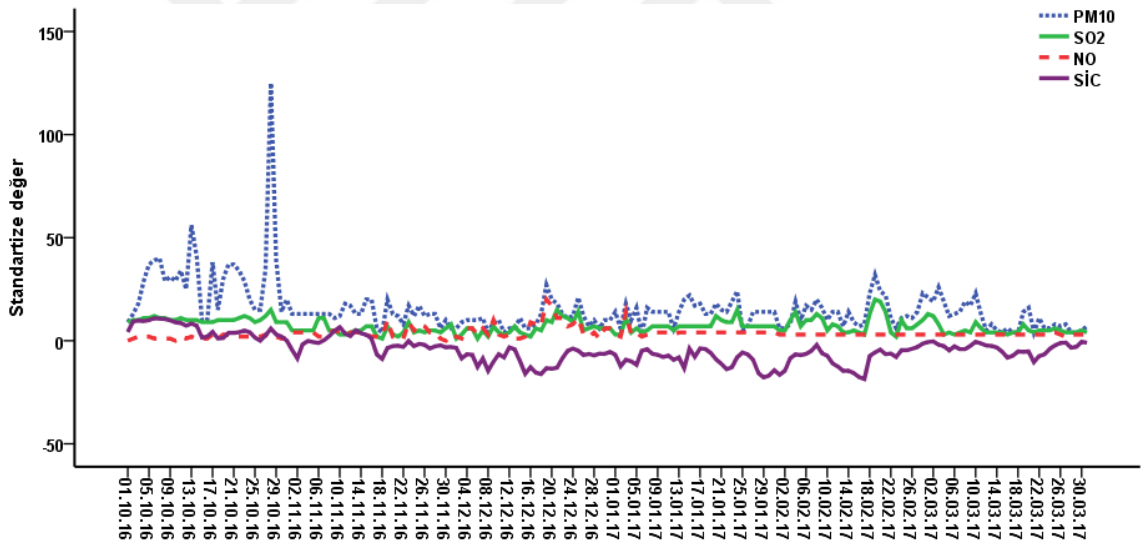


b) Aziziye İstasyonu

Şekil 4.2. (devam)

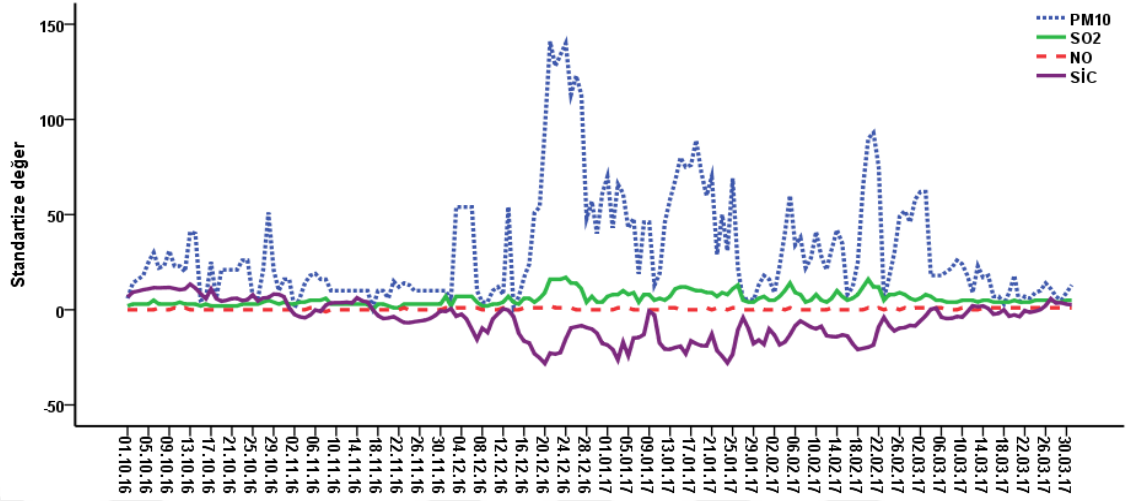


c) Taşhan istasyonu



c) Palandöken İstasyonu

Şekil 4.2. (devam)

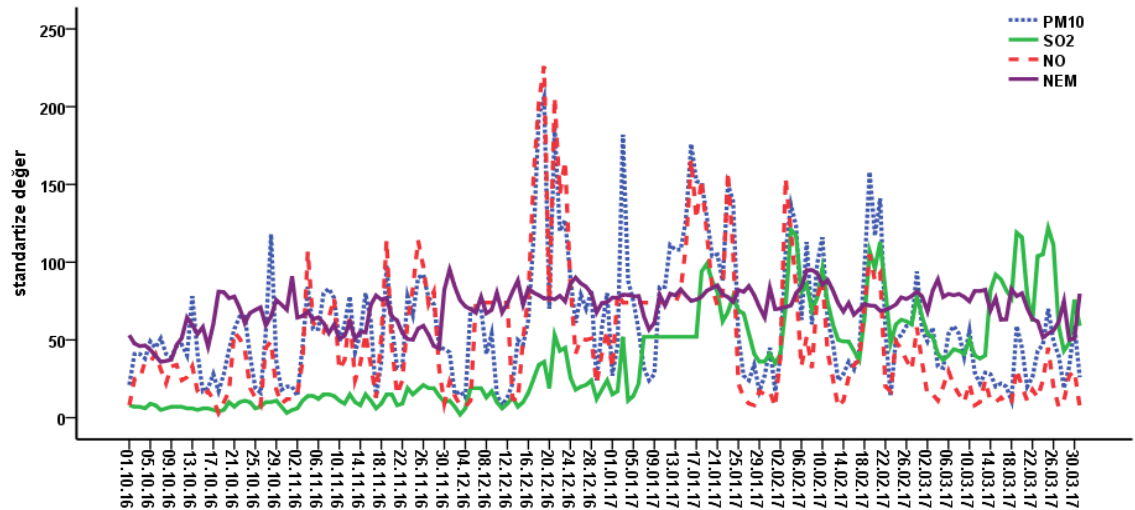


d) Pasinler İstasyonu

Şekil 4.2. Sıcaklık ile kirleticiler arasındaki ilişki

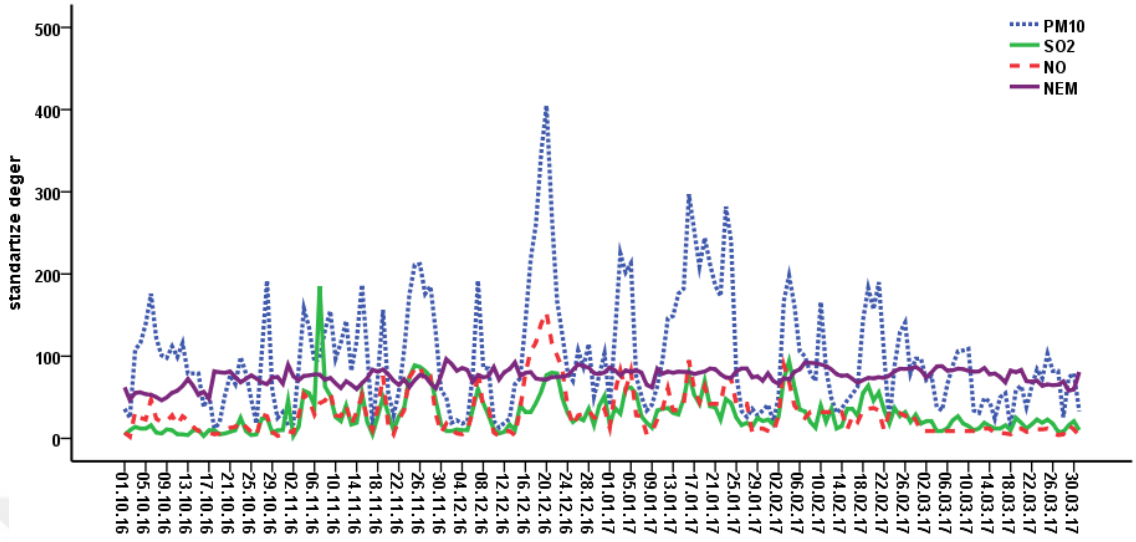
4.4.3. Bağıl nem ile kirlilik parametreleri arasındaki ilişkinin çizgisel grafiklerle ifadesi

Aşağıda 5 ayrı ölçüm istasyonunda, bağıl nem ile kirlilik değerleri arasındaki ilişki grafiksel olarak gösterilmiştir. Şekillere bakıldığında bağıl nemin yüksek olduğu dönemlerde genelde kirleticiler artmakta düşük olduğu dönemlerde ise azalmaktadır.

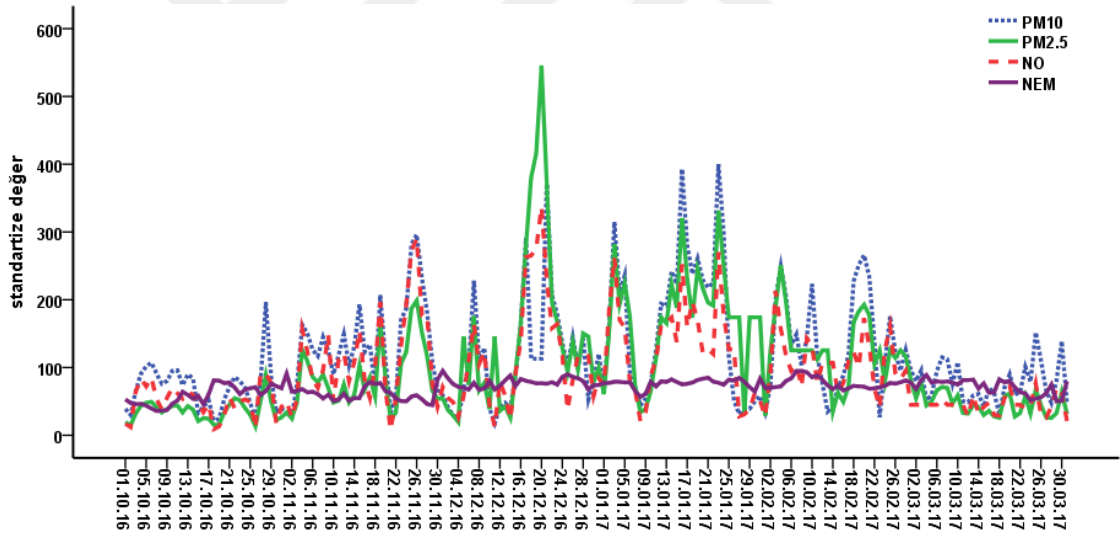


a) Hıfzısıhha İstasyonu

Şekil 4.3. (devam)

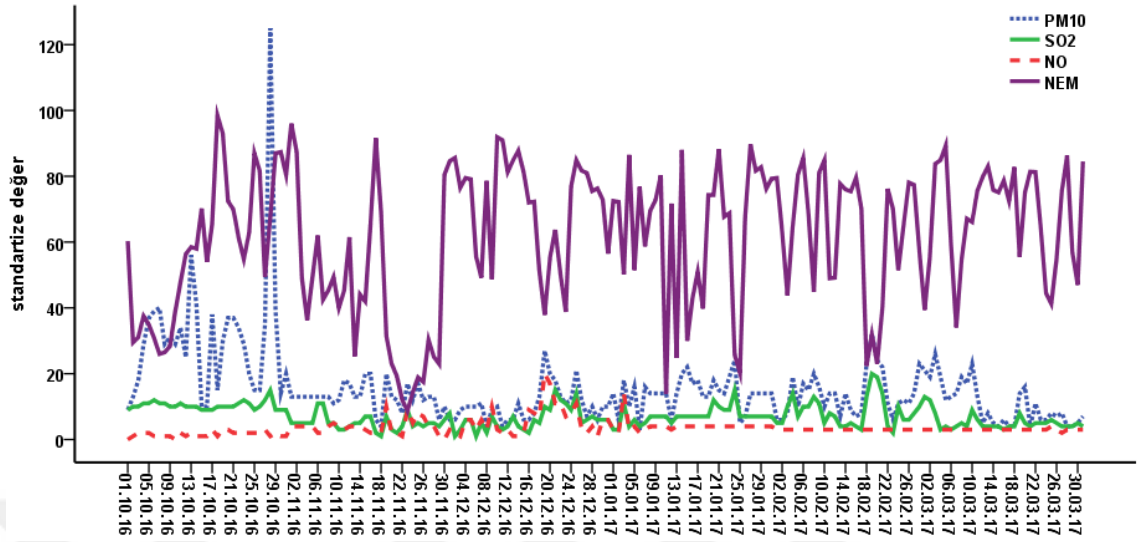


b) Aziziye İstasyonu

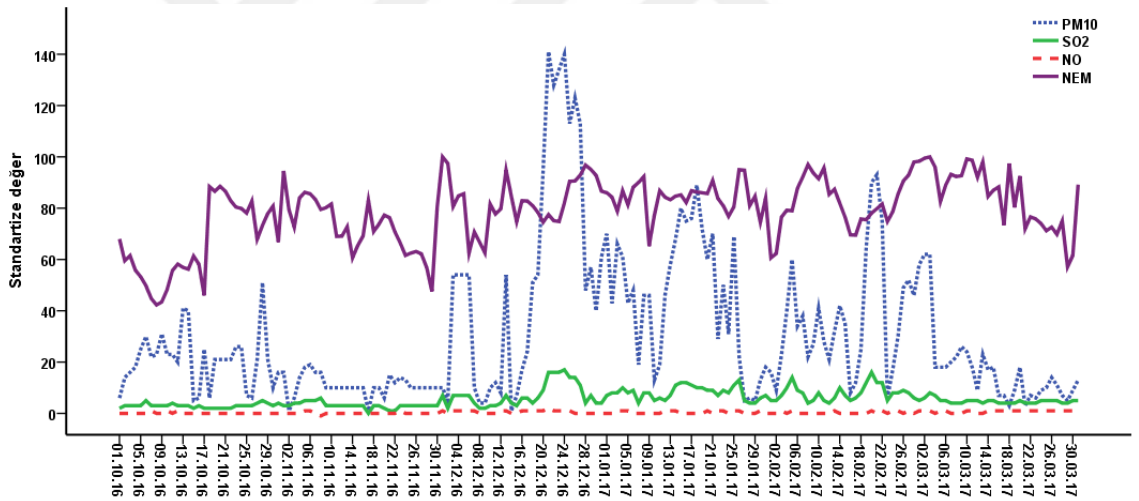


c) Taşhan İstasyonu

Şekil 4.3. (devam)



ç) Palandöken İstasyonu



d) Pasinler İstasyonu

Şekil 4.3. Bağıl nem ile kirleticiler arasındaki ilişki

4.5. Kirleticilerin Meteorolojik Parametrelerle Korelasyonu

Karasal iklimin şartlarının hakim olduğu Erzurum şehrinde hava kirliliği, genellikle meteorolojik parametrelerin etkisi ile değişiklik göstermektedir. Kışın rüzgâr hızının düşük olması, şehirleşmenin plansız olması, şehir atmosferine verilen kirleticilerin

rüzgarla taşınımını azaltmakta ve salınan kirleticilerin atmosferde yığılmasına neden olmaktadır. SPSS 20 paket programı yardımı ile kirletici konsantrasyonların meteorolojik parametrelerle olan ilişkisi araştırılmış ve Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Kirleticilerin, meteorolojik parametrelerle korelasyonu

a) Hıfzıssıhha İstasyonu

	PM₁₀	SO₂	NO	NO₂	NO_x	RHIZ	SIC	NEM	YAĞIŞ
PM₁₀	1	0,33	0,85	0,81	0,87	-0,56	-0,49	0,19	-0,26
SO₂	0,33	1	0,17	0,45	0,29	-0,18	-0,37	0,29	-0,12
NO	0,85	0,17	1	0,85	0,98	-0,49	-0,55	0,12	-0,25
NO₂	0,81	0,45	0,85	1	0,94	-0,60	-0,66	0,34	-0,27
NO_x	0,87	0,29	0,98	0,94	1	-0,56	-0,61	0,22	-0,27
RHIZ	-0,56	-0,18	-0,49	-0,60	-0,56	1	0,27	-0,15	0,26
SIC	-0,49	-0,37	-0,55	-0,66	-0,61	0,27	1	-0,56	-0,01
NEM	0,19	0,29	0,12	0,34	0,22	-0,15	-0,56	1	0,28
YAĞIŞ	-0,26	-0,12	-0,25	-0,27	-0,27	0,26	-0,01	0,28	1

b) Aziziye İstasyonu

	PM₁₀	SO₂	NO	NO₂	NO_x	RHIZ	SIC	NEM	YAĞIŞ
PM₁₀	1	0,64	0,85	0,80	0,85	-0,62	-0,51	-0,06	-0,28
SO₂	0,64	1	0,69	0,65	0,69	-0,49	-0,50	0,10	-0,18
NO	0,85	0,69	1	0,89	0,97	-0,55	-0,63	0,04	-0,19
NO₂	0,80	0,65	0,89	1	0,97	-0,69	-0,71	0,18	-0,23
NO_x	0,85	0,69	0,97	0,97	1	-0,64	-0,69	0,11	-0,21
RHIZ	-0,62	-0,49	-0,55	-0,69	-0,64	1	0,49	-0,17	0,25
SIC	-0,51	-0,50	-0,63	-0,71	-0,69	0,49	1	-0,40	0,16
NEM	-0,06	0,10	0,04	0,18	0,11	-0,17	-0,40	1	0,28
YAĞIŞ	-0,28	-0,18	-0,19	-0,23	-0,21	0,25	0,16	0,28	1

Çizelge 4.10. (devam)

c) Taşhan İstasyonu

	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO	NO ₂	NO _x	RHIZ	SIC	NEM	YAĞIŞ
PM ₁₀	1	0,70	0,80	0,82	0,83	-0,56	-0,46	0,10	-0,27
PM _{2.5}	0,70	1	0,84	0,82	0,85	-0,43	-0,71	0,31	-0,17
NO	0,80	0,84	1	0,90	0,99	-0,55	-0,58	0,12	-0,25
NO ₂	0,82	0,82	0,90	1	0,95	-0,63	-0,60	0,16	-0,30
NO _x	0,83	0,85	0,99	0,95	1	-0,59	-0,60	0,14	-0,27
RHIZ	-0,56	-0,43	-0,55	-0,63	-0,59	1	0,27	-0,15	0,26
SIC	-0,46	-0,71	-0,58	-0,60	-0,60	0,27	1	-0,56	-0,01
NEM	0,10	0,31	0,12	0,16	0,14	-0,15	-0,56	1	0,28
YAĞIŞ	-0,27	-0,18	-0,25	-0,30	-0,27	0,26	-0,01	0,28	1

ç) Palandöken İstasyonu

	PM ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	RHIZ	SIC	NEM	YAĞIŞ
PM ₁₀	1	0,57	-0,07	-0,17	-0,16	-0,21	0,46	-0,18	-0,17
SO ₂	0,57	1	0,08	0,00	0,01	-0,26	0,30	-0,24	-0,27
NO	-0,07	0,08	1	0,71	0,79	-0,05	-0,36	-0,14	-0,11
NO ₂	-0,17	0,00	0,71	1	0,99	0,03	-0,50	0,07	0,06
NO _x	-0,16	0,01	0,79	0,99	1	0,02	-0,49	0,04	0,04
RHIZ	-0,21	-0,26	-0,05	0,03	0,02	1	-0,15	0,13	0,24
SIC	0,46	0,30	-0,36	-0,50	-0,49	-0,15	1	-0,34	-0,11
NEM	-0,18	-0,24	-0,14	0,07	0,04	0,13	-0,34	1	0,40
YAĞIŞ	-0,17	-0,27	-0,11	0,06	0,04	0,24	-0,11	0,40	1

d) Pasinler İstasyonu

	PM ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	RHIZ	SIC	NEM	YAĞIŞ
PM ₁₀	1	0,84	0,26	0,86	0,86	-0,37	-0,53	0,23	-0,14
SO ₂	0,84	1	0,34	0,76	0,77	-0,34	-0,63	0,30	-0,09
NO	0,26	0,34	1	0,29	0,32	0,00	-0,23	0,12	-0,03
NO ₂	0,86	0,76	0,29	1	1,00	-0,28	-0,49	0,36	-0,05
NO _x	0,86	0,77	0,32	1,00	1	-0,28	-0,51	0,37	-0,06
RHIZ	-0,37	-0,34	0,00	-0,28	-0,28	1	0,30	-0,30	0,24
SIC	-0,53	-0,63	-0,23	-0,49	-0,51	0,30	1	-0,36	0,14
NEM	0,23	0,30	0,12	0,36	0,37	-0,30	-0,36	1	0,23
YAĞIŞ	-0,14	-0,09	-0,03	-0,05	-0,06	0,24	0,14	0,23	1

Genel olarak bakıldığında PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , NO , NO_2 , NO_x kirletici konsantrasyonlarının $p < 0,001$ çok yüksek anlamlılık düzeyinde en yüksek korelasyonlarının Hıfzıssıhha ($r = -0,66$), Aziziye ($r = -0,71$), Palandöken ($r = -0,5$) İstasyonlarında sıcaklık ile NO_2 arasında, Taşhan ($r = -0,71$) İstasyonunda sıcaklık ile $PM_{2.5}$ arasında, Pasinler ($r = -0,63$) İstasyonunda ise sıcaklık ile SO_2 arasında zıt yönlü korelasyon olduğu görülmektedir. Hıfzıssıhha, aziziye, palandöken İstasyonlarında NO_2 ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olması; sıcaklıkların düşük olduğu zamanlarda ısınma amaçlı kullanılan katı ve sıvı fosil yakıtların kullanımı ile taşıtlardan kaynaklanan egzoz salınımlarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Taşhan İstasyonunda $PM_{2.5}$ ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olması; $PM_{2.5}$ konsantrasyonu rüzgar ile zayıf bir korelasyona sahip olması hava kirleticilerin rüzgar ile taşınım olayının Taşhan İstasyonu bölgesinde az olduğunun göstergesidir. Pasinler İstasyonunda SO_2 ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olması; sıcaklığın düşük olduğu zamanlarda ısınma amaçlı kullanılan kömürün kükürt içeriğinin fazla olduğunu göstermektedir. Kirletici konsantrasyonların sıcaklıkla olan korelasyonlarının yüksek olması kış aylarında hava kirliliğinin ısınmadan kaynaklı olduğunun göstergesidir. Hava kirleticilerinin çeşitli meteorolojik faktörlerle bağlı değişimleri ile ilgili çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar ile bu çalışmanın örtüştüğü görülmüştür (Taşdemir vd 2005; Erbaşlar ve Taşdemir 2007).

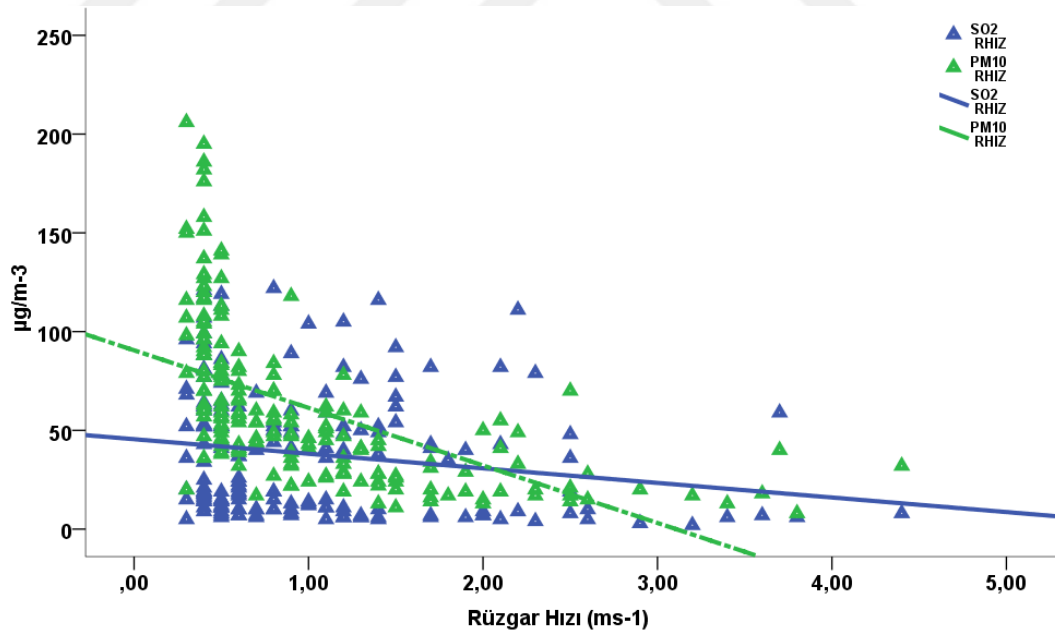
Benzer bir çalışmada; Tibet Platosunda kirliliğin yaşandığı en önemli şehir olan Lhasada yapılan bir araştırmadır. Mart 2014-Şubat 2015 arasında mevsimlere göre hava kirleticileri ile meteorolojik faktörler arasında korelasyon ilişkisi incelenmiştir. Kirlilik parametreleri olarak, PM_{10} , SO_2 , O_3 , $PM_{2.5}$, CO ve NO_2 kullanılırken, meteorolojik faktörler olarak da sıcaklık, rüzgâr hızı, basınç ve bağıl nem ele alınmıştır. Araştırmada kış mevsiminde CO , SO_2 ve $PM_{2.5}$ değerlerini basıncın etkilediği fakat aralarında anlamlı olmayan korelasyonların görüldüğü, PM_{10} ve O_3 için en etkili faktörün sıcaklık olduğu belirlenmiş olup aralarında pozitif korelasyonun olduğu görülmüştür. NO_2 için ise hem sıcaklık hem de basınç baskın meteorolojik faktördür. PM_{10} ve O_3 haricinde diğer kirleticiler üzerinde meteorolojik faktörlerin etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir. Araştırmada şehirde geleneksel yakıt yakma tekniklerine karşı arıtma

önlemlerinin alınması ve hava kalitesi yönetim stratejilerinin oluşturulması önerisi yapılmıştır (Duo *et al.* 2017).

4.6. Kirlenici Faktörlerinin Meteorolojik Parametrelerle Korelasyon Grafikleri

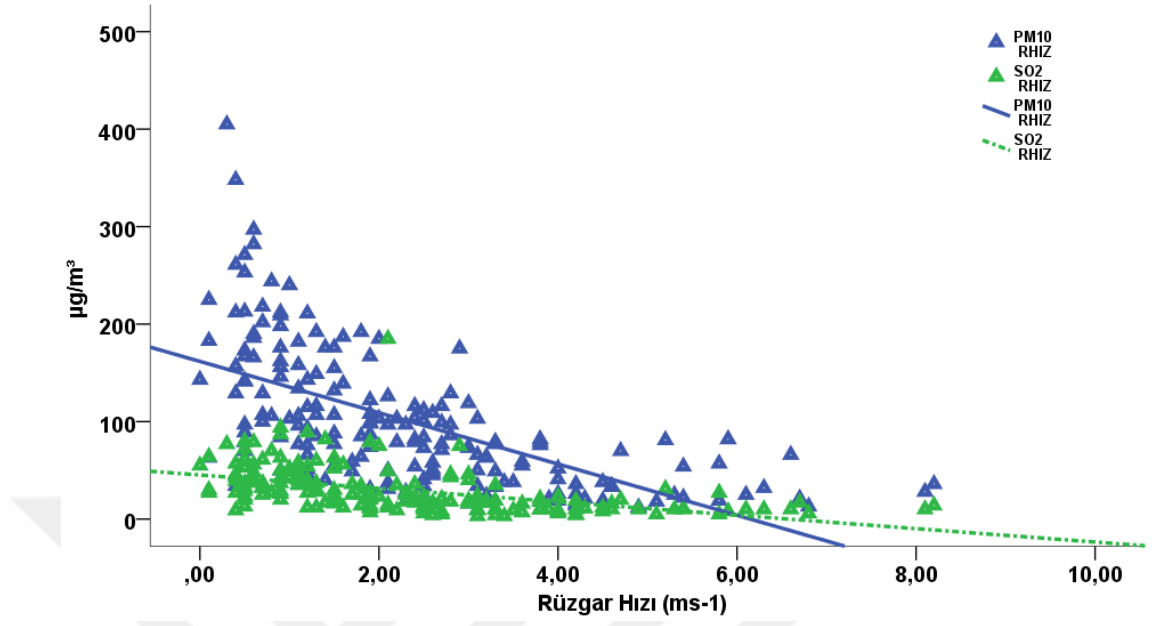
4.6.1. SO₂ ve PM₁₀, PM_{2.5} konsantrasyonunun rüzgâr hızı ile ilişkisine ait korelasyon grafiği

Aşağıda verilen şekillerde Hıfzıssıhha, Aziziye, Palandöken, Pasinler İstasyonlarında SO₂ ve PM₁₀ kirlenici parametrelerinin rüzgâr hızı ile korelasyon grafikleri Taşhan İstasyonunda ise PM₁₀ ve PM_{2.5} kirlenici parametrelerinin rüzgâr hızı ile korelasyon grafikleri yer almaktadır Grafikler incelendiğinde; tüm istasyonlarda SO₂, PM₁₀ ve PM_{2.5} ile rüzgâr hızı arasında negatif korelasyon olduğu görülmektedir.

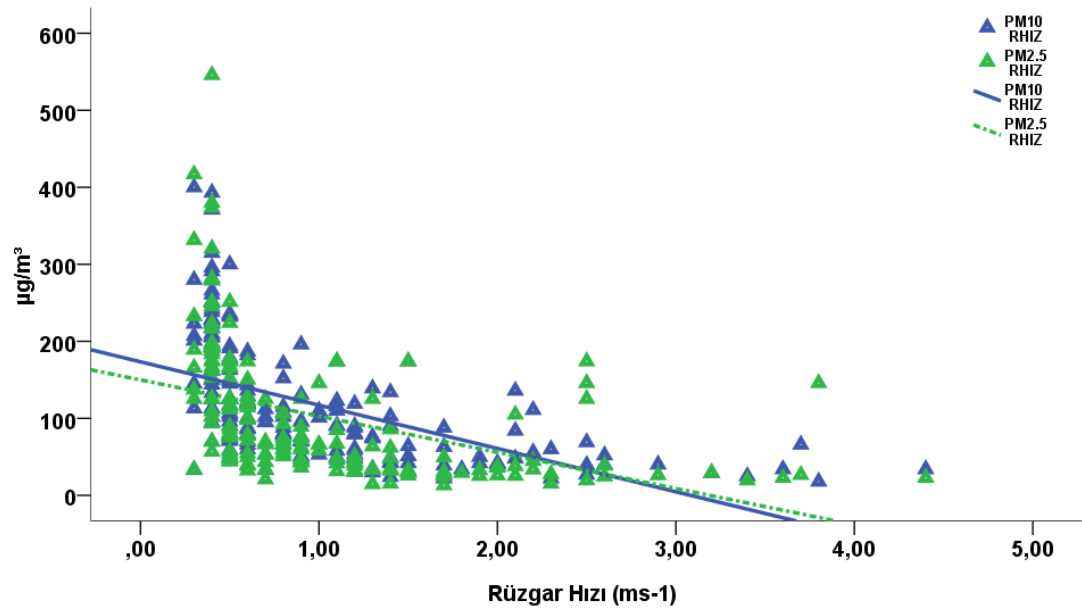


a) Hıfzıssıhha İstasyonu

Şekil 4.4. (devam)

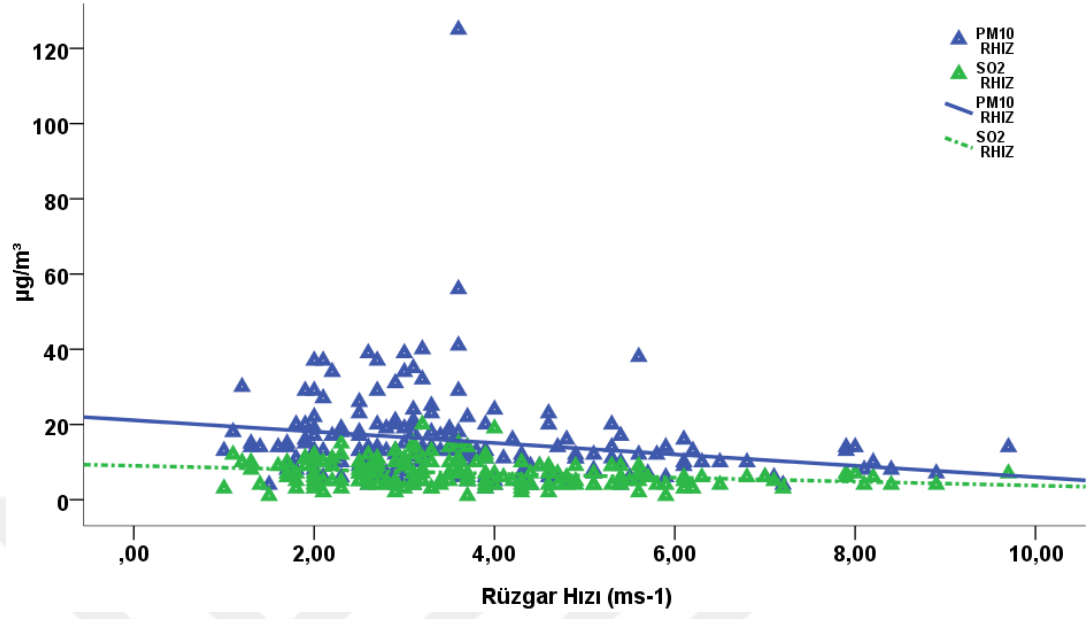


b) Aziziye İstasyonu

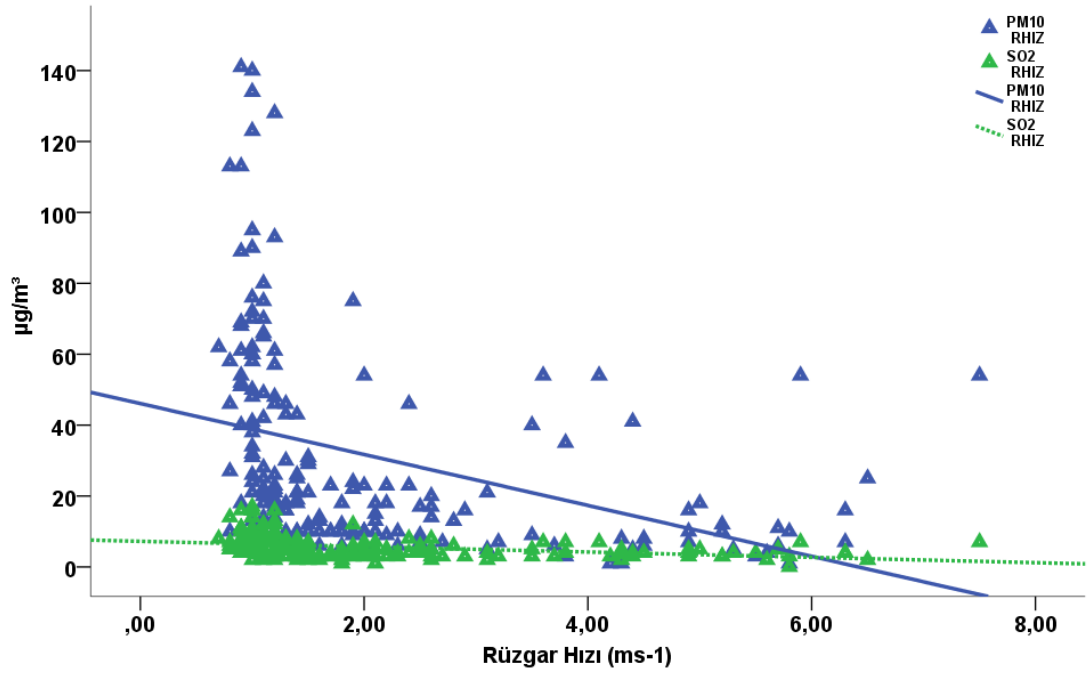


c) Taşhan İstasyonu

Şekil 4.4. (devam)



ç) Palandöken İstasyonu

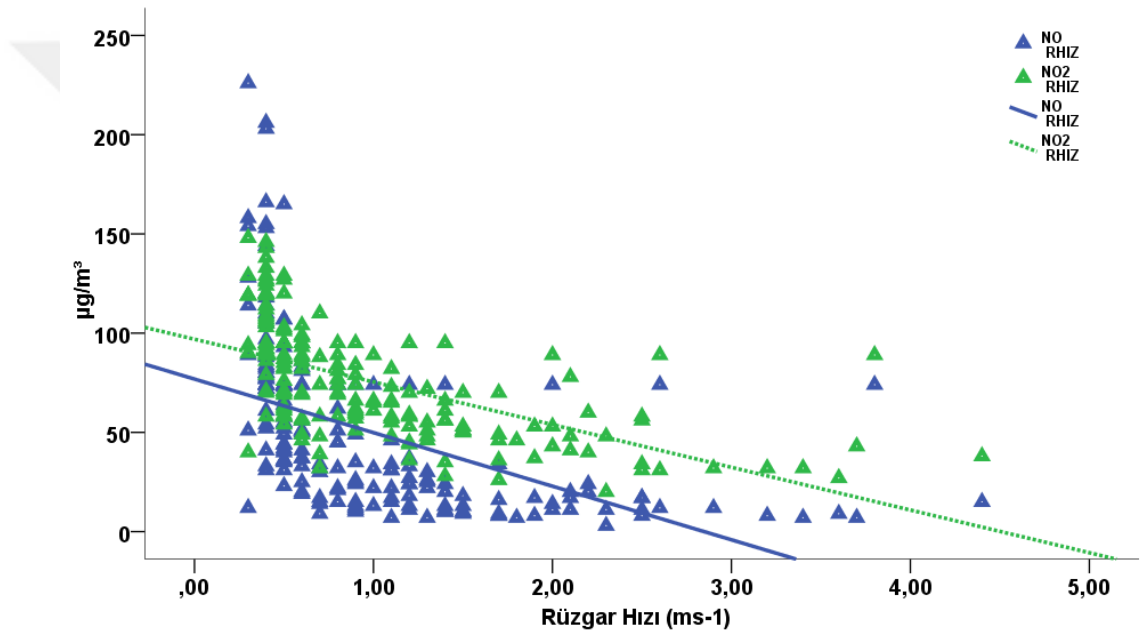


d) Pasinler İstasyonu

Şekil 4.4. SO_2 ve PM_{10} konsantrasyonlarının rüzgâr hızı ile ilişkisi

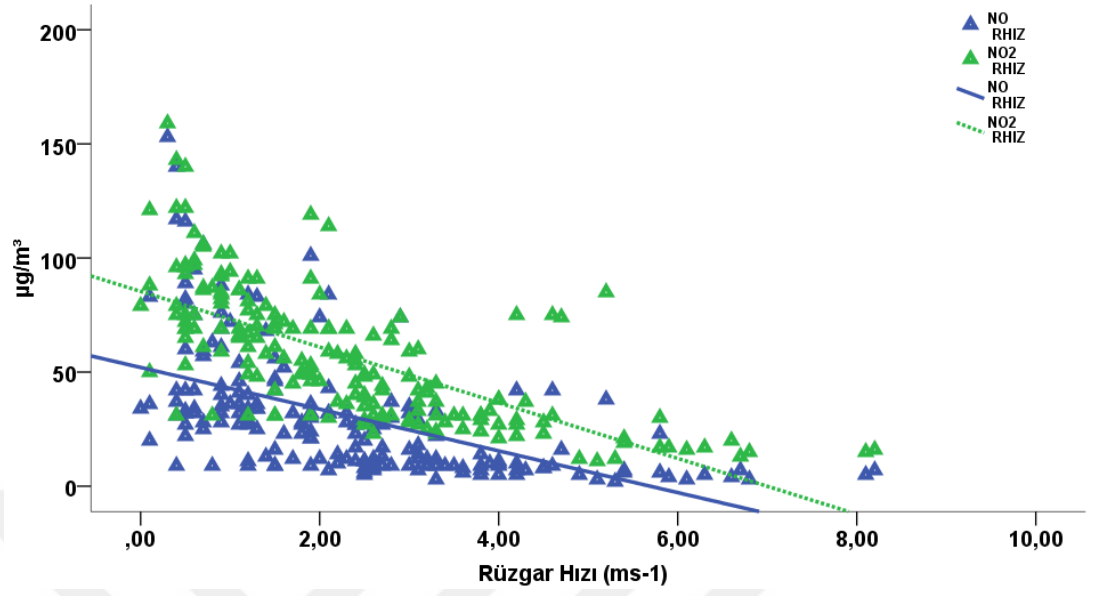
4.6.2. NO ve NO₂ konsantrasyonunun rüzgâr hızı ile ilişkisine ait korelasyon grafiği

Aşağıda verilen şekillerde 5 farklı istasyondaki NO ve NO₂ kirletici parametrelerinin rüzgar hızı ile korelasyon grafikleri yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde çoğu istasyonda NO ve NO₂ ile rüzgar hızı arasında negatif korelasyon olduğu sadece Palandöken İstasyonunda NO₂ ile ve Pasinler İstasyonunda NO ile rüzgar hızı arasında pozitif korelasyon olduğu görülmektedir.

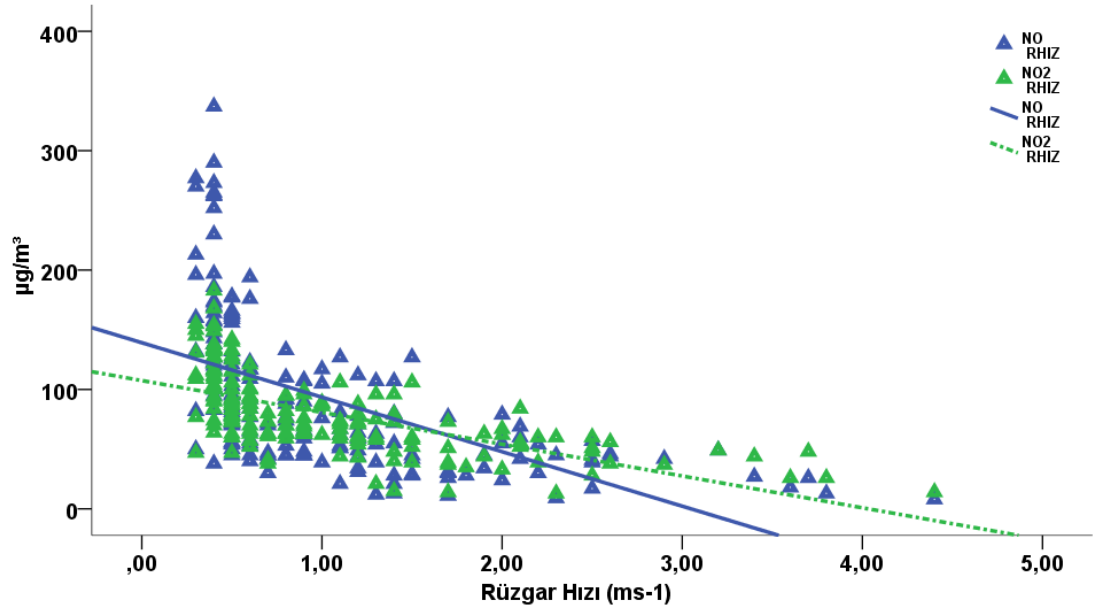


a) Hıfzıssıhha İstasyonu

Şekil 4.5. (devam)

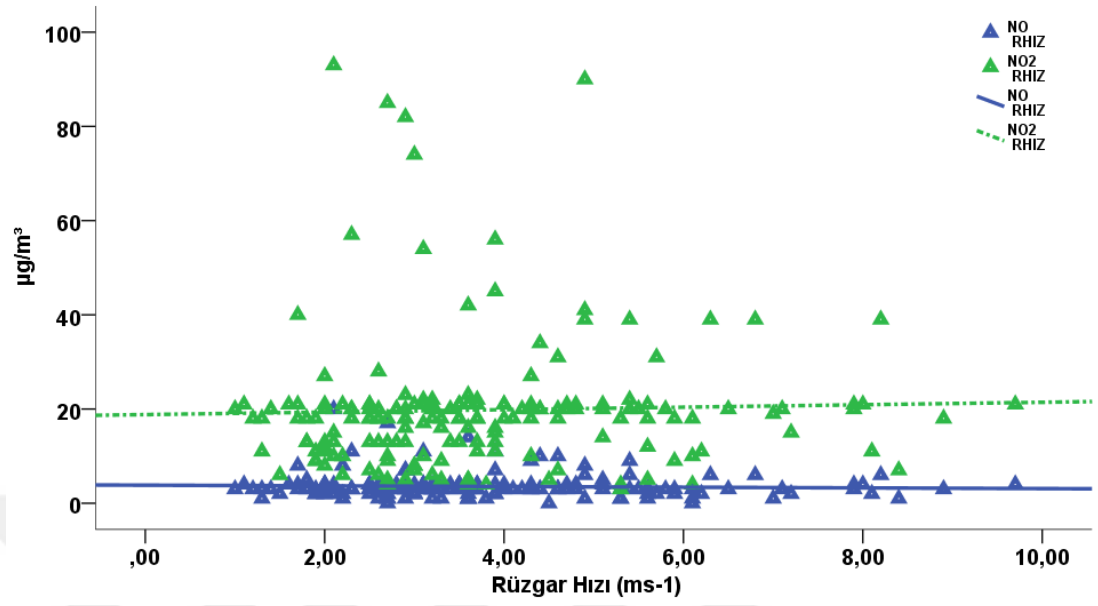


b) Aziziye İstasyonu

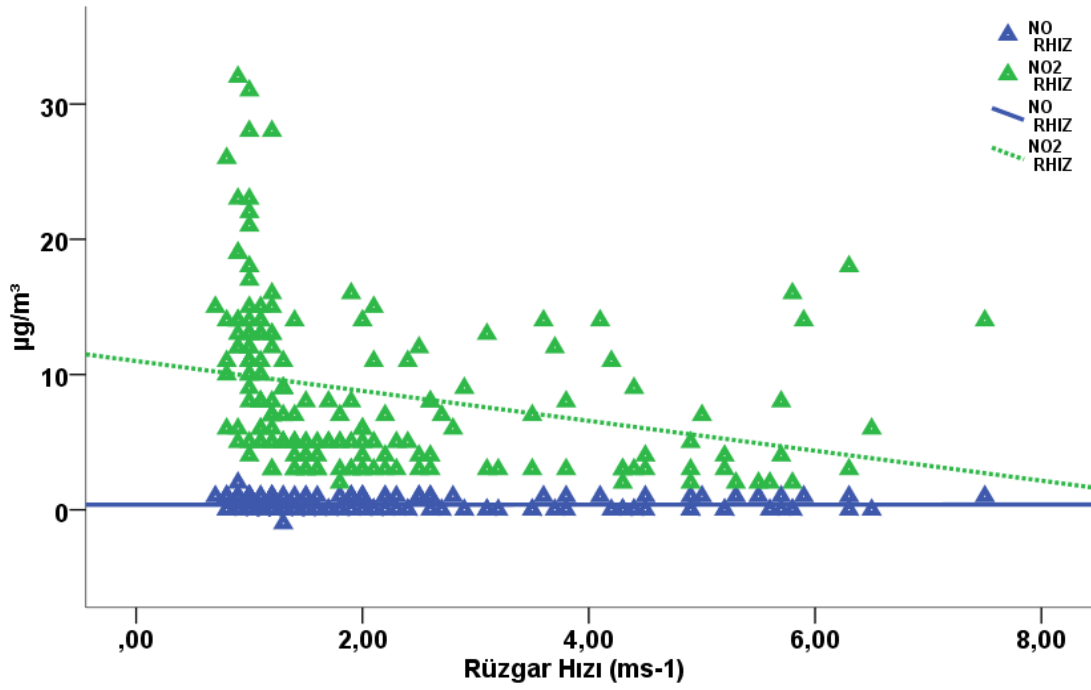


c) Taşhan İstasyonu

Şekil 4.5. (devam)



ç) Palandöken İstasyonu

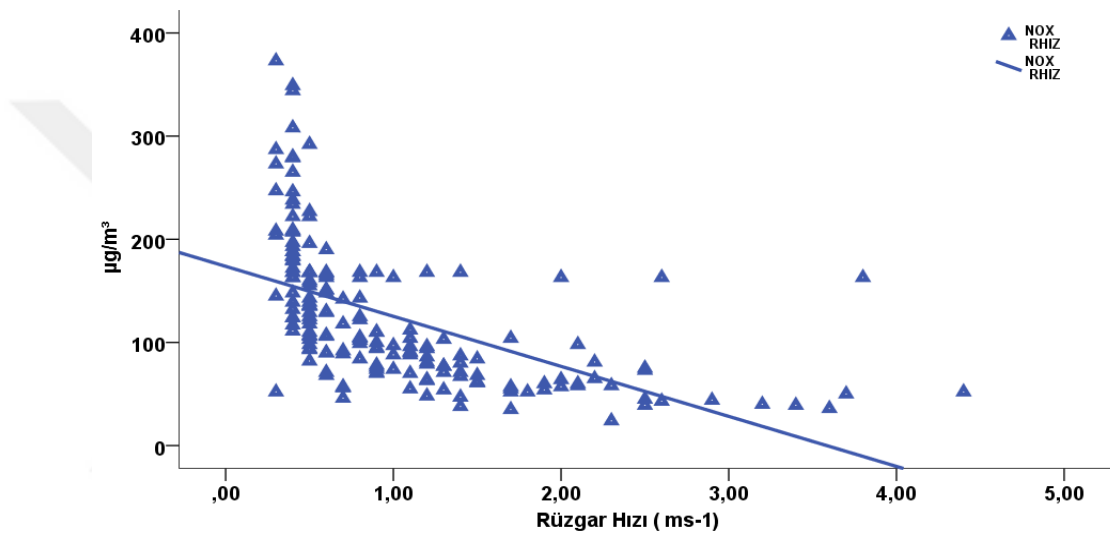


d) Pasinler İstasyonu

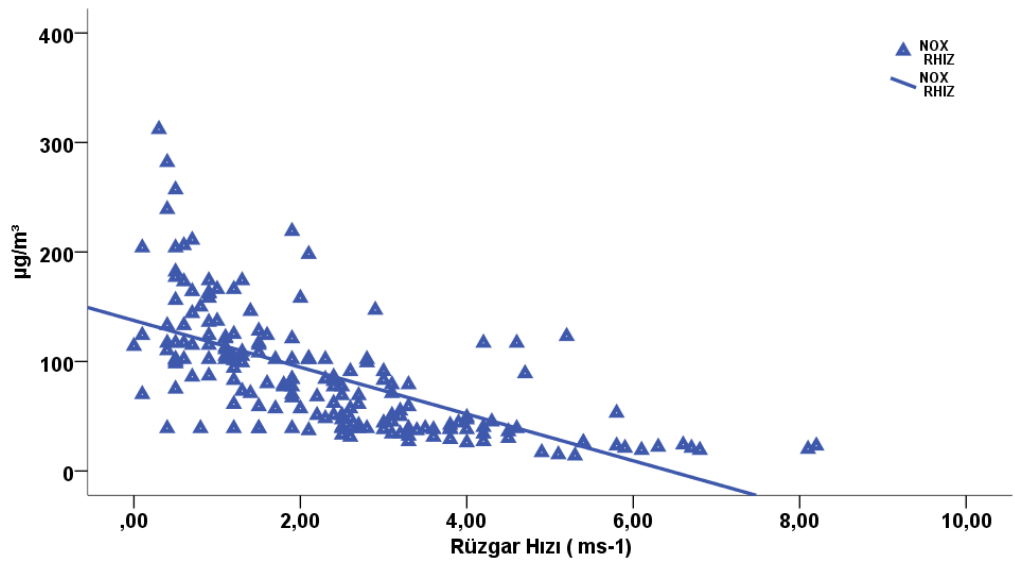
Şekil 4.5. NO ve NO₂ konsantrasyonlarının rüzgar hızı ile ilişkisi

4.6.3. NO_x konsantrasyonunun rüzgâr hızı ile ilişkisine ait korelasyon grafiği

Aşağıda verilen şekillerde 5 farklı istasyondaki NO_x kirletici parametresinin rüzgar hızı ile korelasyon grafikleri yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde Palandöken İstasyonunda NO_x ile rüzgar hızı arasında pozitif diğer istasyonlarda ise negatif korelasyon olduğu görülmektedir.

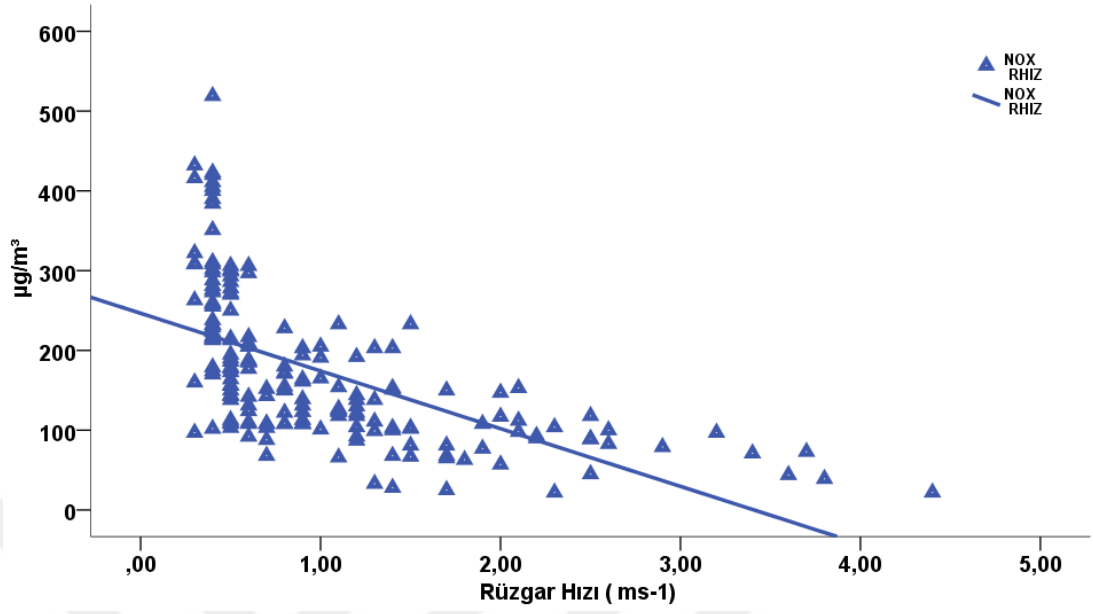


a) Hıfzıssıhha İstasyonu

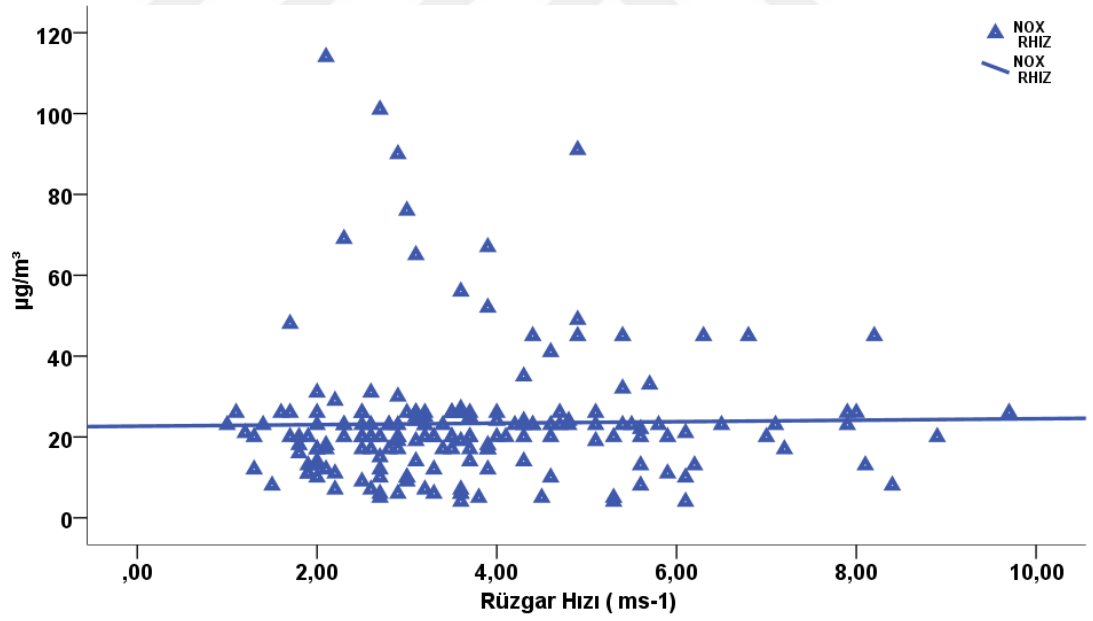


b) Aziziye İstasyonu

Şekil 4.6. (devam)

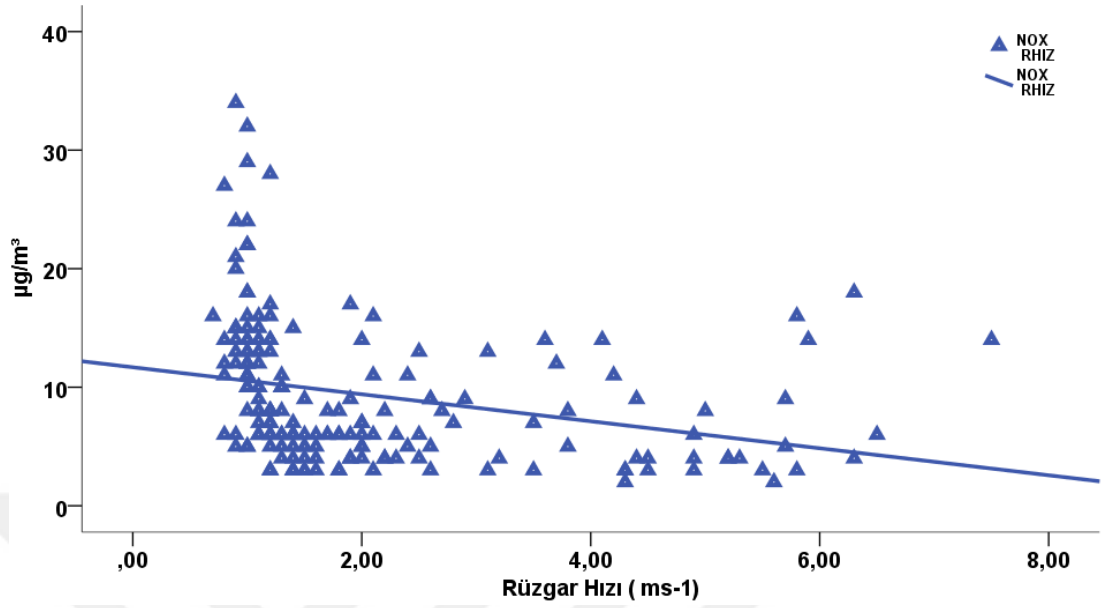


c) Taşhan İstasyonu



ç) Palandöken İstasyonu

Şekil 4.6. (devam)

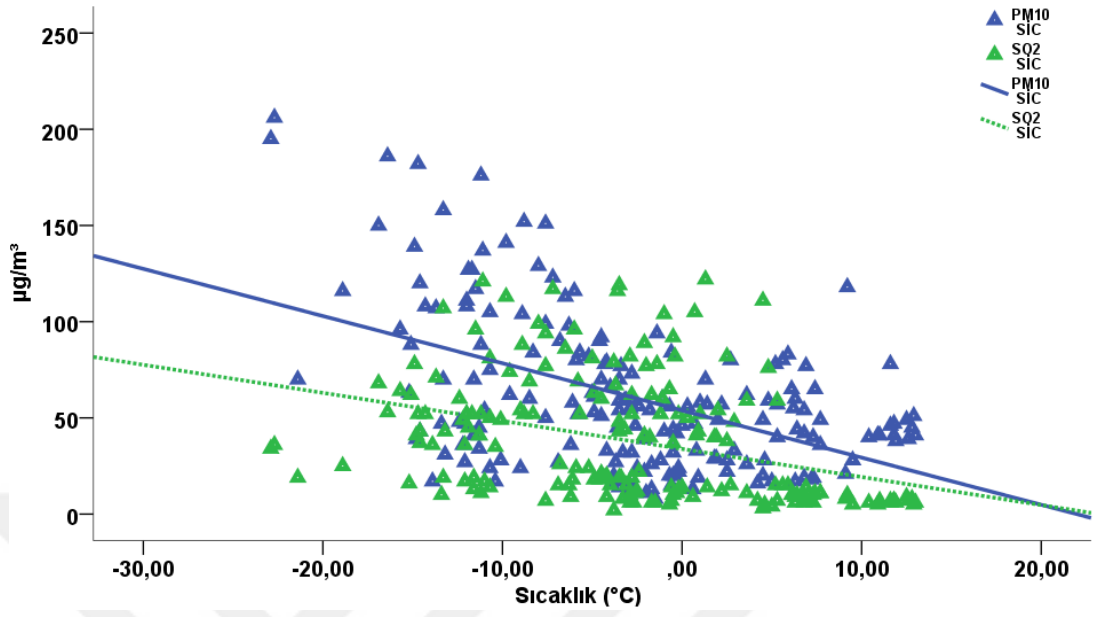


d) Pasinler İstasyonu

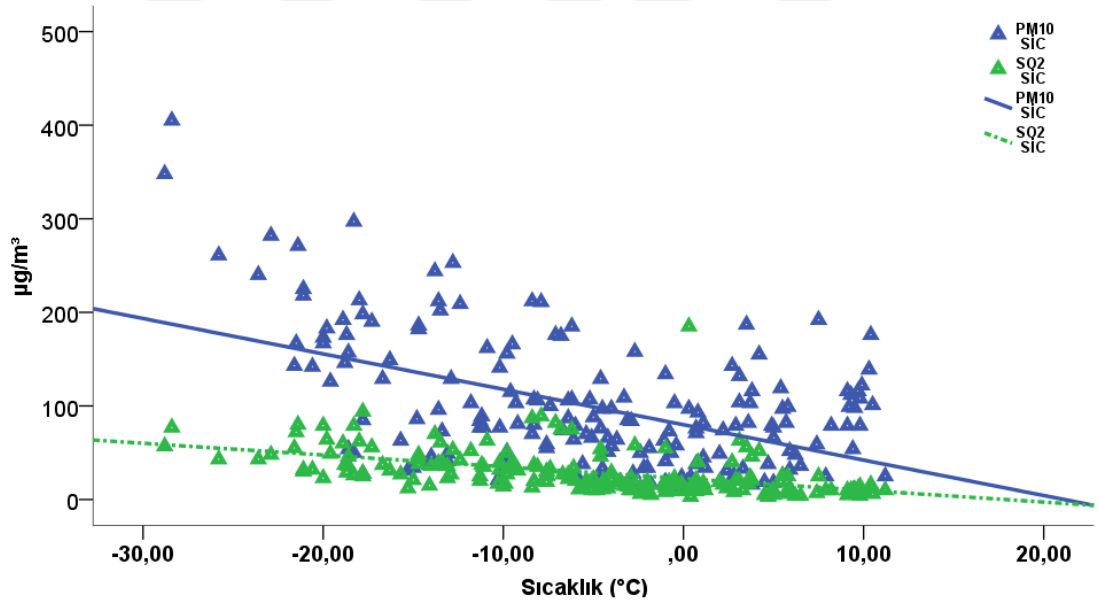
Şekil 4.6. NO_x konsantrasyonunun rüzgâr hızı ile ilişkisi

4.6.4. SO₂ ve PM₁₀, PM_{2.5} konsantrasyonunun sıcaklık ile ilişkisine ait korelasyon grafiği

Aşağıda verilen şekillerde Hıfzıssıhha, Aziziye, Palandöken, Pasinler İstasyonlarında SO₂ ve PM₁₀ kirletici parametrelerinin sıcaklık ile korelasyon grafikleri Taşhan İstasyonunda ise PM₁₀ ve PM_{2.5} kirletici parametrelerinin sıcaklık ile korelasyon grafikleri yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde Palandöken İstasyonunda SO₂ ve PM₁₀ ile sıcaklık arasında pozitif korelasyon olduğu diğer istasyonlarda SO₂, PM₁₀, PM_{2.5} ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olduğu görülmektedir.

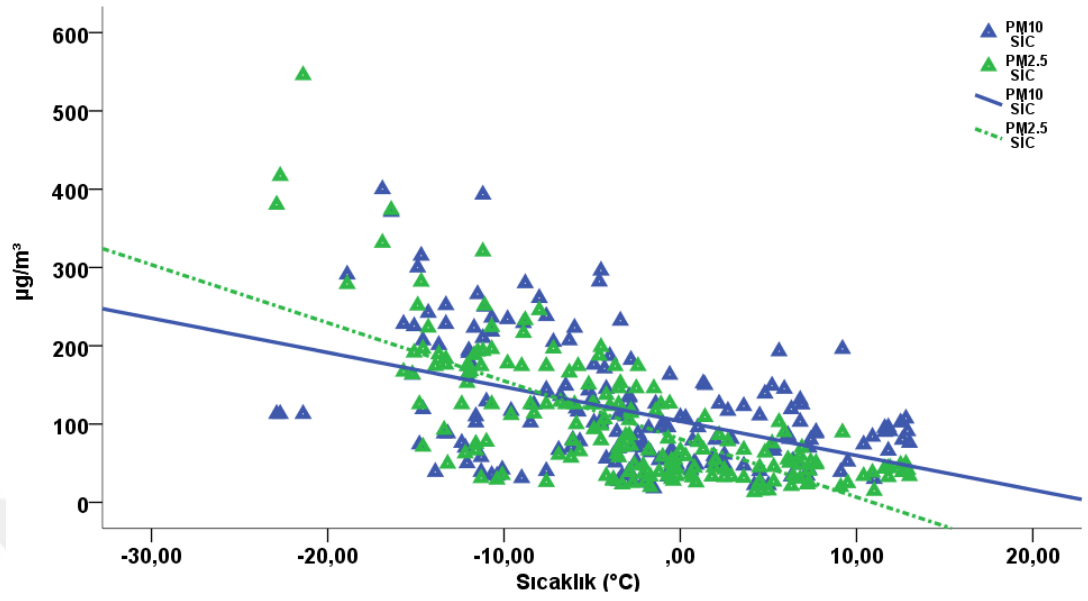


a) Hıfzıssıhha İstasyonu

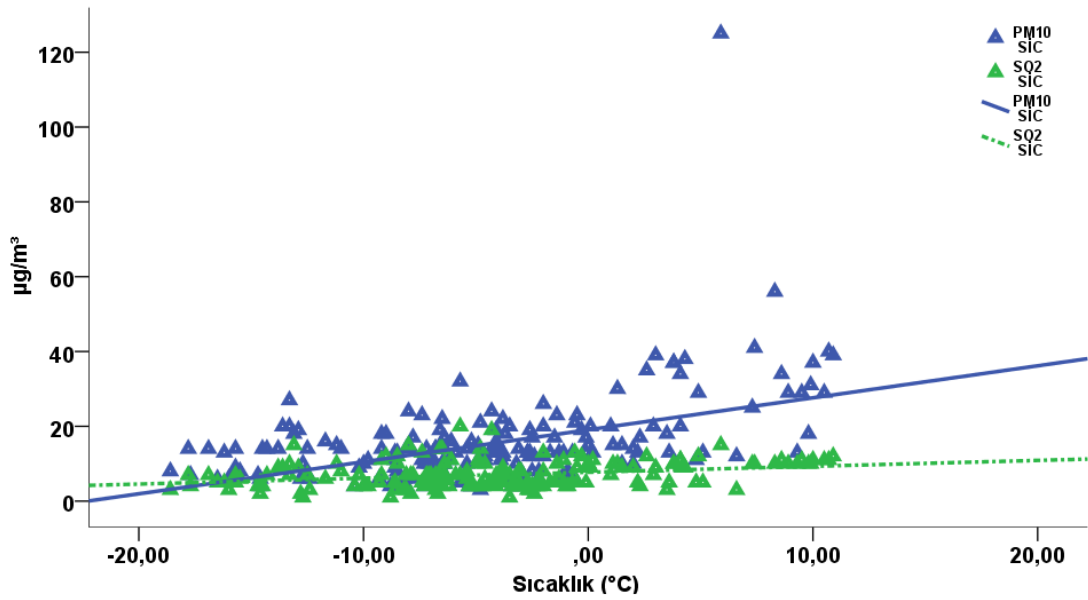


b) Aziziye İstasyonu

Şekil 4.7. (devam)

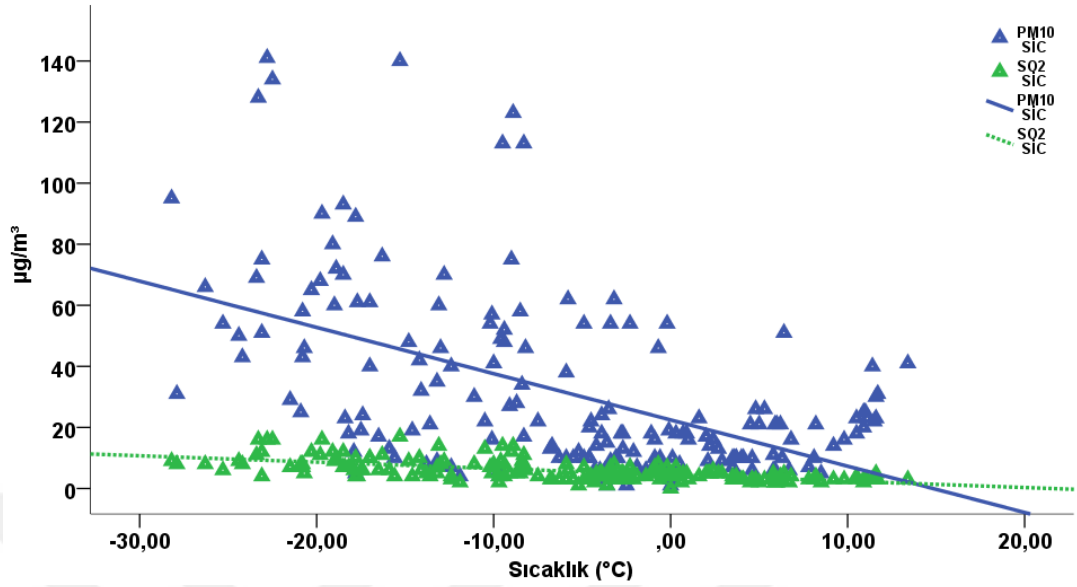


c) Taşhan İstasyonu



ç) Palandöken İstasyonu

Şekil 4.7. (devam)

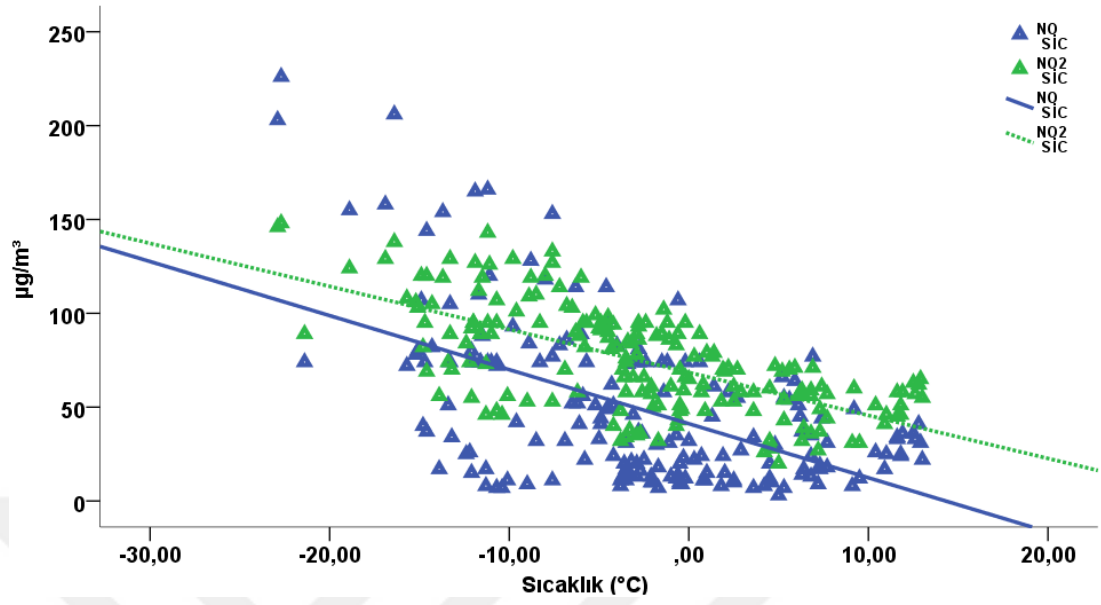


d) Pasinler İstasyonu

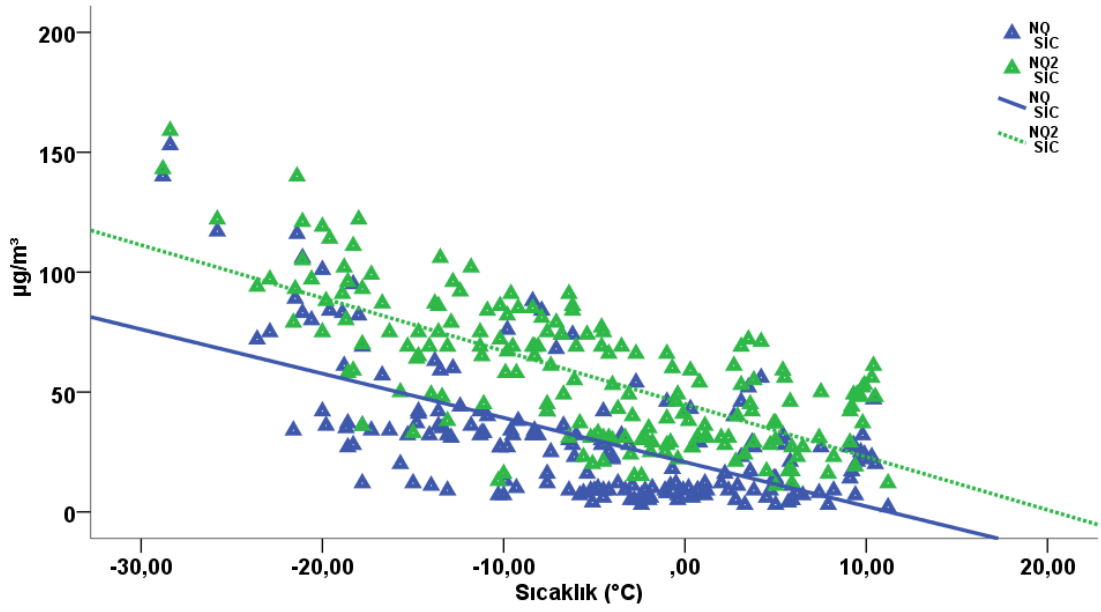
Şekil 4.7. SO₂ ve PM₁₀ konsantrasyonlarının sıcaklık ile ilişkisi

4.6.5. NO ve NO₂ konsantrasyonunun sıcaklık ile ilişkisine ait korelasyon grafiği

Aşağıda verilen şekillerde 5 farklı istasyondaki NO ve NO₂ kirletici parametrelerinin sıcaklık ile korelasyon grafikleri yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde Pasinler İstasyonunda NO ile sıcaklık arasında pozitif NO₂ ile negatif korelasyon olduğu diğer tüm istasyonlarda ise NO ve NO₂ ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olduğu görülmektedir.

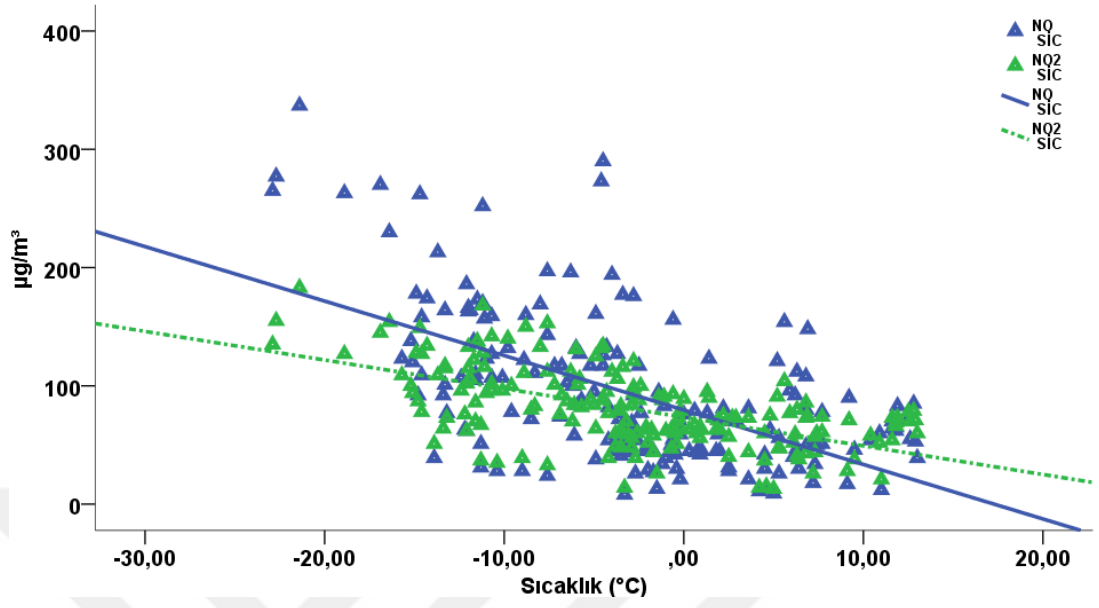


a) Hıfzıssıhha İstasyonu

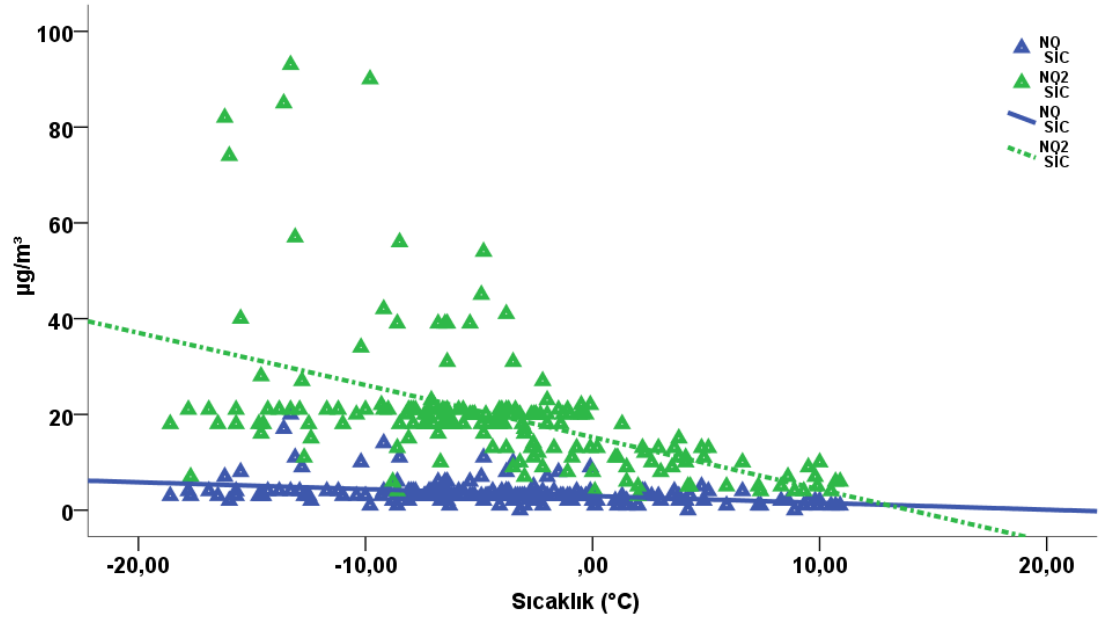


b) Aziziye İstasyonu

Şekil 4.8. (devam)

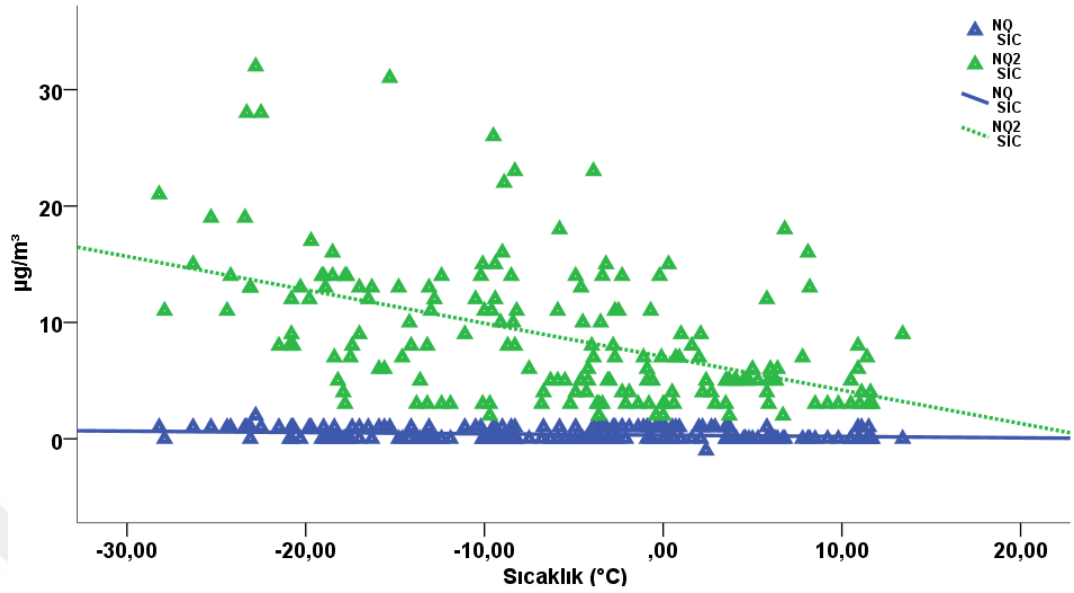


c) Taşhan İstasyonu



ç) Palandöken İstasyonu

Şekil 4.8. (devam)

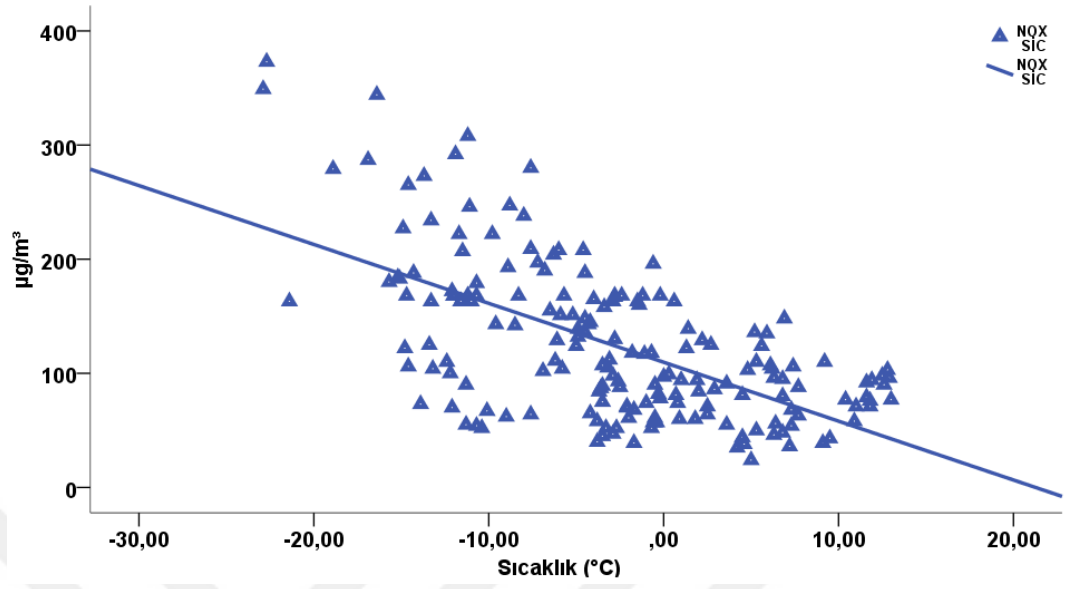


d) Pasinler İstasyonu

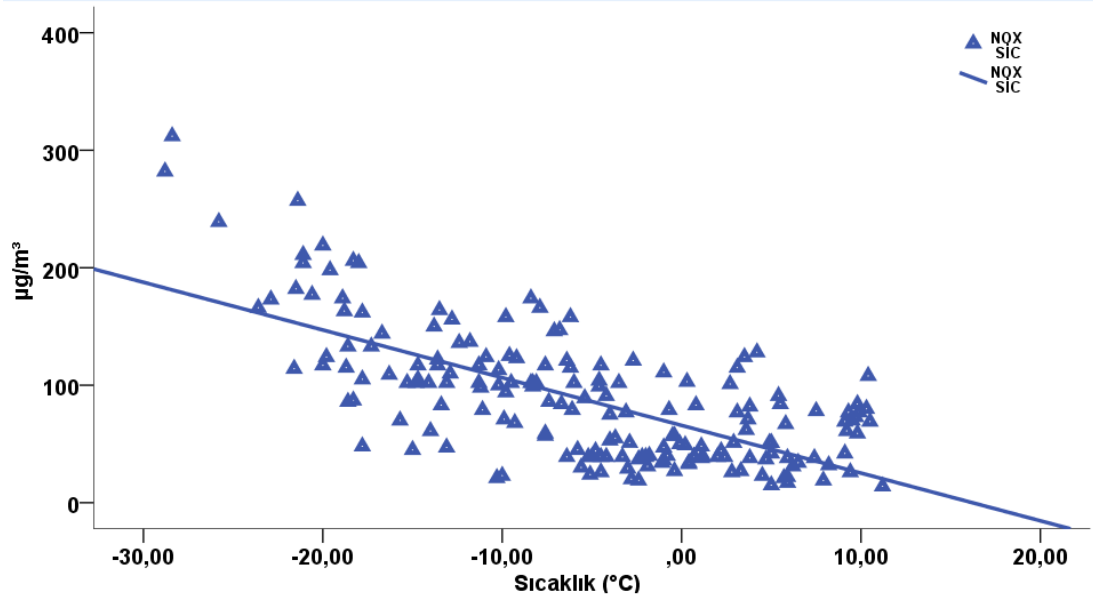
Şekil 4.8. NO ve NO₂ konsantrasyonlarının sıcaklık ile ilişkisi

4.6.6. NO_x konsantrasyonunun sıcaklık ile ilişkisine ait korelasyon grafiği

Aşağıda verilen şekillerde 5 farklı istasyondaki NO_x kirletici parametresinin sıcaklık ile korelasyon grafikleri yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde tüm istasyonlarda NO_x ile rüzgar hızı arasında negatif korelasyon olduğu görülmektedir.

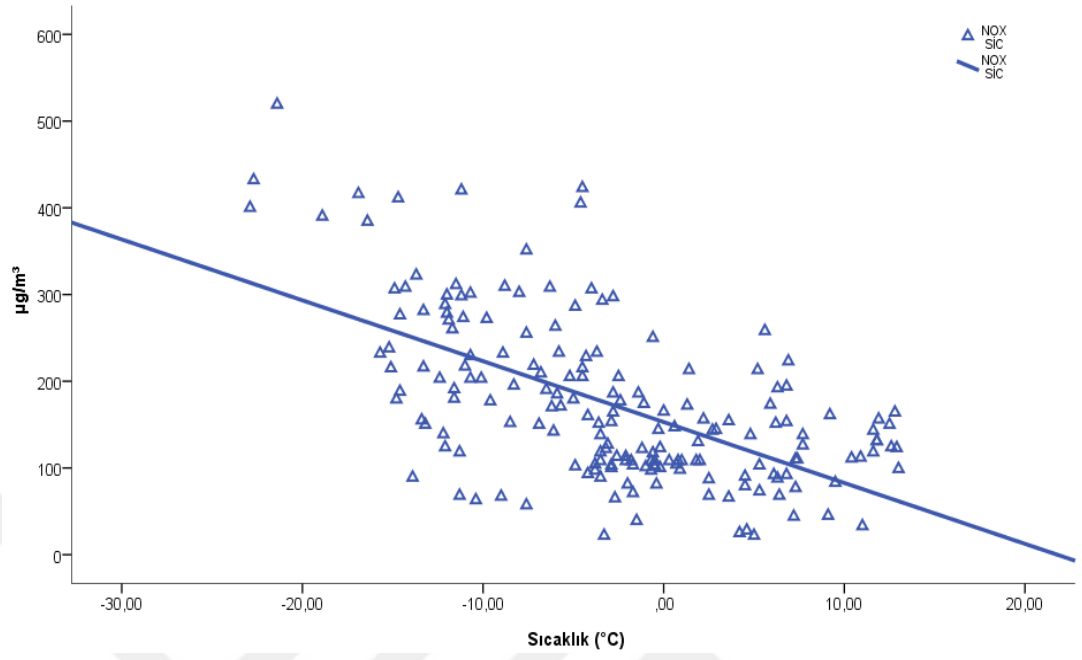


a) Hıfzısıhha İstasyonu

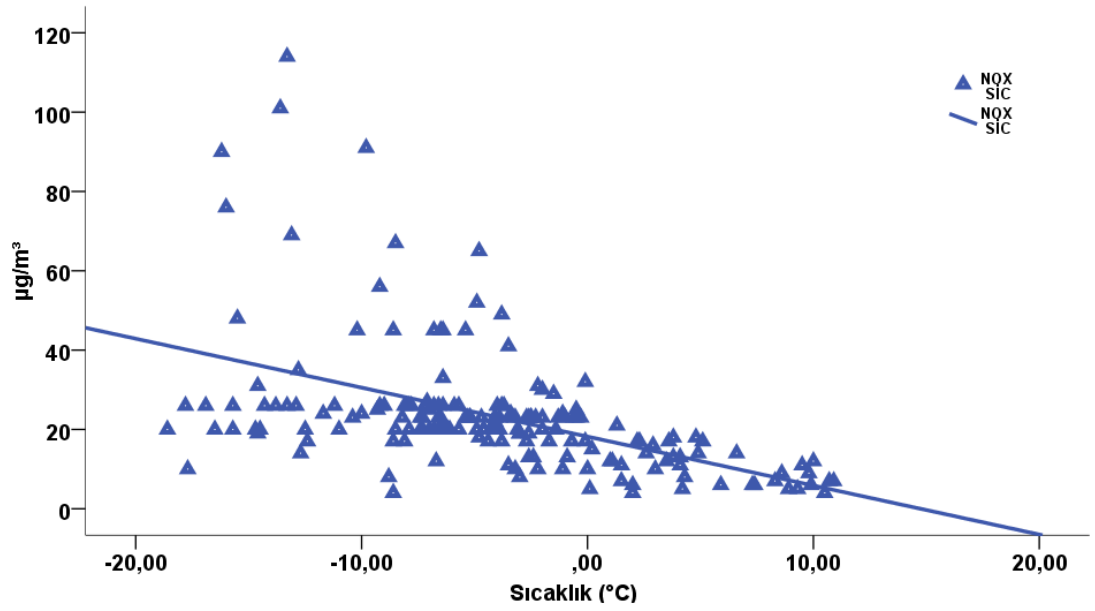


b) Aziziye İstasyonu

Şekil 4.9. (devam)

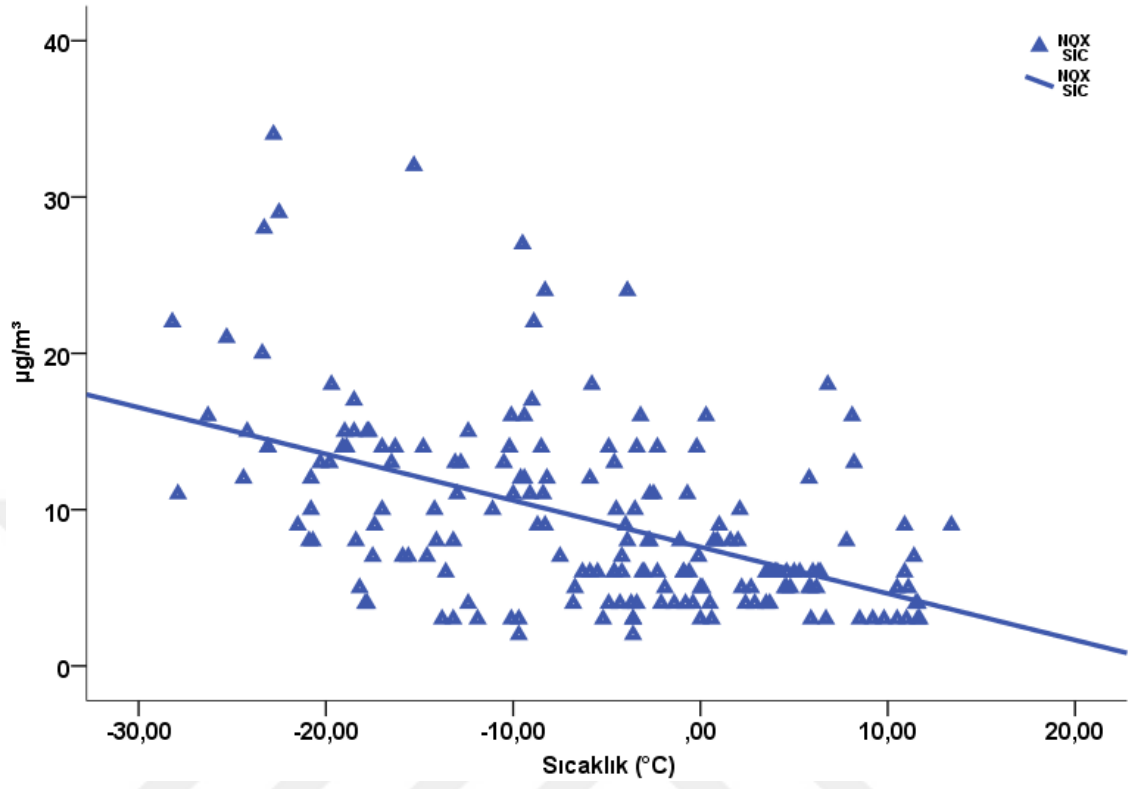


c) Taşhan İstasyonu



ç) Palandöken İstasyonu

Şekil 4.9. (devam)



d) Pasinler İstasyonu

Şekil 4.9. NO_x konsantrasyonun sıcaklık ile ilişkisi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Erzurum’da giderek artan hava kirliliği probleminin çözümünde kolaylaştırıcı önerileri sağlamak için hava kirleticilerin kaynaklarını, bu kaynakların atmosferde yükselmesi ve hava kalitesinin bozulması incelenmiştir. Nüfusun ve sanayileşmenin hızla artması, sağlam ve rahat hayatın devamı ile her türlü ısıtmalar, taşıtlar, biyolojik ve fizyolojik aktiviteler hava kirliliğine sebep olan sorunlardır. Çevre, özellikle kaliteli hava; insan yaşamı için önem taşımaktadır. Bu nedenle doğaya müdahale etmeden, orman ve diğer yeşillikleri koruyarak hava kirliliğinin önlenmesi ve kalitesinin artırılması herkesin görevi olmalıdır.

Yeşil alanların hava kalitesinde önemli etkisi vardır. Ormanlar yeryüzündeki oksijen ve karbon dengesini korur. Yeşil alanların havadaki kirleticilerin azaltılmasında bir diğer etkisi de filtrasyon yolu ile olur. Havada bulunan kirlilik, ağaçlandırılmış bir alan yönünde hareket ettiğinde yeşil alan ile temas ederek kirletici parçacıkların bir bölümü filtre edilir ve havada bir temizleme oluşturur.

Şehirlerin çoğunda olduğu gibi Erzurum’da da kış aylarının başlamasıyla birlikte ısınma için kullanılan fosil kaynaklı katı, sıvı yakıtlar ve motorlu araçların egzozlarından çıkan karbonmonoksit, karbondioksit, nitrojenoksitler, zehirli organikler ve duman hava kirliliğinin en büyük nedenlerinden birisi sayılmaktadır. Bu durumda temiz enerji kullanımının önemi artmaktadır. Kış aylarındaki evsel ısınma ve yoğun trafik en önemli dış ortam hava kirliliği kaynağıdır. İnsanlar hava kirleticilerine sadece evlerinin dışında değil, içinde de maruz kalırlar. Hava kalitesini korumak amacıyla evlerde kullanılan kömür sobasının bacasını temizlemek gerekmektedir. Ayrıca tüm sanayilerde ve işletmelerde bacaların temizlenmesi gerekmektedir. Isıtmalarda katı ve sıvı fosil kaynaklı yakıtlar yerine doğal gaz veya elektrikli ısıtmalar kullanılmalıdır. Bu süreçte belediyeler tarafından doğalgaz kullanımının özendirilmesine yönelik çalışmalar yapılması ve halkın temiz hava konusunda bilinçlenmesi gerekmektedir. Tecer’in Zonguldak ilinde yaptığı bir çalışmada benzer sonuçlar görülmüştür. Yapay Sinir Ağı Modeli kullandığı çalışmada geçmişteki hava kirliliği yoğunlukları ve meteorolojik

verileri kullanarak bir sonraki döneme ait hava kirliliği yoğunluklarını tahmin etmiştir. Çalışmasında özellikle kış aylarında kirlilik konsantrasyonlarının ilde bulunan kömür madeni ocaklarından ve ısınmadan dolayı arttığını ifade etmiştir (Tecer 2007).

Endüstriyel kuruluşlar, uçaklar, otomobiller, apartmanlar, fırınlarda; petrol ve maden kömürlerinin yanması ile fabrikalar, santraller, petrol rafinerileri hava kirliliğini artıran kaynaklardır. Kentleşmeden kaynaklanan hava kirliliği binaların kat sayısının ve yine yerleşim yerlerinin standartlara uyumlu olması ile azaltabilir.

Motorlu taşıtlardan ve özellikle ısınmadan kaynaklanan hava kirliliği solunum sistemini etkilemektedir. Havada bulunan kimyasallar, buharlar, gazlar, parçacıklar ve mikroorganizmalar birçok sağlık sorununa neden olur. Özellikle akciğerler hava kirliliğine karşı, korunmasız kalmaktadır. İşyerlerinde hava kirliliğinin etkisini azaltmak için bir takım koruyucu maskeler kullanılması önemlidir.

Esen rüzgârın kent atmosferindeki sürekli akışı hava kirliliğini azaltan bir iklim olayıdır. Etrafı yüksek dağlarla çevrili olan Erzurum şehrinde rüzgâr hızı azalıp, rüzgâr ventilasyonu yeterli olmadığında hava kirlenir. Bu durumda kirli havayı dağıtmak için şehir merkezinden çevreye doğru egemen rüzgârlar yönünde geniş ağaç dikmek havanın akışını hızlandırabilir.

Hava kalitesinin korunması için, hedef ve temelleri belirlemek amacıyla temiz hava eylem planları yapıp, konuyla ilgili kurum ve kuruluşlarla koordineli çalışmalar yaparak, ölçüt ve standartlar belirlenmeli ve temiz üretim ve kirlilik önleme çalışmalarına yönelik politika ve stratejiler belirlenerek ilgili mevzuatların hazırlanması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları temiz enerji kullanımına teşvik edilerek hava kalitesi sağlanmalıdır. Temiz hava merkezlerinin kurulması önemli bir çözüm sayılabilir.

Atmosferdeki hava kirliliğinin artışı bir yandan karbondioksit birikiminin artmasına neden olup, sonucunda sera etkisi adıyla anılan dünyanın ısınmasına yani iklim

değişikliğine neden olmaktadır. Öte yandan da ozon tabakasının incilmesiyle insan, bitki ve hayvan topluluklarını etkilemektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadele sağlamaya yönelik Uluslararası Kyoto Protokolü Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi imzalanmıştır. Kyoto Protokolün amacı; atmosferde bulunan sera gazı miktarını düşürmek, sanayilerden, motorlu taşıtlardan, ısınmadan kaynaklanan sera gazı miktarını azaltmaya yönelik mevzuatın yeniden düzenlenmesi, az enerji kullanarak ısınma, az enerji tüketen teknoloji sistemlerinin endüstriye yerleştirilmesini sağlamak, ulaşımda, çöp depolamada çevreciliğin temel ilke olması, metan ve karbon dioksit oranının düşürülmesi için alternatif enerji kaynaklarına yönelme, güneş enerjisini kullanma, nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için nükleer enerjisi kullanmaktır.

Bu çalışmada öneriler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Tesislerde kullanılacak sıvı, katı ve gaz yakıtlar kaliteli ve uyulması gerekli emisyon sınırlarının kapsamında olmalıdır.
- Hava kalitesinin ölçümünde kullanılan cihazlarının muayenesi, ayarları ve kontrolü uygun görülen laboratuvarlarda yapılmalıdır.
- Kanunda yer alan hava kirliliğinin engellenmesi kurallarının yürütülmesi sağlanmalıdır.
- Havayı kirleten fabrikalar ve sanayi kuruluşları şehir dışına veya sanayi kentlerine taşınması teşvik edilmelidir.
- Sanayi tesislerinin kurulması ve işletilmesi için gerekli olan emisyon ön izni, emisyon izni, şartlı ve kısmi izin başvuruları yapılmalıdır.
- Yerleşim merkezlerinde hava kirliliğine sebep olan fabrikalarda filtre sistemi kurulması zorunlu kılınmaktadır aksi halde kanun ve kurallara göre idari yaptırım uygulanmalı ve son olarak da kapatılmalıdır.
- Trafikte yer alan motorlu kara taşıtlarından kaynaklanan egzoz gazı emisyonlarının kontrolü ve denetimi yapılmalıdır.
- Araçlarda gaz ya da standartlı benzin ve motorin kullanılmalıdır.

- Motorlu taşıtlarda, ulaşımı organize etmek için izin verilen saatlerde ulaşım yapılmalıdır.
- Isınmalarda temiz enerji kullanılması desteklenmeli, elektrik ve nükleer enerji gibi temiz enerji sağlayacak stratejiler geliştirilmelidir.
- Çevre sorunlarını özellikle hava kirliliği engelleme kurallarını ve kültürünü insanlara tanıtmak için radyo ve televizyon programlarıyla eğitim verilebilir.
- Araçlarda yakıt tüketiminin azalması amacı ile yolların kalitesi ve kapasitesi geliştirilmelidir.
- Kirliliği engellemek için otomotiv sektöründe araçların yaş ortalamasının küçük olmalıdır. Yaş ortalaması büyük olan arabaların vergi maliyeti de fazla olmalıdır.
- Belirli bir yaşın üzerindeki motorlu araçlara hurda bedeli ödenerek yeni araba satın almak için kredi verilebilir.

Bu çalışmada 5 ölçüm istasyonunda PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , NO , NO_2 , NO_x ve bazı meteorolojik faktörlerin SPSS 20 paket programı yardımı ile medyan, standart sapma, çarpıklık gibi çeşitli istatistiksel özellikleri belirlenmiştir.

Ayrıca bu çalışma kapsamında 5 ölçüm istasyonundan toplanan ölçüm değerleri göz önüne alınmıştır. Meteorolojik veriler ile kirletici seviyelerinin daha iyi açıklanabilmesi için kış sezonu (1 Ekim-31 Mart) değerleri hesaplamalarda kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak 5 kirlilik değişkeni ele alınmıştır. Bunlar SO_2 , PM_{10} , NO , NO_2 ve NO_x 'tir. Bağımsız değişken olarak ise sıcaklık, rüzgâr hızı ve bağıl nem, yağış, bir gün önceki PM_{10} ve bir gün önceki SO_2 incelenmiştir. Her bir bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında stepwise çoklu regresyon analizi yapılmış olup denkleme giren ve girmeyen değişkenler belirlenmiştir. Yapılan regresyon analizlerinin sonucunda 25 denklem elde edilmiş ve hâkim bağımsız değişkenin rüzgâr hızı olduğu görülmüştür. Rüzgâr hızı kirlilik yoğunluğunu birinci derecede etkileyen faktördür.

Ayrıca bu çalışmada SPSS 20 Paket Programı ile pearson korelasyon analizi yapılmıştır. Genel olarak bakıldığında PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , NO , NO_2 , NO_x kirletici konsantrasyonlarının $p<0,001$ çok yüksek anlamlılık düzeyinde en yüksek

korelasyonlarının Hıfzıssıhha ($r=-0,66$), Aziziye ($r=-0,71$), Palandöken ($r=-0,5$) İstasyonlarında sıcaklık ile NO_2 arasında, Taşhan ($r=-0,71$) İstasyonunda sıcaklık ile $\text{PM}_{2.5}$ arasında, Pasinler ($r=-0,63$) İstasyonunda ise sıcaklık ile SO_2 arasında zıt yönlü korelasyon olduğu görülmektedir. Hıfzıssıhha, aziziye, palandöken İstasyonlarında NO_2 ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olması; sıcaklıkların düşük olduğu zamanlarda ısınma amaçlı kullanılan katı ve sıvı fosil yakıtların kullanımı ile taşıtlardan kaynaklanan egzoz salınımlarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Taşhan İstasyonunda $\text{PM}_{2.5}$ ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olması; $\text{PM}_{2.5}$ konsantrasyonu rüzgar ile zayıf bir korelasyona sahip olması hava kirleticilerin rüzgar ile taşınım olayının Taşhan İstasyonu bölgesinde az olduğunun göstergesidir. Pasinler İstasyonunda SO_2 ile sıcaklık arasında negatif korelasyon olması; sıcaklığın düşük olduğu zamanlarda ısınma amaçlı kullanılan kömürün kükürt içeriğinin fazla olduğunu göstermektedir. Kirletici konsantrasyonların sıcaklıkla olan korelasyonlarının yüksek olması kış aylarında hava kirliliğinin ısınmadan kaynaklı olduğunun göstergesidir.

Eğri yaptığı bir çalışmada; 1996-1997 kış dönemine ait günlük SO_2 ve Partikül madde (PM) düzeylerine meteorolojik faktörlerin etkisini incelemiştir. Verilerin analizinde çoklu regresyon analizini kullanmış olup SO_2 ve PM'i bağımlı değişken hava sıcaklığı, bağıl nem, atmosfer basıncı, yağış miktarı ve rüzgâr hızını bağımsız değişken olarak almıştır. Rüzgâr hızı dışındaki tüm bağımsız değişkenlerin SO_2 düzeyleri ile anlamlı ilişki içerisinde olduklarını belirlemiştir. PM düzeylerine yağış miktarı ve rüzgâr hızının etkileri kısıtlı kalırken hava basıncı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri ile anlamlı ölçüde etkilendiğini saptamıştır (Eğri 1997).

Bu çalışma sonucunda Erzurum'da hava kirliliğinin ana kaynağı ısınmada kullanılan katı ve sıvı fosil yakıtlar ve egzoz gazlarıdır. Isınma döneminin uzun bir süreyi kapsamaması (Ekim-Mayıs) kirliliğinin yılın hemen hemen önemli bir bölümünde etkili olmasına yol açmıştır. Bu bakımdan bir an önce doğal gaz kullanımına başlanması lazımdır. Bunun yanında kalitesiz kömür kullanımı yasaklanmalı ve şehire girecek bütün kömürler denetlenmelidir.

Hava kirliliği ölçüm sonuçlarına göre Erzurum’da kirletici madde yoğunluğu daha fazla etkili yanma dönemine karşılık gelen kış aylarındadır. Nitekim ölçümü yapılan kirlilik parametreleri de genellikle en yüksek seviyelerine kış mevsiminde çıkmaktadır. Yıllık ortalama konsantrasyon yoğunluğu, en fazla PM_{10} ve en az NO gazlarında hesaplanmıştır. Ulaşılan bulgular Erzurum’daki hava kirliliğinin temel kaynağının ısınma olduğu ve diğer faktörlerinde bunu beslediğini ortaya koymaktadır.

Başar ve arkadaşları; 1997-2004 yılları arasında Aydın merkezdeki kükürtdioksit ve partikül madde düzeylerini incelemişlerdir. Ölçümleri sürekli örnekleme yapan yarı otomatik kükürtdioksit ve duman ölçer cihazı (Burch-Bulap 201-8, 87036) ile Halk Sağlığı Laboratuvarınca yapmışlardır. 1997-2004 yılları arasında elde edilen ölçümlerin ortalama değerlerini aylara/yıllara göre karşılaştırmışlardır. Yedi yıllık süreçte kükürtdioksit ve partikül madde değerlerinin yıllara göre hava kirliliği düzeylerinde herhangi bir farklılık olmadığını tespit etmişlerdir. (kükürtdioksit ve partikül madde için sırasıyla: $p=0,526$, $p=0,822$). Yedi yıllık ortalama kükürtdioksit düzeyi $41,26 \pm 24$; partikül madde düzeyini de $27,66 \pm 16,23$ olarak tespit etmişlerdir. Aylara göre hava kirliliği düzeylerini karşılaştırdıklarında en yüksek değerlerin kış aylarında özellikle Ocak ayında olduğunu belirlemişlerdir ($p=0,000$). Özellikle kış aylarında kirlilik düzeylerinde ani yükselmeler olabileceği için ölçüm ve izlemlerin sürekli yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Meksika’da yapılan bir araştırmada ise; PM_{10} konsantrasyonu için tahmini bir model geliştirilmiştir. Araştırmada kirliliğin en yoğun olduğu yerin Salamanka şehri olduğu ve PM_{10} kirlilik parametresinin en etken kirletici olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma 24 saat içinde ortalama konsantrasyonu tahmin etmek için bir tahmin modeli sunmaktadır. PM_{10} değerleri; Salamanka’daki 3 farklı istasyondan alınmıştır. PM_{10} ile meteorolojik faktörler (Rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık ve bağıl nem) arasındaki ilişkiyi belirlemek için kümeleme algoritmaları yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçta kirlilik konsantrasyonlarının tahmininde meteorolojik faktörlerinin önemli olduğu belirlenmiştir (Cortina–Januchs *et al* 2017).

Erzurum’da kirliliği yönlendiren veya arttıran bütün bu faktörlerin bertaraf edilmesi için acilen uygun hava kirliliği yönetim planları ve eylem stratejileri geliştirilmelidir. Bunun için Sağlık Bakanlığı tarafından hava kirliliğinin zararlı etkilerini azaltmak veya önlemek için hazırlanmış kısa, orta ve uzun dönemde uygulanacak eylem planları ve buna benzer eylem stratejileri uygulanmalıdır. Ayrıca aşağıdaki sunulan tedbirlerinde yakın zamanda hayata geçirilmesi hava kirliliğinin zamanla çözülmesi için gerekli hususlardandır.

- Isınma için düşük kükürt düzeyli yakıt kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Isınma gereksinimini azaltmak için binaların izolasyonları yapılmalıdır.
- Kalorifer yakma saatlerinin düzenlenmesi gerekmektedir.
- Enerji tasarrufu ve yakıt kullanımıyla alakalı eğitimler düzenlenmelidir.
- Yakıtların kirlilik düzeyleri azaltılmalıdır.
- Yakma sistemleri iyileştirilmelidir.
- Merkezi ısıtma veya doğal gaz kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Büyük binaların veya şehrsel alanda kalan küçük ölçekli sanayi tesislerinin bacalarında filtre sistemleri kullanılmalıdır.
- Şehirdeki yeşil alanlar arttırılmalıdır.
- Şehir içinde insanların yürümesi veya bisiklet kullanımı özendirilip, yaygınlaştırılmalıdır
- Egzoz yayılımını azaltan katalitik konvektör kullanımı sağlanmalıdır.

Erzurum şehrini derinden etkileyen bu çevre sorunun bir an önce çözülmesi gerekmektedir. Böylece ilerleyen zamanda ortaya çıkabilecek çeşitli sağlık sorunları veya çevre problemleri (asit yağışları vs. gibi) önlenebilecektir. Bu konuda başta yetkililer olmak üzere toplumun bütün kesimlerine önemli görevler düşmektedir. Gelecek nesillere sağlıklı bir yaşam ortamı bırakmak öncelikli vazifemizdir.

KAYNAKLAR

- Ahlvik, P., Eggleston, E., Gorissen, N., Hassel, D., Hickman, A.-J., Joumard, R., Ntziachristos, L., Rijkeboer, R., Samaras, Z., Zierock, K.-H., 1997. COPERT II Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport, Methodology and emission factors, 2nd edition, European Environmental Agency, European Topic Center on Air Emissions.
- Akbulut, S., 2014. Hava Kirliliği, Asit Yağmurları, Sis Kirliliği ve Önlenmesi, Karaman Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Sunumu, Karaman.
- Akın, G., 2006. Küresel Isınma Nedenleri ve Sonuçları Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 46, 2, 29-43.
- Alçay, Ü., Yalçın, S., 2015. İç Ortam Havası Biyoaerosoller ve Mikrobiyal Hava Kalitesi Ölçüm Metodları. ABMYO Dergisi. 39. (17-30)
- Algantürk Light, S. D. 2008. Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliği Hakkında Yasal Düzenlemeler ve Değerlendirilmeler, İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi Yıl: 7, Sayı 14, 65-73.
- Almeida, S. M., Pio, C. A., Reis, M. A., Trancoso, M. A., 2005. Source apportionment of fine and coarse particulate matter in a sub-urban area at the Western European Coast, Atmospheric Environment 39, 3127-3138
- Anonim, 2017a. <http://www.nedir.com/hava> (12.04.2017).
- Anonim, 2017b. http://www.marcev.com/c-emisyon_nedir (20.04.2017).
- Anonim, 2017c. <http://cevreanaliz.blogspot.com.tr/2010/12/hava-kirliliginin-tanimi-ve-tarihsel.html> (22.04.2017).
- Anonim, 2017d. <http://www.havaizleme.gov.tr/hava.html> (26.04.2017).
- Anonim, 2017e. <https://www.frmtr.com/cografya-uzay-bilimleri/762008-dunya-ve-turkiyede-hava-kalite-kontrolu.html> (04.04.2017).
- Anonim, 2017 f. www.certaatex.com/site.../AB_ÇEVRE_MEVZUATINA_UYUM (12.04.2017).
- Anonim, 2017g. www.csb.gov.tr (12.04.2017).
- Anonim, 2017ğ. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr> (10.04.2017).
- Armıtlulu, İ. H., 2000. İşletmelerde Uygulamalı İstatistik (Sayısal Yöntemler I) İstanbul
- Asri, F. Ö., Sönmez, S., 2006. Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. Derim 23: 36-45.
- Başar, P., Okyay, P., Ergin, F., Coşan, S., Yıldız, A., 2005. Aydın İli Kent Merkezinde Hava Kirliliği. ADÜ Tıp Fakültesi Dergisi, 6(3), 11-15.
- Başer, S., 2008. Hava Kirliliğinin Tarihsel Gelişimi. Türkiye Klinikleri J Pulm Med-Special Topics, 1(2), 1-4.
- Bayat, B., 2011. Hava Kirliliği ve Kontrolü, Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim Dergisi, (135), 55-60.
- Bayraktar, H., Turalioğlu, F. S., Tuncel, G., 2008. Erzurum atmosferinde TSP, PM₁₀, PM_{10-2.5}, PM_{2.5} kütleli konsantrasyonları, Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, Konya.
- Bayram, S. E., 2007. Hava Kirlleticilere Karşı Önlem. İzmir, Gelişim Koleji Fen Bilgisi Öğretmeni, www.geocities.com/CapeCanaveral/Hall/9111/doc.html.

- Duo, B., Cui, L., Wang, Z., Li, R., Zhang, L., Fu, H., Chen, J., Zhang, H., Qiong, A. 2017. Observations of Atmospheric Pollutants At Lhasa During 2014–2015: Pollution Status And The Influence of Meteorological Factors. *Journal of Environmental Sciences*, 15.
- Cavkaytar, Ö., Soyer, Ö. U., Şekerel, E., 2013. Türkiye’de Hava Kirliliğinden Kaynaklanan Sağlık Sorunları. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, 2 (4), 105-111.
- Cortina-Januchs, M.G., Quintanilla-Dominguez, J., Vega-Corona, A., Andina, D. 2017. Development of A Model For Forecasting Of PM₁₀ Concentrations İn Salamanca, Mexico. *Atmospheric Pollution Research*, 6 (2015), 626-634.
- Cox, C. S., Wathes, C. M., 1995. Bioaerosols in the Environment. In *Bioaerosols Handbook* Press, Florida.
- Cuci, Y., Ergün Polat, E., 2015. Gaziantep’in Trafik Kaynaklı Hava Kirliliğinin Belirlenmesi. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (2), 1-11.
- Çevik, Ü., 2008. Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliği Hakkında Yasal Düzenlemeler ve Değerlendirmeler. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 7(14), 65-73.
- Çiçek, İ., Türkoğlu, N., Gürgen, G., 2004. Ankarada Hava Kirliliğinin İstatistiksel Analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 2(14), 1-18.
- Çobanoğlu, N., Pekcan, S., Aslan, A., Kiper, N., 2005. Solunan havada tehlikeler. *Astım Allerji İmmünoloji*, 3(2), 77-85.
- Doğan, F., Kitapçıoğlu, G., 2007. İzmir İlinde Hava Kirliliğinin Yıllar İtibariyle Karşılaştırılması. *Ege Tıp Dergisi*, 46 (3), 129-133.
- Edwards, D., Man, J., Brand, P., Katstra, J., Sommerer, K., Stone, H. A., Nardell, E., Scheuch, G., 2004. Inhaling To Mitigate Exhaled Bioaerosols. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 101, 17383-17388.
- Eğri, M., 1997. 1996-1997 Kış döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların Etkisi. *Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi*, 4(3), 265-269.
- Erbaşlar, T., Taşdemir Y., 2007. Kentsel Bir Atmosferdeki Bazı Hava Kirleticilerin Meteorolojik Parametrelerle İlişkilendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, (12) 2.
- Ersoy, Ş., 2006. Küremiz Isınıyor. *Bilim ve Ütopya Dergisi*, (139), 5-13.
- Ay, E. F., Balta, M., Çolak, M., Semercioğlu, H., 2010. Hava Kirliliği ve Modellemesi. *Sakarya Üniversitesi*, <http://www.sahakk.sakarya.edu.tr> (10.09.2017).
- Fatih, İ. E., 2012. İzmir Körfezi’nde Toplu Taşıma Yapan Deniz Taşıtlarından Kaynaklanan Hava Kirleticilerin kent Atmosferindeki Dağılımlarının EPA-ISCST3 Modeli ile Belirlenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi*, (1), 2-9.
- Garipağaoğlu, N., 2015. Türkiye Ortam Sorunları Coğrafyası. Yeditepe Yayınevi. İstanbul.
- Godish, T., 2001. *Indoor Environmental Quality*. Lewis Publishers, Boca Raton, USA.
- Gorny, R. L., Dutkiewicz, J., 2002. Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in central and eastern European countries. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 9 (1), 17-23.
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1994. Kapalı Ortam Hava Kirlenmesi. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, No:9, Ankara.

- Güllü, G., 2013. Türkiye’de iç ortam hava kirliliği çalışmaları. Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, (2),146-158.
- He, J., Gong, S., Yu, Y., Yu, L., Wu, L., Mao, H., Song, C., Zhao, S., Liu, H., Li, X., Li, R., 2017. Air Pollution Characteristics And Their Relation To Meteorological Conditions During 2014-2015 İn Major Chinese Cities Environmental Pollution 223 (2017), 484-496.
- İncecik S., 1994. Hava Kirliliği. İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Kabukçu, M. A., 1994. Sağlık, Sosyal ve Fen Bilimlerinde Uygulamalı İstatistik. Nadir Kitap, 93-98, Konya.
- Kandis. H., Katırcı, Y., Çakır, Z., Aslan, Ş., Uzkeser, M., Bilir, Ö., 2007. Acil Servise Karbonmonoksit Entoksikasyonu ile Başvuran Olguların Geriye Dönük Analizi. Akademik Acil Tıp Dergisi, (5), 21-5.
- Karaman, K., 2003. Türkiye’de Şehirleşme Olgusu Ve Gecekondu Sorunu. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları 4, Malatya
- Kardeşoğlu, E., Yalçın, M., Işlak, Z., 2011. Hava Kirliliği ve Kardiyovasküler Sistem. TAF Preventive Medicine Bulletin, 10 (1), 97-106.
- Karlıkaya, C., Yüksel, H., 2010. Türkiye’nin Hava Kirliliği ve İklim Değişikliği Sorunlarına Sağlık Açısından Yaklaşım. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayınları No: 811, Ankara.
- Katırcı, Y., 2005. Karbonmonoksitle zehirlenen hastalarda nöropsikiyatrik bozuklukların sıklığı ve ilişkili etmenler. Uzmanlık Tezi, Erzurum.
- Keleşoğlu, A., 2009. Öğretmen Adaylarının Çevre Sorunları Konusundaki Farkındalık ve Duyarlılıkları. Eğitim Fakültesi Dergisi, (28), 153 -168.
- Keser, N., 2002. Kütahya’da Hava Kirliliğine Etki Eden Topografik ve Klimatik Faktörler. Marmara Coğrafya Dergisi, (5), 70-71.
- Kırımhan, S., 2005. Çevre Yönetimi (Nüfus, Kaynak ve Çevre İlişkileri). Turhan Kitabevi, 352 s, Ankara.
- Kopar, İ., Zengin, M., 2009. Coğrafi Faktörlere Bağlı Olarak Erzurum Kentinde Hava Kalitesinin Zamansal ve Mekânsal Değişiminin Belirlenmesi. Türk Coğrafya Dergisi, (53), 51-68.
- Lipfert, F.W., 1994. Air Pollution and Community Health- A Critical Review and Data Sourcebook. USA, Van Nostrand Reinhold, 92-97.
- Lsitmann, J., 1999. Sustaining Cities, Environmental Palanning And Management in Urban Design, USA, 84-105.
- Menteşe, S., Rad, A.Y., Arısoy, M., Güllü, G., 2009. Ankara şehir atmosferinde biyoaerosol seviyelerinin mekansal değişimi. Ekoloji Dergisi,19 (73), 21-28.
- Müezzinoğlu, A., 2005. Hava Kirliligi ve Kontrolünün Esasları, Dokuz Eylül Yayınları, 328 s, İzmir.
- Omaye, S. T., 2002. Metabolic Modulation of Carbon Monoxide Toxicity. Toxicology, (180) 139-150.
- Sofuoğlu, A., 1992. Hava Kirliliği. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü. www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-6.pdf (12.09.2017).
- Sonsuz, B., Kargioğlu, A. F., Oruç, M. M., Karafazlıoğlu, M., Selvi, E., Mustak, H., Kargı, H., Hepşen, Ö., Şıpka, M., 2011. Adapazarı İlçesindeki Endüstriyel Kaynaklı Emisyonların Envanterlenmesi. Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi. 11-12, Sakarya.

- Stetzenbach, L., 2004. Detection and Enumeration of Airborne Biocontaminants. *Current Opinion in Biotechnology*, (15), 170-174.
- Stresty, T. V. S., Madhava Rao, K.V., 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea. *Environ Exp Bot*, (41), 3-13.
- Taşdemir, Y., 2002. Bursa'da Kükürt Dioksitten Kaynaklanan Hava Kirliliği. *Ekoloji Çevre Dergisi*, (42), 12-15.
- Taşdemir, Y., Cindoruk, S. S., Esen, F., 2005. Monitoring of criteria air pollutants in Bursa, Turkey. *Environ. Monitoring and Assessment*, (110), 227-241.
- Tecer, L. H., 2007. Prediction of SO₂ and PM Concentrations in a Coastal Mining Area (Zonguldak, Turkey) Using an Artificial Neural Network. *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 16, No. 4, 633-638.
- Tecer, L. H., Süren, P., Alagha, Ö., Karaca, F., Tuncel, G., 2008. Effect of Meteorological Parameters on Fine and Coarse Particulate Matter Mass Concentration in a Coal-Mining Area in Zonguldak, Turkey. *Journal of the Air & Waste Management Association*. Volume 58, 2008 - Issue 4.
- Tecer, L. H., Alagha, Ö., Karaca, F., Tuncel, G., Eldes, N., 2008. Particulate Matter (PM_{2.5}, PM_{10-2.5}, and PM₁₀) and Children's Hospital Admissions for Asthma and Respiratory Diseases: A Bidirectional Case-Crossover Study. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*. Volume 71, 2008 - Issue 8.
- Turalıoğlu, S., Nuhoglu, A., Bayraktar, H., 2005. Impacts Of Some Meteorological Parameters On SO₂ And TSP Concentrations In Erzurum, Turkey. *Original Research Article Pages* 1633-1642.
- Türk, H. S., 1969. Türk Hukukuna Göre Hava Kirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 26 (3), 115-130.
- Türküm, A. S., 1998. Çağdaş Toplumda Çevre Sorunları ve Çevre Bilinci. *Çağdaş Yaşam Çağdaş İnsan*. Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi İlköğretim Öğretmenliği Lisans Tamamlama Programı, Eskişehir, 165-181.
- Ulusoy, A., Vural, T., 2001. Kentleşmenin Sosyo Ekonomik Etkileri. *Belediye Dergisi*, 7(12).
- Ünver, Ö., Gamgam, H., 1999. Uygulamalı İstatistik Yöntemler. Siyasal Kitabevi, 413 s, Ankara.
- Yatkın, S., Bayram, A., 2007. İzmir Havaında Partikül Madde Kirliliği, Ölçüm ve Değerlendirme. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9 (2), 15-27.
- Ziyari, S. H., 1999. Uluslararası Kurallara Dayanarak Çevre Korumanın Boyutları. *Meclis ve Rahbord Dergisi*, 10 (38), 325-344.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Rize’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Rize’de tamamladı. 2000 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 2004 yılında mezun oldu. 2005 yılında askerlik hizmetini tamamladıktan sonra Borusan İş Makinaları Yetkili Servisinde Servis Mühendisi olarak göreve başladı. 2010 yılında Erzurum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne atandı. 2011 yılı Ekim ayında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Teknolojileri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

Halen Erzurum Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünde Çevre Mühendisi olarak çalışmaktadır.