



Bolu İli Hava Kirletici Maddeler ile Meteorolojik Faktörler Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi

Investigation of Relationships between Air Pollutants and Meteorological Factors in Bolu Province

Ceren Ünal* , Gamze Özel 

Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Beytepe, Ankara, Türkiye

Öz

Kirleticiler atmosferde duman, toz, saf olmayan su buharı ve gaz şeklinde bulunabilmektedir. Bu kirleticilerin maddi zararlara sebep olacak miktarlara yükselmesi ve/veya canlıların ve insanların sağlıklarını olumsuz yönde etkileyecek seviyelere yükselmesi hava kirliliği olarak adlandırılmaktadır. Hava kirliliğine ise, sıcaklık, yağış miktarı, nem, yatay ve dikey hava akımları gibi meteorolojik koşullar etki etmektedir. Bu çalışma kapsamında, 2017-2020 yılları arasında Bolu iline ait iklim parametrelerinin (hava sıcaklığı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, bağıl nem ve hava basıncı) hava kirliliği üzerine (partikül madde (PM₁₀), kükürt dioksit (SO₂), azot (NO), azot dioksit (NO₂), azot oksit (NO_x) ve karbon monoksit (CO) düzeyleri üzerindeki etkisinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Hava konsantrasyonlarına dair ve meteorolojik veriler kullanılarak hava kirleticilerinin zamansal değişiminde çoklu doğrusal regresyon ve korelasyon yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan analizler esnasında PM₁₀, SO₂, NO, NO₂, NO_x ve CO değerleri bağımlı değişken, meteorolojik parametreler ise bağımsız değişken olarak ele alınmıştır. Verilerden yararlanılarak analizler, aralarındaki bağıntıyı gösteren korelasyon katsayıları hesaplanmış ve hava kirleticilerine ait regresyon denklemleri elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çoklu doğrusal regresyon, Hava kalitesi indeksi, Hava kirliliği, İklim parametreleri, Korelasyon

Abstract

Pollutants can be found in the atmosphere in the form of smoke, dust, impure water vapor, and gas. The increase of these pollutants to the levels that will cause material damage and/or the increase to the levels that will negatively affect the health of living things and people is called air pollution. Meteorological conditions such as temperature, precipitation amount, humidity, horizontal and vertical air currents affect air pollution. Within the scope of this study, between 2017-2020, the climate parameters (air temperature, wind direction, wind speed, relative humidity, and air pressure) of Bolu province on air pollution (particulate matter (PM₁₀), sulfur dioxide (SO₂), nitrogen (NO), nitrogen dioxide (NO₂), nitrogen oxide (NO_x) and carbon monoxide (CO) levels. Multiple linear regression and correlation methods were used in the temporal variation of air pollutants using meteorological data and air concentrations. During the analysis, PM₁₀, SO₂, NO, NO₂, NO_x, and CO values are considered as dependent variables, and meteorological parameters are considered as independent variables. By using the data, the correlation coefficients showing the correlation between them are calculated and the regression equations for air pollutants are obtained.


Keywords: Multiple linear regression, Air Quality Index, Air pollution, Climate parameters, Correlation


1. Giriş

Hava kirlenmesi, normalde havanın bileşiminde bulunan bazı maddelerin yine çeşitli doğal ve yapay nedenler ile yüksek miktarlara erişmesi veya çeşitli yapay/doğal sebepler ile doğal

olarak havanın bileşiminde bulunmayıp bazı maddelerin havanın bileşimine katılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda, insanların sağlıklarını ve hayvan ve bitkilerin ise gelişim ve yaşamlarını olumsuz olarak etkilemektedir (İskan vd., 2015). Hava kirliliği rüzgârlarla dağılarak, eşitli kimyasal reaksiyonlarla ayrılarak veya toprak, deniz ve göller üzerine çökerek kendini temizleyebilmektedir. Havayı kirleten en önemli partiküller arasında Kükürt dioksit (SO₂), Karbondioksit (CO₂), Partikül Madde (PM), Ozon (O₃), Hidrokarbonlar (HC), Karbon monoksit (CO) ve Azot oksitler (NO_x) olarak sıralanabilmektedir (Cekim, 2020).

*Sorumlu yazarın e-posta adresi: cerenunal@hacettepe.edu.tr

Ceren Ünal  orcid.org/0000-0002-9357-1771

Gamze Özel  orcid.org/0000-0003-3886-3074



Hava kirliliği, atmosferik sınır tabakada meteorolojik faktörlerin, çeşitli kaynaklardan atmosfere salınan hava kirlenitçilerinin ve yüzey topoğrafya özelliklerinin etkileriyle birlikte oluşmaktadır (Abdullahı ve Çakır, 2017). Sıcaklık, rüzgâr yönü, hızı, basınç ve nem gibi meteorolojik faktörlerle beraber yüzey pürüzlülük özellikleri de hava kirlenitçilerinin dağılımında önem teşkil etmektedir. Atmosferik hava kirliliğinde meteorolojinin en önemli rolü; taşınım, dağılım ve atmosferden ayrılma aşamalarında etkili olmasıdır. (Oğuz ve Pekin, 2015)

Modern yaşamın getirdiği şehirleşmenin bir sonucu da hava kirliliğidir ve küresel ölçekte etkisi bulunmaktadır. Hava kirliliğinin insan sağlığına olan etkisinin önemli olması sebebiyle, bu konuya küresel olarak büyük önem verilmektedir (Sharma vd., 2003). Bu problemi çözmek ve strateji belirlemek amacıyla, atmosferik kirlenitçi konsantrasyonlarını izlemek ve analiz etmek konularına odaklanılmıştır (Kyrkilis vd., 2007). Hava kirliliğinin düzeyini sınıflamada tüm dünyada yaygın olarak kullanılan bir sınıflama sistemi bulunmaktadır. Belli bir bölgedeki hava kalitesinin karakterize edilmesi için ülkelerin kendi sınır değerlerine göre dönüştürdükleri ve kirlilik sınıflandırılmasının yapıldığı bu indekse hava kalitesi indeksi (HKİ) (Air Quality Index/AQI) adı verilmektedir (Özel ve Çakmakyapan, 2015). Bu sistem ile havadaki kirlenitçilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesini iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. derecelendirme yapılmaktadır. İndeks derecelendirmelerine göre farklı tanım

ve renkler kullanılarak ifade edilmekte ve ölçümü yapılan her kirlenitçi için ayrı ayrı düzenlenmektedir (Yavuz, 2010). Ulusal Hava Kalitesi İndeksi, EPA Hava Kalitesi İndeksinin ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlayarak oluşturulmuştur (Sürekli İzleme Merkezi SİM, 2022). Partikül maddeler (PM₁₀), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksit (NO₂) ve ozon (O₃) olmak üzere bu beş adet temel kirlenitçi için hava kalitesi indeksi hesaplanmaktadır (Yavan ve Hotunluoğlu, 2018). Çizelge 1'de EPA hava kalitesi indeksine ait göstergeler, Çizelge 2'de ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları ve Çizelge 3'te indeks hesaplanan parametrelerin sınır değerleri verilmiştir (Sürekli İzleme Merkezi SİM, 2022).

Literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda hava kirliliği incelenmiş ve çeşitli yöntemlerle analizi yapılmıştır (Yılmaz 2017, Mutlu 2019 ve Yılmaz 2018). Bu çalışmada ise, 2017-2020 periyodu arasında Bolu ilinde hava kirlenitçilerinin sıcaklık, rüzgâr yönü ve hızı, bağıl nem ve hava basıncı gibi meteorolojik parametrelerle olan ilişkileri araştırılmıştır.

2. Yöntem ve Bulgular

İki veya daha fazla sayıdaki değişken arasında ilişki olup olmadığı ve eğer bir ilişki mevcutsa bu ilişkinin derecesi de istatistiksel bir yöntem olan regresyon analizi ile incelenir. Değişkenler arasında bulunan ilişkiden yararlanılarak bu etkileşimin nedenini açıklamak ve değişkenlerin birinden yararlanarak diğer değişkeni tahmin etmek mümkündür.

Çizelge 1. EPA hava kalitesi indeksi.

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

Çizelge 2. Ulusal hava kalitesi indeksi kesme noktaları.

İndeks	HKİ	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
		1 Sa. Ort	1 Sa. Ort	8 Sa. Ort	8 Sa. Ort	24 Sa. Ort
İyi	0 – 50	0 – 100	0 – 100	0 – 5500	0 – 120	0 – 50
Orta	51 – 100	101 – 250	101 – 200	5501 – 10000	121 – 160	51 – 100
Hassas	101 – 150	251 – 500	201 – 500	10001 – 16000	161 – 180	101 – 260
Sağlıksız	151 – 200	501 – 850	501 – 1000	16001 – 24000	181 – 240	261 – 400
Kötü	201 – 300	851 – 1100	1001 – 2000	24001 – 32000	241 – 700	401 – 520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Çizelge 3. Hesaplanan parametrelerin sınır değerleri.

Parametre	SO ₂ [µg/m ³]	NO ₂ [µg/m ³]	CO [µg/m ³]	O ₃ [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]
	1 Sa. Ort	1 Sa. Ort	8 Sa. Ort	8 Sa. Ort	24 Sa. Ort
Ulusal Sınır Değer	380	260	10000	120	60
AB Üye Ülkeleri Sınır Değeri	350	200	10000	120	50

Çizelge 4. Meteorolojik parametreler ile hava kirlilik parametrelerinin 2017-2020 dönemine ait ortalama yıllık değerleri.

	Hava Sıcaklığı	Rüzgâr Yönü	Rüzgâr Hızı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
Ortalama	16,764	205,904	3,399	49,623	1063,712
Standart Hata	0,232	0,560	0,114	0,442	4,095
Ortanca	16	201	1	47	1019
Kip	11	200	1	39	1016
Standart Sapma	7,843	18,911	3,864	14,913	138,102
Varyans	61,521	357,657	14,931	222,414	19072,308
Basıklık	-0,996	1,063	-0,973	1,117	7,404
Çarpıklık	-0,012	1,177	1,001	1,096	3,051
Aralık	33	109	10	77	532
En Büyük	-1	171	1	24	1003
En Küçük	32	280	11	101	1535
Toplam	19061	234113	3865	56422	1209441

Bu çalışmada, meteorolojik faktörler ve kirlilik değişkenleri arasındaki ilişki SPSS yazılımı kullanılarak regresyon analizi ile incelenmiştir. Bağımlı değişken PM₁₀, SO₂, NO, NO₂, NO_x ve CO olmak üzere bağımsız değişkenler ise nem, basınç, rüzgâr, sıcaklık olarak ele alınmış ve aralarındaki ilişkiler çoklu regresyon analiziyle incelenmiştir.

Çizelge 4'de Bolu Bölgesi'ne ait meteorolojik parametreler ile hava kirlilik parametrelerinin 2017-2020 dönemine ait tanımlayıcı istatistikleri görülmektedir. Bolu'da ortalama

sıcaklık değeri 16,7°C, maksimum sıcaklık değeri 32°C, minimum sıcaklık değeri -1°C'dir. En soğuk ay olan ocak ayının ortalama sıcaklığı ise 0,9°C iken, en sıcak ay olan temmuz ayı ortalama sıcaklığı 19,9°C'dir. Ortalama rüzgâr hızı 3,39 m/sn olup maksimum rüzgâr hızı 11 m/sn'ye kadar ulaşmaktadır. Ortalama bağıl nem yüzdesi 49,6'dır. Basınç değerleri ele alındığında ise ortalama basınç değerinin 1063 hPa; minimum basınç değerinin 1003 hPa ve maksimum basınç değerinin 1535 hPa olduğu görülmektedir.

Karbondioksit (CO₂); trafik, enerji kullanımı, biokütle yanması, endüstriyel süreçler, ormanların yok olması, Azot dioksit (NO₂), gübrelenmiş topraklar, fosil yakıtların yakılmasından ortaya çıkan gazlardır ve iklim değişikliğine yol açmaktadır. Kükürt dioksit (SO₂) ve Azot monoksit (NO) ise asit yağmurları oluşumunda en etken maddelerdir. Hava kirlilik ve meteorolojik parametrelerin 2017-2020 dönemine dair yıllık değerleri Çizelge 5'de verilmiştir.

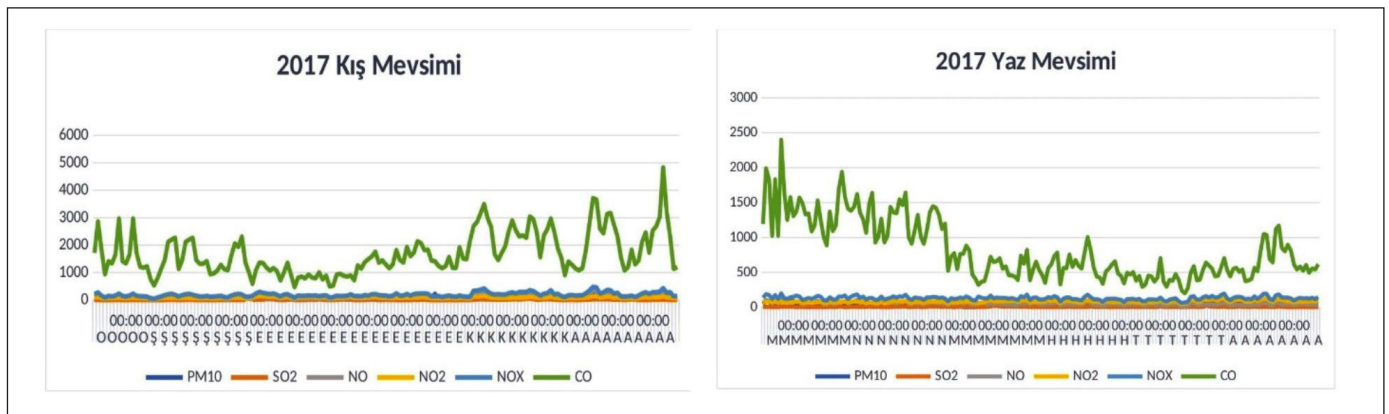
Şekil 1'e göre, 2017 kış mevsimine ait Bolu ili hava kirliliği verilerine bakıldığında kasım ayından itibaren yükselmeye başladığını aralık ayında mevsimsel koşullarla birlikte en fazla hava kirliliğinin gözlemlendiği görülmektedir. 2017

yaz mevsimine ait hava kirliliği verilerine baktığımızda ise, en yüksek hava kirliliğinin mart ayında olduğunda ama normallerin üzerine çıkmadığını, mart ayından itibaren havaların ısınmasıyla kirlenici etkenlerin daha da azaldığı görülmektedir.

Şekil 2'ye göre, 2018 Kış mevsimine ait hava kirliliği verilerine göre yine kasım aylarında hava kirliliği verilerinde bir yükseliş olduğunu ve bunun şubat ayları sonuna kadar devam ettiği görülmektedir. 2018 Yaz mevsimine ait hava kirliliği verilerine bağlı olarak yaz mevsiminde en çok düşüşün temmuz ayında olduğunu diğer aylarda ortalama hava kirliliği miktarının aynı düzeylerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Meteorolojik parametreler ile hava kirlilik parametrelerinin 2017-2020 dönemine ait yıllık değerleri.

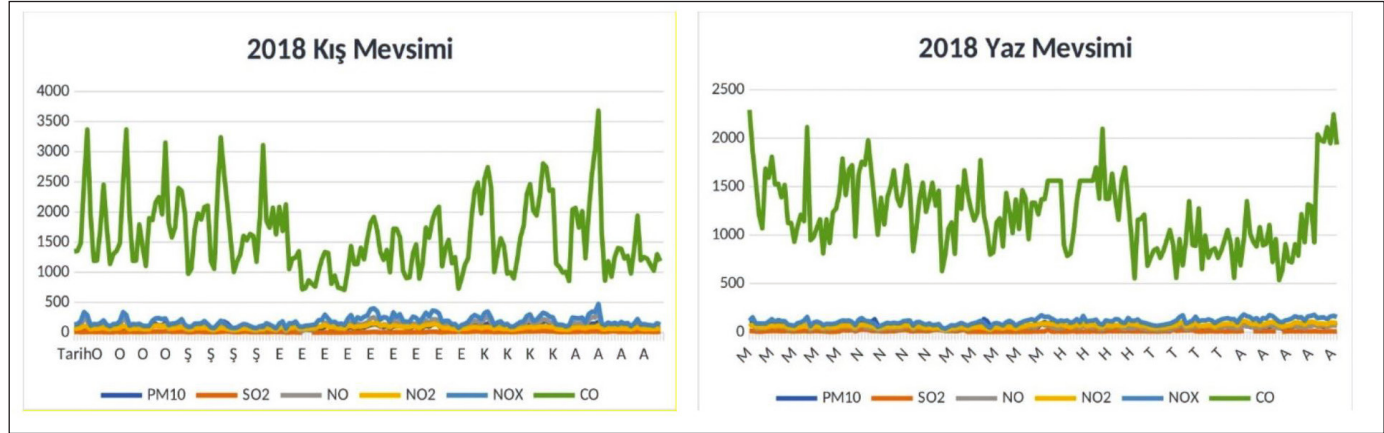
Yıl		PM ₁₀	SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	CO	Sıcaklık	Rüzgâr Yönü	Rüzgâr Hızı	Bağıl Nem	Hava Basıncı
2017	Ortalama	67,03	9,30	77,67	83,99	161,82	1234,88	16,94	203,84	4,43	62,28	1158,33
	Standart Sapma	37,03	8,02	52,62	18,58	64,61	751,93	8,00	18,00	4,16	17,76	220,83
2018	Ortalama	71,38	9,96	75,34	72,07	147,45	1414,80	17,34	206,07	5,17	43,07	1026,30
	Standart Sapma	34,09	5,64	52,68	22,45	70,64	53,17	7,84	18,37	4,37	8,4	9,48
2019	Ortalama	84,69	7,88	74,16	64,42	138,59	1048,49	17,03	207,8	1,00	43,65	1017,23
	Standart Sapma	42,81	3,00	48,92	28,89	71,53	486,5	7,79	20,07	0,00	9,08	2,45
2020	Ortalama	69,91	6,11	62,75	46,35	109,09	1160,58	10,05	205,36	1,00	52,05	1017,33
	Standart Sapma	28,62	2,88	19,53	6,69	24,72	258,2	2,57	19,36	0,00	4,82	3,80



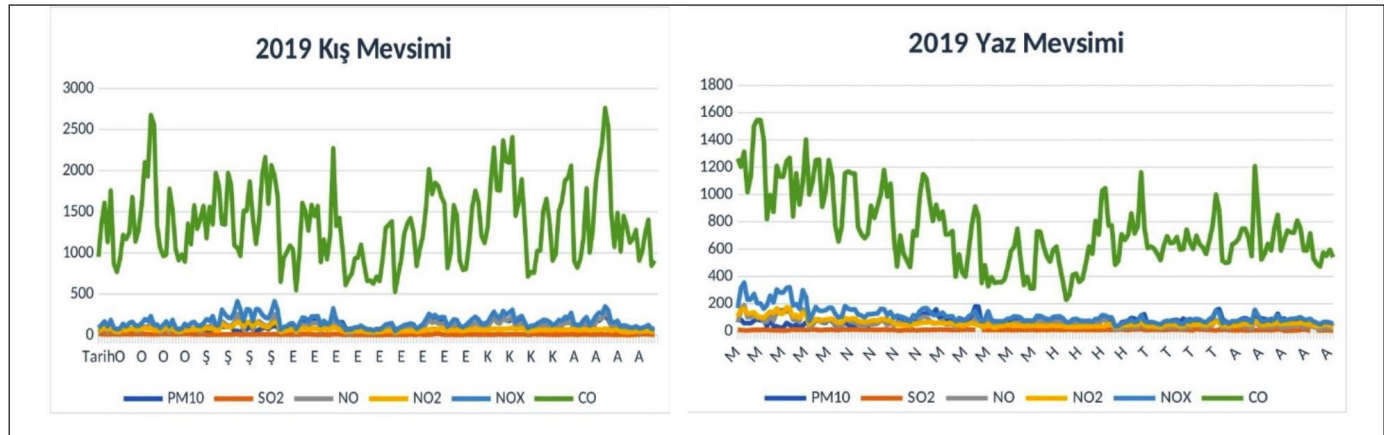
Şekil 1. 2017 kış ve yaz mevsimlerine ait Bolu ili hava kirliliği.

Şekil 3'e göre, 2019 Kış mevsimi hava kirliliği verilerine baktığımızda en yüksek karbon monoksit miktarlarına aralık ve ocak aylarında karşılaştığımızı diğer aylarda miktarların ortalama olarak aynı olduğu görülmektedir. 2019 Yaz mevsimi hava kirliliği verileri için yine kış aylarının son ayları olarak görülen mart ayında karbondioksit miktarının diğer aylara oranla fazla olduğunu görülmektedir.

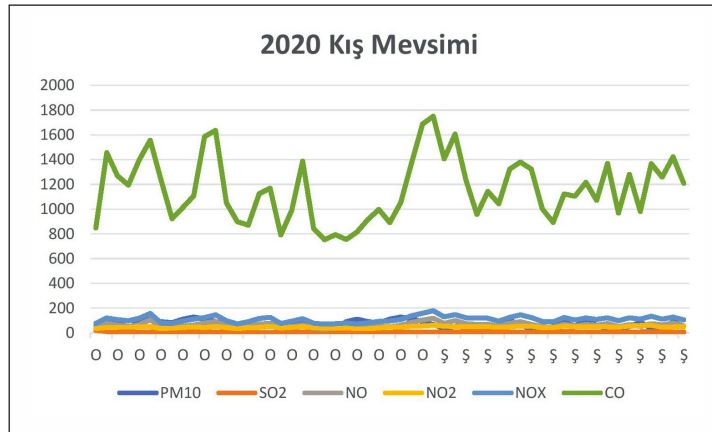
Belirtilen göre, 2017-2020 verilerine ait hava kirliliği verileri değerlendirildiğinde; özellikle kış aylarında hava kirliliğinin daha çok arttığını yaz mevsimi içinde değerlendirdiğimiz mart ayını gözlem dışı tuttuğumuzda ise genel olarak hava kirliliğinde düşüş gözlemlendiğini söyleyebiliriz. Aylık değişim değerlendirildiğinde, PM₁₀ değerlerinde mayıs, haziran,



Şekil 2. 2018 kış ve yaz mevsimlerine ait Bolu ili hava kirliliği.



Şekil 3. 2019 kış ve yaz mevsimlerine ait Bolu ili hava kirliliği.



Şekil 4. 2020 kış mevsimine ait Bolu ili hava kirliliği.

temmuz, ağustos ve eylül aylarında belirgin bir azalış; kasım, aralık, ocak, şubat ve mart aylarında ise belirgin bir artış görülmektedir. Bunun sebepleri olarak da kışın ısınma ve taşıt gazlarının hava kirliliği verilerinin artmasında rol oynadığı düşünülebilir.

Çizelge 6'da bağımlı değişken PM_{10} ve bağımsız değişkenler hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve bağıl nem olarak alınarak kurulan regresyon modeline ait sonuçlar ile birlikte ilişki miktarı ve belirtme katsayısı verilmiştir. Kurulan regresyon modeli için, PM_{10} düzeyine etki eden faktörlere ait katsayılar elde edilerek ilgili model kurulmuştur.

Çizelge 6'ya göre bağımlı değişken PM_{10} 'nun bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan modelin anlamlılığı test edilmiş ve model anlamlı (Önem Seviyesi < 0,05) bulunmuştur. Bağımsız değişkenler olan meteorolojik veriler bağımlı değişken PM_{10} 'nun %10,6'sını açıklamaktadır. Bağımsız değişkenler arasında %33'lük ilişki bulunmaktadır. Bağımsız değişkenlerin anlamlılıkları incelendiğinde rüzgâr hızı ve hava basıncı anlamsız bulunmuştur (Önem Seviyesi > 0,05). Bu yüzden modele dâhil edilmemiştir. PM_{10} için elde edilen regresyon denklemi aşağıdaki gibidir:

$$PM_{10} = 210,477 + (-0,914) \text{ Hava sıcaklığı} + (-0,342) \text{ Rüzgâr yönü} + (-0,673) \text{ Bağıl nem}$$

Anlamlı bulunan regresyon modeline göre, Bolu ilinde hava sıcaklığının 1 birim artması partikül madde miktarının ortalama 0,914 birim azalmasına, rüzgâr yönünün 1 birim artması partikül madde miktarının ortalama 0,342 birim azalmasına, bağıl nemin 1 birim artması partikül madde miktarının ortalama 0,673 birim azalmasına neden olmaktadır.

PM_{10} değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7'de yer alan sonuçlara göre, bağımlı değişken PM_{10} ile hava sıcaklığı arasında negatif yönlü %6'luk, rüzgâr yönü ile negatif yönlü %16'luk, bağıl nem ile negatif yönlü %21'lik, hava basıncı ile negatif yönlü %18'lik bir ilişki vardır. PM_{10} 'nun bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin anlamlılıkları incelendiğinde; hava sıcaklığı (0,12 < 0,05), rüzgâr yönü (0,0001 < 0,05), bağıl nem (0,0001 < 0,005) ve hava basıncı (0,0005 < 0,05) ile olan ilişkileri anlamlı bulunmuştur. PM_{10} ile rüzgâr hızı arasındaki ilişki ise önemsiz (0,397 > 0,05) bulunmuştur.

Çizelge 8'de bağımlı değişken SO_2 ve bağımsız değişkenler hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve bağıl nem olarak alınarak kurulan regresyon modeline ait sonuçlar ile birlikte ilişki miktarı ve belirtme katsayısı verilmiştir. Kurulan regresyon modeli için, SO_2 düzeyine etki eden faktörlere ait katsayılar elde edilerek ilgili model kurulmuştur.

Çizelge 6. PM_{10} düzeyine etki eden faktörlere ait regresyon modeli sonuçları.

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare Hata	F	Önem Seviyesi	R	R ²
Regresyon	177351,285	5	35470,257	26,727	0,0001	0,325	0,106
Artık	1499652,683	1130	1327,126				
Toplam	1677003,968	1135					

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar	Standartlaştırılmış Katsayılar		t	Önem Seviyesi	Collinearity Statistics	
	B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
Sabit	210,477	15,288		13,768	0,0001		
Sıcaklık	-0,914	0,181	-0,186	-5,053	0,0001	0,582	1,719
R. Yönü	-0,342	0,058	-0,168	-5,870	0,0001	0,961	1,040
R. Hızı	-0,409	0,287	-0,041	-1,425	0,155	0,951	1,052
B. Nem	-0,673	0,100	-0,260	-6,711	0,0002	0,527	1,896
H. Basıncı	-0,015	0,010	-0,053	-1,466	0,143	0,607	1,649

R. Yönü= Rüzgâr Yönü, **R.Hızı**= Rüzgâr Hızı, **B.Nem**= Bağıl Nem, **H.Basıncı**= Hava Basıncı.

Çizelge 7. PM₁₀ değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

		PM ₁₀	Sıcaklık	R. Yönü	R. Hızı	B. Nem	H. Basıncı
Pearson Korelasyon	PM ₁₀	1,000	-0,067	-0,168	0,008	-0,213	-0,184
	Sıcaklık	-0,067	1,000	-0,140	-0,045	-0,420	0,290
	R. Yönü	-0,168	-0,140	1,000	0,058	0,110	-0,094
	R. Hızı	0,008	-0,045	0,058	1,000	-0,169	-0,120
	B. Nem	-0,213	-0,420	0,110	-0,169	1,000	0,377
	H. Basıncı	-0,184	0,290	-0,094	-0,120	0,377	1,000

Çizelge 8. SO₂ düzeyine etki eden faktörlere ait regresyon model sonuçları.

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare Hata	F	Önem Seviyesi	R	R ²
Regresyon	6411,962	5	1282,392	44,348	0,0001	0,406	0,165
Artık	32444,115	1122	28,916				
Toplam	38856,077	1127					

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Önem Seviyesi	Collinearity Statistics	
	B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
Sabit	12,601	2,262		5,571	0,0001		
Sıcaklık	-0,251	0,027	-0,334	-9,344	0,001	0,581	1,720
R. Yönü	-0,009	0,009	-0,029	-1,041	0,298	0,963	1,038
R. Hızı	0,277	0,042	0,183	6,527	0,0001	0,951	1,051
B. Nem	-0,168	0,015	-0,424	-11,299	0,001	0,528	1,893
H. Basıncı	0,009	0,001	0,215	6,135	0,0001	0,603	1,657

Elde edilen sonuçlara göre, kurulan regresyon modeli anlamlı (Önem Seviyesi <0,05) bulunmuştur. Bağımsız değişkenler olan meteorolojik veriler bağımlı değişken hava kirliliği SO₂'nin %16,5'ini açıklamaktadır. Bağımsız değişkenler arasında %41'lik bir ilişki bulunmaktadır. Çizelge 8'de bağımsız değişkenlerin anlamlılıkları incelendiğinde rüzgâr yönü meteorolojik değişkeni anlamsız bulunmuştur (Önem Seviyesi>0,05). Buna göre elde edilen regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

$$SO_2 = 12,601 + (-0,251) \text{ Sıcaklık} + (0,277) \text{ Rüzgâr hızı} + (-0,168) \text{ Bağıl nem} + (0,009) \text{ Hava basıncı}$$

Elde edilen bu modele göre, hava sıcaklığının 1 birim artması kükürt dioksit miktarının ortalama 0,251 birim azalmasına, rüzgâr hızının 1 birim artması kükürt dioksit miktarının ortalama 0,277 birim artmasına, bağıl nemin 1 birim artması kükürt dioksit miktarının ortalama 0,168

birim azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca hava basıncının 1 birim artması kükürt dioksit miktarının ortalama 0,009 birim artmasına neden olur.

SO₂ değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 9'da gösterilmiştir.

Çizelge 9'a göre, bağımlı değişken SO₂ ile hava sıcaklığı arasında negatif yönlü %9'luk, rüzgâr yönü ile negatif yönlü %3'lük, bağıl nem ile negatif yönlü %23'lük, hava basıncı ile negatif yönlü %6'luk ve rüzgâr hızı ile pozitif yönlü %24'lük bir ilişki vardır. SO₂'nin bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin anlamlılıkları incelendiğinde; hava sıcaklığı (0,001<0,05), rüzgâr hızı (0,0002<0,05), bağıl nem (0,001<0,005) ve hava basıncı (0,018<0,05) ile olan ilişkileri anlamlı bulunmuştur. SO₂ ile rüzgâr yönü arasındaki ilişki önemsiz (0,102>0,05) bulunmuştur.

Çizelge 10'da bağımlı değişken NO ve bağımsız değişkenler hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, sıcaklık ve bağıl nem olarak alınarak kurulan regresyon modeline ait sonuçlar ile birlikte ilişki miktarı ve belirtme katsayısı verilmiştir. Kurulan regresyon modeli için, NO düzeyine etki eden faktörlere ait katsayılar elde edilerek ilgili model kurulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre, bağımlı değişken NO'nun bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan modelin anlamlılığı test edilmiş ve model anlamlı (Önem Seviyesi<0,05) bulunmuştur ve bağımsız değişkenler olan meteorolojik veriler; bağımlı değişken hava kirliliği NO'nun %14,3'ünü açıkladığı görülmektedir. Bağımsız değişkenler arasında ise %38'lik bir ilişki bulunmaktadır. Çizelge 10'a göre, bağımsız değişkenlerin anlamlılıkları incelendiğinde rüzgâr hızı ve hava basıncı anlamsız bulunmuştur (Önem Seviyesi>0,05).

Bu yüzden modele dâhil edilmemiştir. Elde edilen regresyon modeli aşağıdaki gibidir.

$$NO = 219,140 + (-0,2526) \text{ Hava sıcaklığı} + (-0,316) \text{ Rüzgâr yönü} + (-0,472) \text{ Bağıl nem}$$

Kurulan anlamlı regresyon modeline göre, hava sıcaklığının 1 birim artması azot miktarının ortalama 0,252 birim azalmasına neden olur. Rüzgâr yönünün 1 birim artması azot miktarının ortalama 0,316 birim azalmasına, bağıl nemin 1 birim artması ise azot monoksit miktarının ortalama 0,472 birim azalmasına neden olmaktadır.

NO değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 11'de gösterilmiştir.

Bağımlı değişken NO ile hava sıcaklığı arasında negatif yönlü %32'lik, rüzgâr yönü ile negatif yönlü %7'lik, rüzgâr hızı ile pozitif yönlü %2'lik, hava basıncı ile negatif yönlü %18'lik bir

Çizelge 9. SO₂ değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

		SO ₂	Sıcaklık	R. Yönü	R. Hızı	B. Nem	H. Basıncı
Pearson Korelasyon	SO ₂	1,000	-0,098	-0,038	0,241	-0,238	-0,062
	Sıcaklık	-0,098	1,000	-0,136	-0,041	-0,417	0,293
	R. Yönü	-0,038	-0,136	1,000	0,057	0,105	-0,094
	R. Hızı	0,241	-0,041	0,057	1,000	-0,171	-0,121
	B. Nem	-0,238	-0,417	0,105	-0,171	1,000	0,378
	H. Basıncı	-0,062	0,293	-0,094	-0,121	0,378	1,000

Çizelge 10. NO düzeyine etki eden faktörlere ait regresyon model sonuçları.

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare Hata	F	Önem Seviyesi	R	R ²
Regresyon	412255,42	5	82451,08	37,71	0,001	0,378	0,143
Artık	2470448,62	1130	2186,24				
Toplam	2882704,04	1135					

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Önem Seviyesi	Collinearity Statistics	
	B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
Sabit	219,140	19,622		11,168	0,001		
Sıcaklık	-2,526	0,232	-0,393	-10,883	0,0005	0,582	1,719
R. Yönü	-0,316	0,075	-0,119	-4,219	0,0002	0,961	1,040
R. Hızı	-0,157	0,368	-0,012	-4,26	0,670	0,951	1,052
B. Nem	-0,472	0,129	-0,139	-3,671	0,0002	0,527	1,896
H. Basıncı	-0,012	0,013	-0,033	-0,930	0,352	0,607	1,649

ilişki vardır. NO'nun bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin anlamlılıkları incelendiğinde; hava sıcaklığı (0,001<0,05), rüzgâr yönü (0,005<0,05) ve hava basıncı (0,001<0,05) ile olan ilişkileri anlamlı bulunmuş. NO ile rüzgâr hızı ve bağıl nem arasındaki ilişki önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 12'de bağımlı değişken NO₂'nin bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan regresyon modeline ait sonuçlar ile birlikte ilişki miktarı ve belirtme katsayısı verilmiştir. Kurulan regresyon modeli için, NO₂ düzeyine etki eden faktörlerle ait katsayılar elde edilerek ilgili model kurulmuştur.

Bağımlı değişken NO₂'nin bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan modelin anlamlılığı test edilmiş ve model anlamlı (Önem Seviyesi <0,05) bulunmuştur. Bağımsız değişkenler olan meteorolojik veriler; bağımlı değişken hava kirliliği

NO₂'nin %4'ünü açıklamaktadır. Bağımsız değişkenler arasında %20'lik ilişki bulunmaktadır. Çizelge 12'ye göre, bağımsız değişkenlerin anlamlılıkları incelendiğinde bağıl nem anlamsız bulunmuştur (Önem Seviyesi>0,05). Bu yüzden modele dâhil edilmemiştir. Elde edilen regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

$$NO_2 = 61,607 + (-0,252) \text{ Hava sıcaklığı} + (-0,101) \text{ Rüzgâr yönü} + (0,607) \text{ Rüzgâr hızı} + (0,035) \text{ Hava basıncı}$$

Kurulan anlamlı modele göre, hava sıcaklığının 1 birim artması azot dioksit miktarının ortalama 0,252 birim azalmasına neden olur. Rüzgâr hızının 1 birim artması azot dioksit miktarının ortalama 0,607 birim artmasına, rüzgâr yönü 1 birim artması azot dioksit miktarının ortalama 0,101 birim azalmasına neden olmaktadır. Hava basıncının 1 birim artması ise azot dioksit miktarının ortalama 0,035 birim artmasına neden olur.

Çizelge 11. NO değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

		NO	Sıcaklık	R. Yönü	R. Hızı	B. Nem	H. Basıncı
Pearson Korelasyon	NO	1,000	-0,327	-0,076	0,026	0,002	-0,187
	Sıcaklık	-0,327	1,000	-0,140	-0,045	-0,420	0,290
	R. Yönü	-0,076	-0,140	1,000	0,058	0,110	-0,094
	R. Hızı	0,026	-0,045	0,058	1,000	-0,169	-0,120
	B. Nem	0,002	-0,420	0,110	-0,169	1,000	0,377
	H. Basıncı	-0,187	0,290	-0,094	-0,120	0,377	1,000

Çizelge 12. NO₂ düzeyine etki eden faktörlere ait regresyon model sonuçları.

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare Hata	F	Önem Seviyesi	R	R ²
Regresyon	28780,26	5	5756,052	9,434	0,005	0,200	0,040
Artık	689491,66	1130	610,170				
Toplam	718271,92	1135					

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Önem Seviyesi	Collinearity Statistics	
	B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
Sabit	61,607	10,366		5,943	0,005		
Sıcaklık	-0,252	00,123	-,078	-2,053	0,040	0,582	1,719
R. Yönü	-0,101	0,040	-0,076	-2,550	0,011	0,961	1,040
R. Hızı	0,607	0,195	0,093	3,121	0,002	0,951	1,052
B. Nem	-0,079	0,068	-0,047	-1,162	0,246	0,527	1,896
H. Basıncı	0,035	0,007	0,192	5,140	0,001	0,607	1,649

NO₂ değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 13’de gösterilmiştir.

Bağımlı değişken NO₂ ile rüzgâr yönü ile negatif yönlü %8’lik, rüzgâr hızı ile pozitif yönlü %7’lik, bağıl nem ile pozitif yönlü %3’lük ve hava basıncı ile pozitif yönlü %14’lük bir ilişki vardır. NO₂’nun bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin anlamlılıkları incelendiğinde rüzgâr yönü (0,003<0,05), rüzgâr hızı (0,005<0,05) ve hava basıncı (0,01<0,05) ile olan ilişkileri anlamlı bulunmuş. NO₂ ile hava sıcaklığı ve bağıl nem arasındaki ilişki önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 14’de bağımlı değişken NO_x’in bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan regresyon modeline ait sonuçlar ile birlikte ilişki miktarı ve belirtme katsayısı verilmiştir. Kurulan regresyon modeli için, NO_x düzeyine etki eden faktörlere ait katsayılar elde edilerek ilgili model kurulmuştur.

Bağımlı değişken NO_x’nin bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan modelin anlamlılığı test edilmiş ve model anlamlı (Önem Seviyesi <0,05) bulunmuştur. Bağımsız değişkenler olan meteorolojik veriler; bağımlı değişken hava kirliliği NO_x’in %8’ini açıklamaktadır. Bağımsız değişkenler arasında %29’luk ilişki bulunmaktadır. Bağımsız değişkenlerin anlamlılıkları incelendiğinde rüzgâr hızı ve hava basıncı anlamsız bulunmuştur (Önem Seviyesi>0,05) bu yüzden modelde olmamalıdır. Elde edilen regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

$$NO_x = 280,488 + (-2,782) \text{ Hava sıcaklığı} + (-0,418) \text{ Rüzgâr yönü} + (-0,552) \text{ Bağıl nem}$$

Elde edilen sonuçlara göre, hava sıcaklığının 1 birim artması azot oksit miktarının ortalama 2,782 birim azalmasına, rüzgâr yönünün 1 birim artması azot oksit miktarının

Çizelge 13. NO₂ değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

		NO ₂	Sıcaklık	R. Yönü	R. Hızı	B. Nem	H. Basıncı
Pearson Korelasyon	NO ₂	1,000	0,003	-0,083	0,077	0,035	0,148
	Sıcaklık	0,003	1,000	-0,140	-0,045	-0,420	0,290
	R. Yönü	-0,083	-0,140	1,000	0,058	0,110	-0,094
	R. Hızı	0,077	-0,045	0,058	1,000	-0,169	-0,120
	B. Nem	0,035	-0,420	0,110	-0,169	1,000	0,377
	H. Basıncı	0,148	0,290	-0,094	-0,120	0,377	1,000

Çizelge 14. NO_x düzeyine etki eden faktörlere ait regresyon model sonuçları.

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare Hata	F	Önem Seviyesi	R	R ²
Regresyon	434931,05	5	86986,21	19,975	0,003	0,285	0,08
Artık	4920921,67	1130	4354,80				
Toplam	5355852,72	1135					

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Önem Seviyesi	Collinearity Statistics	
	B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
Sabit	280,488	27,693		10,128	0,001		
Sıcaklık	-2,782	0,328	-0,317	-8,490	0,001	0,582	1,719
R. Yönü	-0,418	0,106	-0,115	-3,957	0,0005	0,961	1,040
R. Hızı	0,449	0,520	0,025	0,863	0,388	0,951	1,052
B. Nem	-0,552	0,182	-0,119	-3,042	0,002	0,527	1,896
H. Basıncı	0,024	0,018	0,048	1,303	0,193	0,607	1,649

ortalama 0,418 birim azalmasına, bağıl nemin 1 birim artması ise azot oksit miktarının ortalama 0,552 birim azalmasına neden olmaktadır.

NO_x değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 15'de gösterilmiştir.

Bağımlı değişken NO_x ile hava sıcaklığı ile negatif yönlü %23'lük, rüzgâr yönü ile negatif yönlü %8'lik, rüzgâr hızı ile pozitif yönlü %4'lük, bağıl nem ile pozitif yönlü %1'lik ve hava basıncı ile negatif yönlü %8'lik bir ilişki vardır. NO_x'un bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin anlamlılıkları incelendiğinde hava sıcaklığı (0,0001<0,05), rüzgâr yönü (0,02<0,05), ve hava basıncı (0,003<0,05) ile olan ilişkileri anlamlı bulunmuş. NO_x ile bağıl nem ve rüzgâr hızı arasındaki ilişki önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 16'da bağımlı değişken CO'nun bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan regresyon modeline ait sonuçlar ile birlikte ilişki miktarı ve belirtme katsayısı verilmiştir. Kurulan regresyon modeli için, CO düzeyine etki eden faktörlere ait katsayılar elde edilerek ilgili model kurulmuştur.

Bağımlı değişken CO'nun bağımsız değişkenler (hava basıncı, rüzgâr yönü, rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem) ile kurulan modelin anlamlılığı test edilmiş ve model anlamlı (Önem Seviyesi <0,05) bulunmuştur. Bağımsız değişkenler olan meteorolojik veriler; bağımlı değişken hava kirliliği CO'nun %57'sini açıklamaktadır. Bağımsız değişkenler arasında %32'lik bir ilişki bulunmaktadır. Bağımsız değişkenlerin anlamlılıkları incelendiğinde bağıl nem anlamsız bulunmuştur (Önem Seviyesi>0,05). Bu yüzden modelde olmamalıdır. Elde edilen regresyon modeli aşağıdaki gibidir:

Çizelge 15. NO_x değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

		NO _x	Sıcaklık	R. Yönü	R. Hızı	B. Nem	H. Basıncı
Pearson Korelasyon	NO _x	1,000	-0,238	-0,087	0,047	0,015	-0,081
	Sıcaklık	-0,238	1,000	-0,140	-0,045	-0,420	0,290
	R. Yönü	-0,087	-0,140	1,000	0,058	0,110	-0,094
	R. Hızı	0,047	-0,045	0,058	1,000	-0,169	-0,120
	B. Nem	0,015	-0,420	0,110	-0,169	1,000	0,377
	H. Basıncı	-0,081	0,290	-0,094	-0,120	0,377	1,000

Çizelge 16. CO düzeyine etki eden faktörlere ait regresyon model sonuçları.

Model	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kare Hata	F	Önem Seviyesi	R	R ²
Regresyon	136412187,7	5	27282437,5	110,13	0,009	0,32	0,57
Artık	279941067,1	1130	247735,5				
Toplam	416353254,8	1135					

Model	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Önem Seviyesi	Collinearity Statistics	
	B	Standart Hata	Beta			Tolerans	VIF
Sabit	3854,61	208,875		18,454	0,001		
Sıcaklık	-26,750	2,471	-0,346	-10,825	0,001	0,582	1,719
R. Yönü	-6,527	0,797	-0,204	-8,194	0,0005	0,961	1,040
R. Hızı	44,019	3,919	0,281	11,231	0,001	0,951	1,052
B. Nem	1,622	1,369	0,040	1,185	0,236	0,527	1,896
H. Basıncı	-0,999	0,137	-0,228	-7,278	0,0001	0,607	1,649

Çizelge 17. CO değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları ve önem düzeyleri.

		CO	Sıcaklık	R. Yönü	R. Hızı	B. Nem	H. Basıncı
Pearson Korelasyon	CO	1,000	-0,413	-0,113	0,305	0,029	-0,328
	Sıcaklık	-0,413	1,000	-0,140	-0,045	-0,420	0,290
	R. Yönü	-0,113	-0,140	1,000	0,058	0,110	-0,094
	R. Hızı	0,305	-0,045	0,058	1,000	-0,169	-0,120
	B. Nem	0,029	-0,420	0,110	-0,169	1,000	0,377
	H. Basıncı	-0,328	0,290	-0,094	-0,120	0,377	1,000

CO = 3854,612 + (-26,750) Hava sıcaklığı + (-6,527) Rüzgâr yönü + (44,019) Rüzgâr hızı + (-0,999) Hava basıncı

Kurulan modele göre, hava sıcaklığının 1 birim artması CO miktarının ortalama 26,75 birim azalmasına neden olur. Rüzgâr yönünün 1 birim artması CO miktarının ortalama 6,52 birim azalmasına, rüzgâr hızının 1 birim artması CO miktarının ortalama 44,09 birim artmasına, hava basıncının 1 birim artması ise CO miktarının ortalama 0,999 birim azalmasına neden olmaktadır.

CO değerleri ile meteorolojik parametre değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 17'de gösterilmiştir.

Bağımlı değişken CO ile hava sıcaklığı ile negatif yönlü %41'lik, rüzgâr yönü ile negatif yönlü %11'lik, rüzgâr hızı ile pozitif yönlü %30'luk, bağıl nem ile pozitif yönlü %2'lik ve hava basıncı ile negatif yönlü %32'lik bir ilişki vardır. CO'nun bağımsız değişkenlerle olan ilişkisinin anlamlılıkları incelendiğinde hava sıcaklığı (0,001<0,05), rüzgâr yönü (0,001<0,05), rüzgâr hızı (0,005<0,05) ve hava basıncı (0,001<0,05) ile olan ilişkileri anlamlı bulunmuş. CO ile bağıl nem (0,163>0,05) arasındaki ilişki önemsiz bulunmuştur.

3. Tartışma ve Sonuç

Emisyon ve kirliliğe sebep olan kaynakların atmosfer ve arazi ile etkileşimlerini kapsayan bir anlayış, hava kirliliği için belirlenen uygun yönetim planları ve stratejilerinin geliştirilmesinde önem teşkil etmektedir (Menteşe ve Tağıl, 2012). Birçok çalışmada görülmüştür ki, hava kirliliği ile iklim parametreleri arasında bir ilişkilidir. Bu nedenle, atmosfer ile emisyonlar arasındaki etkileşimden dolayı yapılacak olan stratejilerde önem teşkil etmektedir.

Yapılan bu çalışma ile, Bolu ili için 2017-2020 yılları arasında hava sıcaklığı, nem, rüzgâr hızı ve basınç olarak belirlenen iklim elemanlarının hava kalitesi (PM₁₀, SO₂,

NO, NO₂, CO ve NO_x) üzerinde bulunan etkisi ile istatistiksel yöntemlerden yararlanılarak hava kirliliğine dair ele alınan parametrelerin zamansal değişimleri incelenmiştir. Analizlerde elde edilen regresyon modellerinin devamında korelasyon katsayılarından yararlanarak ilişki miktarları hakkında yorumlar yapılabilmektedir. Bağımsız değişkenler olan meteorolojik veriler; bağımlı değişken hava kirliliği PM₁₀ 'un %11'ini, SO₂'nin %16,5'ini, NO'nun %14,3'ünü, NO₂'nin %4'ünü ve NO_x'in ise %8'ini açıklamaktadır. Elde edilen ilişki miktarlarına göre bağımsız değişkenler ile en yüksek ilişkiye sahip olan bağımlı değişken SO₂ olup, pozitif yönlü ve %41'lik bir ilişki bulunmaktadır. En düşük ilişkiye sahip olan bağımlı değişken ise NO₂ olup, yine pozitif yönlü ve %20'lik bir ilişki söz konusu olmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, hava kirlenitçileri ile iklim elemanları arasında sıcaklık, hava basıncı ve rüzgâr yönü ile orta düzey; rüzgâr hızı ve bağıl nem ile düşük düzeyde bir ilişkinin mevcut olduğu söylenebilmektedir.

4. Kaynaklar

- Abdullah, A.H., Çakır, S. 2017.** Havakirlenici konsantrasyonlarının meteorolojik parametrelere dayalı çoklu-lineer regresyonla analizi: Kuzey Kıbrıs örneği. *VII. Ulusal Hava Kirliliği Ve Kontrolü Sempozyumu*, 59-70, 1-3 Kasım 2017, Antalya.
- Cekim, H.O. 2020.** Forecasting PM₁₀ concentrations using time series models: a case of the most polluted cities in Turkey. *Environ Sci Pollut Res.* 27: 25612-25624. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08164-x>.
- İskan, B., Sıdal, H.C., Malak, U. 2015.** Çimento sektörü, döner fırın bacalarından çıkan ağır metal sonuçlarının incelenmesi, yakıtlara göre değişimlerin incelenmesi. *6. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 7-9 Ekim 2015, İzmir.
- Kyrkilis, G., Chaloulakou, A., Kassomenos, P.A. 2007.** Development of an aggregate Air Quality Index for an urban Mediterranean agglomeration: Relation to potential health effects. *Environ. Int.*, 33(5): 670-676. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.01.010>

- Menteşe, S., Tağıl, Ş. 2012.** Bilecik'te iklim elemanlarının hava kirliliği üzerine etkisi. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 15(28): 3-16. <https://dergipark.org.tr/en/pub/baunsobed/issue/50183/645979>
- Mutlu, A. 2019.** Hava kalitesi ve meteoroloji: korelasyon, trend ve epizot analizleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(4): 724-741. doi:10.17714/gumusfenbil.563848
- Oğuz, K., Pekin, M.A. 2015.** Meteorolojik koşulların hava kirliliği üzerine etkilerinin incelenmesi: Keçiören ilçesi örneği. VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 28-30 Nisan, 2015.
- Özel, G., Çakmakyapan, S. 2015.** A new approach to the prediction of PM10 concentrations in Central Anatolia Region, Turkey. *Atmospheric Pollution Research*, 6(5): 735-741. <https://doi.org/10.5094/APR.2015.082>
- Sharma, S., Ruud, A. 2003.** On the path to sustainability: integrating social dimensions into the research and practice of environmental management. *Bus Strategy Environ*, 12(4): 205-214. <https://doi.org/10.1002/bse.366>
- Sürekli İzleme Merkezi, "Hava Kalitesi İzleme Sistemi". 2022.** <https://sim.csb.gov.tr/Home/HKI?baslik=HAVZA%20%C4%B0ZLEME%20S%C4%B0STEM%C4%B0>
- Yavan, S., Hotunluoğlu, H. 2018.** Yerel yönetimlerin çevre harcamaları ile hava kalitesi ilişkisi: il bazlı bir analiz. *Aydın İktisat Fakültesi Dergisi*, 3(1): 36-47. <https://dergipark.org.tr/en/pub/aifd/issue/42001/498064>
- Yavuz, V.A. 2010.** Sürdürülebilirlik kavramı ve işletmeler açısından sürdürülebilir üretim stratejileri/Concept of sustainability and sustainable production strategies for business practices. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(14): 63-86. <https://dergipark.org.tr/en/pub/mkusbed/issue/19556/208640>
- Yılmaz, A. 2017.** The effects of climate parameters on air pollution parameters: Bolu province sample. *Curr. Res. J. Soc.*, 7(2): 413-436. doi: 10.26579/jocress-7.2.30
- Yılmaz, B. 2018.** Manisa'da partikül madde (pm10) kirliliğinin değerlendirilmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(1): 626-633. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.442994>