

# 1996-1997 Kış Döneminde Malatya İl Merkezi Hava Kirliliği Parametrelerine Meteorolojik Koşulların Etkisi

Dr. Mücahit Eğri<sup>1</sup>

*Bu çalışmada 1996-1997 kış dönemine ait günlük SO<sub>2</sub> ve partikül madde düzeylerine meteorolojik koşulların etkisi incelenmiştir. Verilerin analizinde çoklu regresyon analizi kullanılmış olup, SO<sub>2</sub> ve partikül madde bağımlı değişken, hava sıcaklığı, bağıl nem, atmosfer basıncı, yağış miktarı ve rüzgar hızı ise bağımsız (açıklayıcı) değişkenler olarak alınmıştır. Rüzgar hızı dışındaki tüm açıklayıcı değişkenler SO<sub>2</sub> düzeyleri ile anlamlı ilişkilidir. Partikül madde düzeylerine yağış miktarı ve rüzgar hızının etkileri kısıtlı kalırken, hava basıncı, bağıl nem ve sıcaklık değişkenleri ile anlamlı ölçüde etkilendiği saptanmıştır. [Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi 1997;4(3):265-269]*

**Anahtar Kelimeler:** Meteorolojik koşullar, hava kirliliği, çoklu regresyon

## The effects of meteorological conditions on air pollution parameters in 1996-1997 winter session in Malatya city center

*In this study, the effects of meteorological conditions on daily SO<sub>2</sub> and particulated matter (PM) levels which belong to 1996-1997 winter session in Malatya were investigated. Analyses of data were performed by using multiple regression technique. SO<sub>2</sub> and PM were chosen as dependent variables, while temperature, relative humidity, air pressure, wind speed and rainfall were chosen as independent (explanatory) variables. Out of wind speed all of explanatory variables are significantly associated with SO<sub>2</sub> levels. While rainfall and wind speed effects are limited on particulate matter levels, relative humidity, air pressure and temperature variables significantly change with it. [Journal of Turgut Özal Medical Center 1997;4(3):265-269]*

**Key Words:** Meteorological conditions, air pollution, multiple regression

Hava kirliliği; doğal olaylar veya insan faaliyetleri sonucunda oluşan, atmosferin doğal bileşimini değiştiren, yoğunluğu ve atmosferde kaldıkları süreye bağlı olarak insan sağlığına, bitki ve hayvan hayatına zararlı olan gaz ve tanecikler olarak tanımlanabilmektedir. Atmosferin doğrudan kirlenmesine neden olan doğal ya da yapay emisyon kaynaklarından başka, bazı faktörler hava kirliliğine dolaylı olarak hızlandırıcı ve ortaya çıkmasını kolaylaştırıcı etkilerde bulunabilmektedirler.

Kentleşme, sanayileşme, motorlu araç sayısının artışı, yerleşim yerinin topografik özelliği ve meteorolojik koşullar bu faktörler arasında sayılabilir (1). Meteorolojik koşullar kirli havanın sadece sıkıntı veren bir olay ya da önemli bir sağlık sorunu olup olmamasını tek başına belirleyebilecek öneme sahiptir. Hem fosil yakıtların ısınma amacıyla yoğun olarak tüketildikleri kış mevsiminde oluşma eğilimindeki sülfüröz smog ve hem de yaz mevsiminde daha sık gözlenebilen fotokimyasal smog,

<sup>1</sup> İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Malatya

bazı meteorolojik koşullarla ağırlaşmış sağlığı bozucu etkilerde ani artışlar olabilmektedir.

Örneğin atmosferik inversiyon da denilen sıcaklık terslenmesinde görece olarak daha sıcak havanın atmosferin üst katmanlarında bulunmasıyla oluşan inversiyon tabakasının alt atmosferik katmanlardaki hava akımını sınırlamasıyla hava kirliliğinin kitlesel düzeyde sağlığı bozucu etkileri ortaya çıkabilmektedir (2).

Bu çalışmada, Malatya İl Merkezinde 1996-1997 kış döneminde (Ekim-Mart) hava kirliliği parametrelerinin seçilmiş bazı meteorolojik faktörlerden etkilenme durumunun ortaya konulması amaçlanmıştır.

## YÖNTEM

Araştırmada kullanılan veriler 1996-1997 kış dönemine (Ekim-Mart) ait, Malatya İl Merkezinde ölçümü yapılan günlük SO<sub>2</sub> ve partikül madde (PM) değerleri ile, aynı döneme ait meteorolojik verilerdir. Araştırma analitik özelliktedir. Hava kirliliği göstergesi olarak kullanılan SO<sub>2</sub> ve PM değerleri kış dönemindeki 182 günlük ölçümler olup, şehrin üç farklı bölgesindeki istasyonlarca yapılan ölçümlerin günlük aritmetik ortalamaları alınmıştır. Veriler ölçümlerin yapıldığı Malatya İl Halk Sağlığı Laboratuvarı kayıtlarından alınmış olup, laboratuvarda SO<sub>2</sub> düzeyleri titrimetrik, PM ise reflektometrik yöntemlerle belirlenmiştir. Tablo 1'de 1996-1997 kış döneminde ölçümü yapılan SO<sub>2</sub> ve PM değerlerinin aylara göre dağılımı verilmiştir.

Araştırmaya 5 meteorolojik değişken alınmış olup, bunlar günlük rüzgar hızı, sıcaklık, basınç, bağıl nem oranı ve yağış miktarıdır. Veriler Malatya Meteoroloji Bölge Müdürlüğüne yapılan ölçümleri içermekte ve 1996-1997 kış dönemindeki 182 günlük değerleri kapsamakta olup, aylık rasat cetvellerinden derlenmiştir. Tablo 2'de 1996-1997 kış dönemine ait meteorolojik değişkenlerin aldıkları değerler verilmiştir.

Verilerin analizinde stepwise çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. 1996-1997 kış dönemine ait

**Tablo 1.** 1996-1997 kış döneminde aylara göre SO<sub>2</sub> ve PM değerleri

Aylar	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				PM (µg/m <sup>3</sup> )				n
	X	Sd	min	max	X	Sd	min	max	
Ekim	28.65	17.00	17.00	102.00	23.58	14.58	12.00	80.00	31
Kasım	97.97	26.42	62.00	178.00	97.70	34.43	50.00	183.00	30
Aralık	87.97	29.93	46.00	138.00	58.16	28.66	25.00	122.00	31
Ocak	112.63	27.61	52.00	158.00	63.70	30.10	26.00	141.00	31
Şubat	99.32	38.58	43.00	198.00	49.79	23.53	22.00	101.00	28
Mart	71.37	22.37	33.00	144.00	36.13	13.70	20.00	69.00	31

**Tablo 2.** 1996-1997 kış döneminde meteorolojik değişkenlerin ortalama değerleri

Meteorolojik değişkenler (n=182)	Değişken kodu	-x	±	Sd
Rüzgar hızı (m/sn)	Windsped	1.56		1.00
Sıcaklık (°C)	Temperat	5.92		5.67
Hava basıncı (milibar)	Pressure	910.30		38.90
Bağıl nem oranı (%)	Humidity	66.44		15.79
Yağış miktarı (mm /gün)	Rainfall	1.40		3.66

günlük ortalama SO<sub>2</sub> ve partikül madde değerleri bağımlı değişken, aynı döneme ait meteorolojik değişkenler ise bağımsız -açıklayıcı- değişkenler olarak alınmıştır.

Tablo 3'teki tüm değişkenler arasında yüksek korelasyonlar -large intercorrelations- ve bağımsız değişkenler arasında da yüksek çoklu bağlantı -high multicollinearity- problemine neden olacak yüksek korelasyon katsayıları gözlenmediği için tüm bağımsız değişkenler regresyon analizine alınmıştır. Verilerin analizi SPSS for Windows (Statistical Package for Social Science) istatistik paket programı ile yapılmıştır (3,4).

## BULGULAR

Meteorolojik değişkenlerden hava basıncı, yağış miktarı, rüzgar hızı, sıcaklık ve bağıl nem oranı bağımsız değişken, SO<sub>2</sub> değerleri bağımlı değişken olarak alınıp stepwise çoklu regresyon analizine

**Tablo 3.** Bağımlı ve bağımsız değişkenler arası korrelasyon matrisi

	Humidity	PM	Pressure	Rainfall	SO <sub>2</sub>	Temperat	Windsped
Humidity	1.00						
PM	0.18	1.00					
Pressure	-0.009	0.51	1.00				
Rainfall	0.23	-0.22	-0.35	1.00			
SO <sub>2</sub>	0.13	0.73	0.36	-0.23	1.00		
Temperat	-0.04	-0.11	0.05	-0.08	-0.49	1.00	
Windsped	-0.36	-0.28	-0.45	0.17	-0.18	-0.13	1.00

sokulduğunda denkleme giren ve girmeyen değişkenler Tablo 4'de verilmiştir.

Bağıl nem oranı (Humidity) değişkeni çıkarılıp stepwise çoklu regresyona geriye kalan 4 bağımsız değişkenle devam edildiğinde sonuç değişmemekte, yine rüzgar hızı (Windsped) değişkeni dışındaki bağımsız değişkenler denkleme girmektedir.

1996-1997 Kış dönemini kapsayan 182 günlük süreç içerisinde ortalama rüzgar hızı 1.56 m/sn. olup, kış dönemi günlerinin %79.9 unda rüzgar hızı 2 m/sn. nin altında, ancak %20.3 günde 2 m/sn. nin üzerinde seyretmektedir.

Partikül madde (PM) değerleri bağımlı değişken, PM üzerine etkisi araştırılan tüm meteorolojik değişkenler bağımsız (açıklayıcı) değişken olarak alınıp stepwise çoklu regresyon analizine sokulduğunda denkleme giren ve girmeyen değişkenler Tablo 5'te gösterilmiştir.

Bağıl nem (Humidity) bağımsız değişkeni çıkarılıp analize geriye kalan 4 bağımsız değişkenle devam edildiğinde denkleme girmeyen değişkenlerde değişiklik olmamaktadır.

## TARTIŞMA

Malatya il merkezindeki kış dönemi hava kirliliğine etkisi bulunan bölgesel meteorolojik koşullara bakıldığında rüzgar hızı dışındaki tüm değişkenlerin SO<sub>2</sub> düzeyi ile anlamlı düzeyde ilişkili olduğu gözlenmektedir. SO<sub>2</sub> düzeyine etki eden sıcaklık değişkeni en büyük kısmı ve standardize regresyon katsayılarına (B= -3.59, Beta= -0.52) sahiptir. SO<sub>2</sub> düzeyi ile pozitif korelasyon gösteren ve ikincil olarak anlamlı regresyon katsayısına hava basıncı değişkeni, üçüncü sırada günlük yağış miktarı ve son olarakta bağıl nem oranı sahiptir (Tablo 4). Bulgulardan SO<sub>2</sub> düzeylerini kış döneminde bu dört bağımsız değişkenin % 44 oranında belirlediği ileri sürülebilir (R<sup>2</sup> = 0.44). Rüzgar hızı değişkeni ile SO<sub>2</sub> düzeyleri arasındaki ilişki önemli gözükmemektedir. SO<sub>2</sub> bağımlı değişkeni ile bağımsız değişkenlerden oluşan veri setinin doğrusal ilişki gösterdiği ve verilerin regresyon modeline uygun olduğu görülmektedir (F=36.12, p<0.00001).

**Tablo 4.** SO<sub>2</sub> bağımlı değişken olarak alındığında denkleme giren ve girmeyen değişkenler

Değişken	B	S.E.B *	Denkleme giren değişkenler				
			%95 güven aralığı		Beta**	t	p
Temperat	-3.59	0.38	-4.35	-2.83	-0.52	-9.35	0.0000
Pressure	2.79	0.51	1.78	3.81	0.32	5.43	0.0000
Rainfall	-2.14	0.65	-3.43	-0.84	-0.20	-3.26	0.0013
Humidity	0.40	0.14	0.12	0.68	0.16	2.85	0.0048
Denkleme girmeyen değişkenler							
Windsped					-0.02	-0.30	0.7604

\* : Kısmi regresyon katsayısının standart hatası

\*\* : Standardize regresyon katsayısı

Multipıl R : 0.67  
R<sup>2</sup> : 0.44  
Adjusted R<sup>2</sup> : 0.43  
F=36.12, p<0.00001

**Tablo 5.** PM bağımlı değişken olarak alındığında denkleme giren ve girmeyen değişkenler

Değişken	B	SEB*	Denkleme giren değişkenler				
			%95 güven aralığı		Beta**	t	p
Pressure	4.00	0.46	3.08	4.92	0.52	8.58	0.0000
Humidity	0.39	0.13	0.13	0.66	0.18	2.96	0.0035
Temperat	-0.83	0.37	-1.57	-0.66	-0.13	-2.24	0.0263
Denkleme girmeyen değişkenler							
Rainfall					-0.117	-1.73	0.0847
Windsped					0.002	0.03	0.9733

\* : Kısmi regresyon katsayısının standart hatası

\*\* : Standardize regresyon katsayısı

Multipıl R : 0.57  
R<sup>2</sup> : 0.32  
Adjusted R<sup>2</sup> : 0.31  
F=28.56, p<0.00001

Bağıl nem oranı atmosferdeki SO<sub>2</sub> nin düzeyinden başka, asidifikasyona eğilimi artırıp hava kirliliğinin niteliğini etkilediği için çıkarılıp, diğer 4 bağımsız değişkenin SO<sub>2</sub> düzeyi üzerine olan etkileri tekrar araştırıldığında sonuç değişmemekte, rüzgar hızı değişkeni dışındaki tüm bağımsız değişkenler aynı sırada denkleme girebilmektedirler.

Partikül madde (PM) düzeyini sırasıyla hava basıncı, bağıl nem oranı ve sıcaklık değişkenleri anlamlı olarak etkilemektedir. Rüzgar hızı ve yağış miktarının etkisi önemli gözükmemektedir (Tablo 5). PM bağımlı değişkeni ile bağımsız değişkenlerden oluşan veri seti arasındaki ilişki doğrusal ve regresyon modeline uygundur (F= 28.56, p<0.00001). Partikül madde düzeylerinin % 32' si modele giren bağımsız değişkenlerce belirlenmektedir (R<sup>2</sup>=0.32).

Tanımlayıcılık katsayısı olan  $R^2$  nin  $SO_2$  için 0.44, PM için 0.32 gibi nisbeten düşük değerler almasının temelinde  $SO_2$  ve PM düzeylerini direkt yükselten sıvı ve katı fosil yakıt miktarı gibi değişkenlerin çalışmaya dahil edilmemiş olmasının yatmakta olduğu söylenebilir.

Hava sıcaklığı düştüğünde ısınma amacıyla farklı derişimlerde kükürt içeren sıvı veya katı fosil yakıtların kullanımı ile atmosferdeki  $SO_2$  düzeyleri artmakta ve aralarında negatif korelasyon gözlenmektedir.  $SO_2$  düzeyini artıran en önemli meteorolojik faktör olan hava sıcaklığındaki düşme partikül madde üzerine üçüncü sırada etkili olabilmektedir. Hava sıcaklığındaki düşme aynı zamanda havanın yoğunlaşarak basıncının artmasına da katkıda bulunmaktadır.

Hava basıncındaki artış atmosferde düşey doğrultudaki hava hareketlerini azaltıp, kirlilik ögelerinin aşağıdan yukarıya doğru yayılarak atmosferin üst katmanlarına ulaşmasını ve dilüsyonunu engellemektedir (5). Malatya'da yüksek hava basıncı kış dönemi  $SO_2$  düzeylerini ikinci, partikül madde düzeylerini ise birinci derecede etkilemektedir.

Atmosferdeki bağıl nem oranı Malatya'da kış aylarında artmakta olup, kış dönemi ortalaması %66.44 tür. Nem, hava sıcaklığının düşmesi ile yoğunlaşarak sis oluşturmada ve sis havadaki  $SO_2$ 'i sülfirik 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  $SO_2$  ve daha önemli olarak ta partikül madde düzeyleri üzerine yükseltici etki göstermektedir.

Havadaki nemin yoğunlaşarak yağmur ya da kar şeklinde yeryüzüne düşmesi ile hava kirliliği ögeleri de damlalarla sürüklenerek hava temizlenmektedir. Bu olaya havanın yıkanması adı da verilmektedir. Malatyada kış dönemi ortalama günlük yağış miktarının düşük olması (1.4 mm/gün) bu olumlu etkiyi  $SO_2$  için oluşturmakla birlikte, partikül madde düzeyleri üzerine anlamlı etkisi görülmemektedir (Tablo 5) (5-7).

Rüzgar hızı havanın yatay hareketini sağlayarak kirli havanın dispersiyonunu ve dilüsyonunu sağlaması nedeniyle önemli bir meteorolojik değişken olmasına rağmen, Malatya kent merkezi hava kirliliği parametrelerini azaltma yönündeki katkısı  $SO_2$  ve

PM için önemsiz düzeydedir. Günlük ortalama rüzgar hızının 1.56 m/sn gibi düşük bir hızda seyretmesi bu katkısı azaltmaktadır. Benzer olarak Ankara kenti hava kirliliği parametrelerine de rüzgar hızının düşük olması nedeniyle olumlu katkı yapmadığı gösterilmiştir (8).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Malatya kenti 1996-1997 kış dönemi hava kirliliği göstergeleri ile seçilmiş meteorolojik değişkenlerin ilişkisinin araştırıldığı bu çalışmanın sonuçlarına göre:

Havanın yatay düzlemde hareketini sağlayarak kirlilik ögelerinin seyreltilmesini ve uzaklaştırılmasını sağlayan rüzgar, yeterli hızda esmediği için bu gibi olumlu katkıları minimaldir. Havanın dikey doğrultuda hareketiyle kirlilik ögelerinin aşağıdan yukarıya doğru taşınarak atmosferin üst katmanlarına ulaşmasını ve karışmasını sağlayan hava akımları, kış dönemindeki yüksek hava basıncı nedeniyle azalmaktadır. Basıncın yükselmesinde hava sıcaklığındaki düşüşün ve bağıl nem oranındaki yükselmenin artırıcı yönde etkisi vardır.

Ortalama rüzgar hızı 12 saatlik ortalama 1.5 m/sn'den az ve yerden 700 m. yükseklikte sıcaklık en az  $2^{\circ}C$  artıyorsa kritik meteorolojik durumdan bahsedilmektedir. Malatya gibi meteorolojik etkenlerin hava kirliliğini azaltmada olumlu katkılarının sağlanamadığı ve topografik olarak etrafı dağlarla çevrili çanaklar içerisinde bulunan yerleşim yerlerinde meteorologlar, epidemiyologlar ve mahalli resmi yetkililerin sıkı işbirliği zorunludur. Kritik meteorolojik tahminlerin önceden yapılabilmesi ve inversiyon oluşumunun kestirilebilmesi için kirli bölgelerin dikey sıcaklık profilleri başta olmak üzere meteorolojik verilerin dikkatli ölçüm ve takibi gereklidir.

## KAYNAKLAR

1. Güler Ç, Çobanoğlu Z. Dış Ortam Hava Kirlenmesi. Ankara. 1994.
2. Botkin D, Edward AK. Meteorology and air pollution. In: Environmental Studies. Charles E.Merril Publishing Company Ohio, 1982:180-1.
3. Dawson SB, Trapp R. Basic and Clinical Bioistatistics. Connecticut, 1990.

4. Norusis Marija J. SPSS for WINDOWS Base System User's Guide Release 6.0. Chicago, 1993.
5. Department of Environmental Health. Air pollution and role of meteorology. In:Environmental Hygiene. Published by School of Public Health and Tropical Medicine, Tulane University. New Orleans, 1971:281-5.
6. Stern C, Boubel LW, Turner OB, Fox DL. Fundamentals of Air Pollution. Academic Press Inc New York, 1987:530-1.
7. Perkins HC. Air Pollution. Mc Graw Hill. New York, 1974:407-8.
8. Etikan İ, Alpar R. Ankaradaki hava kirliliği üzerine bir alışma. Turgut Özal Tıp Merkezi Dergisi 2(2):1995, 184-8.

**Yazışma adresi:** Dr. Mücahit EĞRİ  
İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Halk Sağlığı Anabilim Dalı  
44069 MALATYA