

## BURSA'NIN BAZI SEMTLERİ İÇİN BELİRLENEN KIŞ SEZONU SO<sub>2</sub> VE NO<sub>x</sub> KONSANTRASYONLARI

Fatma Payan\*, Ferruh Ertürk\*\*, Yücel Taşdemir\*

### ÖZET

Kış sezonunu temsil eden Kasım 1995 - Mart 1996 ayları boyunca SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> (NO + NO<sub>2</sub> olarak) konsantrasyonları günlük olarak ölçülmüştür. Çalışma süresince Bursa'yı temsil eden 6 bölge seçilmiş ve bu bölgelerden sadece birinde (Altıparmak) konsantrasyon değerleri sürekli olarak ölçülmüştür. Diğer 5 bölgedeki kirlenici konsantrasyonları Hanna ve ark. (1973) tarafından geliştirilen ATDL (Atmospheric turbulent diffusion laboratory) modelinin basit bir versiyonuyla hesaplanmıştır. Modeldeki sabitler kirlenici konsantrasyonları, debi ve rüzgar hızı arasındaki ilişkiden hesaplanmış ve bu sabitlerin SO<sub>2</sub> için 530 ile 795, ve NO<sub>x</sub> için 1630 ile 1960 arasında değiştiği bulunmuştur.

Nüfus ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonları beklendiği gibi yüksek bulunmuştur. Bu bölgelerde ölçülen ve hesapla bulunan konsantrasyon değerleri SO<sub>2</sub> için 120 ~ 330 µg/m<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub> için ise 170 ~ 270 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. Bu konsantrasyon değerleri, nüfus ve trafiğin yoğun olmadığı bölgelerdeki değerlerin 3.5 ile 5 katı daha fazladır. Nüfus ve trafiğin yoğun olduğu bölgelerde Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği'nin (HKKY) SO<sub>2</sub> için verdiği uzun vade limit değeri (150 µg/m<sup>3</sup>) genelde aşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Hava Kirliliği, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Bursa, Atmosfer, ATDL Modeli.

\* Uludağ Üniversitesi, Müh-Mim. Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 16059 Görükle/ Bursa

\*\* Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,  
Beşiktaş/ İstanbul

# WINTER SEASON SO<sub>2</sub> AND NO<sub>x</sub> CONCENTRATIONS IN SEVERAL DISTRICTS OF BURSA

## ABSTRACT

Daily samples were taken during the winter period ( November 1995 - March 1996 ) in Bursa for sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) which refers the summation of NO and NO<sub>2</sub>. Six districts were chosen in Bursa during this study. Continuous measurements were done in one of the districts called Altıparmak and concentrations in other districts were estimated based on a simple version of ATDL (atmospheric turbulent diffusion laboratory) developed by Hanna et al (1973). In the model, coefficients, calculated based on the relationship between concentration, flux and wind speed, varied between 530 and 791 for SO<sub>2</sub>, and between 1630 and 1960 for NO<sub>x</sub>.

It was observed that when the density of population and traffic increased, the SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> concentrations also increased. The measured and predicted concentrations varied between 120 and 330 µg/m<sup>3</sup> for SO<sub>2</sub>, and between 170 and 270 µg/m<sup>3</sup> for NO<sub>x</sub> at districts where high population and traffic exist. On the overall averages, the concentrations were about 3.5 to 5 times higher in dense districts than the districts having low population and traffic. Turkish Air Quality Control Regulation (TAQCR) limit for SO<sub>2</sub> (150 µg/m<sup>3</sup>) was violated for districts having high population and traffic.

**Key Words:** Air Pollution, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Bursa, Atmosphere, ATDL model

## 1.GİRİŞ

Hava kirliliği probleminin çözümü için öncelikle kirlenme ve birikmeye neden olan faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla;

- Bölgenin topoğrafik ve meteorolojik özellikleri,
- Bölgedeki kirlenme kaynakları belirlenmelidir.

Atmosferdeki SO<sub>2</sub> emisyonları genellikle sülfür içerikli katı yakıtların yakılmasından ve bazı madenlerin eritilmesinden kaynaklanmaktadır ( Bunicores and Davis, 1992 ; Hesketh, 1996). Diğer genel hava kirlenme kaynaklarından bir grup da azot oksitler olmaktadır. Hava kirliliğini ilgilendiren en genel iki azot oksit bileşiği, azot oksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>)'dir. Tablo 1'de Türkiye ve dünyanın bazı şehirlerinde ölçülen SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonları verilmektedir.

**Tablo 1. Türkiye ve Dünyanın Bazı Şehirlerinde Ölçülen SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> Konsantrasyonları**

Kirletici	Şehir	Konsantrasyon (µg/m <sup>3</sup> )	Kaynak
SO <sub>2</sub>	Bursa, Türkiye	110	Taşdemir ve ark.1999
	İstanbul, Türkiye	86	Bayar, 1997
	Kathmandu, Nepal	202	Sharma, 1997
	Chicago, A.B.D.	23	Elsom, 1987
	Shenyang,Çin	219	Elsom, 1987
NO	Bursa, Türkiye	88 (Ocak-Nisan)	Taşdemir ve ark.1999
	Madrid, İspanya	90-500	Fernandez ve ark.1994
NO <sub>2</sub>	Bursa, Türkiye	90 (Ocak- Nisan)	Taşdemir ve ark.1999
	Kathmandu, Nepal	126	Sharma, 1997
	Bahreyn	52	Madany ve ark., 1993
NO <sub>x</sub>	Bursa, Türkiye	157	Taşdemir ve ark.1998

Bu kirleticilerin ikisi de atmosferde su ile reaksiyona girerek sülfürik ve nitrik asitleri oluştururlar. Bu asitler asit yağmurunun ana bileşenleridir. Atmosfere çok miktarda ve büyük konsantrasyonlarda atıldıklarında solunumda tahrişe sebep olurlar.

Türkiye'nin hava kirliliğine maruz kalan diğer illerinde olduğu gibi Bursa'da da hava kirliliği kış aylarındaki ısınma amaçlı kullanılan yakıtlardan, motorlu taşıtlardan ve endüstriyel kaynaklardan meydana gelmektedir. Endüstri, trafik ve nüfusun yoğun olması atmosferik kirlenme seviyesinin yüksek olmasında etkilidir.

Günümüzde, geliştirilen bazı modellerle konsantrasyon miktarlarının çeşitli mesafelerdeki değerleri atmosferik koşullar ve kaynağın şiddetine göre hesaplanabilmektedir. Bununla beraber bazı modeller de özellik ve miktarından ve meteorolojik verilerden faydalanarak dış havadaki kirletici konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılırlar. Örneğin Hanna ve ark. (1973) ATDL modelinin bir versiyonunu kullanarak konsantrasyonu hesaplamışlardır ve aşağıdaki gibi formülize edilmiştir:

$$C = K * Q/V$$

Burada;

C: Konsantrasyon, µg/m<sup>3</sup>

Q: Kirletici emisyon akısı, µg/m<sup>2</sup>.s

V: Rüzgar hızı, m/s

K: Boyutsuz sabittir.

Bu çalışmada ısınma ve motorlu taşıtlardan kaynaklanan kirleticilerden SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub>'in (NO+NO<sub>2</sub> olarak) miktarları Bursa'nın değişik semtleri için belirlenmiş ve HKKY değerleri ile mukayese edilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT

Ölçümler Altıparmak semtinde bulunan Osmangazi Kaymakamlığı'ndaki ölçüm cihazlarıyla yapılmıştır. Environnement marka AF21M SO<sub>2</sub> ve AC31M NO<sub>x</sub> ölçer cihazlar ile sırasıyla SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu cihazlarla her yarım saatte bir ölçümler kaydedilmiş ve gün boyunca elde edilen ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınarak günlük ortalamalar bulunmuştur.

Altıparmak'daki çalışma gridini temsil eden bölgede 1995- 1996 kış sezonunda kullanılan yakıtın tür ve miktarını belirlemek üzere anket çalışması yapılmıştır. Yakıt tür ve kullanma biçimlerine bağlı olarak emisyon faktörleri kullanılarak yılda atmosfere verilen kirletici debileri hesaplanmıştır. Debiler, anket sonucu belirlenen yaklaşık kişi başına kullanılan yakıt türü miktarı ile o yakıtı kullanan kişi sayısının çarpımıyla elde edilmiştir. Daha sonra çalışma bölgelerinin alanları (~ 1km<sup>2</sup>) da dikkate alınarak her bir kirletici için emisyon akıları hesaplanmıştır. Hesaplamalarda ölçülen SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarının aylık ortalama değerleri ile Tablo 2'de verilen aylık ortalama rüzgar hızları kullanılmıştır. Tüm bu veriler elde edildikten sonra ATDL modelinin formülü kullanılarak her ay ve her iki kirletici için K sabitleri hesaplanmıştır.

**Tablo 2. 1995- 1996 Kış Sezonu İçin Aylık Ortalama Rüzgar Hızları ( m/s)**

Aylar	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart
Rüzgar Hızı	2.0	2.6	1.6	2.0	2.0

## 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Hava kirliliğinin azaltılmasında en etkili ve ucuz yöntemlerden biri, kirliliği daha oluşmadan kaynağında kontrol etmektir. Özellikle kış aylarında yüksek değerlere ulaşan hava kirliliğinin en önemli kaynağı ısınma amacıyla kullanılan fosil yakıtlardır. Kullanılan yakıtın yanı sıra bölgenin meteorolojik ve topoğrafik özellikleri de hava kirliliğini etkileyen parametrelerdendir.

Bu çalışmada, Bursa'yı temsilen 6 bölge göz önüne alınmıştır. Bu bölgelerin üçü (Altıparmak, Heykel ve Yıldırım) H olarak ifade edilecektir. Diğer üç bölge ise düşük nüfus ve trafik yoğunluğuna sahiptir. Bu bölgeler de Çekirge, Beşevler ve Yunuseli olup bunlar L ile ifade edilecektir.

Konsantrasyon ölçümlerinin gerçekleştirildiği Altıparmak'ta anket çalışması yapılarak yakılan yakıtların tür ve miktarları belirlenmiştir. Bu veriler ve dış havada ölçülen konsantrasyon değerleri kullanılarak SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> için K değerleri hesaplanmıştır. K değerleri SO<sub>2</sub> için 530- 795, NO<sub>x</sub> için 1630-1958 arasındadır. Elde edilen K sabitlerini diğer bölgeler için de aynı kabul edip bu bölgeler için ölçülemeyen konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır. Ölçülen ve hesapla bulunan aylık ortalama SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> kirletici konsantrasyonları Tablo 3'de verilmiştir.

**Tablo 3. 1995-1996 Kış Sezonu İçin Ortalama SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> Konsantrasyonları (µg/m<sup>3</sup>)**

Bölge	Parametre	Kasım	Ocak	Şubat	Mart	Ortalama
Altıparmak	SO <sub>2</sub>	168	179	167	119	158
	NO <sub>x</sub>	180	246	196	179	200
Heykel	SO <sub>2</sub>	311	331	310	220	274
	NO <sub>x</sub>	170	233	185	169	189
Yunuseli	SO <sub>2</sub>	63	67	63	45	56
	NO <sub>x</sub>	18	24	20	18	20
Beşevler	SO <sub>2</sub>	27	29	27	19	26
	NO <sub>x</sub>	20	27	21	20	22
Yıldırım	SO <sub>2</sub>	262	279	260	185	246
	NO <sub>x</sub>	198	270	215	197	220
Çekirge	SO <sub>2</sub>	64	68	63	45	60
	NO <sub>x</sub>	116	159	127	116	130

H bölgelerindeki SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonları daha yüksek değerler almışlardır. Örneğin SO<sub>2</sub> konsantrasyonu Kasım-Mart süresi zarfında 120-330 µg/m<sup>3</sup> arasında salınım göstermiş ve 230 µg/m<sup>3</sup>'lük bir ortalama değere sahip olmuştur. Bununla beraber L bölgelerinde bu süre boyunca beklenen ortalama konsantrasyon değeri 45 µg/m<sup>3</sup> seviyesinde kalmış ve 20-70 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. SO<sub>2</sub>'de görülen trende paralel olarak NO<sub>x</sub> konsantrasyonlarında da benzer salınımlar gözlenmiştir. H bölgeleri için tespit edilen NO<sub>x</sub> değerleri minimum 170 µg/m<sup>3</sup> ile maksimum 270 µg/m<sup>3</sup> arasında kalıp 203 µg/m<sup>3</sup> gibi ortalama bir değere sahip olmuştur. L bölgelerinde ise bu değerler daha küçük olup minimum 20 µg/m<sup>3</sup>, maksimum 160 µg/m<sup>3</sup> ile ortalama 90 µg/m<sup>3</sup> gibi bir değer almıştır. H ve L bölgeleri ortalama konsantrasyonları arasında yaklaşık 3.5-5 kat gibi farklar olup bu farklar nüfus ve trafik yükünden kaynaklanmaktadır.

H bölgelerindeki ortalama SO<sub>2</sub> konsantrasyonları, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği (HKKY) 'nin tavsiye ettiği Uzun Vade Limit (UVL) değerinin üstündedir ki bu değer SO<sub>2</sub> için 150 µg/m<sup>3</sup>'dür. Diğer taraftan L bölgeleri için tespit edilen bütün SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> değerleri daima HKKY sınırlarının altındadır. NO<sub>x</sub> konsantrasyonları H bölgelerinde çok yüksek değildir. HKKY'de NO<sub>x</sub> limit değeri olmadığı için bu çalışmada bir karşılaştırma yapılmamıştır. Ancak bu değer HKKY'de verilen NO ve NO<sub>2</sub> limit değerlerinin toplamından daha küçüktür.

Kullanılan yakıtın yanısıra bölgenin meteorolojik ve topoğrafik özellikleri de hava kirliliğini etkileyen faktörlerdir. Topoğrafik ve meteorolojik özelliklerin değiştirilmesi mümkün olmadığından insan faktörüne bağlı değişiklikler yapılarak hava kirlili-

liği minimize edilebilir. M¼mk¼n olan bazı ¼neriler Őyle sıralanabilir: Dođal gaz kullanımı artırılmalı, y¼ksek kaliteli k¼m¼r (k¼k¼rt ve k¼l y¼zdesi d¼Ő¼k, alt ısıl değeri y¼ksek) kullanılmalı, kaloriferler bu konuda eđitilmiŐ kiŐiler tarafından yakılmalı, kurŐunsuz benzin kullanılmalı, toplu taŐımacılıđa ¼nem verilmeli.

#### 4. KAYNAKLAR

Anonymous, 1980. "Compilation of Air Pollution Emmission Factors ", 3rd ed., Office of Air and Waste Management. OAQPS, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, Publication NO. AP-42

Bayar, A.B. , "Activities on Air Pollution Monitoring in Turkey", Environmental Research Forum, pp 635-640, 1997 İstanbul.

Bounicore, A.J. and Davis, W.T. "Air Pollutain Engineering Manual", Van Nost-rand Reinhold, 1992.

Elsom, D.M., "Atmospheric Pollution: A Global Problem", Blackwell Publishers, UK, 1987.

Ert¼rk, F. 1996. "Hava Kirliliği ve Kontrol¼ Ders Notları ", Yıldız Teknik ¼niversitesi M¼hendislik Fak¼ltesi ¼vre M¼hendisliđi B¼l¼m¼, İstanbul

Fernandez Patier, R., Diez Hernandez, P., Diaz Ramiro, E., Fernandez Bayon, J.M., "Levels of Nitrogen oxides and Ozone in Madrid. Study of the Nitrogen monoxide/nitrogen diokside and Nitrogen diokside/ozone ratios, " Proceedings of the 2nd International Conference on Air Pollution Part 2 (of 2), pp. 381-388, 1994.

Hanna, S.R. 1973. "Air Resources Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory". Oak Ridge, Tennessee. 10 s.

Hesketh, H.E. "Air Pollution Control : Traditional and Hazardous Pollutants". Technomic Publishing Co., 1996.

Journel, A.G. ve C.J. Huijbregts. 1978. "Mining Geostatistics" Acedemic press, London.

Matheron, G. 1971. "The theory of Regionalized Variable and Its Applications ", cahiers de Morphologie mathematique, NO.5 Fontainebleau, France.

M¼ezzinođlu, A. 1987. "Hava Kirliliğinin ve Kontrol¼n¼n Esasları ". Dokuz Eylül ¼niversitesi, M¼hendislik Fak¼ltesi ¼vre M¼hendisliđi B¼l¼m¼, İzmir.

Oke, T. R.1987 ." Boundary Layer Climates", 2nd Edition, Routledge Co., London.

Payan, F.1997. " Bursa İli'nin Hava Kirliliği Haritasının ¼ıkartılması" , Y¼ksek Lisans Tezi Uludağ ¼niversitesi Fen Bilimleri Enstit¼s¼,Bursa

Sharma, C.K. , " Urban Air Quality of Kathmandu Valley Kingdom of Nepal ", Atmospheric Environment, pp. 2877-2883, 1997.

Taşdemir, Y., Payan, F., Uygur, A., BaŐkaya, H.S., Pınarlı, V., " Assessment and Measurements of SO2 and NOx Pollutants in Bursa", SECOTOX Sempozyumu Antalya, 19-21Ekim 1998.

Taşdemir, Y., Payan, F., 1999 YayınlanmamıŐ veriler.

Wark, K. ve Cecil F, W. 1981. "Air Pollution Its Origin and Control". Harper ( Row Publishers, New York. 526 s.