



ERZURUM'DA 2016-2018 YILLARINDA NO₂ DÜZEYLERİNİN MORTALİTE ÜZERİNE ETKİSİ

The Effect of NO₂ Levels on Mortality in Erzurum in 2016-2018

Duygu KAVUNCUOĞLU¹, Sinan YILMAZ², Zahide KOŞAN²

Özet

Hava kirliliğinin, insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin büyük boyutlara ulaştığı bilinmektedir. Bu çalışmada 2016-2018 yıllarında Erzurum'da NO₂ kaynaklı dış ortam hava kirliliğinin mortalite üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma ekolojik bir çalışmadır. NO₂ düzeyleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait resmi internet sitesinden (www.havaizleme.gov.tr) 01.01.2016-31.12.2018 tarihleri için istasyon bazlı olarak elde edilmiştir. Yıllık NO₂ ortalamaları; yeterli düzeyde ölçüm yapan istasyonların yıllık ortalamaları toplanıp, istasyon sayısına bölünerek hesaplanmıştır. Gerekli veriler AIRQ+ programına girilerek, kirlilik düzeyi DSÖ limitlerine indirildiğinde önlenebilecek ölüm sayıları, yüzdeleri ve yüz binde olarak ölüm oranları hesaplanmıştır. Erzurum ilinde NO₂ ortalamaları yıllık %90'ın üzerinde ölçüm yapan istasyonların ölçümleri esas alındığında; 2016 yılında 47,99 µg/m³, 2017 yılında 54,13 µg/m³ ve 2018 yılında ise 42,21 µg/m³ olarak hesaplandı. Azot dioksit kaynaklı hava kirliliğine atfedilebilecek ölüm sayıları 2016 yılında 442 (en düşük 213, en yüksek 662), 2017 yılında 516 (en düşük 250, en yüksek 768) ve 2018 yılında 336 (en düşük 161, en yüksek 506) olarak belirlendi. NO₂'ye bağlı hava kirliliğinin hastalık yükü ve ölümlerle sonuçlanabilen sağlık etkileri Erzurum'da halk sağlığını tehdit etmektedir. NO₂ konsantrasyonlarını en alt seviyede tutmak amaçlı önlemler alınmalı, çevresel ve sağlık etki değerlendirmeleri yapılmalıdır.

Anahtar kelimeler: NO₂, hava kirliliği, AIRQ+.

Abstract

Air pollution is known to influence human health and climate change to a serious degree. In this study, we aimed to investigate the effects of outdoor air pollution related to NO₂ on mortality measures in the province of Erzurum between the years 2016-2018. In this ecological study, NO₂ levels were obtained from the official website of the Ministry of Environment and Urbanization (www.havaizleme.gov.tr) for the dates 01.01.2016-31.12.2018, collecting information from the stations located in the area. Annual NO₂ averages were calculated by summing the annual averages of the stations that acquired adequate data and dividing this sum by the number of stations. Data were then entered into the AIRQ + software and the number of deaths, death percentages and rates in hundred thousand people that could have been prevented by lowering the pollution levels to WHO limits were calculated. Based on the measurements of the stations whose NO₂ averages were above 90% in Erzurum province annually; the averages were calculated as 47.99 µg/m³ in 2016, 54.13 µg/m³ in 2017 and 42.21 µg/m³ in 2018. The number of deaths attributable to nitrogen dioxide-induced air pollution was 442 (lowest 213, highest 662) in 2016, 516 (lowest 250, highest 768) in 2017 and 336 (lowest 161, highest 506) in 2018. NO₂-related air pollution influence the health of the Erzurum's population and increase the disease burden; thus, air pollution must be treated as a serious public health concern. Measures should be taken to keep NO₂ concentrations at the lowest possible levels and its impact on the environment and health should be better assessed.

Keywords: NO₂, air pollution, AIRQ+.

1- Samandağ İlçe Sağlık Müdürlüğü, Hatay, Türkiye

2- Atatürk Üniversitesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalı, Erzurum, Türkiye

Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Uzm. Dr. Duygu KAVUNCUOĞLU

e-posta / e-mail: duygu_koylu@hotmail.com

Geliş Tarihi / Received: 07.01.2021, **Kabul Tarihi / Accepted:** 08.04.2021

ORCID: Duygu KAVUNCUOĞLU: 0000-0002-0546-5478

Sinan YILMAZ: 0000-0001-7784-3274

Zahide KOŞAN: 0000-0002-1429-6207

Nasıl Atıf Yaparım / How to Cite: Kavuncuoğlu D, Yılmaz S, Koşan Z. Erzurum'da 2016-2018 yıllarında NO₂ düzeylerinin mortalite üzerine etkisi. *ESTÜDAM Halk Sağlığı Dergisi*. 2021;6(2):114-22.

Giriş

Günümüzde hava kirliliğinin, insan sağlığı ve iklim değişikliği üzerindeki etkilerinin büyük boyutlara ulaştığı bilinmektedir. Dünya nüfusunun yaklaşık %91'i hava kalitesi için Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün belirlediği limit değerlerin aşıldığı bölgelerde yaşamaktadır. Hava kirliliği kaynaklı inme, kalp hastalığı, akciğer kanseri, akut ve kronik solunum yolu hastalıkları nedeniyle dünya genelinde her yıl yaklaşık 4,2 milyon kişi hayatını kaybetmektedir (1). Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hava kirliliğinin oluşturduğu hastalık yükü giderek artmaktadır. Küresel Hastalık Yüğü Raporu'na göre, 2007-2017 yılları arasında hava kirliliği düzeyleri Türkiye'de %17,4 oranında artmış, hava kirliliği 2017 yılında en sık hastalık ve ölüme sebep olan altıncı risk faktörü olarak tanımlanmıştır (2). Kara Rapor Çalışması, 2017 yılında hava kirliliği DSÖ'nün önerdiği seviyelere indirilebilseydi, trafik kazalarında yaşanan can kayıplarının 7 katı (yaklaşık 52.000) kadarının önlenebileceğini ortaya koymuştur (3).

Hava kirliliğine neden olan çok sayıda kirletici tanımlanmıştır. Bu kirleticilerin en önemlilerinden birisi olan azot dioksit (NO_2), azot oksitler olarak da bilinen yüksek reaktif gazların bir grubunu oluşturmaktadır. Azot dioksit, insan sağlığını en çok etkileyen azot oksit türü olarak bilinmektedir (1, 4). Temel olarak fosil yakıtların yakılmasıyla atmosfere karışan NO_2 ; motorlu taşıtlar, termik santral ve arazi ekipmanlarından çıkan emisyonlardan kaynaklanır. Yüksek konsantrasyonda NO_2

Gereç ve Yöntem

Araştırma ekolojik bir çalışmadır. Erzurum ilinin 2016-2018 yılları nüfus ve ölüm verileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan e-mail yoluyla sağlanmıştır. Belirtilen yıllarda gerçekleşen ölüm sayılarından dışsal yaralanma ve zehirlenmelere bağlı ölümler çıkarıldıktan sonra kaba ölüm hızı (yüz binde) hesaplanmıştır. NO_2 düzeyleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait resmi internet sitesinden (www.havaizleme.gov.tr) 01.01.2016 -31.12.2018 tarihleri için istasyon bazlı

içeren hava, solunum yollarını tahriş edebilir. Kısa süreli NO_2 maruziyetleri, solunum yolu hastalıklarını, özellikle de astımı tetikleyerek solunum semptomlarına (öksürük, hırıltılı solunum veya nefes almada güçlük gibi), hastane başvuruları ve hastaneye yatışlarda artışlara neden olabilir. Yüksek NO_2 konsantrasyonlarına daha uzun süre maruziyet, astım gelişimine katkıda bulunabilir ve potansiyel olarak solunum yolu enfeksiyonlarına duyarlılığı artırabilir. Çocuklar ve yaşlıların yanı sıra astımı olan kişiler genellikle NO_2 'in sağlık etkileri açısından daha yüksek risk altındadır (4, 5, 6).

Avrupa Birliği kriterlerine göre; NO_2 konsantrasyonu saatte $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ya da yılda $\geq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ limit değerlerini aştığında insan sağlığına zararlı olduğu kabul edilmektedir (7). Türkiye, hava kalitesi için Avrupa Birliği limit değerlerini benimsemekle beraber, kademeli olarak bu değerlere ulaşmayı planlamıştır. Buna göre en son 2024 tarihinde NO_2 limit değerlerine ulaşacak olan Türkiye, bu tarihten itibaren tüm hava kirliliği parametreleri için Avrupa Birliği mevzuatını uygulayacaktır (8). DSÖ Avrupa bölge ofisi ise NO_2 sınır değeri olarak yıllık ortalama $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü kabul etmektedir. Bu değerlerin aşımının insan sağlığı için zararlı etkilere yol açacağını belirtmektedir (9).

Bu çalışmada 2016-2018 yılları arasında Erzurum ilinde NO_2 kaynaklı dış ortam hava kirliliğinin mortalite üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

olarak elde edilmiştir. Erzurum ilinde hava kalitesi ölçümü yapan 5 istasyon (Erzurum, Taşhan, Aziziye, Palandöken ve Pasinler) bulunmaktadır. İstasyonlardan yıllık veri alımı %90'ın üzerinde olanlar çalışmaya dahil edilmiştir (10, 11). Yıllık NO_2 ortalamaları; yeterli düzeyde ölçüm yapan istasyonların yıllık ortalamaları toplanıp, istasyon sayısına bölünerek hesaplanmıştır.

Hava kirliliğinin morbidite ve mortalite üzerindeki etkilerinin hesaplanmasında DSÖ

tarafından geliştirilen AIRQ+ programı kullanılmıştır. Yapılan hesaplamalar epidemiyolojik çalışmalar sonucunda oluşturulan metodolojilere ve doz-yanıt fonksiyonlarına dayanmaktadır. Programda yer alan DSÖ Avrupa Bölge Ofisi tarafından önerilen NO₂ sınır değeri 20 µg/m³ olarak kabul edilmiştir (9). NO₂'den kaynaklı tüm ölümler için AIRQ+ programı rölatif risk katsayısı 1,041 (%95 Güven Aralığı:

1,040-1,189) olarak belirlenmiştir (12). Gerekli veriler programa girilerek, kirlilik düzeyleri DSÖ limitlerine indirildiğinde önlenebilecek ölüm sayıları, yüzdeleri ve yüz binde olarak ölüm oranları hesaplanmıştır.

Çalışma, verilere dayalı olarak yürütüldüğünden kişilere yönelik girişimsel veya girişimsel olmayan bir uygulama içermediğinden etik kurul onayı alınmamıştır.

Bulgular

Erzurum ilinde bulunan beş hava kalitesi ölçüm istasyonunun 2016 yılı için NO₂ ortalamaları; Erzurum 45,66 µg/m³, Aziziye 38,51 µg/m³, Palandöken 11,78 µg/m³, Pasinler 7,51 µg/m³ ve Taşhan 57,48 µg/m³ idi. Taşhan ve Aziziye istasyonlarında 2016 yılı için ölçüm yapılan gün sayısı %90'ın üzerindeydi. Azot dioksit için bu istasyonlarda 2017 yılı ortalamaları Erzurum 54,5 µg/m³, Aziziye 38,49 µg/m³, Palandöken 12,78 µg/m³, Pasinler 5,72 µg/m³ ve Taşhan ise 69,37 µg/m³ belirlendi. Taşhan, Erzurum ve Aziziye istasyonlarında 2017 yılı için ölçüm yapılan gün sayısı %90'dan fazla idi. Azot dioksitin 2018 yılı

ölçüm ortalamaları ise Erzurum 59,46 µg/m³, Aziziye 34,08 µg/m³, Palandöken 11,17 µg/m³, Pasinler 4,25 µg/m³ ve Taşhan 98,9 µg/m³tü. Taşhan, Erzurum, Aziziye ve Palandöken istasyonlarında 2018 yılında %90'ın üzerinde veri ölçümü gerçekleşmişti. En yüksek NO₂ düzeyleri 2016-2018 yıllarında Taşhan istasyonunda (sırasıyla 202,76, 174,19, 155,90 µg/m³), en düşük NO₂ düzeyleri ise Pasinler istasyonunda (sırasıyla 7,51, 5,72, 4,25 µg/m³) kaydedilmişti. İstasyonların yıllara göre ortalama NO₂ değerleri ve veri alım yüzdeleri Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1: Erzurum ilinde hava ölçüm istasyonlarının yıllara göre ortalama NO₂ değerleri ve veri alım yüzdeleri.

İstasyon	Yıl	Ortalama (µg/m ³) (min.-maks.)	Veri alım yüzdesi
Taşhan	2016	57,48 (10,25-202,76)	96,71
	2017	69,37 (18,00-174,19)	90,93
	2018	64,25 (11,14-155,90)	98,90
Erzurum	2016	45,66 (14,06-139,47)	83,88
	2017	54,55 (12,14-142,58)	97,25
	2018	59,46 (15,43-125,09)	99,73
Aziziye	2016	38,51 (6,66-158,57)	94,25
	2017	38,49 (6,40-122,08)	90,66
	2018	34,08 (7,57-107,05)	93,41
Palandöken	2016	11,78 (1,32-93,45)	74,52
	2017	12,78 (3,08-44,42)	70,60
	2018	11,17 (2,10-49,96)	90,38
Pasinler	2016	7,51 (1,70-34,22)	72,60
	2017	5,72 (1,14-24,07)	82,42
	2018	4,25 (0,80-16,78)	86,54
>%90 ölçüm yapılmış olan istasyonlar	2016	47,99 (6,66-202,76)	
	2017	54,13 (6,40-174,19)	
	2018	42,21 (2,10-155,90)	

NO₂ ortalamaları veri güvenilirliği olan istasyonların ölçümleri esas alındığında; 2016 yılında 47,99 µg/m³, 2017 yılında 54,13 µg/m³ ve 2018 yılında ise 42,21 µg/m³ olarak hesaplandı.

Azot dioksit kaynaklı hava kirliliğine atfedilebilecek ölüm sıklığı 2016 yılında %10,61 (%95 GA, RR:5,12-15,89), 2017 yılında %12,82 (%95 GA, RR:6,22-19,08), 2018 yılında %8,54 (%95 GA, RR:4,09-12,87) olarak belirlendi (Şekil 1-3).

Impact Evaluation (NO₂)

Evaluation Name:

Health Endpoint

Health Endpoint:

Incidence (per 100 000 per year): Pop. at risk (100%): #

Calculation Parameters

Calculation Method: Formula: $RR(X) = e^{B(X - X_0)}$

Relative Risk: Lower: Upper:

Cut-off Value X₀ (see formula):

Mean Concentration X:

Advanced

Results (last calculation 2021-03-21 02:15:22)

	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	10.61%	5.12%	15.89%
Estimated number of Attributable Cases	442	213	662
Estimated number of Attributable Cases per 100 000 Population at Risk	58.01	27.98	86.93

Şekil 1: Erzurum ili 2016 yılı NO₂ kaynaklı hava kirliliğine atfedilebilecek ölümler (AIRQ+ programı).

Impact Evaluation (NO₂)

Evaluation Name:

Health Endpoint

Health Endpoint:

Incidence (per 100 000 per year): Pop. at risk (99.04%): #

Calculation Parameters

Calculation Method: Formula: $RR(X) = e^{B(X - X_0)}$

Relative Risk: Lower: Upper:

Cut-off Value X₀ (see formula):

Mean Concentration X:

Advanced

Results (last calculation 2021-03-21 04:49:28)

	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	12.82%	6.22%	19.08%
Estimated number of Attributable Cases	516	250	768
Estimated number of Attributable Cases per 100 000 Population at Risk	67.79	32.91	100.94

Şekil 2: Erzurum ili 2017 yılı NO₂ kaynaklı hava kirliliğine atfedilebilecek ölümler (AIRQ+ programı).

Impact Evaluation (NO2)

Evaluation Name:

Health Endpoint:

Incidence (per 100 000 per year): Pop. at risk (100%): #

Calculation Parameters

Calculation Method: Formula: $RR(X) = e^{B(X - X_0)}$

Relative Risk: Lower: Upper:

Cut-off Value X_0 (see formula):

Mean Concentration X:

Advanced

Results (last calculation 2021-03-21 00:22:32)

	Central	Lower	Upper
Estimated Attributable Proportion	8.54%	4.09%	12.87%
Estimated number of Attributable Cases	336	161	506
Estimated number of Attributable Cases per 100 000 Population at Risk	43.71	20.96	65.90

Şekil 3: Erzurum ili 2018 yılı NO₂ kaynaklı hava kirliliğine atfedilebilecek ölümler (AIRQ+ programı).

Azot dioksit kaynaklı hava kirliliğine atfedilebilecek ölüm sayıları 2016 yılında 442 (en düşük 213, en yüksek 662), 2017 yılında 516 (en düşük 250, en yüksek 768) ve 2018 yılında 336 (en düşük 161, en yüksek 506) olarak belirlendi. Hava kirliliğine

atfedilebilecek mortalite hızları ise 2016 yılında yüz binde 58,01 (27,98-86,93), 2017 yılında yüz binde 67,79 (32,91-100,94) ve 2018 yılında yüz binde 43,71 (20,96-65,90) idi. Yıllara göre hava kirliliğine atfedilen ölümler Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2: Erzurum ilinde yıllara göre hava kirliliğine atfedilen ölümler.

	Atfedilebilir tahmini ölüm sayısı (min-maks)	Atfedilebilir tahmini ölüm oranı (yüzde) (min-maks)	Atfedilebilir tahmini ölüm sayısı (yüz binde) (min-maks)
2016	442 (213-662)	10,61 (5,12-15,89)	58,01 (27,98-86,93)
2017	516 (250-768)	12,82 (6,22-19,08)	67,79 (32,91-100,94)
2018	336 (161-506)	8,54 (4,09-12,87)	43,71 (20,96-65,90)

Tartışma

Azot dioksit maruziyeti, çeşitli epidemiyolojik çalışmalarda artan mortalite ile ilişkilendirilmektedir. Azot dioksitin doğrudan sağlık etkileri, çoklu kirletici modelleriyle yapılan çalışmalar sonucunda gösterilmiştir. Son yıllarda yürütülen kohort ve meta analiz çalışmalarıyla uzun süreli NO₂ maruziyetinin ölüm oranlarını artırdığı ortaya konulmuştur (5, 13-15). İsviçre'de 2015 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada son on yılda hava kirleticilerin oranlarının değiştiği bununla beraber, PM₁₀ ve NO₂'nin hastane yatışları ve mortaliteyi arttıran etkilerinin değişmediği bulunmuştur (16). Mortalite etkisinin açıklanması kadar bu etkinin büyüklüğünün gösterilmesi de nedenlerin öneminin anlaşılması açısından

önemlidir. Çalışmamızda da AIRQ+ programı aracılığıyla Erzurum'da NO₂ maruziyetinin neden olduğu ölüm sayısı ve sıklıkları incelenmiş, bu maruziyetin etkisinin öneminin anlaşılması hedeflenmiştir.

Erzurum'da hava kirliliğinin değerlendirilmesine yönelik yapılan önceki çalışmalarda daha çok PM₁₀ ve SO₂ düzeyleri değerlendirilmiştir (17-19). 2011 yılında yapılan bir çalışmada Erzurum'da kış aylarında NO₂ ortalama değeri 14 µg/m³, yaz aylarında 12 µg/m³ olarak bulunmuştur (20). Bu değerler, çalışmamızda tespit edilen 2016-2018 yılları ortalama NO₂ değerlerinden oldukça düşüktür. Artan taşıt miktarı, kullanılan yakıtların kalitesi, sanayileşme gibi faktörlerin yanında;

çalışmamız ile yöntem farklılığı da ortalamalar arasındaki farkın bir nedeni olabilir.

İtalya'da yapılan bir çalışmada NO₂ kirliliğine atfedilen ölüm sıklığı %1,8, İran'da yapılan bir çalışmada %2,2 olarak bulunmuştur (21, 22). Türkiye'de Marmara Bölgesi'nde bulunan illeri kapsayan ve 2018 yılında yürütülen bir çalışmada NO₂ kaynaklı hava kirliliğine atfedilebilecek ölüm sıklığının %8,94 ile %2,61 arasında değiştiği bildirilmektedir. Çalışmamızda 2018 yılında bu oran %8,54 olarak saptanmıştır. Marmara Bölgesi'nde atfedilebilecek en yüksek ölüm sıklığının belirlendiği İstanbul ilinin sonuçları ile bu çalışmanın bulguları benzerlik göstermektedir (23). Erzurum ve İstanbul illerinin gerek nüfus yoğunluğu gerekse sanayileşme düzeyleri arasındaki bilinen farklılıklar nedeniyle bu benzerliğin, ilimizde özellikle veri güvenliğinin sağlanabildiği istasyonların şehir merkezinde bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte Kara Rapor 2020 çalışması sonuçlarına göre 2019 yılında Erzurum, ülkemizde en yoğun hava kirliliğinin yaşandığı ilk 10 il arasında yer almaktadır. Erzurum'da hava kirliliği ciddi bir halk sağlığı problemi oluşturmaktadır (10). Yapılan çalışmalarda Erzurum'da en yoğun hava kirliliğinin kış aylarında yakıt tüketimi artışına paralel olarak yaşandığı bulunmuştur (17-19, 24). Erzurum ülkemizin kuzeydoğusunda yer alan kış mevsiminin sert ve uzun sürdüğü bir ilimizdir. Ayrıca kentleşme bölgesinin etrafı yüksek dağlarla çevrilidir. İlin iklim koşulları halkın ısınma amaçlı fazla miktarda ve uzun süreli yakıt kullanımına neden olmaktadır. Coğrafi özelliklere birlikte bu durum artan hava kirliliğinin açıklayıcı nedenleri olabilir.

Avrupa Birliği, DSÖ ve EPA NO₂ için sınır değer 40 µg/m³ olarak belirlemiştir (1, 4, 7). Ancak araştırmalar, güvenli uzun süreli maruziyet için yasal yıllık maksimum 40 µg/m³ ortalama NO₂ konsantrasyonunun yeterli koruma sağlamakta yetersiz

kalabileceği ve daha düşük bir değerin gerekli olabileceğini bildirmektedir. Birleşik Krallık'ta 2016 yılında yürütülen bir araştırmada, incelenen bölgede yaklaşık olarak %15,9 kadar ölüm oranının uzun vadeli NO₂ maruziyetine atfedilebileceği ortaya konulmuştur. Bu bölgedeki ölüm oranlarının %13,9 kadarının yasal yıllık ortalama sınır değer olan <40 µg/m³ NO₂ düzeylerinden, %3,0'ünün ise 40 µg/m³'ün üzerinde olan konsantrasyonlardan kaynaklandığı saptanmıştır (25). Çalışmamızda da AIRQ+ programında önerilen sınır değer olan 20 µg/m³ kullanılarak bulgular elde edilmiştir. Bu sonuçlar, NO₂'ye uzun süreli maruz kalma için ülkemizde de geçerli olan Avrupa Birliği sınır değerlerine uyarlanmış değerlerin halk sağlığını korumak için yeterli olmayabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda Erzurum'da yıllar içinde istasyonların veri güvenliğinin ve ölçüm yapılan gün sayısının arttığı görülmektedir. Bu durum gelecekte yapılacak çalışmalarda veri güvenliğinin sağlanabilmesi için umut vaadedici ve hava kalitesinin sağlık etkilerini daha net şekilde ortaya koyabilmek adına önemlidir.

Araştırmada kullanılan NO₂ değerleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı internet sitesinden elde edilen veriler olup, doğrudan ölçümle elde edilmemiştir. Ortalamalar hesaplanırken ilde mevcut olan istasyonlardan yeterli sayıda ölçüm yapılan istasyonlar dikkate alınmış ve bu istasyonların aritmetik ortalamalarının il genelindeki durumu yansıttığı varsayılmıştır. Ayrıca çalışmanın yapıldığı bölgede daha önce NO₂ kirliliğine bağlı ölümler konusunda yapılmış bir kohort çalışması olmadığından, AIRQ+ programında önerilen rölatif risk değerleri kullanılmıştır. Çalışmamızın ekolojik karakteri nedeniyle ölüm sayıları ve NO₂ kirliliği arasında bulunabilecek nedensel ilişkileri ortaya koyma noktasında kısıtlılıkları mevcuttur.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, 2016-2017 yıllarının tamamında Erzurum'da NO₂ değerlerinin DSÖ ve EPA'nın önerdiği 40 µg/m³'ün üzerinde olduğu görülmektedir. NO₂'ye bağlı hava kirliliğinin hastalık yükü ve ölümlerle sonuçlanabilen sağlık etkileri Erzurum'da halk sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle NO₂ konsantrasyonlarını en alt seviyede tutmayı sağlayacak önlemler alınmalı, çevresel ve sağlık etki değerlendirmeleri yapılmalıdır. Hava kirliliğine neden olan tüm konut, tesis ve taşıtların denetimleri düzenli olarak gerçekleştirilmelidir. Ayrıca ilde yer alan ve veri sağlanabilen istasyonların konumları itibariyle ili temsil etmesi,

yapılacak çalışmalarda hava kirliliği etkilerinin tam ve doğru olarak açıklanmasında yardımcı olacaktır. Aynı zamanda istasyonlarda yıllık ölçüm yapılan gün sayıları veri güvenliğinin sağlanabildiği düzeyde olmalıdır.

Erzurum ilinde hava kirliliğinin önemli kaynağı olan ısınma amaçlı kullanılan yakıtların kaliteli ve en düşük düzeyde kirletici olanlar yönünde seçimi için halk teşvik edilmelidir. Kent hava koridorları oluşturacak şekilde planlanmalı, hava kirliliği epizotlarında tehlikenin uzun süre devam etmesi engellenmelidir.

Kaynaklar

1. World Health Organization. Ambient (outdoor) air quality and health. 2020 [cited 2020 Dec 21] Available from: [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
2. IHME. Global Burden of Disease. [cited 2020 Dec 21] Available from: <http://www.healthdata.org/turkey>
3. Temiz Hava Hakkı Platformu. Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri: Kara Rapor. 2019 [cited 2020 Dec 23] Available from: <https://www.temizhavahakki.com/kara-rapor/>.
4. United States Environmental Protection Agency. Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution. [cited 2020 Dec 23] Available from: <https://www.epa.gov/no2-pollution>
5. Atkinson RW, Butland BK, Anderson HR, Maynardc RL. Long-term concentrations of nitrogen dioxide and mortality: a meta-analysis of cohort studies. *Epidemiology*. 2018;29(4):460–72.
6. Gillespie-Bennett J, Pierse N, Wickens K, Crane J, Howden-Chapman P. The respiratory health effects of nitrogen dioxide in children with asthma. *Eur. Respir. J*. 2011;38:303-9.
7. Marco G, Bo X. Air quality legislation and standards in the European union: background, status and public participation. *Adv Clim Change Res*. 2013;4:50-9.
8. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği (HKDYY). Hava Kalitesi Değerlendirme Ve Yönetimi Yönetmeliği. [cited 2020 Dec 23] Available from: <https://havakalitesi.ibt.gov.tr/lcerik/mevzuat>.
9. World Health Organization, Regional Office for Europe. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013:10.
10. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Hava Kalitesi Bülteni, 2018. Available from: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/bulten-2018-yillik_13052019-20190513154231.pdf . Erişim Tarihi: 23-08-2019.
11. Kara Rapor Hava Kirliliği ve Sağlık Etkileri, 2020. [cited 2020 Dec 25] Available from: <https://www.temizhavahakki.com/wp-content/uploads/2020/09/Kara-Rapor-2020-Son27082020.pdf>.
12. WHO, Regional Office for Europe. AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution, [cited 2020 Dec 25] Available from: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/airquality/activities/airq-software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution>.
13. Samoli E, Aga E, Touloumi G, Nisiotis K, Forsberg B, Lefranc A, et al. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *Eur Respir J*. 2006;27:1129–38.
14. Goudarzia G, Mohammadi MJ, Angali KA, Neisi KA, Babaei AA, Mohammadi B, et al. Estimation of health effects attributed to NO₂ exposure using AirQ model. *Arch Hyg Sci*. 2012;1(2):59-66.
15. Faustini A, Rapp R, Forastiere F. Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. *Eur Respir J*. 2014;44:744–53.
16. Perez L, Grize L, Infanger D, Künzli N, Sommer H, Alt GM, et al. Associations of daily levels of PM₁₀ and NO₂ with emergency hospital admissions and mortality in Switzerland: trends and missed prevention potential over the last decade. *Environ Res*. 2015;140:554–61.

17. Karaca A, Şenol A, Denizli F, Çiçek M, Derman Y. Erzurum hava kalitesi değerlendirme raporu. Erzurum: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013.
18. Kopar İ, Zengin M. Coğrafi faktörlere bağlı olarak Erzurum kentinde hava kalitesinin zamansal ve mekânsal değişiminin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*. 2009;53:51-68.
19. Beyhun NE, Vançelik S, Acemoğlu H, Koşan Z, Güraksın A. Erzurum İli Kent Merkezinde 2003–2006 Yılları Arasında Hava Kirliliği. *TAF, Preventive Medicine Bulletin*. 2008;73(3):237-42.
20. Turalioğlu FS. Bitkilere zararlı olan ozon, azot dioksit ve kükürt dioksit'in Erzurum atmosferindeki değişimleri. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2011;28(1):73-7.
21. Fattore E, Paiano V, Borgini A, Tittarelli A, Bertoldi M, Crosignani P, et al. Human health risk in relation to air quality in two municipalities in an industrialized area of Northern Italy. *Environ Res*. 2011;111(8):1321-7.
22. Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, et al. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *J. Environ. Health Sci. Eng*. 2012;9(1):28.
23. Önal AE, Palanbek S, Pacci SN, Çağlayan Ç. Marmara Bölgesi NO2 değerlerinin mortalite üzerine etkisi. 3. Uluslararası 21. Ulusal Halk Sağlığı Kongresi; 2019 Kasım 26-30; Antalya, Türkiye. 2019. pp.183-8.
24. Ocak S, Turalioğlu FS. Effect of meteorology on the atmospheric concentrations of traffic related pollutants in Erzurum, Turkey. *Int. J. Environ. Sci*. 2008;3(5):325-35.
25. Lyons R, Doherty R, Reay D, Shackley S. Legal but lethal: Lessons from NO2 related mortality in a city compliant with EU limit value. *Atmospheric Pollution Research*. 2020;11(6):43-50.