

ERZURUM'DA YOĞUN TRAFİK OLAN BİR KAVŞAKTA 2008 YILI KIŞ DÖNEMİ PARTİKÜL MADDE KONSANTRASYONLARI

Aliye AKAL^(*), F. Sezer TURALIOĞLU, Hanefi BAYRAKTAR, Cihan PALOLUOĞLU

Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, ERZURUM

ÖZET

Erzurum şehir atmosferinde 2008 kış sezonunda 2 ay (Şubat ve Mart) $PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$, PM_{10} 'un gravimetrik olarak kütleli konsantrasyonları araştırıldı. Bunun sonucunda $PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$ ve PM_{10} kütleli konsantrasyon değerleri sırasıyla 68,82, 15,08 ve 95,25 $\mu g m^{-3}$ olarak bulundu. Bu değerler AB ülkelerinin sınır değerlerinin üzerinde olmasına rağmen ülkemizde geçiş dönemindeki sınır değerlerden düşük olduğu gözlemlendi. Ayrıca Şubat ayı $PM_{2,5}$ ve PM_{10} verilerinin Mart ayı verilerinden daha yüksek, $PM_{2,5-10}$ verilerinin ise daha düşük çıktığı gözlemlendi. Çalışmada, PM konsantrasyonları ile sıcaklık, basınç gibi meteorolojik parametreler arasında istatistik olarak ilişki araştırıldı. Analiz sonuçlarına göre yüksek $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonu, düşük sıcaklık ve yüksek basınç sistemleri ile kuvvetli olarak ilişkilendirildi.

ABSTRACT

The mass concentrations of $PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$ ve PM_{10} in Erzurum city atmosphere were investigated for 2 months (February and March) in winter of 2008. Average mass concentrations of $PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$ ve PM_{10} were found as 68,82, 15,08 ve 95,25 $\mu g m^{-3}$, respectively. Although these values are under the standart values admitted by Turkey, they are greater than EU standart values. However, it was found that $PM_{2,5}$, and PM_{10} concentrations in February were higher than that in March. The relationship between PM concentrations and with some meteorological parameters such as temperature, pressure was statistically analyzed. According to the results obtained through analysis higher than $PM_{2,5}$ ve PM_{10} concentrations are strongly related to colder temperatures and higher pressure system.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

$PM_{2,5}$, $PM_{2,5-10}$, PM_{10} , Erzurum

GİRİŞ

Hava kirliliği, dünyada olduğu gibi ülkemizde de halen yaşanan önemli bir çevresel sorundur. Bu sorun yoğun yerleşim alanlarının bulunduğu yörelerde, özellikle kış aylarında, tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Erzurum'da kış aylarında yoğun hava kirliliğinin yaşandığı önemli merkezlerden biridir. Şehrin olumsuz meteorolojik ve topoğrafik özellikleri atmosfere atılan kirleticilerin dağılmadan uzun süre kalmasına sebep olmaktadır.

* aliyeakal@hotmail.com

Şehirde hava kalitesi ölçümleri 1980 yılından itibaren Çevre Sorunları Araştırma Merkezi tarafından yarı otomatik sistemlerle duman ve SO₂ ölçümleri ile başlamış ve halen devam etmektedir. Ayrıca son yıllarda İl Çevre ve Orman Müdürlüğü tarafından tam otomatik sistemlerle PM₁₀ ve SO₂ ölçümleri yapılmaktadır.

Katı, sıvı ve gaz olarak her üç fazda da gözlenebilen hava kirleticilerden partikül maddeler (PM), atmosferde birkaç nanometreden 100 µm' ye kadar değişik büyüklükte olan ve normal şartlar altında katı veya sıvı faz halinde bulunan tanecikler olarak tanımlanmaktadır. Oluşum mekanizmasına ve gözlenmiş büyüklük dağılımı temeline göre partiküler, iri mod ve ince mod partiküller olarak iki kısma ayrılır. İri (coarse) partiküller yaygın olarak 2.5µm' den daha büyük çaplı, ince (fine) partiküller ise 2.5µm ve daha küçük çaplara sahip partiküller olarak tanımlanmaktadır.

Dünyada çeşitli yönleri ile PM'ler araştırılmakta ve etkileri tartışılmaktadır. Ancak gerek kullanılan ekipmanlar gerekse örnekleme noktası seçimleri birbirinden farklıdır. Örnekleme tek bir noktada yapıldığı gibi (Rizzio vd., 1999; Yatin vd., 2000; Lin ve Lee 2004; Almeida vd., 2005; Heal vd., 2005;) birkaç noktada yapılan çalışmalara da (Kuhlbusch vd., 1999; Abu Allaban vd., 2002; Lin 2002; Omar vd., 2002) literatürde rastlanmaktadır.

Ayrıca çalışmaların bazıları PM'lerin sadece kütleli konsantrasyonlarını içerirken (Pastuszka 1997; Noble vd., 2003; Lin ve Lee 2004), bazıları da kütleli ve kimyasal bileşiminin yanında biyolojik türleri de ele almıştır (Abu Allaban vd., 2002; Wang vd., 2002; Celis vd., 2004). Öte yandan bir tek fraksiyonun zamansal değişimini incelediği çalışmaların yanı sıra (Chow vd., 1996; Celis vd., 2004), tüm fraksiyonların incelendiği çalışmalar da vardır (Kuhlbusch vd., 1999; Rizzio vd., 1999; Funasaka vd., 2004).

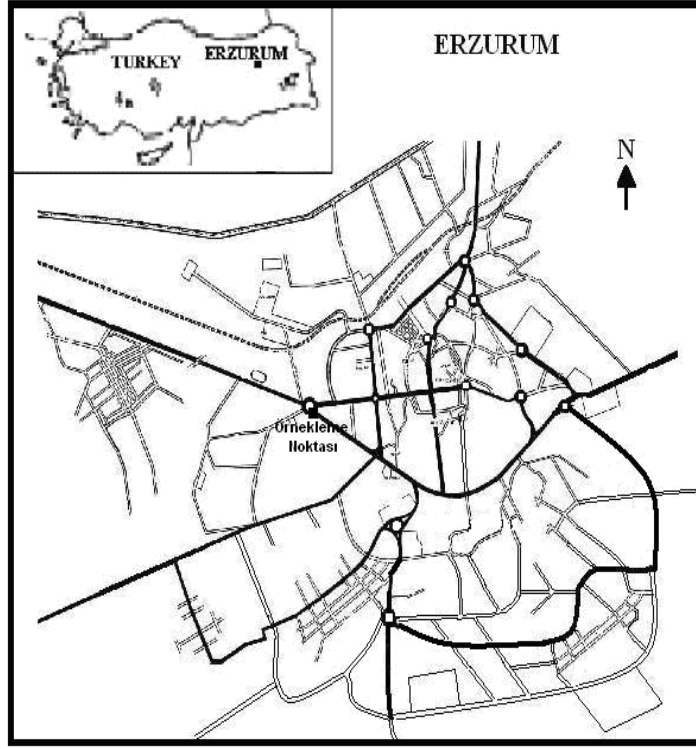
Erzurum kentini temsil edebilecek bir noktada 2005 yılında 10 ay yapılan örneklemede PM_{2.5}, PM_{2.5-10} ve PM₁₀ değerleri sırasıyla, 12,9, 17,9 ve 30,8 µg m⁻³ (Bayraktar, 2006) bulunurken, 2007 yılında aynı noktada 1 ay kış ve 1 ay yaz ayında yapılan diğer bir ölçümde ise bu değerler sırasıyla 30,5, 18,7 ve 49,2 µg m⁻³ bulundu (Bayraktar vd., 2008).

Bu çalışmada ise Erzurum kentinde yoğun trafiğin olduğu bir kavşakta iki farklı boyuttaki partikül madde kütleli konsantrasyonlarının 2008 yılı kış sezonundaki 2 aylık (Şubat ve Mart) değişimi irdelendi, bulunan kütleli konsantrasyon değerleri birbirleriyle ve meteorolojik parametrelerle ilişkilendirildi.

MATERYAL VE METOD

Örnekleme Noktası, Yöntem ve Analiz

Erzurum'da partikül madde konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla trafiğin de yoğun olduğu Atatürk Üniversitesi kavşağında (Şekil 1) PM örnekleme yapıldı. PM örneklemede, partikül madde ihtiva eden kirli hava Termo Andersen marka otomatik dichotomous örnekleme tarafından çekildi. Örnekleme cihazı örnekler, partikül çapına göre iri mod ve ince mod olarak 2'ye ayrıldı. İri mod örnekleme 1,7 L dakika⁻¹ debide, ince mod ise 15 L dakika⁻¹ debide yapıldı. PM'ler 47 mm çapındaki ringlere yerleştirilen filtrelerde 24 saatlik örnekler olarak toplandı. Sabit nem için 1 gün desikatörde bekletilerek darası alınan 47 mm çaplı 0,2 µm por boyutlu PTFE filtreler örnekleme sonrası tekrar 24 saatlik süreyle desikatörde bekletildi ve 0,00001g hassasiyetli terazi kullanılarak son ağırlıkları tespit edildi, geçen debiler de kullanılarak kütleli konsantrasyonlar hesaplandı.



Şekil 1. Örnekleme Noktasının Konumu

Partikül Madde Sınır Değerleri

Şehir atmosferinden örnekleme yapılarak analizlenen hava kirlenici konsantrasyonları her ülkede geçerli olan ve uluslararası kabul edilen sınır değerleri ile kıyaslanarak değerlendirilmektedir. Tablo 1’de ülkemizde (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, 2008), ABD ve AB’ye üye ülkelerde (Barlas vd., 1999; Elbir vd., 2000) kullanılan PM_{10} ve $PM_{2.5}$ sınır değerler gösterilmektedir.

Tablo 1. Ülkemizde, ABD ve AB üye ülkelerde kullanılan PM_{10} ve $PM_{2.5}$ standartları ($\mu g m^{-3}$)

Ülke	PM_{10} (Yıllık)	PM_{10} (Günlük)	$PM_{2.5}$ (Yıllık)	$PM_{2.5}$ (Günlük)
Türkiye (Geçiş döneminde)	150	300	-	-
Türkiye (2019’da)	40	50	-	-
ABD	50	150	15	65
AB (Şu an kullanılan)	30	50	20	40
AB (2010’da)	20	50	20	40

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Erzurum ilinde 2008 kış sezonunda 2 ay (Şubat-Mart) süresince ince ve iri boyutta PM örnekleri toplandı. Toplanan bu örneklerde gravimetrik olarak kütleli konsantrasyonlar tayin

edildi. Bu iki aylık veriler birlikte değerlendirildiği gibi 2 ay kendi içinde ayrıca değerlendirildi.

Verilerin Birlikte Değerlendirilmesi

Bu çalışmada $PM_{2.5}$, $PM_{2.5-10}$, PM_{10} ve örnekleme yapan cihazdan alınan bazı meteorolojik faktörlerin statistica programı yardımı ile çeşitli istatistiksel özellikleri hesaplanmış ve Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2’de görüldüğü gibi 2 aylık veriler birlikte değerlendirildiğinde PM konsantrasyonu pozitif çarpıklık sergilemektedir. $PM_{2.5}$ ve PM_{10} geometrik ortalamaları sırasıyla 68,82 ve 95,25 $\mu g m^{-3}$ tür. Ölçüm yapılan 2 kış ayında $PM_{2.5}$ ’un PM_{10} içindeki payı %84’tür ve bu durum Erzurum’da kış aylarında başta trafik ve daha sonra ısınmadan kaynaklanan antropojenik etkinin PM kütesine önemli katkı yaptığını göstermektedir.

Tablo 2. $PM_{2.5}$, $PM_{2.5-10}$, PM_{10} ve bazı meteorolojik faktörlerin istatistiksel özellikleri

	$PM_{2.5}$ ($\mu g m^{-3}$)	$PM_{2.5-10}$ ($\mu g m^{-3}$)	PM_{10} ($\mu g m^{-3}$)	Sıcaklık ($^{\circ}C$)	Basınç (mmHg)	Nem (%)
Veri Sayısı	52	52	52	52	52	52
Aritmetik Ort	108,65	20,68	129,33	-2,65	604,36	42,78
Geometrik Ort	68,82	15,08	95,25	-	604,35	42,44
Medyan	72,14	18,24	88,95	-2,85	604	43,15
Minimum	10,18	1,62	18,75	-13	595	33,60
Maximum	338,42	126,06	362,91	10,40	610	52,20
Varyans	9618,95	434,35	9705,71	42,70	16,08	29,18
Standart sapma	98,07	20,84	98,51	6,53	4	5,4
Çarpıklık	1	3,4	0,96	0,18	-0,37	-0,02

Ayrıca bu çalışmada bulunan $PM_{2.5}$ ve PM_{10} konsantrasyon değerleri Tablo 1’de verilen ABD ve AB ülke sınır değerlerinin çok üstündedir. Ülkemizde $PM_{2.5}$ için sınır değer yoktur. Geçiş döneminde kullanılan PM_{10} sınır değeri de aşılmamıştır.

Elde edilen $PM_{2.5}$ ve PM_{10} konsantrasyon değerlerinin aritmetik ortalamaları, bazı çalışmalarda bulunan PM değerleriyle birlikte Tablo 3’te sunulmuştur. Tablo 3’ten görüldüğü gibi Erzurum kent atmosferinde bu çalışmada bulunan PM değerleri diğer çalışmalarda bulunanlardan oldukça büyüktür. Özellikle $PM_{2.5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları Erzurum’da 2007 kış ayında yapılan diğer bir çalışmadan (Bayraktar vd., 2008) 2 kat daha yüksektir. Her iki örneklemede aynı cihaz kullanılmış fakat örnekleme farklı yerlerde yapılmıştır. İlk çalışmada şehrin ortalamasını yansıtabilecek bir noktada örnekleme yapılırken, bu çalışmada ise trafiğin yoğun olduğu bir kavşakda örnekleme yapılmış ve bu konsantrasyonların yüksek olması buna bağlanmıştır. Ayrıca, bu çalışma verileri Tablo 3’teki gelişmiş ülkelerde bulunan

değerlerden de oldukça yüksek olup, Güney Afrika ve Kore gibi daha az gelişmiş ülkelerin değerlerine ise daha yakındır. Bu çalışma yalnızca kış döneminden 2 ayı kapsadığı için yüksek PM değerlerinin gözlemlendiği düşünülmektedir. Bunun yanında, bu çalışmada PM_{2,5}/PM₁₀ oranının 1'e oldukça yakın olması PM kütlesine antropojenik katkının büyüklüğünü vurgulamaktadır.

Tablo 3. Çeşitli bölgelerde bulunan PM konsantrasyonları

Yer	PM _{2,5} ($\mu\text{g m}^{-3}$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g m}^{-3}$)	PM _{2,5} /PM ₁₀
Erzurum, Türkiye (Bu çalışma)	109	129	0,98
Erzurum, Türkiye (Bayraktar vd., 2008)	50	62	0.81
Ashdod, Israel (Mamane vd., 2008)	21	61	0,35
Multedo, Genova, Italy (Mazzei vd., 2008)	21	39	0,53
Cornigliano, Genova, Italy (Mazzei vd., 2008)	19	42	0,45
Bayburt, Türkiye (Kılıç vd., 2008)	39	56	0,70
Qalabotjha, Güney Afrika (Engelbrecht vd., 2001)	84	90	0,93
Basel,İsviçre (Gehring ve Buchmann ,2003)	17	23	0,74
Seoul (Kuui),Kore (Kim and Kim, 2003)	58	113	0,51

Bu çalışmada ayrıca, PM_{2,5}, PM_{2,5-10} ve PM₁₀ kütleli konsantrasyonlarının birbirleriyle ve bazı meteorolojik parametrelerle korelasyonu incelenmiş ve Tablo 4'te verilmiştir. Tablo 4'te görüldüğü gibi PM_{2,5} ile PM₁₀ arasındaki ilişki yüksek (0,98), PM_{2,5-10} ile PM₁₀ arasındaki ilişki ise düşük (0,13) bulunmuştur. Bu ölçüm yapılan 2 kış ayında PM₁₀ üzerine antropojenik katkının özellikle trafik ve az da olsa ısınmanın önemli olduğunu göstermektedir. Sıcaklık p<0,05 güven aralığında PM_{2,5} ve PM₁₀ ile sırasıyla r=-0,56 ve r=-0,45 gibi ters yönde iyi bir korelasyon vermiştir. Özellikle kış aylarında sıcaklık arttıkça ısınma ihtiyacı azalacak ve daha az PM_{2,5} atmosfere atılacaktır. Basınçla PM_{2,5} ve PM₁₀ arasında da (p<0,05 güven aralığında) sırasıyla r=0,72 ve r=0,71 gibi doğrusal yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Basınç arttıkça kirletici konsantrasyonu da artacaktır. Erzurum özellikle kış periyodunda Sibiryadan kaynaklanan antisiklonlar tarafından etkilenmektedir. Bu da kirleticilerin şehir üzerine dağılmadan uzun süre kalmasına sebep olmaktadır (Turalıoğlu vd 2005).

Verilerin Aylık Değerlendirilmesi

Erzurum şehir merkezinde Şubat ve Mart aylarında yapılan bu çalışma verilerinin aylık olarak ayrı ayrı istatistiksel özellikleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 4. Kütleli konsantrasyonların birbirleriyle ve bazı meteorolojik parametrelerle basit lineer regresyon korelasyon katsayıları

Tüm periyod	PM _{2.5}	PM _{2,5-10}	PM ₁₀	Sıcaklık	Basınç	Nem
PM _{2.5}	1	-0,09	0,98	-0,56	0,72	0,06
PM _{2,5-10}	-0,09	1	0,13	0,48	-0,05	-0,45
PM ₁₀	0,98	0,13	1	-0,45	0,71	-0,04
Sıcaklık	-0,56	0,48	-0,45	1	-0,4	-0,56
Basınç	0,72	-0,05	0,71	-0,4	1	0,02
Nem	0,06	-0,45	-0,04	-0,56	0,02	1

Tablo 5. Şubat ve (Mart) ayları PM_{2.5}, PM_{2,5-10}, PM₁₀ ve bazı meteorolojik faktörlerin istatistiksel özellikleri

	PM _{2.5} µg m ⁻³	PM _{2,5-10} µg m ⁻³	PM ₁₀ µg m ⁻³	Sıcaklık °C	Basınç mmHg	Nem %
Veri Sayısı	27 (25)	27 (25)	27 (25)	27 (25)	27 (25)	27 (25)
Aritmetik Ort	159,18 (54,07)	14,37 (27,49)	173,55 (81,57)	-7,85 (2,97)	605,81 (602,80)	45,45 (39,9)
Geometrik Ort	115,60 (39,30)	12,82 (17,96)	132,96 (66,43)	-	605,08 (602,78)	45,22 (39,63)
Medyan	137,50 (34,72)	13,75 (21,15)	146,66 (73,20)	-8,50 (3,20)	607 (607)	45,7 (38,30)
Minimum	16,20 (10,18)	4,81 (1,62)	24,58 (18,75)	-13 (-3,80)	595 (596)	33,60 (33,90)
Maximum	338,42 (317,87)	24,49 (126,06)	362,91 (198,33)	-2 (10,4)	610 (609)	52,20 (50,30)
Varyans	11351,97 (2166,30)	40,96 (785,42)	12441 (2570,35)	11,18 (15,15)	14,85 (13,16)	20,58 (23)
Standart sapma	106,54 (46,54)	6,40 (28,02)	111,53 (50,69)	3,34 (3,89)	3,85 (3,62)	4,53 (4,79)
Çarpıklık	0,266 (1,43)	0,024 (2,36)	0,27 (0,79)	0,25 (0,082)	-0,99 (0,010)	-0,81 (0,91)

Tablo 5'ten görüldüğü gibi Şubat ayında PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonlarının geometrik ortalamaları sırasıyla 115,6 ve 132,96 µg m⁻³ iken bu değerler Mart ayında sırasıyla 39,3 ve 66,43 µg m⁻³'e düşmektedir. Yine PM_{2,5-10} konsantrasyonunun geometrik ortalaması Şubat ayında 12,82 iken Mart ayında 17,96 µg m⁻³ değerine yükselmiştir.

İnce (PM_{2.5}) ve iri (PM_{2,5-10}) mod PM'lerin PM₁₀ içindeki oranları, Şubat ayında sırasıyla %92 ve %8 iken Mart ayında bu oranlar, sırasıyla %66 ve %34 olmuştur. Bu oranlar Şubat ayında PM₁₀'a antropojenik (ısınma ve trafiğin) etkinin yüksekliğini gösterirken, Mart ayında doğal PM katkısının arttığını göstermektedir. Ayrıca şehirde Şubat ve Mart aylarında uzun yıllar

ortalamaları olarak rüzgar hızları sırasıyla 2,04 ve 2,92 m sn⁻¹ dir. Bu durum Mart ayında PM taşınımının daha fazla olacağını ortaya çıkarmaktadır.

SONUÇ

Erzurum kent merkezinde atmosferik partikül maddeler (PM_{2.5}, PM_{2.5-10}, PM₁₀), 2008 Şubat ve Mart aylarında birer ay süreyle her gün örneklendi ve kütleli konsantrasyon değerleri gravimetrik yöntemle belirlendi. Analiz sonucunda ortalama PM_{2.5}, PM_{2.5-10}, PM₁₀ kütleli konsantrasyonları sırası ile 108,65, 20,68, 129,33 µg m⁻³ olarak ölçüldü ve ortalama PM_{2.5}/PM₁₀ oranı 0,98 olarak hesaplandı. Aylık olarak bakıldığında Şubat ayında PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonları yüksek bulunurken Mart ayında daha büyük boyutu temsil eden PM_{10-2.5} katkısının arttığı, PM_{2.5} ve PM₁₀ konsantrasyonlarının düştüğü gözlemlendi. Bu çalışmada bulunan kütleli PM konsantrasyonları standartlarla karşılaştırılırsa, ülkemizde ki geçiş dönemi PM sınır değerlerinin aşılmamış, fakat ABD ve AB standartlarının aşılmış olduğu gözlemlendi.

KAYNAKLAR

Abu-Allaban, M., Gertler, A. W. ve Lowenthal, D. H. A preliminary apportionment of the sources of ambient PM₁₀, PM_{2.5}, and VOCs in Cairo. *Atmospheric Environment*: 36, 5549-5557, 2002.

Almeida, S.M., Pio, C.A., Freitas, M.C., Reis, M.A. ve Trancoso, M.A. Source apportionment of fine and coarse particulate matter in a sub-urban area at the Western European Coast. *Atmospheric Environment* 39, 3127-3138 2005.

Barlas, H. ve Çizmecioğlu, S.Ç. PM₁₀ Üzerine Bir Değerlendirme, Hava Kirlenmesi ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, İzmir, 46-54, 1999.

Bayraktar, H. Erzurum Kent Atmosferinde Partikül Madde Kompozisyonu. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2006.

Bayraktar, H., Turalioğlu, F.S. ve Tuncel, G. Erzurum Atmosferinde TSP, PM₁₀, PM_{2.5-10}, PM_{2.5}, Kütleli Konsantrasyonları. Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu, 30-31 Mayıs, Konya, 2008.

Celis, J.E., Morales, J.R., Zaror, C.A. ve Inzunza, J.C. A study of the particulate matter PM₁₀ composition in the atmosphere of Chillan, Chile. *Chemosphere* 54 (4), 541-550, 2004.

Chow, J. C., Watson, J. G. ve Lowenthal, D. H. Sources and chemistry of PM₁₀ aerosol in Santa Barbara County, CA. *Atmospheric Environment*: 30, 1489-1499, 1996.

Elbir, T., Müezzinoğlu, A. ve Bayram, A. Evaluation of some air pollution indicators in Turkey. *Environment International*, 26, 5-10, 2000.

Engelbrecht, J. P., Swanepoel, L., Chow, J. C., Watson, J. G. ve Egami, R. T. PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations from the Qalabotjha low-smoke fuels macro-scale experiment in South Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*: 69, 1-15, 2001.

Funasaka, K., Sakai, M., Shinya, M., Miyazaki, T., Kamiura, T., Koneco, S., Ohta, K. ve Fujita, T. Size distributions and characteristics of atmospheric inorganic particles by regional comparative study in urban Osaka, Japan. *Atmospheric Environment*: 37, 4597-4605, , 2003.

Gehring, R. Ve Buchmann, B.Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment* 37, 2571-2580, 2003.

Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı 26898 nolu Resmi Gazete, 6 Haziran 2008.

Heal, M.R., Hibbs, L.R., Agius, R.M. ve Beverland, I.J. Total and water-soluble trace metal content of urban background PM₁₀, PM_{2.5} and black smoke in Edinburgh, UK. *Atmospheric Environment* 39, 1417-1430 2005.

Kılıç, E. Bayburt İli Hava Kalitesinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, 2008.

Kim, H., Kim, Y. Ve Hong, Y-C. The lag-effect pattern in the relationship of particulate air pollution to daily mortality in Seoul, Korea. *Int. J. Biometeorol.*: 48, 25-30, 2003.

Kuhlbusch, T. A. J., John, A. C., Fissan, H., Schmidt, K. G., Schmidt, F., Pfeffer, H. U. ve Gladtko, D. PM₁₀ and PM_{2.5} mass concentration, chemical composition, and size distribution measurements at three different sites in the Ruhr-Area, Germany. *J. Aerosol Sci.*: 30, S45-S46, 1999.

Lin, J.J. Characterization of the major chemical species in PM_{2.5} in the Kaohsiung City, Taiwan. *Atmospheric Environment*: 36, 1911-1920 2002.

Lin, J.J. ve Lee, L.C. Characterization of the concentration and distribution of urban submicron (PM₁) aerosol particles. *Atmospheric Environment*: 38, 469-475, 2004.

Mazzei, F., D'Alessandro, A., Lucarelli, F., Nava, S., Prati, P., Valli, G. Ve Vecchi, R. Characterization of particulate matter sources in an urban environment. *Science of Total Environment* ,401, 81-89, 2008

Mamane, Y., Perrino, C., Yossef, O. ve Catrambone, M. Sources characterization of fine and coarse particles at the East Mediterranean coast. *Atmospheric Environment*, 42, 6114-6130, 2008.

Noble, C. A., Mukerjee, S., Gonzales, M., Rodes, C. E., Lawless, P. A., Natarajan, S., Myers, E. A., Norris, G. A., Smith, L., Ozkaynak, H. ve Neas, L. M., Continuous measurement of fine and ultrafine particulate matter, criteria pollutants and meteorological conditions in urban El Paso, Texas. *Atmospheric Environment*, 37, 827-840, 2003.

Omar, N. Y. M. J., Abas, M. R. B., Ketuly, K. A. ve Tahir, N. M. Concentrations of PAHs in atmospheric particles (PM₁₀) and roadside soil particles collected in Kuala Lumpur, Malaysia. *Atmospheric Environment*: 36, 247-254 2002.

Pastuszka, J. S., Study of PM10 and PM2.5 concentrations in Southern Poland. *J.Aerosol Sci.* 28, S227-S228, 1997.

Rizzio, E., Giaveri, G., Arginelli, D., Gini, L., Profumo, A. Ve Gallorini, M. Trace elements total content and particle sizes distribution in the air particulate matter of a rural-residential area in North Italy investigated by instrumental neutron activation analysis. *The science of the Total Environment*: 226, 47-56, , 1999.

Turalioğlu, F.S., Nuhoğlu, A. ve Bayraktar, H. Impacts of some meteorological parameters on SO₂ and TSP concentrations in Erzurum, Turkey. *Chemosphere*, 59, 1633-1642, 2005.

Wang, G., Huang, L., Gao, S., Gao, S., Wang, L. Characterization of water-soluble species of PM10 and PM2.5 aerosols in urban area in Nanjing, China. *Atmospheric Environment*: 36, 1299-1307 2002.

Wang, Y., Zhuang, G., Tang, A., Yuan, H., Sun, Y., Chen, S. ve Zheng, A. The ion chemistry and the source of PM2.5 aerosol in Beijing. *Atmospheric Environment* 39, 3771-3784, 2005.

Yatin, M., Tuncel, S., Aras, N.K., Olmez, I., Aygun, S. ve Tuncel, G.. Atmospheric trace elements in Ankara, Turkey: 1. factors affecting chemical composition of fine particles. *Atmospheric Environment*: 34, 1305-1318 2000.