

EGE BÖLGESİNDE TOPLANAN ATMOSFERİK PARTİKÜLER MADDENİN KİMYASAL KOMPOZİSYONU VE LİTERATÜRLE KARŞILAŞTIRILMASI

**Başak MUNZUR¹, Güray DOĞAN¹, Deniz G. KORKMAZ¹, Abdullah ZARARSIZ⁴,
Rıdvan KIRMAZ⁴, Tolga ELBİR², Remzi SEYFİOĞLU², Mehtap EVCI²,
Sait SOFUOĞLU³, Abdurrahman BAYRAM², Aysen MÜEZZİNOĞLU²,
Mustafa ODABAŞI², Gürdal TUNCEL^{1(*)}**

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara

²Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir

³İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü, Gülbahçe, Urla 35430
İzmir

⁴Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Sarayköy/
Ankara

ÖZET

2005-2006 yılları arasında, yaz ve kış mevsimi olmak üzere 3 aylık periyotlarla günlük olarak iri ve küçük partiküler madde toplanmıştır. Örnekleme istasyonu Türkiye'nin batı kıyısında, kırsal bir alan olan Çandarlı'ya kurulmuştur. Toplanan örnekler EDXRF ile 12 element için analiz edilmiştir. Küçük fraksiyonda en yüksek derişim SO_4^{2-} için bulunurken, iri fraksiyonda Ca için bulunmuştur. Öte yandan Pb her iki fraksiyonda da oldukça düşük bulunmuştur. Örnekleme istasyonu lokal kaynakların doğrudan etkisi altında olmadığından, iri ve küçük partiküler madde konsantrasyonları kentlerdekinden düşük gözlenmiştir. Kirleticilerin iri fraksiyonunun küçük fraksiyona oranı hesaplanmış ve toprak kaynaklı kirleticilerin beklenildiği gibi iri fraksiyonda baskın olduğu ve sülfatın küçük taneciklerde baskın olduğu gözlenmiştir. Kaynağı hem antropojen hem de toprak olan kirleticilerin, her iki fraksiyonda da benzer derişimlerde buldukları tespit edilmiştir. Bu çalışmada ölçülen kirlilik düzeyinin belirlenmesi için Türkiye'de ve dünyanın başka yerlerindeki kırsal alanlarda yapılan çalışmalar kullanılmıştır.

ABSTRACT

Daily fine and coarse aerosol samples were collected for three months both in winter and in summer seasons between 2005 and 2006. Sampling is performed at the Çandarlı station which is a rural sampling site located on the west coast of Turkey. Collected samples are analyzed by EDXRF for a total of 12 elements. Concentrations of SO_4^{2-} in fine fraction and Ca in coarse fraction are highest among the species, whereas concentration of Pb is lowest in both fractions. As the sampling site is not under direct influence of local sources, total and fine particulate mass concentrations are quite lower than urban areas. As a result of calculation of coarse-to-fine concentration ratios, crustal elements are mostly found in the coarse fraction as expected. Sulfate dominates in the fine fraction. On the other hand, elements, which are known to have mixed sources, have comparable concentrations in both fractions. In order to evaluate the level of pollution at Çandarlı, measured concentrations of elements in this study

* tuncel@metu.edu.tr

were compared with those obtained in previous studies performed at various sites of world and also in Turkey.

ANAHTAR SÖZCÜKLER

Aerosol, Kimyasal Kompozisyon, Uzun Mesafeli Taşınım, PM_{2,5}, PM₁₀

GİRİŞ

Partiküler maddenin insan sağlığı, ekosistem ve iklim üzerine zararlı etkileri olduğu bilinmektedir (IPCC, 2001; WHO, 1996). Atmosfere salınan partiküler maddenin çoğunluğu sınır tabakası içinde kalırken, bir kısmı serbest troposfere kadar ulaşır ve uzak mesafelere taşınabilir. Son yıllarda kirleticilerin uzun mesafeli taşınımı ile ilgili çalışmalara ağırlık verilmiştir. Çünkü bir yerden salınan kirleticiler, kaynağından yüzlerce hatta binlerce kilometre uzaktaki başka bir bölgeyi olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir. Sülfat ve nitrat içeren partiküler maddenin kaynağından uzakta, hassas ekosisteme sahip bölgelerde ötrifikasyona neden olduğu rapor edilmiştir (Pelley,1998).

Uzak mesafeden taşınan kirleticilerin belli bir bölgeye katkısını belirlemek için, kırsal alanlar seçilmektedir. Çünkü kırsal alanlarda antropojen kirletici kaynakları sınırlıdır. Bu nedenle kırsal alanlarda ölçülen kirletici konsantrasyonlarını ve kompozisyonlarını belirleyen ana faktör, uzun mesafeli kirletici taşınımıdır. Olası uzun mesafeli kirletici taşınımının belirlenmesi, o bölgedeki hava kirliliğini önlemeye yönelik etkili stratejilerin geliştirilebilmesi için bir zorunluluk olmuştur.

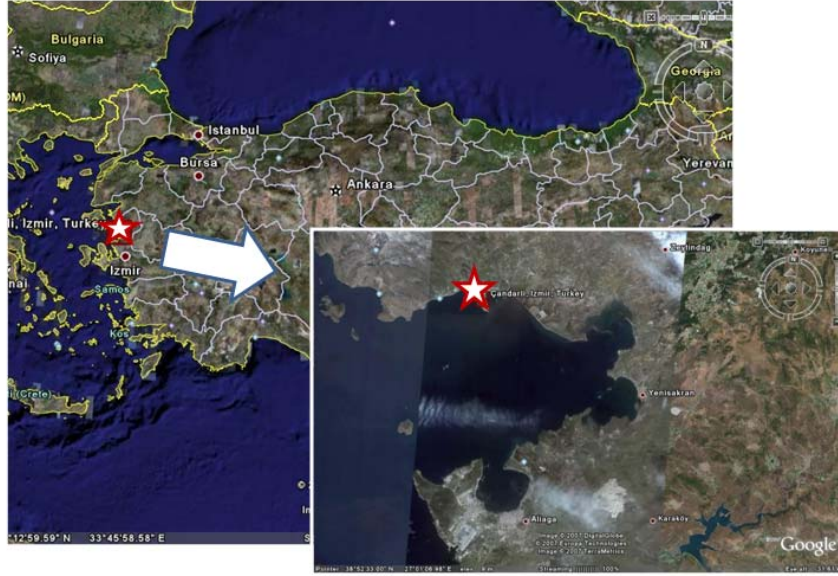
Bu çalışmanın amacı Türkiye'nin Ege Bölgesinde, kırsal bir istasyonda toplanan kirletici içeriğinin belirlenmesi ve bu bölgedeki hava kirliliği düzeyinin başka yerlerde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmesidir.

MATERYAL VE METOD

Uzun mesafeli taşınımından kaynaklanan hava kirliliğini izlemek için Türkiye'nin Ege kıyısında, kırsal bir alanda bulunan Çandarlı'da (26,99 Kuzey ve 38,93 Doğu), iri (PM₁₀) ve küçük (PM_{2,5}) partiküler madde örnekleri günlük olarak toplanmıştır. Ölçüm istasyonu Şekil 1'de gösterilmektedir. Örnekleme hem yaz, hem de kış mevsiminde yapılmıştır ve toplam 151 örnek toplanmıştır. Yaz örnekleme 2006 yılında, Temmuz ve Ekim ayları arasında gerçekleştirilmiş ve toplam 77 örnek toplanmıştır. Kış örnekleme, 2005 yılında Kasım ve Mart ayları arasında gerçekleştirilmiş ve toplam 74 örnek toplanmıştır.

Örnekleme düşük hacimli örnekleyci olarak bilinen "Stack Filter Unit" ile yapılmış ve partikül maddenin 2 farklı fraksiyonu (PM₁₀ ve PM_{2,5}) günlük olarak toplanmıştır. Örneklemede 47 mm çaplı 2 farklı gözenek boyutundaki (iri fraksiyon için 8,0 µm ve küçük fraksiyon için 0,4 µm) polikarbonat filtreler kullanılmıştır. Örnekleme öncesinde ve sonrasında filtreler sabit sıcaklık ve nemde en az 24 saat şartlandırılmış ve analitik terazi ile kütle tayini yapılmıştır. Polikarbonat filtreler statik elektrikle yüklü olduğundan gravimetrik kütle tayininden önce, Sartorius marka iyon üfleyci kullanılarak filtre üzerindeki statik elektrik nötrlenmiştir.

Toplanan iri ve küçük partikül maddenin kimyasal analizi Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (SANAEM) tarafından, enerji saçılımlı X-ışın floresan (EDXRF) yöntemi ile yapılmıştır. Örnekler Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni ve Pb olmak üzere toplamda 12 element için analiz edilmiştir.



Şekil 1. Örneklem istasyonunun konumu

BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

EDXRF ile analiz edilen PM₁₀ ve PM_{2,5} örneklerinin genel istatistiksel karakteri Tablo 2 ve Tablo 3'te sırasıyla verilmiştir. Tablolarda sırasıyla analiz edilen örnek sayısı, element derişimlerinin aritmetik ortalaması, standart sapma değeri ve ortanca derişim sunulmuştur. Literatürde genelde aritmetik ortalama değerler verildiğinden, sonuçların literatür ile karşılaştırılmasında ortalama değerler kullanılmıştır. Elementlerin frekans dağılımı incelendiğinde log-normal dağılım gösterdikleri saptanmış ve bu nedenle ortanca değerler de Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Küçük fraksiyonda ölçülen elementlerin derişimi 970 ng m⁻³ SO₄⁻² ve 0,25 ng m⁻³ (Pb) arasında değişirken, iri fraksiyonda bu aralık 289 ng m⁻³ (Ca) ve 0,42 ng m⁻³ (Pb)'tür. PM_{2,5} fraksiyonunda en yüksek derişim sülfat için bulunurken, toprak kökenli kirleticiler olarak bilinen silisyum ve kalsiyum elementleri PM₁₀ fraksiyonunda sırasıyla en yüksek olarak bulunmuştur.

Doğal ve insan kaynaklı (antropojen) kirleticilerin belirlenmesinde, iri fraksiyonun küçük fraksiyona oranı (İ/K) kullanılmış ve Şekil 2' de sunulmuştur. Bu oran her bir element için farklı karakteristik göstermektedir. Kalsiyum için İ/K oranı yaklaşık olarak 5 iken, sülfat için 0,2 olarak hesaplanmıştır. Toprak kaynaklı elementlerden Ca, Al, Ti, Si, Mg ve Fe iri fraksiyonda oldukça çok miktarda bulunduğundan, bu elementlerin İ/K oranı 2 ile 5 arasında hesaplanmıştır. Literatürdeki diğer çalışmalarda da bu elementlerin iri fraksiyonda baskın olduğu zaten bilinmektedir (Yatin vd., 2000; Salma vd., 2002; Almeida vd., 2005). İ/K oranı 0,2 olarak hesaplanan sülfat antropojen kaynaklıdır. Zaten literatürde de sülfat gibi antropojen

kaynaklı kirleticilerin, küçük fraksiyonda baskın olduğu sıkça rapor edilmiştir (Marcazzan vd., 2001; Han vd., 2005; Kuloglu ve Tuncel, 2005).

Tablo 2. PM_{2,5} örneklerinin kimyasal derişiminin (ng m⁻³) istatistiksel özeti

Parametre	N	Aritmetik Oortalama	Ortanca
Mg	67	33 ± 45	25,5
Al	94	76 ± 134	39
Si	145	152 ± 257	80
SO ₄ ²⁻	148	1097 ± 844	970
K	149	83 ± 74	66
Ca	146	85 ± 120	57
Ti	97	5,1 ± 8,1	3
Cr	65	0,45 ± 0,37	0,37
Mn	54	5,7 ± 8,2	3,6
Fe	144	73 ± 83	47
Ni	13	0,43 ± 0,24	0,37
Zn	28	126 ± 124	71
Pb	11	0,39 ± 0,31	0,25
PM _{2,5}	149	16205 ± 10359	15540

Mangan ve nikel elementlerinin antropojen kaynaklı olduğu bilinmesine rağmen, bu çalışmada İ/K oranı yaklaşık olarak 1 bulunmuştur. Bu elementlere yerden kalkan toz katkıda bulunmuş, dolayısıyla iri fraksiyondaki derişimi artırmış olabilir. Bu nedenle iki fraksiyondaki Mn ve Ni derişimleri birbirine yakın bulunmuştur.

Antropojen kaynaklı olarak bilinen diğer bir kirletici de kromdur. Krom için İ/K oranının küçük olması beklenirken, iri fraksiyondaki derişimin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunu toprağın Cr ile zenginleşmiş olması ile açıklayabiliriz. Potasyum elementine bakıldığında küçük fraksiyondaki miktarın yüksek olduğu bulunmuştur. Potasyum toprak kökenli bir element olmakla birlikte, biyokütle yanmasından da yaygın olarak atmosfere atıldığı literatürde gösterilmiştir (Gatari vd., 2005; Huang vd., 1994).

Verilerin Literatürle Kıyaslanması

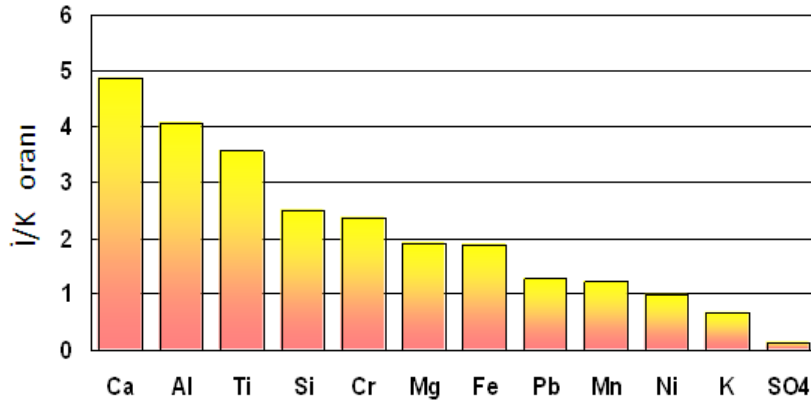
Bir bölgedeki kirlilik düzeyinin belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemlerden biri, benzer lokasyonlardaki kirletici düzeyleri ile karşılaştırmaktır. Bu amaçla Türkiye’de ve dünyanın başka yerlerindeki kırsal alanlarda yapılan çalışmalar kullanılmıştır. Diğer çalışmalarla bu çalışmayı kıyaslarken, kirletici derişimlerinin bir çok faktöre bağlı olduğu unutulmamalıdır. Bu faktörlerden başlıcaları emisyon miktarı ve meteorolojik koşullardır. Karşılaştırma için seçilen çalışmalar, ölçüm lokasyonları ve analiz teknikleri ile aşağıda kısaca özetlenmiştir.

a) Nam Co Bölgesi, Çin (Cong vd., 2007)

Çin'in güneydoğu kıyısında bulunan Nam Co Bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Örneklerin kimyasal analizinde protonla uyarma yoluyla x-ışını salınımı (PIXE) tekniği uygulanmıştır. Sülfat derişimlerinin kıyaslanabilmesi için ölçülen kükürt sülfata dönüştürülmüştür.

Tablo 3. PM₁₀ örneklerinin kimyasal derişiminin (ng m⁻³) istatistiksel özeti

Parametre	N	Aritmetik ortalama	Ortanca
Mg	105	61±91	45,85
Al	141	189±340	106,81
Si	147	436±810	238,54
SO ₄ ²⁻	141	185±216	138,22
K	149	77±136	53,22
Ca	150	411±778	288,67
Ti	124	15±37	8,12
Cr	91	0,84±0,84	0,61
Mn	80	8,09±18,01	3,37
Fe	146	185±454	120,62
Ni	18	0,68±0,58	0,42
Zn	19	124±121	115,56
Pb	23	0,48±0,46	0,42
PM ₁₀	138	29811±23307	25020



Şekil 2. Ölçülen kirleticilerin İ/K oranı

b) Chaumont, İsviçre (Hueglin vd., 2005)

Örnekleme İsviçre'nin değişik bölgelerinde yapılmış fakat bu çalışmada sadece İsviçre'nin kuzeybatısında, kırsal alanda yapılan sonuçlar kullanılmıştır. Eser element analizinde endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometre'si (ICP-MS) kullanılmıştır.

c) Bemantes, İspanya (Salvador vd., 2007)

İspanya'nın kuzeybatısında gerçekleştirilmiştir. Endüktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES), ICP-MS ve iyon kromatografisi (IC) ile kimyasal kompozisyon belirlenmiştir. Karşılaştırma için silikat (SiO_2) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) sırasıyla silisyum ve alüminyuma çevrilmiştir.

d) Alert, Kanada (Xie vd., 1999)

Örnekleme istasyonu Kuzey Kutbu'ndaki hava kirliliğinin izlenmesi için Kanada'nın kuzeybatısında kurulmuştur. Kimyasal analizlerde ICP, IC ve nötron aktivasyon analizi (INAA) cihazları kullanılmıştır. Element analizi sonuçlarında ortanca değerler verilmiştir.

e) Tien Shan, Kazakistan (Hoornaert vd., 2004)

Kazakistan'ın Tien Shain dağındaki rasathanede yapılmıştır. Örnekler EDXRF ile analiz edilmiştir. Karşılaştırma için kükürt derişimi sülfata dönüştürülmüştür.

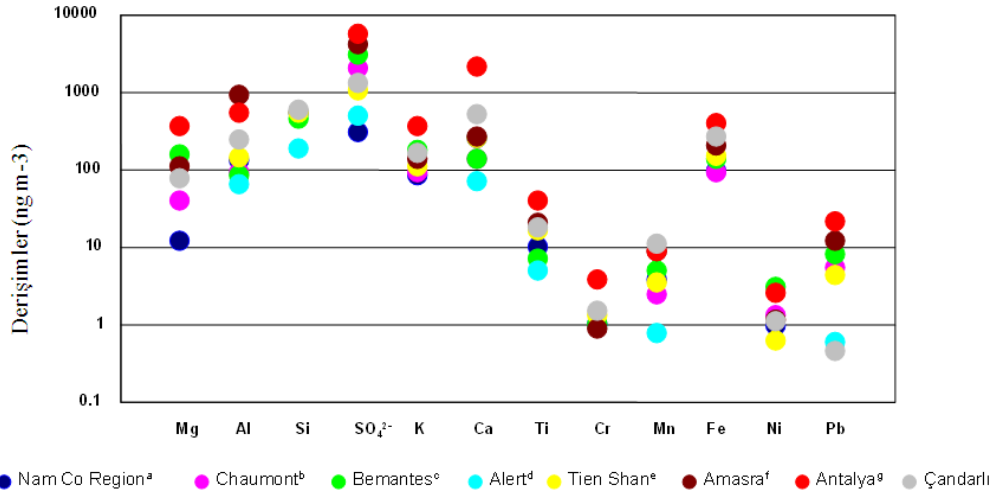
e) Amasra, Türkiye (Doğan, 2005)

Türkiye'nin kuzey kıyısında Karadeniz'e 3 km uzaklıktaki kırsal bir alanda yapılmıştır. Partikül maddenin kimyasal içeriğinin belirlenmesinde INAA, IC ve atomik absorpsiyon spektrofotometresi (AAS) kullanılmıştır. Derişimlerde ortanca değerler rapor edilmiştir.

f) Antalya, Türkiye (Güllü, 1996)

Örnekler Türkiye'nin Doğu Akdeniz kıyısında, Antalya'nın 20 km doğusundaki kırsal bir bölgede toplanmıştır. INAA, AAS ve IC cihazları kimyasal kompozisyonun belirlenmesinde kullanılmıştır.

Bütün çalışmalardaki kirlenici derişimleri Tablo 4'te ve Şekil 3'te sunulmuştur. Bu çalışmada ölçülen Mg, Al, K, Ca, Ti, Si ve Fe gibi toprak kaynaklı elementlerin konsantrasyonları, Antalya'dakinden oldukça düşük fakat Nam Co Bölgesi, Chaumont ve Tien Shan'daki çalışma sonuçlarından bir hayli büyüktür. Toprak kaynaklı kirlenicilerden K, Ca ve Fe konsantrasyonlarının Amasra'dakinden biraz daha yüksek olduğu görülmektedir. Türkiye'deki çalışmaları genel olarak değerlendirdiğimizde, toprak kökenli kirlenici derişimlerinin, dünyadaki diğer kırsal bölgelerde ölçülen toprak kökenli kirlenicilerden hayli yüksek olduğu sonucuna varabiliriz. Akdeniz ve Orta Doğu'nun çorak topraklarla kaplı olduğu düşünüldüğünde bu sonuç hiç de şaşırtıcı görünmemektedir. Türkiye'de farklı üç coğrafi bölgede (Akdeniz, Karadeniz ve Ege Bölgesi (bu çalışma)) gerçekleştirilen çalışmalar karşılaştırıldığında, toprak kökenli elementlerin konsantrasyonlarının en yüksek Akdeniz Bölgesindeki çalışmada olduğu görülmüştür. Bunu Akdeniz Bölgesi'ndeki yağmur olaylarının azlığı ve Sahra'dan oldukça sık gelen toz fırtınaları ile açıklayabiliriz.



^aCong v.d., 2007, ^bHueglin vd., 2005, ^cSalvador vd., 2007, ^dXie vd., 1999, ^eHoormaert vd., 2004, ^fDoğan, 2005 ve ^gGüllü, 1996

Şekil 3. Çandarlı'da ölçülen kirletici derişimlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması

Cr, Mn ve Ni kirleticileri antropojen kaynaklı olmakla birlikte, yerden kalkan tozun da bu kirleticilere katkısı olduğu bilinmektedir. Çalışma alanları kırsal alanlar olduğu için, bu kirleticilere lokal antropojen kaynakların katkısı yok denecek kadar azdır. Fakat yüzey toprağında birikerek zenginleşen Cr, Mn ve Ni kirleticileri, topraktan kalkan tozla havaya salınmaktadır. Ayrıca uzun mesafeli taşınım ile gelen antropojen kirleticiler de kırsal alanlarda ölçülen bu kirleticilerin kaynağı olabilir. Çandarlı'da ölçülen Mn derişimi diğer bütün çalışmalardan yüksek bulunmuştur. Aslında Türkiye'deki diğer kırsal alan çalışmalarda da Mn konsantrasyonunun oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Karadeniz Bölgesinde yapılan geçmiş bir çalışmada, bu bölgede gözlenen yüksek Mn derişimlerine merkez Rusya'daki yoğun ferromanganez endüstrisinin çok büyük katkısı olduğu tespit edilmiştir (Hacısalihoğlu vd., 1992). Antalya bölgesinde gözlenen çok yüksek Ni ve Cr konsantrasyonları, bu kirleticilerin Antalya toprağında zengin olmasındandır (Kubilay ve Saydam, 1995). Antalya çalışması hariç, Çandarlı'da ölçülen Cr miktarı diğer çalışmalardan yüksek iken, Ni miktarı Bemantes çalışmasındakinden biraz düşük ve diğer çalışmalarla hemen hemen aynıdır.

Tablo 4. Çandarlı’da ölçülen kirletici derişimlerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması

	Nam Co Region, China ^a	Chaumont, Switzerland ^b	Bemantes, Spain ^c	Alerit, Canada ^d	Tien Shan, Kazakhstan ^e	Amasra, Turkey ^f	Antalya, Turkey ^g	This study
Mg	12	40	153			110	365	77.0
Al	131	91	85	65	140	900	540	239.9
Si	550		450	190	540			600.5
SO ₄ ²⁻	303	2000	2995	490	1050	4150	5540	1325.0
K	82	91	175		110	135	365	160.0
Ca	251	138	134	70	250	270	2100	504.0
Ti	10		7	5	16	20.3	40	18.0
Cr	1		1		1.3	0.87	3.75	1.5
Mn	3.7	2.4	5	0.75	3.4	8.68	8.93	11.0
Fe	94	93	137		150	200	390	265.0
Ni	0.95	1.3	3		0.61	1.13	2.5	1.1
Pb		5.4	8	0.6	4.4	12.06	21	0.5

Bu çalışmada ölçülen kurşun miktarı diğer bütün çalışmalardakinden düşük bulunmuştur. En yüksek kurşun derişimleri sırasıyla Antalya ve Amasra'da görülmektedir. Kurşunlu benzin yakılması ve izabe tesislerinden kaynaklanan emisyonların ortam havasındaki kurşunun ana kaynağı olduğu bilinmektedir (Simonetti vd., 2004; Sun vd., 2006). Kurşun derişimlerini karşılaştırırken, kurşunlu benzinin Türkiye'de 2002 yılında yasaklandığı unutulmamalıdır. Bu nedenle, 2002 yılı öncesinde yapılan çalışmalarda yüksek kurşun miktarlarının ölçülmesi beklenen bir sonuçtur.

Sülfat antropojen kaynaklı bir kirletici olmakla beraber, bir bölgeden başka bir bölgeye yarı ömrünün uzun olmasından dolayı rahatça taşınabilmektedir. Çandarlı istasyonu potansiyel kirletici bölgeleri olarak bilinen Doğu Avrupa ve Batı Avrupa'ya kısmen daha yakındır. Bu nedenle Çandarlı istasyonunda ölçülen SO_4^{2-} konsantrasyonunun yüksek olması beklenirken, Antalya, Amasra, Bemantes ve Chaumont'takinden oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Bunu Çandarlı'ya ya da daha geniş bir ifade ile Ege Bölgesine, Doğu Avrupa ve Batı Avrupa'dan gelen sinoptik hava akışlarının az olması ile açıklayabiliriz. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki SO_4^{2-} konsantrasyonlarını karşılaştıran geçmiş bir çalışmada, farklı sinoptik akış düzenlerinin sülfat miktarındaki farklılıkları belirlediği tespit edilmiştir (Yörük, 2004; Doğan, 2005).

KAYNAKLAR

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.

Cong, Z., Kang, S., Liu, X. ve Wang, G. Elemental composition of aerosol in the Nam Co region, Tibetan Plateau, during summer monsoon season, *Atmospheric Environment*, 41, 1180-1187, 2007.

Doğan, G. Comparison of the rural atmosphere aerosol compositions at different parts of Turkey. M.S. Thesis, Department of Environmental Engineering, Middle East Technical University, Ankara. 2005.

Gatari, M., Wagner, A. ve Boman, J. Elemental composition of tropospheric aerosols in Hanoi, Vietnam and Nairobi, Kenya, *Science of the Total Environment*, 341, 241-249, 2005.

Güllü, G. Long range transport of aerosols. Ph. D. Thesis, Department of Environmental Engineering, Middle East Technical University, Ankara, 1996.

Hacisalihoglu, G., Eliyakut, F., Olmez, I., Balkas, T.I. ve Tuncel, G. Composition of particles in the black sea atmosphere, *Atmospheric Environment*, 26, 3207-3218, 1992.

Han, J.S., Moon, K.J., Ryu, S.Y., Kim, Y.J. ve Perry, K.D. Source estimation of anthropogenic aerosols collected by a DRUM sampler during spring of 2002 at Gosan, Korea, *Atmospheric Environment*, 39, 3113-3125, 2005.

Hoornaert, S., Godoi, R.H.M. ve Grieken, R.V. Elemental and single particle aerosol characterisation at a background station in Kazakhstan, *Journal of Atmospheric Chemistry*, 48, 301-315, 2004.

- Huang, X., Olmez, I. ve Aras, N.K. Emissions of trace elements from motor vehicles: potential marker elements and source composition profile, *Atmospheric Environment*, 28, 1385–1391, 1994.
- Hueglin, C., Gehrig, R., Baltensperger, U., Gysel, M., Monn, C. ve Vonmont, H. Chemical characterisation of PM_{2.5}, PM₁₀ and coarse particles at urban, near-city and rural sites in Switzerland, *Atmospheric Environment*, 39, 637-651, 2005.
- IPCC, Climate change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2001.
- Kubilay, N. ve Saydam A.C. Trace elements in atmospheric particulates over the Eastern Mediterranean: concentrations, sources and temporal variability, *Atmospheric Environment*, 29, 2283-2300, 1995.
- Kuloglu, E. ve Tuncel, G. Size distribution of trace elements and major ions in the Eastern Mediterranean atmosphere, *Water, Air, and Soil Pollution*, 167, 221–241, 2005.
- Marcazzan, G.M., Vaccaro, S., Valli, G. ve Vecchi, R. Characterisation of PM₁₀ and PM_{2.5} particulate matter in the ambient air of Milan (Italy), *Atmospheric Environment*, 35, 4639-4650, 2001.
- Pelley, J. Is coastal eutrophication out of control? , *Environ. Sci. Technol.*, 32:462-466, 1998.
- Salma, I., Maenhaut, W. ve Zàray, G. Comparative study of elemental mass size distributions in urban atmospheric aerosols, *Aerosol Science*, 33, 339-356. 2002.
- Salvador, P., Artñano, B., Querol, X., Alastuey, A. ve Costoya, M. Characterisation of local and external contributions of atmospheric particulate matter at a background coastal site, *Atmospheric Environment*, 41, 1-17, 2007.
- Simonetti, A., Gariépy, C., Banic, C.M., Tanabe, R. ve Wong, H.K. Pb isotopic investigation of aircraft-sampled emissions from the Horne smelter (Rouyn, Québec): Implications for atmospheric pollution in northeastern North America, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 68, No. 16,3285–3294, 2004.
- Sun, Y., Zhuang, G., Zhang, W., Wang, Y. ve Zhuang, Y. Characteristics and sources of lead pollution after phasing out leaded gasoline in Beijing, *Atmospheric Environment*, 40, 2973–2985, 2006.
- WHO, Revised WHO Air Quality Guidelines. Copenhagen, World Health Organization, Regional Office for Europe, 1996.
- Xie, Y., Hopke, P.K., Paatero, P., Barrie, L.A. ve Li, S. Identification of source nature and seasonal variations of Arctic aerosol by multilinear engine, *Atmospheric Environment*, 33, 2549-2569, 1999.

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.

Yörük, E. Composition of the atmosphere at the Central Anatolia. M.S. Thesis, Department of Environmental Engineering, Middle East Technical University, Ankara, 2004.