



## II. TÜRKİYE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KONGRESİ

# TİKDEK 2010

16-18 Haziran 2010  
İSTANBUL

ANA TEMA:  
“Yerel Yönetimler ve İklim Değişikliği”

## BİLDİRİ KİTABI

EDİTÖRLER  
Zekai ŞEN, Ahmet Duran ŞAHİN, Bihter YERLİ



## PARTİKÜLER MADDELER VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Selda YİĞİT, Asli ÇOBAN, Göksel DEMİR, Hüseyin ÖZDEMİR,

Gülsüm BORUCU, Namık AK

Bahçeşehir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
Çırağan Cad. Osmanpaşa Mektebi Sok. No: 4-6 34349 Beşiktaş/İstanbul

selda.yigit@bahcesehir.edu.tr, asli.coban@bahcesehir.edu.tr, goksel.demir@bahcesehir.edu.tr,  
huseyin.ozdemir@bahcesehir.edu.tr, gulsum.borucu@bahcesehir.edu.tr,  
namik.ak@bahcesehir.edu.tr

### ÖZET

Günümüzde, sürekli artan çevre sorunlarının başında gelen hava kirliliği, dünyanın geleceğini ciddi bir şekilde tehdit etmekte, ekolojik tehlikelere ve iklim değişikliklerine yol açmaktadır. İklim değişikliğini tetikleyici etkisi olduğu bilinen havadaki partiküler maddeler (PM); ısınma, motorlu taşıtlar ve endüstriyel tesislerde çeşitli formdaki yakıtların yakılması ile bazı endüstriyel tesislerde de üretim işlemi esnasında oluşur. PM, asit tozları (nitrat ve sülfat gibi), organik kimyasallar, metaller, bakteri, küf, mantar, denizden gelen sıvı aerosollerin buharlaşması ile ortaya çıkan tuzlar, toz ve toprak partiküllerini içeren bir çok bileşenden oluşmaktadır. Hava kirleticileri içerisinde önemli bir yere sahip olan partiküler maddeler, atmosferde 0,1 ile 100 µm arasında değişen boyutlarda bulunurlar. PM, EPA tarafından sağlık problemlerine yol açma potansiyellerine göre iki ana kategoriye ayrılmış olup, 10 µm ve altında çapa sahip olan partiküller PM<sub>10</sub> ve çapı 2,5 µm ve daha küçük olan partiküller ise PM<sub>2,5</sub> olarak adlandırılmıştır. PM<sub>2,5</sub> partikülleri tarafından ışık absorplama genellikle karbonlu türler tarafından yapılır ve ışık absorplama yapan kütle Black Karbon (BC) olarak ifade edilir. İklim koşullarındaki büyük ölçekli ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler "iklim değişikliği" olarak adlandırılmaktadır. İklim değişikliğinin insan faaliyetleri sonucu yani antropojenik kaynaklı olduğu öne sürülen ve çeşitli bulgularla desteklenen bir süreç olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmada partiküler maddelerin iklim değişikliğine etkilerinin özellikle karbon içeren bir partiküler madde olan BC açısından değerlendirilmesi planlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Partiküler madde (PM), Black Karbon (BC), İklim değişikliği

## ABSTRACT

Nowadays, ever-increasing environmental problems of air pollution seriously threatens the future of the world and lead to ecological dangers and climatic changes. Airborne particulate matter (PM) which is known as forcing agent of climate change occurs in various forms in the combustion of fuel (heating, motor vehicles and industrial facilities) and in some industrial plants during the production process. PM contains many different components that are acid dust (nitrate and sulfate, etc.), organic chemicals, metals, bacteria, molds, fungi, salts resulting from the evaporation of marine aerosols, dust and soil particles. The particulate matter that have an important role among air pollutants are found in the atmosphere ranging from 0.1 to 100  $\mu\text{m}$  in size. PM divided into the two main categories by EPA according to potential of causing health problems, 10  $\mu\text{m}$  or less in diameter particles was called as  $\text{PM}_{10}$  and diameter of 2.5  $\mu\text{m}$  and smaller particles was called as  $\text{PM}_{2.5}$ . Light absorption by the  $\text{PM}_{2.5}$  particles are made mostly by carbonaceous species which is expressed as black carbon (BC). Climate conditions which has large scale important local effects and slow growing long-term changes are named as "climate change". Climate changes are thought as a process that result from human activities and are proposed and supported by a variety of symptoms. In this study, the effects of particulate matters on climate change is planned to be evaluated in terms of Black Karbon which is carbon containing particulate matter.

**Keywords:** Particulate matter (PM), Black Carbon (BC), Climate change

## 1.GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda dünya nüfusu, sanayileşme ve şehirleşmenin artmasıyla enerji ihtiyacı artmış ve dolayısıyla fosil yakıtların kullanımı da artmıştır. Buna bağlı olarak PM oluşumuna sebep olan insan kaynaklı emisyonlar çarpıcı bir biçimde artmış ve insan sağlığında olumsuz etkilere, kentsel ve kırsal alanlarda görüş mesafesinde düşüşe, asit birikimine ve dünyanın radyasyon dengesinin bozulmasına sebep olmuştur [1, 2, 3]. Güneş enerjisi yansımaları, dünyanın yörüngesi, atmosferik bileşenler, atmosferin albedo özellikleri, volkanik küller, bulut örtüsü faktörleri iklim değişikliğine sebep olmaktadır [4].

Güneşten gelen uzun dalga boylu radyasyonun büyük bir bölümü yer yüzeyince soğurular, bir kısmı dünyadan atmosfere geri yansıtılır. Yeryüzü tarafından soğurulan güneş ışınları uzun dalga boylu radyasyon şeklinde ısıya dönüştürülür. Bu ısı, yeryüzündeki atomların titreşimine ve kızılötesi ışınım yapmalarına neden olur. Kızılötesi ışınım, oksijen veya azot gazı tarafından soğurulmaz. Ancak havada bulunan  $\text{CO}_2$  (karbondioksit) ve CFC (kloroflorokarbon) gazları, kızılötesi ışınımın bir kısmını soğurarak, atmosferden dışarı

çıkmasını engeller. Bu soğuma olayı, atmosferin ısınmasına yol açar. Bu etkiye, sera etkisi adı verilir [4]. Bilindiği gibi sera etkisi atmosferdeki sıcaklığın korunması için gerekli olan doğal bir süreçtir, ancak antropojenik faaliyetler sonucu sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonları artmıştır ve artmaya devam etmektedir [5]. Sera etkisi küresel ısınmaya sebep olmuş ve bu sıcaklık artışı ile rüzgarlar ve yağışlar gibi iklimi oluşturan etkenlerde farklılıklar yaratmıştır.

Sanayi devriminin sonlarına doğru atmosferdeki miktarı hızla artan aerosoller, çapı 10 µm den az olan partiküllerden oluşmaktadır. Aerosollerden daha ağır partiküller yer çekiminin etkisiyle hızla aşağı doğru düşerek yüzeyde çökme yaparken, aerosoller atmosferde oldukça uzun süre kalırlar [6]. Atmosferde uzun süre kalan bu partiküllerin atmosferin yansıma dengesini değiştirerek iklimi etkilediği de bilinen bir gerçektir. Bu çalışmada partiküler maddelerin iklim değişikliğine etkilerinin özellikle karbon içeren bir partiküler madde olan aerosol BC açısından değerlendirilmesi yapılarak geleceğe yönelik BC den kaynaklanabilecek küresel ısınma ve iklim değişikliği etkisi üzerinde durulacaktır.

#### 4. PARTİKÜLER MADDE

Partiküler maddeler özellikleri ve etkilerine, boyut ve boyut dağılımlarına, oluştukları kaynak ve oluşum şekline, biçim, yoğunluk ve içerikleri ile buldukları ortama bağlı olarak değişmektedirler [7]. Havadaki partiküler maddeler (PM); ısınma amaçlı evlerde, motorlu taşıtlar ve endüstriyel tesislerde katı/sıvı yakıtların yakılması ile bazı endüstriyel tesislerde üretim işlemi esnasında oluşur. PM, asit tozları (nitrat ve sülfat gibi), organik kimyasallar, metaller, bakteri, küf, mantar, denizden gelen sıvı aerosollerin buharlaşması ile ortaya çıkan tuzlar ve toz ve toprak partiküllerini içeren bir çok bileşenden oluşmaktadır ve literatürde genel olarak aerosol olarak geçer [3, 8].

PM, EPA tarafından sağlık problemlerine yol açma potansiyellerine göre iki ana kategoriye ayrılmıştır. Bu amaçla standardize edilmiş olan 10 µm ve altında çapa sahip olan partiküller için PM<sub>10</sub>, çapı 2,5 mikrometre ve daha küçük olan partiküller ise PM<sub>2,5</sub> olarak sınıflandırılmaktadır. PM<sub>2,5</sub> genel olarak yanma olayında kullanılan katı ve sıvı yakıtlar, motorin ve kurşunlu benzin kullanan taşıtlar, termik santraller gibi yanma işlemlerinden ve

bazı endüstriyel aktivitelerden meydana gelir. Bu sebeple trafik kaynaklı hava kirliliğinin araştırıldığı çalışmalarda önem kazanmaktadır.

PM<sub>2.5</sub> partikülleri kompozisyonunda yer alan bileşenlerden ışık absorplama özelliği genellikle karbonlu türler tarafından yapılır ve ışık absorplama yapan kütle BC olarak ifade edilir [9]. Ayrıca, EC ve BC terimleri birbiri yerine kullanılabilir. Bu iki parametreyi birbirinden ayıran temel özellik ölçüm metotları arasındaki farklardır.

### 3. BLACK KARBON

Atmosferik aerosollerin karbonlu bileşeni iki temel fraksiyondan oluşmaktadır. Biri organik karbon olarak bilinen ve UVPM olarak da adlandırılan organik fraksiyon, ikincisi ise iyi polimerize olmuş ve 400 °C'nin altındaki oksidasyonlara dayanıklı kara (dark) fraksiyondur. İkinci fraksiyon Elementel Karbon (EC) ya da Black Karbon (BC) olarak adlandırılır. EC ve BC karbonlu aerosollerin benzer fraksiyonunu açıklarlar, fakat birçok durumda birbirlerinden nispeten farklı ısıl, optik ve kimyasal özelliğe sahiptirler [10]. Bu özellikler, kaynaklara ve karbonlu aerosollerin atmosferik yaşına bağlıdır ve ölçümlerinde analitik karışıklıklara sebep olurlar.

EC ve BC ölçümlerinde uygulanan analitik yöntemlere göre de birbirinden ayrılabilir. Termal olarak ölçümleri yapılan karbonlu aerosoller Termal EC ve ölçümü optik olarak ışık kırılması prensibiyle yapılan kısım ise Optik BC olarak adlandırılır.

Optik absorplama metodu ile BC belirlemek için çok çeşitli teknikler vardır. Atelometre, BC konsantrasyonlarının gerçek zamanlı ölçümü ve özellikle uzun dönemli zemin ölçümleri için en sık kullanılan tekniklerden biridir. Bu alet, quartz fiber filtreda birikmiş olan partiküllerden kaynaklanan geniş bantlı ışık kaynağındaki azalmayı ölçer.

Aerosol BC'nin başlıca kaynakları; enerji üretmek için yakıt kullanımı, tarım amaçlı biyokütle yakılması ve doğal kaynaklı orman yangınları olarak sıralanabilir. Bu kaynaklar arasında enerji üretmek için yakıt yakılması kategorisine giren motorlu araçlar BC'nin en büyük öneme sahip olan kaynaklarından [11]. Benzer olarak Bond (2007) BC kaynaklarını şu şekilde detaylandırmıştır [12]; 42% açık biyokütle yakımı (orman yangını vb.), 18% evlerde ısınma amaçlı biyoyakıt kullanımı, 14% ulaşım için dizel motorların kullanımı, 10%

endüstriyel amaçlı dizel motorların kullanımı, 10% endüstriyel prosesler ve güç üretimi (genellikle küçük kazanlar), 6% evlerde ısınma amaçlı kömür kullanımı.

Küresel atmosferdeki black karbonun yaklaşık yüzde 25 ila 35'i Çin ve Hindistan'da evlerde yemek pişirmek için odun ve gübre yakımı ve evleri ısıtmak için kömür kullanımından kaynaklanmaktadır. Avrupa ülkeleri ve çevresinde black karbonun emisyonlarının çok büyük bir bölümü ulaşım amaçlı dizel motorlu araçların kullanılması sonucu oluşmaktadır [13].

Yapılan bilimsel araştırmalara sonucunda küresel atmosferde BC değerlerinin en düşük olduğu alan olarak Antartika kabul edilmektedir. Yaklaşık 100 pg/m<sup>3</sup> olarak ölçülen BC konsantrasyonlarına bu bölgede de maruz kalan populasyon oldukça azdır. Konsantrasyonların 10-100 µg/m<sup>3</sup> arasında ölçüldüğü Asya, BC konsantrasyonlarının en yüksek olduğu yer olarak bilinmektedir ve kirliliğe maruz kalan populasyon yaklaşık 2 milyar kişi olarak tahmin edilmektedir.

#### 4. BLACK KARBON VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

İklim koşullarındaki büyük ölçekli ve önemli yerel etkileri bulunan, uzun süreli ve yavaş gelişen değişiklikler "iklim değişikliği" olarak adlandırılmaktadır. İklim değişikliğinin insan faaliyetleri sonucu yani antropojenik kaynaklı olduğu öne sürülen ve çeşitli bulgularla desteklenen bir süreç olduğu düşünülmektedir.

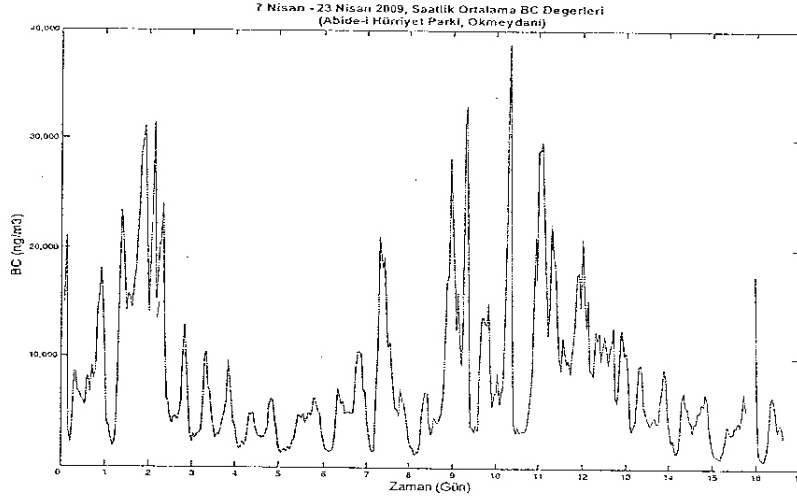
Yanma kaynaklarından yayılan karbonlu aerosoller atmosferin yansıma dengesini değiştirerek ildimi etkileyebilir. BC' nun sera etkisi yapıcı bir özelliğinin olduğu dolayısıyla da iklimsel değişikliğe katkısının olduğu, uydu gözlemleri, uçak ve yeryüzü ölçümleri gibi yapılan bilimsel araştırmalar ile gösterilmiştir [13]. Black karbonun ısınmaya etkisi olmadığını kabul eden çalışmalar için yine aynı araştırmacılar, bilgisayar kullanılarak yapılan modellemelerin black karbonun diğer aerosol kirleticilerle etkileşim durumundaki etkilerini belirlemekte yetersiz kaldığı yorumunda bulundular. Bu çalışmaların aksine, black karbon atmosferin 2 km yükseklikteki bölgesinde ciddi bir ısınma etkisi gösterirken, sadece güneş ışınlarını absorplamakla kalmayıp güneş enerjisinin bulutlar tarafından yansıtılmasına sebep olduğu savunulmaktadır [13].

Black karbon potansiyel bir iklim değişikliği tetikleyicisi ve küresel ısınmanın CO<sub>2</sub> emisyonlarından sonra bilinen ikinci büyük etkileyicisi olarak genel bir kabul görmektedir. Ancak BC atmosferde sadece günler ve haftalarca kalabilirken, CO<sub>2</sub> emisyonlarının atmosferde kalma süresi 100 yılı aştığı bilinmektedir [13]. Ancak Himalayalar gibi bazı bölgelerde BC emisyonlarının karların ve buzulların erimesine olan etkisi neredeyse CO<sub>2</sub> kadar etkilidir.

Bu çalışmada yapılan literatür araştırmalarına göre Türkiye'de ilk defa İstanbul Beşiktaş ve çevresinde seçilmiş bazı ölçüm istasyonlarında BC ölçümleri atelometre cihazı ile yapılmış ve bu ölçümlere ait bazı seçilmiş sonuçlar verilmeye çalışılmıştır.

## **5. İSTANBUL'DA TRAFİK KAYNAKLI BC KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ**

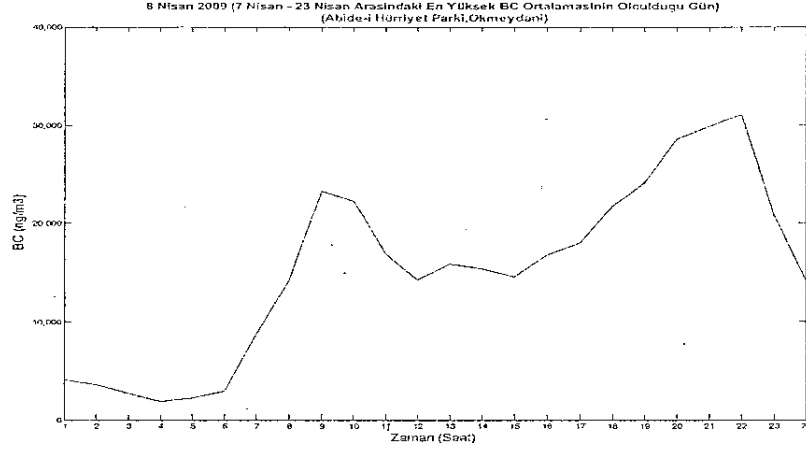
Türkiye'de ilk defa ölçümü yapılan bir parametre olan BC'nin İstanbul atmosferinde ölçümlerine 2009 yılı Mart ayında başlamıştır. Trafik kaynaklı BC konsantrasyonların belirlemeyi hedefleyen bu çalışma için İstanbul'da yoğun trafik alanlarını temsil eden dört farklı ölçüm istasyonu ve bir de trafikten uzak ortamları temsil eden bir ölçüm istasyonu seçilmiştir. Bu çalışmada verileri özetlenen Okmeydanı D-100 karayolu yakınındaki Abide-Hürriyet ölçüm istasyonu şehir içerisinde yoğun trafiğe maruz kalan alanları temsil etmel üzere seçilmiştir.



Şekil 1. Beşiktaş Barbaros Bulvarı'nda seçilen ölçüm istasyonunda 7-23 Nisan 2009 tarihleri arasında ölçülen saatlik ortalama BC değerleri

Türkiye'de ilk defa ölçümü yapılan bir parametre olan BC'nin İstanbul için ilk verileri Şekil 1'de özetlenmiştir. Şekil 1'de ilk ölçüm istasyonu olan ve şehir içi trafik yoğunluğunu temsil eden Okmeydanı D-100 karayolu kenarındaki ölçüm istasyonu için BC konsantrasyonları verilmiştir. Görüldüğü gibi genellikle BC konsantrasyonları  $5.000 \text{ ng/m}^3$  ile  $20.000 \text{ ng/m}^3$  değerleri arasında bir salınım yapmaktadır. Bu ölçüm istasyonunda, 7-23 Nisan tarihleri arasında en yüksek BC konsantrasyonlarının ölçüldüğü gün olan 8 Nisan 2009 tarihine ait veriler Şekil 2'de verilmiştir. Bu verilere bakıldığında, Şekil 1'de görülen genel eğilimden farklılık gösterdiği ve  $30.000 \text{ ng/m}^3$  değerine ulaşan pik değerlerinin varlığı göze çarpmaktadır.





Şekil 2. Beşiktaş Barbaros Bulvarı'nda seçilen ölçüm istasyonunda 7-23 Nisan 2009 tarihleri arasında en yüksek BC ortalamasının ölçüldüğü gün (8 Nisan 2009).

## 6. DEĞERLENDİRMELER

Günümüzde tüm dünya milletlerinin önemle üzerinde durduğu çevresel açıdan başlıca konulardan biri de küresel ısınma ve beraberinde gelen iklim değişikliğidir. İklim değişikliğine sebep olan başlıca etmenler CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> gibi gaz kirleticiler olmakla birlikte partiküler maddelerin de katkısı geniş bir şekilde araştırılmaktadır. Bu bağlamda, partiküler maddelerin önemli bir fraksiyonunu oluşturan Black karbonun (BC) da küresel ısınmaya katkısı yapılan bilimsel araştırmalar sonucunda gösterilmiştir. BC önemli bir ışık absorplayicisi olarak PM'lerin önemli bir bileşenini oluşturmaktadır. Bu özelliği sebebiyle Tübitak tarafından desteklenen projede Beşiktaş ve çevresinde seçilmiş olan trafiğe yakın bazı atmosferik bölgelerde ölçümler yapılarak değerlendirmelere gidilmeye çalışılmış ve önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Bu bildiriye D-100 karayoluna yakınlığı sebebiyle seçilen Abide-i Hürriyet ölçüm istasyonunda yapılan 18 günlük saatlik ortalama değerler ve en yüksek BC konsantrasyonunun ölçüldüğü güne ait saatlik ortalama BC değerleri verilmiştir. Grafiklerden de görüldüğü gibi, bu değerlerin 5.000 ng/m<sup>3</sup> ile 20.000 ng/m<sup>3</sup> arasında olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak seçilen istasyonların lokasyonları gereği büyük bir bölümü trafik kaynaklı olduğu kabul edilebilecek BC değerleri Türkiye ve İstanbul için ilk defa ortaya konmuş ve

ölçülen değerlerin  $30.000 \text{ ng/m}^3$  'e kadar ulaştığı görülmüştür. Ölçülmüş olan bu BC değerlerinin iklim değişikliği üzerine etkisi kaçınılmaz bir gerçek olarak ortada durmaktadır. Bu anlamda trafik kaynaklı BC konsantrasyonlarının düşürülebilmesi için tüm dünya ölçeğinde gerekli teknolojik ve idari önlemlerin alınması ve uygulanması BC'nin iklim değişikliği üzerine etkisini azaltacaktır.

## 7. TEŞEKKÜR

İstanbul'da trafik kaynaklı BC konsantrasyonlarını belirleme çalışmaları TUBİTAK 108Y173 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## 8. KAYNAKLAR

1. Kindap T, Unal A, Chen SH, Hu Y, Odman MT, Karaca M (2006) "Long-range aerosol transport from Europe to Istanbul, Turkey" Atmospheric Environment 40, 3536-3547.
2. Koçak M, Mihelopoulos N, Kubilay N (2009) "Origin and source of  $PM_{10}$  in the eastern Mediterranean atmosphere", Atmospheric Research 92, 464-474.
3. Seinfeld JH, Pandis SN (2006) "Atmospheric chemistry and physics, from air pollution to climate change", 2nd edition, John Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
4. Çelik, S., Bacanlı, H., Görgeç H., "Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri, Telekomünikasyon Şube Müdürlüğü", Kasım 2008.
5. 'Basic Information about Climate Change',  
Erişim: <http://epa.gov/climatechange/basicinfo.html>
6. Aksay, C.S., Ketenoğlu, O., KURT, L. (2005) "Küresel Isınma ve İklim Değişikliği", S Ü Fen Ed Fak Fen Derg, 25, 29 -41.
7. Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide, Report on a WHO Working Group, 13-15 January 2003, Bonn, Germany.
8. USEPA web site: "Particulate Matter"  
Erişim: <http://www.epa.gov/pm/>
9. Jeong, C-H., Hopke, P. K., Kim, E., Lee, D-W. (2004) "The comparison between thermal-optical transmittance elemental carbon and Aethalometer Black carbon measured at multiple monitoring sites", Atmospheric Environment, 38, 5193-5204.

10. Lavanchy, V.M.H., Gaggeler, H.W., NYEKI, S., Baltensperger, U. (1999) "Elemental carbon (EC) and black carbon (BC) measurements with a thermal method and an aethalometer at the high-Alpine research station Jungfraujoch", *Atmospheric Environment*, 33, 2759-2769.
11. Mahmoud, K.F., Alfaro, S.C., Favez, O., Abdel Wahab, M.M., Sciarc, J. (2008) "Origin of black carbon concentration peaks in Cairo (Egypt)", *Atmospheric Research*, 89, 161-169.
12. Bond, T.C. (2007) "Historical emissions of black and organic carbon aerosol from energy-related combustion", *Global Biogeochem. Cycles*, 21, 1850-2000.
13. Ramanathan, V., and Carmichael, G., (2008) "Global and regional climate changes due to black carbon", *Nature Geoscience*, 1, 221-222.