



Araştırma Makalesi

Balıkesir İl Merkezinde Konutlarda İç/Dış Ortam Partikül Madde Konsantrasyonlarının Değerlendirilmesi

Lokman Hakan TECER^{1✉}, Nadir İLTEN², Ayşe Tülay SELİCİ^{2,3}

¹Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Çorlu 59860 Tekirdağ

²Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Çağış Kampüsü 10010 Balıkesir

³Balıkesir Belediyesi, Çevre Koruma Müdürlüğü, Balıkesir

Sunuluş tarihi: 10 Mayıs 2013, Kabul edilme tarihi: 25 Haziran 2013

ÖZET

İç ortam hava kalitesi, iç ortamda oluşan kirlleticilerin ve dış ortamdan iç ortama giren kirlleticilerin etkisi altındadır. Yapı malzemeleri, yapı kullanım alanları, insan aktiviteleri, ısınma, sıcak su üretimi, pişirme gibi birçok parametre iç ortam hava kalitesini etkilemektedir. Bunun yanında, sızıntı ve havalandırma gibi nedenlerle dış ortamdaki kirlilik iç ortama taşınarak iç hava kalitesini düşürmektedir. İç ve dış ortamlarda değişik boyutlarda bulunabilen partikül madde konsantrasyonları belirli seviyeleri aştığında; insan ve çevre sağlığını tehdit edebilen kirleticiler haline gelmektedir. Bu çalışmada, Balıkesir il merkezinde bulunan 29 adet konutta 2008-2009 yıllarında iç ortam PM ölçümleri yapılmıştır. Aynı zamanda dış ortam PM konsantrasyonları, il merkezinde bulunan hava kalitesi izleme istasyonundan temin edilmiş ve mevsimlik değişimleri ve İç/Dış ortam oranları tespit edilmiştir. Bu oranlarının değişimi istatistiksel analizlerle incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Buna göre; iç ortamlarda günlük PM ortalama konsantrasyonları yazın 23.59, kışın ise 202.44 $\mu\text{g m}^{-3}$ ölçülmüştür. İç/Dış ortam oranları ise özellikle kış mevsiminde 1'e yakın bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: iç hava kalitesi, PM, iç/dış oranı, Balıkesir.

© Tüm yayın hakları Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Millî Komitesi'ne aittir.

1. Giriş

İç ortam hava kirliliği, iç ortamda oluşan kirlilik ve dış ortamdan iç ortama giren kirlleticilerin etkisiyle oluşmaktadır (Wallace, 1996; Chao vd., 2001). Pek çok insan, özellikle küçük yaştaki çocuklar ile yaşlılar ve hasta insanlar zamanının büyük bir kısmını iç ortamlarda geçirirler (Byrne, 1998). İç hava kalitesi, iç ortam havasının temizliği ile ilgili olup, insanın rahatlığını ve sağlığını etkileyen ısı olmayan tüm parametreleri kapsar (ASHRAE, 1989). İç ortam havası; biyolojik kaynaklı bakteri, mantar, küf, virüs, polen ve onların parçalarından oluşan biyoaerosoller ve yemek pişirme, sigara içimi, ısıtma ve soğutma sistemleri, bina yapı malzemeleri ve mobilyalardan kaynaklanan biyolojik olmayan toz ve diğer kirleticiler nedeniyle kirlenebilmektedir (Güllü ve Menteşe, 2007).

İç hava kalitesini etkileyen parametreler arasında iç ortamlarda yaşayan insanların kişisel alışkanlıkları, yapı karakteristikleri, ısınma karakteristikleri ve mutfak karakteristikleri bulunmaktadır. İç ortamda yaşayan insanların sayısı, yaşı, cinsiyeti, mesleği, gelir durumu, sigara kullanımı ve kronik

rahatsızlıkları iç hava kalitesiyle ilişkilidir. Yapının kullanım alanı, yapı bileşenleri, izolasyon durumu, fan ve klima kullanımı iç hava kalitesini etkilemektedir. Yapının ısınma şekli ve ısınma için kullanılan yakıtların da iç hava kalitesine önemli bir etkisi olmaktadır. Mutfaklarda pişirme için kullanılan yakıt ve sıcak su üretme sistemi iç havada kirleticilerin oluşmasında önemli rol oynamaktadır (Bulgurcu vd., 2010).

Partiküller; tozlar, dumanlar, sis, dumanlı sis, virüs, bakteri, mantar sporları ve polenleri içeren bioaerosoller, kaba, ince, görünebilir veya görünemez, teneffüs edilebilir ve solunabilir olarak sınıflandırılırlar (ASHRAE, 2003). Normal bir insan saatte yaklaşık 0,5 m^3 havayı teneffüs eder, çalışan bir insan ise bundan daha fazla miktarlarda havayı solur. Solunan bu hava virüslere, bakterilere ve zararlı kirleticilere taşıyıcılık yapmaktadır (Korkmaz, 2007). İç ortam partikül konsantrasyonlarının iç ve dış kirlilik kaynaklarından ortaya çıktığı kabul edilir. Bununla birlikte her iki kaynak, hava değişim oranı, dış hava kirliliği, iç ortamdaki aktivite tipi ve partikülün çapı gibi birçok değişkene bağlıdır (Branis vd., 2005).

İç ortam havasında bulunan partikül maddelere maruz kalma sağlık problemlerine sebep olabilir. İnce partiküller, akciğerin iç kısımlarına kadar ilerleyebildiklerinden, insan sağlığına büyük tehdit oluştururlar. Solunabilen partiküler madde, solunum yolları yüzeyleri ile temasa geçerek birikir (Yeşilyurt vd., 2007). Ancak bu partikül maddelerin bir kısmı, vücudun koruma mekanizması çok güçlü olduğundan zamanla solunum, salgı gibi akciğerlerin kendi kendisini temizleme özelliğine bağlı olarak elimine edilirler. Bir kısmı da solunum yoluyla akciğerlerdeki alveollere kadar ulaşırlar ve "pnömokonyoz" adı verilen akciğer hastalıklarına neden olurlar (Yeşilyurt vd., 2007; Pope 1991; Choudhury vd., 1997; Gönüllü vd., 2002; Clayton vd., 1993; Monn vd., 1997).

Balıkesir ilinin büyük bir kısmı Güney Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. Balıkesir ilinin merkez ilçe nüfusu 2009 yılı nüfus sayımı sonuçlarına göre yaklaşık 259.000'dir (DİE, 2008). Balıkesir'de yıllık ortalama sıcaklık 14.5 °C'dir. Ekim, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart aylarındaki ortalama sıcaklık 8.97 °C civarındadır. Kış döneminde etkili olan yüksek basınç ve diğer meteorolojik faktörler hava kirliliğinin daha yoğun yaşanmasına sebep olmaktadır (Balıkesir Valiliği, 2008). Balıkesir ili genelinde kış döneminde etkili olan sis aynı zamanda nem oranının %95–100 civarına ulaşabildiğini de göstermektedir. Kış dönemindeki yüksek basınç, aşırı enerji kaybı, düşük sıcaklık nedeni ile fazla yakıt tüketimi ve bunların beraberinde görülen sis olayı hava kirliliği üzerinde etkilidir (Balıkesir Meteoroloji Müdürlüğü, 2008). Endüstriyel faaliyetler ve trafik gibi etkenler de hava kirliliğinin diğer kaynaklarını oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra nüfus artışı, topoğrafik yapı ve meteorolojik şartların da etkisiyle hava kirliliği kış aylarında kendisini iyice hissettirmektedir. Özellikle kentin çanak şeklindeki yapısı, kış aylarında hakim rüzgarların azalması, yüksek basınç ve hava sıcaklığının düşmesi hava kirliliğini arttırmaktadır (il Halk Sağlığı Müdürlüğü, 2007). Kentlerde dış ortam hava kirliliğinin iç ortam hava kalitesini etkilediği bilinmektedir. Çalışmada,

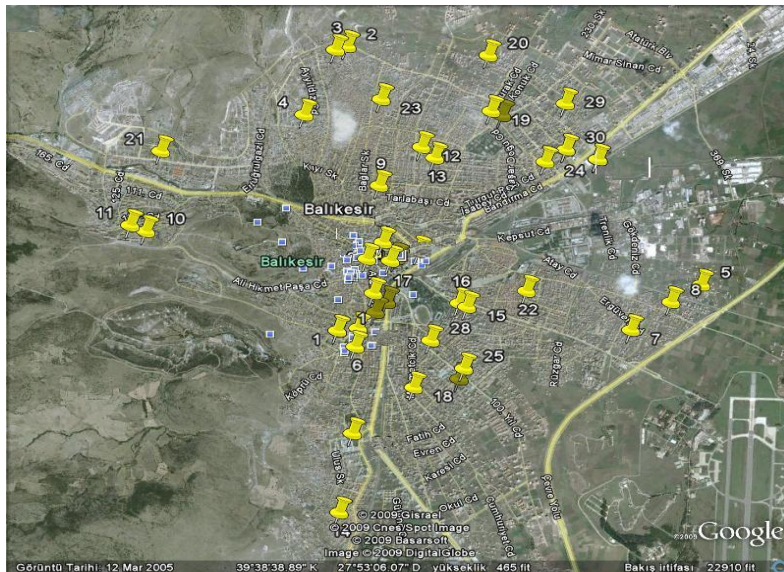
Balıkesir'de iç ortam hava kalitesi için bir gösterge olan PM konsantrasyonlarının yaz ve kış aylarında ölçülerek iç ortam hava kalitesi belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Yöntem

İç ortamda PM konsantrasyonları 29 evde, 5 gün süreyle, 24 saat sürekli ölçülmüştür. PM konsantrasyonlarının yaz ve kış mevsimlerine göre farklılıklarını belirleyebilmek için, ölçümler yaz sezonu 14 Temmuz 2009 – 03 Eylül 2009, kış sezonu 03 Ocak 2010 – 05 Mart 2010 tarih aralıklarında yapılmıştır. Balıkesir il merkezinde örnekleme yapılan 29 evin konumları Şekil 1'de gösterilmiştir.

İç ortam PM₁₀ konsantrasyonlarının belirlenmesinde, ışık saçılımı (light-scattering) metoduna göre çalışan UCB Particle Monitor kullanılmıştır. Bu yöntemle ince partiküller düşük konsantrasyon aralıklarında ölçülebilmektedir. Cihaz ölçüme başlamadan önce 1 saat kapalı kutusunda kalibre edilmiştir. Dış ortam PM₁₀ değerleri, iç ortam ölçümlerinin yapıldığı tarihler dikkate alınarak, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın ölçüm istasyonlarından alınmıştır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008-2009).

Kirleticilerin kaynak bölgelerini ayırabilmek ve karşılaştırma yapabilmek için üç farklı sosyo-demografik yapı özelliklerine göre örnekleme noktaları seçilmiştir. Ayrıca seçilen bölgelerde bulunan mikro çevrelerin konumu (trafiğin yoğun olduğu, cadde üzerinde ve uzağında olması), sigara kullanımı, ısıtma amaçlı kullanılan yakıt türü (doğalgaz, fuel oil, kömür) ısınmada kullanılan cihazlar, mutfakta kullanılan yakıt (LPG, doğalgaz, elektrik) bilgileri de toplanmıştır. PM ölçme cihazları (UCB monitörler), evlerin mutfaklarına ve yaklaşık 1,5-2 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Balkon kapı ve camından uzak, ocak tipi yakma sistemlerine 1 m mesafeye monte edilmiştir. Ev halkına ölçümü doğrudan etkileyebilecek faaliyetler konusunda bilgiler verilerek, belirlenen bir ölçüm prosedürüne uymaları istenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı, Balıkesir Merkez.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. İç Ortam PM Konsantrasyonları

PM konsantrasyonlarının belirlendiği evlerde ısınma kaynağı olarak %47 doğalgaz, %23 odun-kömür, %20 kömür kullanılmaktadır. Isınmada %42 kombi, %35 soba, %14 kalorifer, %9 karma sistemler bulunmaktadır. Pişirmede evlerde kullanılan enerji türü ise %53 LPG, %47 doğalgazdır.

Yaz aylarında iç ortamlarda ölçülen PM konsantrasyonlarının ortalaması 23,59 ($\pm 10,02$), minimum 16,00 ve maksimum 246,00 $\mu\text{g m}^{-3}$ iken, kış aylarındaki ortalama değer 202,44 ($\pm 125,95$), minimum 10,57 ve maksimum 500,81 $\mu\text{g m}^{-3}$ 'tür. Yaz ve kış aylarında ölçümü yapılan PM konsantrasyonlarının 24 saatlik ortalama değerleri Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Grafiklerden de anlaşılacağı gibi kış aylarında iç ortamda yüksek PM konsantrasyonları ölçülmüştür. Kış aylarında PM konsantrasyonu evlerin bölgelerine göre değerlendirildiğinde; 1.bölgede (gelir düzeyi-düşük) 144,45 ($\pm 103,50$), 2.bölgede (gelir düzeyi-orta) 82,88 ($\pm 90,07$) ve 3. bölgede (gelir düzeyi-yüksek) 123,58 ($\pm 134,34$) $\mu\text{g m}^{-3}$ olarak belirlenmiştir. Gelir düzeyi düşük bölgelerde daha yüksek seviyelerde bir PM kirliliği ölçülmüştür. Bu durumun, evlerin yetersiz havalandırma koşulları, küçük alanlara sahip mutfaklar ile ısınma faaliyetlerinde daha çok kömür kullanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yüksek gelir grubunun oturduğu bölgeler kent merkezi ve yakın çevresi olduğundan trafik yoğunluğu ve sıkışık yerleşim düzeninin bulunduğu mekanlardır. Dolayısıyla, dış ortam hava kirliliği etkisiyle bu bölgelerde de yüksek PM seviyesi gözlenmiştir.

Isınmada kullanılan yakıt türlerine göre iç ortamlarda PM konsantrasyonları, kömürlü ve doğalgazlı evlere göre sırasıyla 138,54($\pm 120,73$), 68,33($\pm 164,27$) $\mu\text{g m}^{-3}$ olarak bulunmuştur. Pişirmede kullanılan yakıt cinslerine göre evlerdeki PM konsantrasyonu LPG kullananlarda 140,35($\pm 124,74$), doğalgaz kullananlarda ise 72,95($\pm 56,13$) $\mu\text{g m}^{-3}$ 'tür. Isınmada

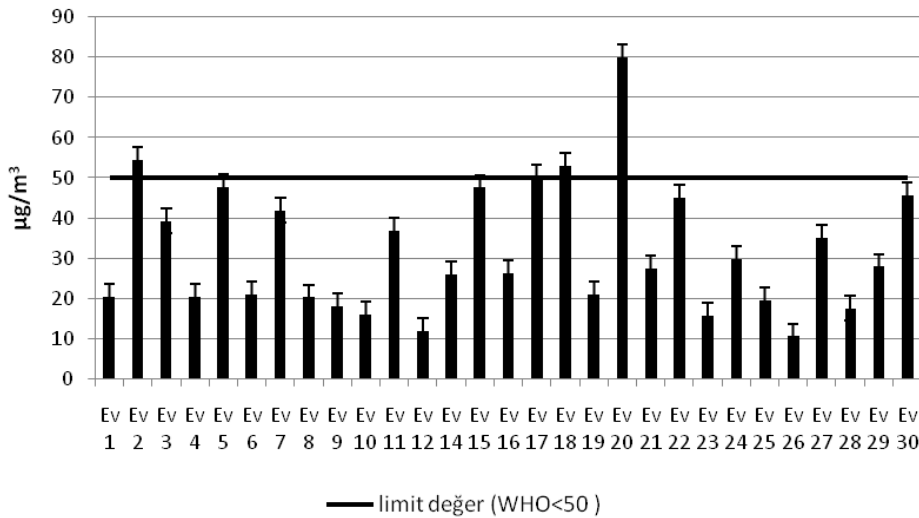
kömürün kullanıldığı evlerde doğal gaz kullanılan evlere göre daha yüksek PM konsantrasyonları ölçülmüştür.

3.2. İç-Dış Ortam PM Konsantrasyonlarının Karşılaştırılması

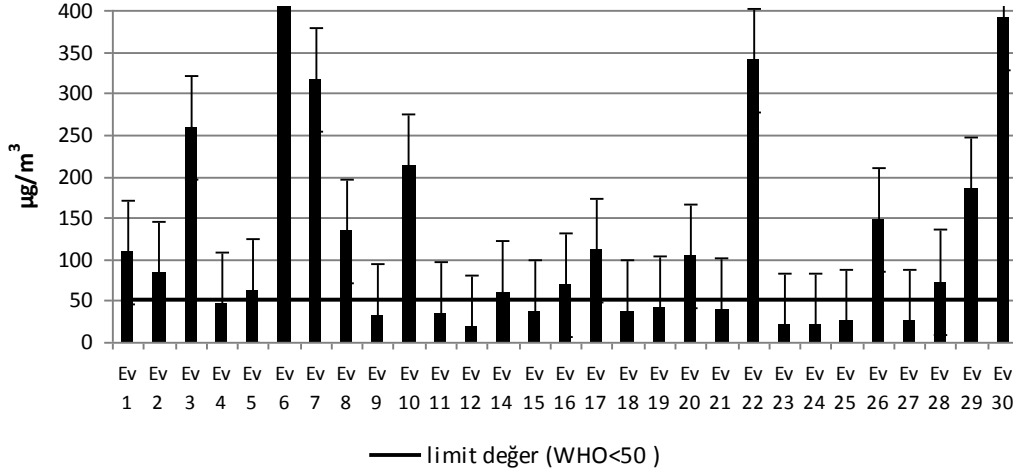
İç ve dış ortamlardaki PM₁₀ seviyeleri arasındaki ilişkileri anlamının en temel şekli İç Ortam/Dış Ortam (İ/D) oranlarının belirlenmesidir. Yaz ve kış aylarında ölçümü yapılan PM konsantrasyonlarının İ/D oranları belirlenerek iç ve dış ortam değişimleri ve aralarındaki ilişki tespit edilmiştir.

PM İ/D oranları yaz ve kış aylarında farklılık göstermiştir. Konutlarda iç/dış PM oranlarının yaz ve kış mevsimindeki değişimler, sırasıyla Şekil 4 ve 5'de gösterilmiştir. Yaz döneminde İ/D oranının >1 olarak bulunduğu evler ile kış döneminde bulunduğu evler farklı bölgelerdedir. Kış döneminde iç ortamda daha yüksek PM konsantrasyonlarının ölçüldüğü evlerde; mutfak metrekarelerinin ortalamadan (14 m²) daha küçük olduğu, ısınma için genelde kömür ve pişirme için LPG kullanıldığı görülmüştür. Kış mevsiminde havanın soğuk olması nedeniyle havalandırmanın yeterince yapılamaması iç ortamlarda PM birikmesine neden olarak gösterilebilir. Yaz aylarında ise bu evler için kapı ve pencerelerin daha uzun sürelerde açık bırakılması, dış ortamlardan iç ortama kirletici akışlarının olduğunu düşündürmektedir.

Asya ülkelerinde yapılan bir çalışmada, iç ortamlarda PM konsantrasyonları dışarıya göre daha yüksek bulunmuştur (Chao vd., 1998). Özellikle yola yakın evlerde trafikten kaynaklanan hava kirliliğinin iç ortam havasını etkilediği belirlenmiştir. Asya ve batı ülkelerindeki evlerde iç ortam kirliliği mutfaklarda pişirmeden kaynaklanabileceği, mutfaklarda oluşan kirliliğin oturma odalarına kadar ulaştığı belirlenmiştir (WHO, 1987; Chao vd.,1998; To vd., 2000).



Şekil 2. Yaz aylarında ölçülen PM Konsantrasyonları.

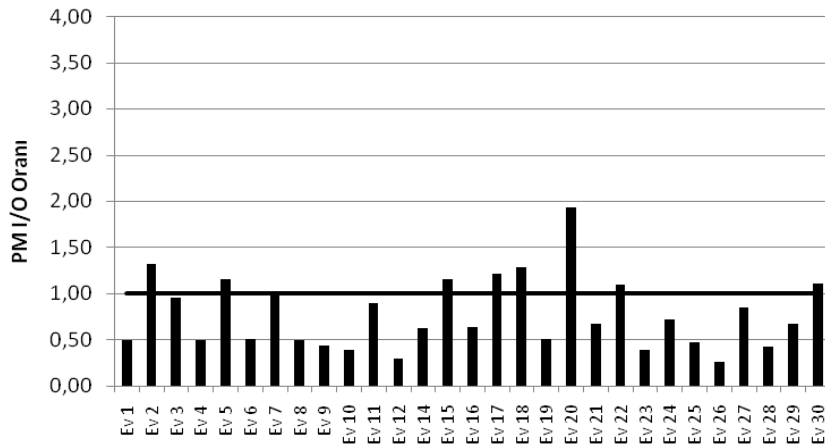


Şekil 3. Kış aylarında ölçülen PM Konsantrasyonları.

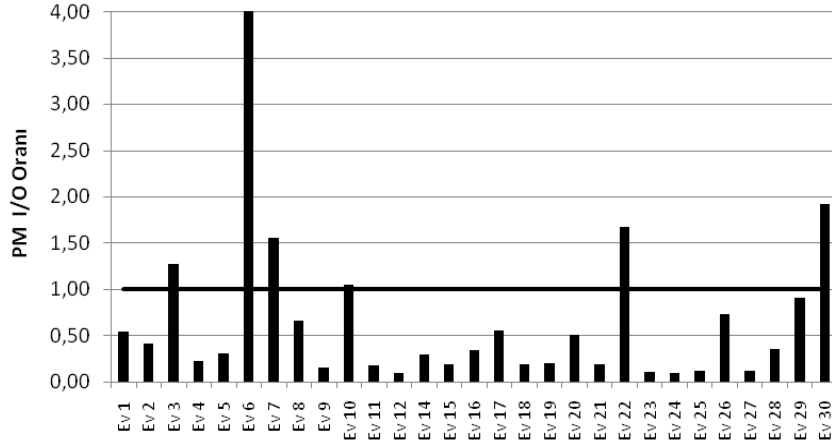
İsviçre’de sigara içilen ve içilmeyen evlerde ölçümü yapılan 24 saatlik ortalama PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 60 ve 31 µg m⁻³ olup, yaz/kış oranları 1.00’den küçük bulunmuştur. Evlerin ısınması için kullanılan fosil yakıtlar, endüstriyel prosesler, yüksek motor emisyonları, atmosferik durgunluğun yüksekliği, alçak seviyelerde oluşan inversiyonun etkili olabileceği belirtilmektedir. Sigara içilen evlerdeki PM₁₀ konsantrasyonunun içilmeyen evlere göre oranı 1.49 olarak rapor edilmiştir (Phillips vd., 1999).

İç ortam PM konsantrasyonlarının dış ortama göre farklılık gösterip göstermediğini belirlemek için t-testi yapılmıştır. Yirmi dokuz evde ölçülen beş günlük ortalama PM konsantrasyonlarının iç ve dış ortamlarda ölçülen değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (p<0.05). Yaz aylarında PM konsantrasyonu iç ortamlarda genellikle dış ortamlardan düşük bulunmuştur. Ancak birkaç evde dış ortam konsantrasyonunu aşmıştır. Kış aylarında ise dış ortam PM konsantrasyonları genelde iç ortamlarda ölçülenden, birkaç ev hariç, küçük olmuştur. Kışın camların kapalı tutulmasının bu sonuçlar üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Kocaeli’nde endüstri ve şehir merkezinde bulunan 15 adet evde yaz aylarında PM₁₀ iç ve dış ortamda sırasıyla 45,5 ± 24,4 ve 59,9 ± 18,2 µg m⁻³ olarak bulunmuştur. Kış aylarında ise 56,9 ± 24,3 ve 102,3 ± 50,7 µg m⁻³ olarak belirlenmiştir. Yaz aylarında kapı ve camların açık olması sebebiyle dış ortam havası ile iç ortam havası birbirine yakın bulunmuştur (Pekey vd., 2010). Amerika’da iç ortamda PM₁₀ konsantrasyonu 23,8 µg m⁻³ bulunmuştur (Haller vd., 1999). Birmingham’da iç ortamda PM₁₀ konsantrasyonu 16,5 µg m⁻³ olarak tespit edilmiştir (Jones vd., 2000). Asya kıtasında bulunan Tayvan’da 60 adet evde iç ortam ve dış ortam ortalama PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 82,8 ve 107,5 µg m⁻³ olarak belirlenmiştir (Li, 1994). Hong Kong’ta 50 adet evde iç ve dış ortam PM₁₀ konsantrasyonları sırasıyla 78,8 ve 73,3 µg m⁻³ olarak tespit edilmiştir (Tung vd., 1999). Bangladesh’in kırsal alanlarında evlerin iç ortamlarında PM değerleri tespit edilmiştir (Begum vd., 2009). Mutfakta ve oturma odalarında ölçümler yapılmış ve LPG kullanan mutfaklarda PM değerleri diğer yakıtlara göre (tahta, bitki kabuğu, vs.) daha yüksek bulunmuştur. LPG kullanan mutfaklarda PM₁₀ konsantrasyonu 133 (±48) µg m⁻³, oturma odalarında 178 µg m⁻³ olarak bulunmuştur.



Şekil 4. Konutlarda İç/Dış PM Oranları (Yaz).



Şekil 5. Konutlarda İç/Dış PM Oranları (Kış).

Dış ortam kirlilik değeri ise $63 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla, iç ortam kirliliği dış ortama göre daha yüksek bulunmuştur. Mutfağın bina içerisindeki yeri, havalandırma şartları ve kullanılan yakıt cinsinin PM_{10} konsantrasyonlarını etkileyebileceği vurgulanmıştır. Kaba partiküller ($>2.5 \mu\text{m}$) evlerin temizlenmesi, süpürme gibi aktiviteler esnasında oluşmaktadır (APEG, 1999). Halı, mobilya ve yer döşemesi gibi yatay yüzeylerde biriken partiküllerin yeniden havada askıda kalmasına yol açmaktadır (Corsi vd., 2000).

4. Sonuç

İç ortamlarda evlerde ölçülen PM konsantrasyonları kış aylarında, yaz aylarında ölçülenden daha yüksek çıkmıştır. Kış aylarında evlerin %59'unda iç ortam PM konsantrasyonunun $>70 \mu\text{g m}^{-3}$ olduğu tespit edilmiştir. İ/D oranının birçok evde 1.00 değerinin altında olması iç ortamı PM açısından dış ortama göre daha temiz olduğunu göstermektedir. Evlerde yemek pişirilmesi, sigara içilmesi, düşük havalandırma hızı ve çeşitli aktiviteler partikül maddenin birikmesine yol açmaktadır. İ/D oranı 1.00'in üzerinde olan evlerin mutfak metrekaresi ortalama değer olan 14.00 m^2 'nin altında bulunmuştur. Bu evlerde ısınma için kömür, pişirme için ise LPG kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışmada, iç ortam PM konsantrasyonlarının seviyesi araştırılarak dış ortam katkısı belirlenmeye çalışılmıştır. Özellikle trafik, sigara içilmesi, ısınmada, pişirmede ve su ısıtmada kullanılan yakıt türleri, evlerin metrekaresi gibi özelliklerin de araştırılarak elde edilecek daha kesin saptamalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK, ÇAYDAG tarafından 108Y166 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

APEG, 1999. Source Apportionment of airborne particulate matter in the United Kingdom. Airborne particulates Expert Group, Department of the Environment, Transport and the Regions, London.

ASHRAE, 1989, Standard 62- 1989- Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta.

ASHRAE, 2003, ASHRAE Handbook CD, 2001 Fundamentals, Chapter 12: Air Contaminants, Atlanta, USA.

Balıkesir Meteoroloji Müdürlüğü, 2008. Günlük Klimatolojik Veriler Balıkesir Valiliği Sitesi, 2008. <http://www.balikesir.gov.tr>

Balıkesir Valiliği İl Halk Sağlığı Müdürlüğü, 2008. "SO₂ ve PM'ye ait günlük hava kirliliği değerleri "

Begum, B.K., Paul, S.K., Hossain, M.D., Biswas, S.K., Hopke, P.K., 2009. Indoor air pollution from particulate matter emissions in different households in rural areas of Bangladesh. Building and Environment, 44, 898-903

Branis, M., Rezacova, P., Domasova, M., 2005. The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, and PM_1 in a classroom. Environmental Research, 99, 143-149.

Bulgurcu, H., İlten N., Kuş M., 2010. Türkiye'de Yapılan İç Hava Kalitesi Çalışmalarının İncelenmesi, Soğutma Dünyası, 48, 66-74.

Byrne, M., 1998. Aerosol exposed. Chemistry in Britain, August, 23-6.

Chao Y.C., Wong K.K., 2001. Residential indoor PM_{10} and $\text{PM}_{2.5}$ in Hong Kong and elemental composition. Atmospheric Environment 36, 265-277.

Chao, Y.H., Tung, C.W., Burnett, J., 1998. Influence of different indoor activities on the indoor particulate levels in residential buildings. Journal of Indoor and Built Environment 7, 110-121.

Choudhury, A.H., Gordian, M.E., Morris, S.S., 1997. Associations between respiratory illness and PM_{10} air pollution. Archives of Environmental Health, 52, 113-117.

Clayton, C.A., Perritt, R.L., Pellizzari, E.D., Thomas, K.W., Withmore, R.W., 1993. Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) study: distributions of aerosol and elemental concentrations in personal, indoor, and outdoor air samples in a southern California community. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology, 3, 227-250.

Corsi, R.L., Chiang C., 2000. The effect of vacuuming on indoor air particulate matter. Proceeding of A&WMA's 93rd Annual Conference and Exhibition on Indoor Air Quality Issues in Educational/Public/Federal Facilities. Air and Waste Management Association Salt Lake City, UT, USA. AB-7a.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008-2009. www.havaizleme.gov.tr

- DİE 2008, Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü
- Gönüllü, M.T., Bayhan H., Avşar Y., Arslankaya E., 2002. YÜ Şevket Sabancı Kütüphane Binası İç Ortam Havaındaki Partiküllerin İncelenmesi. Harran Üniversitesi 4.Gap Mühendislik Kongresi (Uluslararası Katılımlı) Bildiriler Kitabı, 1384-1389, Şanlıurfa.
- Güllü, G., Menteşe S., 2007. İç Ortam Havaında Biyoaerosol Düzeyleri, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 359-365.
- Haller, L., Claiborn, C., Larson, T., Koenig, J., Norris, G., Edgar, R., 1999. Airborne particulate matter size distribution in an and urban area. Journal of the Air and Waste Management Association 49, 161-168.
- Jones, N.C., Thorton, C.A., Mark, D., Harrison, R.M., 2000. Indoor/outdoor relationships of particulate matter in domestic homes with roadside, urban and rural locations. Atmospheric Environment 34, 2603-2612.
- Korkmaz, A., 2007, Hastane iklimlendirme sistemlerinde filtre seçimi ve filtrenin önemi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, 98, 27-30.
- Li C.S., 1994, Elemental Composition of residential indoor PM₁₀ in the urban atmosphere of Taipei. Atmospheric Environment 28, 3139-3144.
- Monn, C.H., Fuchs, A., Hogger, D., Junker, M., Kogelschatz, D., Roth, N., Wanner, H.U., 1997. Particulate matter less than 10 µm (PM₁₀) and fine particles less than 2.5 µm (PM_{2.5}): relationships between indoor, outdoor and personal concentrations. The Science of the Total Environment, 208, 15-21.
- Pekey, B., Bozkurt, Z.B., Pekey, H., Doğan, G., Zararsız, A., Efe, N., Tuncel, G., 2010. Indoor/outdoor concentrations and elemental composition of PM₁₀/PM_{2.5} in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. Indoor Air 20, 112-125.
- Phillips, K., Howard, D.A., Bentley M.C., Aluan, G., 1999. Assessment of environmental tobacco smoke and respirable suspended particle exposures for nonsmokers in basel by personal monitoring. Atmospheric Environment 33, 1889-1904.
- Pope, C.A III, 1991. Respiratory hospital admissions associated with PM₁₀ pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. Archives of Environmental Health, 46, 90-97.
- To, W.M., Yeung, L.L., Chao, Y.H., 2000. Characterisation of gas-phase organic emission from hot cooking oil in commercial kitchens. Journal of Indoor and Built Environment 9, 228-232.
- Tung, C. W., Chao, Y.H., Burnett, J., Pang, S.W., Lee, Y.M., 1999. A territory wide survey on indoor particulate level in Hong Kong. Building and Environment 34, 213-220.
- Wallace, L., 1996. Indoor Particles: A Review . Journal of the Air and Waste Management Association, 46, 98-126.
- WHO (World Health Organization), 1987. Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications, European Series No:23, Denmark.
- Yeşilyurt, C., Akcan, N., 2007. Hava Kalitesi İzleme Metodolojileri ve Örneklem Kriterleri, TC Sağlık Bakanlığı, Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı Çevre Sağlığı Araştırma Müdürlüğü, http://www.shm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava_metot.pdf.



Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi

www.hkad.org



Research Article

Evaluation of Indoor/Outdoor Particulate Matter Concentrations in Houses in Balıkesir City Center

Lokman Hakan TECER¹, Nadir İLTEN², Ayşe Tülay SELİCİ^{2,3}

¹Namık Kemal University, Çorlu Faculty of Engineering, Dept. of Environmental Engineering, Çorlu 59860 Tekirdağ, Turkey

²Balıkesir University, Faculty of Engineering, Dept. of Mechanical Engineering, Çağış Campus 10010 Balıkesir, Turkey

³Municipality of Balıkesir, Department of Environmental Protection, Balıkesir, Turkey

Received: May 10, 2013; Accepted: June 25, 2013

ABSTRACT

High air contaminant levels in indoor environments originate either from the ambient air or from indoor sources. Building materials, construction areas, people's activities, heating, hot water supply, cooking and various parameters affect indoor air quality. In addition, indoor air quality reduces by displacement mechanism such as air transportation from outside to inside like leakage and air transport. PM is one of the most important air pollutants in ambient and indoor air. Particulate matter that can be found in various sizes, can reach levels that threaten the health of humans and environment. In this study, measurements of the PM₁₀ concentrations were conducted in 29 homes between 2008 and 2009 in the city center of Balıkesir. Ambient air PM values were obtained from an air quality station in the city center. Seasonal variations in indoor PM concentrations and indoor/outdoor ratios were determined. Daily average PM concentration was measured as 23.59 and 202.44 µg / m³ during summer and winter, respectively. Indoor/outdoor ratios were close to 1, especially during the winter season.

Keywords: Indoor air quality, PM, indoor/outdoor ratio, Balıkesir.

© Turkish National Committee of Air Pollution Research and Control.