



Derleme Makalesi

Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları

Gülen GÜLLÜ✉

Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 06800 Beytepe Ankara

Sunuluş tarihi: 3 Temmuz 2013, Kabul edilme tarihi: 5 Kasım 2013

ÖZET

Bu makalede Türkiye’de yapılmış olan iç ortam hava kalitesi ile ilgili hakemli dergilerde yayınlanmış çalışmalar değerlendirilerek, iç ortam hava kalitesinin mevcut durumu, iyileştirilmesi için öncelikli alanların tespiti ve alınması gereken önlemler ile ilgili halk sağlığı temel programları geliştirilmesi amacıyla elde edilen bilimsel kanıtlar ortaya konulmuş, ilgili bilimsel literatür sunularak ilave çalışma yapılması gerekli alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan inceleme sonucu yayınların büyük bir kısmının (%40) farklı türdeki iç ortamlarda PM, radon, biyoaerosol ve UOB tayinine yönelik izleme çalışmaları olduğu tespit edilmiştir. Çalışmaların %20’sinin yaşlılar, çocuklar gibi hassas bireylerde iç ortam hava kalitesinin sağlık ile etkileşimleri, %18’i iç ortam için doğal ve mekanik havalandırma modellerinin geliştirilmesi, %14’ü iç ortam doğal radyoaktivite ve radon seviyesinin belirlenmesi, %5’i hasta bina sendromu, %3’ü örnekleme ve analiz metodolojisi geliştirme üzerinedir. Özellikle biyoaerosol çalışmalarında kullanılan izleme ve analiz yöntemleri farklılıkları nedeniyle sonuçların kıyaslanabilir olmadığı gözlenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda yapılması önerilen iç ortam hava kalitesi izleme çalışmaları, iç ortam hava kalitesi-sağlık etkileşimi üzerine yapılabilecek çalışmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç ortam hava kalitesi, Türkiye, partikül madde, biyoaerosol, UOB

© Tüm yayın hakları Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi’ne aittir.

1. Giriş

İç ortam hava kirliliği, insanların vakitlerinin büyük bir kısmını geçirdikleri ev, okul, ticari ve idari ofis binaları, hükümet binaları gibi endüstri harici binaların ortam havasında bulunan kirleticilerin sağlığa olan etkilerinden korunması amacıyla gelişen ve halkın ilgisini çeken alanlardan biridir.

Binalardan, yapı malzemelerinden ve iç ortamda kullanılan ekipmanlardan veya temizlik, ısıtma veya yemek pişirme gibi insan aktivitelerinden ortaya çıkan tehlikeli madde emisyonlarından bazıları yetersiz havalandırma ile birleşerek ölümcül de olabilen pek çok sağlık problemlerini ortaya çıkarmaktadır.

Yoğun endüstrileşme ve ısınma için fosil yakıt kullanımı sonucu oluşan hava kirliliği problemleri 1950’li yıllardan itibaren ön plana çıkmış ve önem kazanmıştır. Ancak günümüzde iç ortam kirleticilerine olan maruziyetin önemli bir morbidite ve mortalite nedeni olduğu konusundaki kanıtlar da gittikçe artmaktadır. Özellikle 1970’li yıllarda yaşanan enerji krizi sonrası enerji tasarrufu nedeni ile bina havalandırma ve klima sistemlerinin yarı kapasite ile çalıştırılması, ısı yalıtımı amacıyla binaların hava sızdırmaz özellikte tasarlanması,

iç ortam havasına bağlı sağlık sorunlarının ortaya çıkmasını kolaylaştırmıştır. 1990’lı yıllarda prefabrike konut yapımının ve sentetik yapı malzemesi kullanımının artması, iç ortamlarda faks makinesi, bilgisayarlar gibi elektronik cihazların yaygınlaşması sorunu daha da karmaşık hale getirmiştir. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) pek çok risk faktörünün küresel hastalık yüküne olan etkilerini incelemiş ve iç ortam kirliliğinin küresel hastalık yükünün %2,7’sinden sorumlu, sekizinci neden olduğunu ortaya koymuştur. Genel olarak katı yakıt kullanımına bağlı iç ortam hava kirliliği pnömoni, kronik solunum sistemi hastalıkları ve akciğer kanserine bağlı 1,6 milyon ölümden sorumlu tutulmaktadır.

Genel hastalık yükü dış ortam kirliliğine bağlı hastalık yükünün beş katı kadardır. Gelişmekte olan yüksek mortaliteli ülkelerde iç ortamdaki duman tüm hastalık yükünün %3,7’sini oluşturmakta olup, malnütrasyon, cinsel yolla bulaşan hastalıklar, sağlıksız ve kirliliği su ile bulaşan hastalıklardan sonra en öldürücü nedenlerden birisidir. Günlük etkinliklerinin büyük bir kısmı tam olarak havalandırılmayan ortamlarda katı yakıtların kullanıldığı dış ortama çıkışı bulunmayan ocaklarda pişirme ile geçmekte olduğundan, kadınlar ve küçük çocuklar iç ortam kirliliğinin olumsuz etkilerine daha açık halde bulunmaktadır (Barış vd., 2002; Sumer vd., 2004).

1945-2013 tarihleri arasında iç ortam hava kalitesi/hasta bina sendromu ve sağlık etkileri ile ilgili Türkiye’de SCI indeksi tarafından yayınlanan dergilerde basılmış toplam çalışma sayısı 125’tir. Bu çalışmaların %40’ı farklı türdeki iç ortamlarda yapılan uçucu organik bileşik, partikül madde, biyoaerosol incelemeleri, %20’si yaşlılar, çocuklar gibi hassas bireylerde iç ortam hava kalitesinin sağlık ile etkileşimleri, %18’i iç ortam için doğal ve mekanik havalandırma modellerinin geliştirilmesi, %14’ü iç ortam doğal radyoaktivite ve radon seviyesinin belirlenmesi, %5’i hasta bina sendromu, %3’ü örnekleme ve analiz metodolojisi geliştirmeye yönelik çalışmalardır. Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı son 10 yıl içinde gerçekleştirilmiştir. Dünyadaki literature paralel olarak ülkemizde de iç ortam hava kalitesine yönelik çalışmaların sayısı her geçen yıl artmaktadır.

Bu makalede Türkiye’de yapılmış olan iç ortam hava kalitesi ile ilgili yayınlanmış çalışmalar değerlendirilerek, iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi için öncelikli alanların tespiti ve alınması gereken önlemler ile ilgili halk sağlığı temel programları geliştirilmesi amacıyla eldeki bilimsel kanıtlar ortaya konulmuş, ilgili bilimsel literatür sunularak ilave çalışma yapılması gerekli alanlar tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. Hasta Bina Sendromu

Bina ile ilgili semptomlar ya da Hasta Bina Sendromu (HBS), herhangi bir faktör ile sebep-sonuç ilişkisi kurulamayan yani kısaca nedeni belirlenemeyen, bina-içi çevresel kalitenin düşük olması sonucu kirleticilere ve konfor parametrelerine duyarlı kişilerde binada buldukları sırada gözlenen, binadan uzaklaşıldığında ise iyileşme gözlenen ya da tamamıyla ortadan kaybolan, klinik müdahale gerektirecek kadar ciddi boyutlara ulaşmayan ancak kişilerde performans kaybına sebep olan hava ile direkt irtibatla olan mukozalarda ve deride tahriş, baş ağrısı, bulantı vb. sağlık etkilerini, belirtilerini ifade eden benzer terimlerdir. Bu belirtiler ile muhtemel sebepleri arasında bir bağlantı kurulamaması genelde bina-içi hava değişimlerinin düşük olması sebebiyledir. Belirtiler arasında mukozal tahriş (göz, burun, boğaz, ve deride tahriş), kızarıklık vb. deri reaksiyonları, genel semptomlar (baş ağrısı, bitkinlik, baş dönmesi, mide bulantısı, konsantrasyon zorluğu) ve nefes alıp verme zorluğu gibi üst solunum yolu semptomları bulunmaktadır. Genel olarak mikrobiyolojik etkenler sonucu ortaya çıkan bazı hastalıklar bina ile klinik olarak ilişkilendirilebilmektedir. Ülkemizde de iç hava kalitesinin bina içinde yaşayanların sağlığına etkilerinin değerlendirildiği çalışmalar bulunmaktadır (Keskin vd., 2005a; Keskin vd., 2005b; Sofuoğlu vd., 2010; Gül vd., 2009; Gül vd., 2011; Sofuoğlu vd., 2011).

İstanbul’da işyerleri kapalı ortamlarında HBS ile ilgili risk faktörlerini belirlemeye yönelik olarak Gül vd. (2007) tarafından 50 adet özel banka ofisinde yapılan inceleme sonucu merkezi havalandırma sistemi bulunan ofislerde, üç yıldan daha az süredir çalışan bayan çalışanlarda ve

fotokopi makinası kullanım sıklığı yüksek olan yerlerde HBS bulgularının belirgin bir şekilde arttığı tespit edilmiştir.

Açıkgöz vd. (2013) iç ortam hava kalitesinin erişkinlerde ve beyin gelişiminin devam ettiği adölesanlarda hasta bina sendromu yakınmaları ile ilişkisini araştırmıştır. 18–54 yaş aralığında bulunan, toplam 213 sağlıklı öğrenci (40 erkek, 86 kadın) ve çalışan (39 erkek, 48 kadın) üzerinde yapılan tanımlayıcı çalışmada hasta bina sendromu yakınmaları çalışmaya katılanların doldurduğu hasta bina sendromu sorgulama anketi ile değerlendirilmiştir. İç ortam hava kalitesi ise saat 10:00–12:00 arasında dersliklerde (adölesanların iki saatlik ders süresince) ve erişkinlerin çalışma alanlarında yapılan ortam karbondioksit, nem ve sıcaklık ölçümü ile değerlendirilmiştir. Çalışmaya katılanların %95,2’sinde hasta bina sendromu yakınmalarından en az birinin bulunduğu görülmüştür. Ölçülen CO₂ konsantrasyonları ile hasta bina sendromunun yakınmaları arasında pozitif yönde anlamlı bir korelasyon bulunmuştur.

İç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesinde havalandırmanın şekli ve sıklığının önemli bir etmen olduğu tespit edildiğinden, optimum havalandırma koşullarının belirlenmesi, mekanik veya doğal havalandırma seçeneklerinden en doğru olanın seçimine yönelik oldukça fazla sayıda çalışma literatürde yer almaktadır (örn. Ayata ve Yıldız, 2006; Balta vd., 2010; Schulze ve Eicker, 2013).

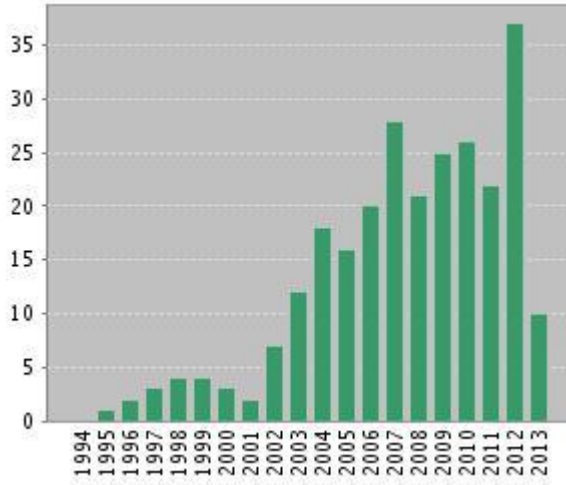
3. İç Ortam Hava Kirliliğine Neden Olan Etmenler

3.1. Nem/Sıcaklık:

Allerjik hastalıklarla iç ortam nem ve sıcaklık koşulları arasında ilişki olduğu yapılan araştırmalarla ortaya konmuştur (Gelincik vd., 2005; Goksel vd., 2009). İç ortamda yüksek nem, yoğunlaşmaya neden olarak hem duvar yüzeyinde hem de duvar içlerinde allerjik hastalıklara yol açan küflerin üremesine sebep olabilmektedirler (Ünlü vd., 2003). Turктаş vd. (2001) tarafından yapılan bir araştırma sonucunda astım ve çocuklarda hırıltılı öksürük için yaşanan coğrafi bölgenin bir risk faktörü olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’nin güney ve kuzey bölgelerinde yaşayan insanlarda astım ve hırıltılı öksürük riskinin arttığı bulunmuştur (Turктаş vd., 2001). İklim değişikliği sonucu artması beklenen sıcaklık koşullarına, artan hava kirliliğine bağlı olarak ülkemizde de allerjik hastalıkların sıklığının artması beklenmektedir (Metintaş, vd., 2010).

3.2. Partikül Madde

Bugüne kadar gerçekleştirilmiş birçok epidemiyolojik çalışmada, partiküler maddeden kaynaklanan hava kirliliği seviyesi ile solunum yolu hastalıkları, akciğer fonksiyonları, kalp ve solunum yolu problemleri nedeniyle hastanelere başvuru ve ölüm vakaları arasında ilişki



Şekil 1.1994-2013 yılları arası Türkiye’de iç ortam hava kalitesi ile ilgili SCI indeks tarafından taranan dergilerde basılan yayın sayısı

tespit edilmiştir (Gül vd., 2011). Dış ortamda gözlenen partiküler madde (PM), farklı parçacık boyutuna ve kimyasal kompozisyona sahip partiküllerin karışımından oluşmaktadır. Kaba parçacıklar (>2,5 µm) daha çok mekanik süreçler sonucu oluşurken, ince partiküller (<2,5 µm, PM_{2,5}) ve ultra ince partiküller (<0,1 µm) dizel yakıtların yanması gibi direkt ortama atılabildikleri gibi gazların kimyasal reaksiyonları sonucu ikincil kirlenici olarak da oluşabilmektedirler (Menteşe, 2013). Her ne kadar partiküller ile yarattıkları sağlık riskleri bilinse de, hangi partikül boyutunun hangi mekanizmayla sağlık sorunları yarattığı tam olarak bilinmemektedir.

Menteşe (2013) tarafından ikincil organik aerosollerin oluşum mekanizması; partikül sayısı ve partikül çap aralığı açısından tipik bir ev koşulunda araştırıldığı çalışmada, ikincil organik aerosollerin oluşması için belirli uçucu organik bileşiklerin (genellikle alkenler) ozon varlığında reaksiyona girmesi gerektiği tespit edilmiştir. İkincil olarak oluşan aerosollerin sayıca büyük bir bölümünün nanometre seviyesinde olduğu belirlenmiştir.

Bazı endüstri gruplarında iç ortam ince partikül madde derişimlerinin incelendiği çalışmalar mevcuttur (Şahin ve Kurutaş, 2012). Şahin ve Kurutaş (2012) tarafından bir metal endüstrisinin iç ortamında yapılan inceleme sonucu günlük ortalama PM_{2,5} konsantrasyonları 86,3 – 404,9 µg m⁻³ aralığında değiştiği, üretim makineleri izole edildiğinde partikül madde miktarında 2,5 ila 8,8 kat azalma tespit edilmiştir.

Cami iç ortamında Cuma namazı sırasında PM_{2,5} ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Ocak vd., 2012). Yapılan ölçümler caminin havalandırmasının yetersiz olduğunu, namaz kılmaya gelen kişi sayısı ile paralel olarak artan partikül madde kirliliği olduğunu göstermiştir.

Ankara’da Güllü ve Menteşe (2009) tarafından ev, işyeri, ilkokul ve kreş gibi farklı türdeki iç ortamlarda gerçekleştirilen PM_{2,5} ölçümleri sonunda, konsantrasyonların gün

içi ve mevsimlere bağlı olarak oldukça geniş bir aralıkta değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Kış döneminde iç ortamda gözlenen en yüksek PM_{2,5} konsantrasyonu 53,82 µg m⁻³ ile bir işyerinin toplantı odasında, en düşük ise 25,92 µg m⁻³ ile kreşin uyku odasında ölçülmüştür. Yaz döneminde gözlenen en yüksek konsantrasyon 36,06 µg m⁻³ ile ev içinde, en düşük konsantrasyon ise 5,52 µg m⁻³ ile aynı kreşin yemekhanesinde ölçülmüştür. Kış aylarında iç ortamda tespit edilen partiküler madde ortalama çapı, yaz aylarına göre daha yüksek bulunmuştur. Her iki mevsimde de iç ortamda toz yayıcı aktivitelerin (öğrencilerin koşması, sigara içilmesi), dış ortamda ise inversiyon olması durumunda toz konsantrasyonlarında artış; dış ortamda yağmur veya kar yağması olması durumunda toz konsantrasyonlarında önemli ölçüde azalma tespit edilmiştir.

Yoğun sanayileşmiş bir şehir olan Kocaeli’nde evlerin iç ortamında yaz dönemi ölçülen ortalama PM_{2,5} seviyesi 29,8 µg m⁻³, kış dönemi ise 24,4 µg m⁻³’dir (Pekey vd., 2010). Eş zamanlı olarak dış ortamda da yapılan ölçümler sırasında her iki mevsimde de iç ortam PM seviyesinin dış ortama göre daha yüksek olduğu, endüstrilere ve yola yakın evlerde iç ortam PM seviyesinin dış ortamdaki daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir.

İstanbul’da bulunan beş ilköğretim okulunda iç ortam PM₁₀ ve PM_{2,5} seviyeleri ve elemental kompozisyonu Ekmekçiöğlü ve Keskin (2007) tarafından incelenmiştir. İnceleme yapılan yüksek trafik akışına sahip yolun kenarında bulunan dört okulda ölçülen PM seviyeleri DSÖ tarafından belirlenen limit değerlerin üstüne çıktığı görülmüştür.

Sofuoğlu ve Sofuoğlu (2011) tarafından ilköğretim okullarında yapılan partikül madde incelemesinde, ince partiküllerin (PM_{2,5}) çoğunluğunun ultra ince partiküllerden oluştuğu (PM₁) ve PM₁’in PM_{2,5}’a göre sayıca 2-5 kat daha yüksek derişimlerde olduğu tespit edilmiştir. Partiküllerde Al, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn elementleri

tespit edilmiş olup, bunların tümü PM₁'de de görülmüştür. Bu fraksiyon, solunum sisteminin en derinlerine kadar nüfuz ettiği için önem arz etmektedir. Sadece kapı-pencereye dayalı doğal havalandırma olan binalarda bunlar açılmadığı zaman havalandırma yetersiz düzeylere inmektedir ve içeride kaynağı olan tüm kirleticilerin birikimi ile sonuçlanıp derişimleri artmaktadır. Bu çalışmada ölçülen yüksek CO₂ derişimleri dersliklerde yetersiz havalandırmaya işaret etmektedir.

Keskin ve Kılıç (2010) tarafından bir üniversite hastanesinde iç ortam havasındaki PM₁₀ ve PM_{2,5} konsantrasyonları eş zamanlı olarak ölçümler yolu ile belirlenmiştir. Elde edilen veriler DSÖ'nün PM_{2,5} ve PM₁₀ kütle konsantrasyonları için belirlediği 24 saatlik sınır değerlerle karşılaştırıldığında, çocuk polikliniğinde zaman zaman her iki değer de sırasıyla %80 ve %100'e varan oranlarda aşıldığı, ortalama değerlere bakıldığında ise, PM_{2,5} değeri sınırda iken, PM₁₀ değerinin sınırın %32 üzerinde olduğu görülmüştür.

3.3. Yanma Gazları

Yanma sonucu oluşan hava kirliliği pek çok sağlık etkilerine neden olmaktadır. Karbon monoksit (CO), azot dioksit (NO₂) ve sülfür dioksit (SO₂) başlıca yanma gazlarıdır. Türkiye'de yapılan çalışmalarda kırsal alanda yaşayan kadınlarda biyokütle yakılması emisyonlarına olan temasın akciğer hastalıklarını artırdığı, özellikle tezek kullanımı ile KOAH prevalansının arttığı tespit edilmiştir (Arslan vd., 2004; Ekici vd., 2005; Köksal vd., 2013). Sigara içmeyen 42 kadın üstünde yapılan histopatolojik inceleme sonucu biyokütle dumanının akciğer parankimi, interstisyum ve malignitelere neden olabildiği ve akciğer damarları üzerine önemli toksik etkileri olduğu tespit edilmiştir (Günbatır vd., 2012).

2009 yılında kahvehanelerde sigara içimi yasaklanmadan Ankara'da 384 kahvehanede yapılan bir araştırmada, incelenen kahvehanelerin %34'ünde ölçülen CO seviyesinin 8 saatlik maruziyet sınırı olan 9 ppm'in üstünde olduğu tespit edilmiştir (Takbas vd., 2009). Bahçebaşı vd. (2011) tarafından Düzce'de 16 kahvehanede 547 kişi üstünde solunum havasında CO ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sigara içen kişilerin solunum havasında CO seviyesi ortalama 21,17 ± 6,73 ppm iken sigara içmeyen kişilerde 6,51 ± 4,56 ppm olarak tespit edilmiştir. Kahvehane iç ortamında gözlenen CO seviyesi DSÖ'nün belirlediği limit değerlerin üstünde gözlenmiştir.

3.4. Biyolojik Kirleticiler

Biyoaerosoller

Biyoaerosoller; bakteri, mantar, mantar sporları, virüsler ile polen ve onların fragmentlerini içeren biyolojik kökenli havadan kaynaklı tüm organik tozların genel adıdır. Bu biyolojik canlılara ve onların endotoksin, mikotoksinler ve UOB gibi mikrobiyal metabolitlerine maruz kalınması durumunda olumsuz sağlık etkileri oluşabilmektedir (Kalogerakis vd., 2005). Bu tip kirleticilerin bulunduğu

evlerde astım hastalarının krizlerinin sıklaşması ve solunum yolları hastalıkları ile ilişkili olduğu yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir (Gelincik vd., 2005).

Mikroorganizmalar iç ortama ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinden, kapılardan, pencerelerden, duvar açıklıklarından, su tesisat borularından gelebildiği gibi, ayakkabı veya kıyafetler ile de iç ortama taşınabilmektedir. Mikroorganizmaların iç ortamda büyümesini ise; iç ortamın nem oranı, sıcaklık ve besin (kir, odun, kağıt, boya vs.) varlığı ile, oksijen ve ışık miktarı belirlemektedir. İç ortamda en yaygın bulunan mikroorganizmalar, mantar ve bakterilerdir. Mantarların ürettikleri sporlar havaya karışabilmektedir; bazı mantarlar ise zehirli maddeler olan mikotoksin veya uçucu organik bileşikler de üretebilmektedir (Güllü vd., 2008).

İç/dış ortamlarda bakteri/mantar tespitine yönelik çalışmalar son yıllarda büyük bir artış göstermiştir. Özellikle İstanbul (Çolakoğlu, 2004; Gelincik vd., 2005; Önoğlu vd., 2011), Edirne (Sarica vd., 2002; Asan vd., 2002; Aydoğdu vd., 2005; Ökten ve Asan, 2012), Eskişehir (Asan vd., 2004), İzmir (Ceylan vd., 2006; Özkütük vd., 2008), Adana (İnal vd., 2007), Manisa (Kalyoncu ve Ekmekçi, 2008), Isparta (Ünlü vd., 2003; Asan vd., 2004), Afyon (Çetinkaya vd., 2005), Denizli (Övet vd., 2012) ve Ankara (Menteşe vd., 2009, 2012) illerinde farklı türdeki iç ortam havasında bakteri ve/veya mantar varlığını inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır. Benzer örnekleme ve analiz yöntemi kullanılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 1'de özetlenmektedir.

İşsever ve diğerleri (2011) tarafından katı atık depolama merkezlerinde gözlenen mantar türleri ile çalışan kişilerde allerji semptomlarını belirlemeye yönelik yürütülen bir çalışmada en sıklıkla gözlenen mantar türlerinin *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., *Alternaria* sp. ve *Trichoderma* sp. olduğu rapor edilmiştir. Çalışan işçilerde yapılan deri allerji testlerine göre özellikle *Aspergillus* sp. açısından işçilerin orta düzeyde allerji geliştirme riski olduğu tespit edilmiştir.

Edirne Devlet Hastanesi Pediatri bölümünde yapılan biyoaerosollerin incelendiği bir çalışmada (Ökten ve Asan, 2012), hastanede gözlenen en yaygın bakteri türlerinin *Staphylococcus* (%41), *Bacillus* (%17) ve *Corynebacterium* (%15); mantar türlerinin ise *Cladosporium* (%34), *Alternaria* (%23) ve *Penicillium* (%20) olduğu tespit edilmiştir. İzmir'de bir hastanenin göğüs hastalıkları bölümü yoğun bakım ünitesinde Abacı vd. (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada en baskın mikrofungus flora olarak *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium*, ve *Trichoderma* olarak tespit edilmiştir. Dünya genelinde birçok ülkede havasal mantarlar ile ilgili yapılan çeşitli çalışmalarda, en sık saptanan cinslerin *Cladosporium*, *Penicillium*, *Alternaria* ve *Aspergillus* olduğu görülmekte ve

Tablo 1. Farklı türdeki iç/dış ortamlarda ölçülen bakteri/mantar düzeyleri

Ölçüm yapılan ortam	Toplam Bakteri Sayısı (cfu m ⁻³)				Toplam Mantar Sayısı (cfu m ⁻³)				Kaynak
	Ortalama	Minimum	Maksimum	Baskın Türler	Ortalama	Minimum	Maksimum	Baskın Türler	
Ev	590 (kış) 633 (yaz)	9 (kış) 88 (yaz)	1643 (kış) 1572 (yaz)	<i>Micrococcus spp.</i> , <i>Staphylococcus spp.</i> <i>Bacillus spp.</i>	187 (kış) 49 (yaz)	18 (kış) 9 (yaz)	1422 (kış) 194 (yaz)	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Cladosporium spp.</i>	Menteşe vd., 2012
Ofis	149 (kış) 228 (yaz)	62 (kış) 26 (yaz)	283 (kış) 397 (yaz)	<i>Micrococcus spp.</i> , <i>Staphylococcus spp.</i> <i>Bacillus spp.</i>	138 (kış) 43 (yaz)	9 (kış) 9 (yaz)	574 (kış) 106 (yaz)	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Cladosporium spp.</i>	Menteşe vd., 2012
Anaokulu	649 (kış) 1462 (yaz)	221 (kış) 1016 (yaz)	1078 (kış) 1908 (yaz)	<i>Micrococcus spp.</i> , <i>Staphylococcus spp.</i> <i>Bacillus spp.</i>	40 (kış) 93 (yaz)	9 (kış) 27 (yaz)	97 (kış) 53 (yaz)	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Cladosporium spp.</i>	Menteşe vd., 2012
Ev	-	-	-	-	36.1	-	-	<i>Aspergillus spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i>	Ceylan vd., 2006
Anaokulu	849 (kış) 946 (yaz)	-	-	<i>Cladosporium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i>	489 (kış) 993 (yaz)	-	-	<i>Cladosporium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i>	Önoğlu vd., 2011
Ofis	-	-	-	-	710 (Yaz)	-	-	<i>Cladosporium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Alternaria spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i>	Ergin vd., 2009
Ev	96 (Yaz)	LOD(Yaz)	1643 (Yaz)	<i>Micrococcus spp.</i> , <i>S. auricularis</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>S. hominis</i>	96 (Yaz)	18 (Yaz)	353 (Yaz)	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Cladosporium spp.</i>	Menteşe vd., 2009
Anaokulu	1251 (Yaz)	221 (Yaz)	2456 (Yaz)	<i>S. auricularis</i> , <i>S. hominis</i> , <i>Bacillus spp.</i>	35 (Yaz)	27 (Yaz)	53 (Yaz)	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Pithomyces spp.</i>	Menteşe vd., 2009
Ofis	136 (Yaz)	44 (Yaz)	283 (Yaz)	<i>Micrococcus spp.</i> , <i>S. auricularis</i> , <i>Bacillus spp.</i>	116 (Yaz)	18 (Yaz)	274 (Yaz)	<i>Penicillium spp.</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Stemphylium spp.</i> , <i>Ulocladium spp.</i>	Menteşe vd., 2009
Dışortam					382			<i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> ve <i>Alternaria</i>	Kalyoncu vd., 2008

hava kaynaklı mantarların astım ve allerjik rinit gibi solunum yollarıyla ilişkili allerjik reaksiyonlarda etkili olduğu vurgulanmaktadır.

İzmir'de Özkütük ve arkadaşları (2008), evlerin özellikleri ve küf üremeleriyle ilgili yaptıkları araştırmada, en sık *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Mucor* türlerini tespit etmişler; 20 yıldan eski evlerde *Aspergillus*; havanın nemli ve sakı bitkilerinin çok olduğu evlerde *Mucor*; kuşların beslendiği ve gözle görünür küf üremesinin olduğu evlerde ise *Penicillium* türlerinin daha çok saptandığını rapor etmişlerdir.

Isparta ilinde, astım tanısı konmuş hastaların evleri ile kontrol grubu olarak seçilmiş sağlıklı bireylerin evlerinde küf incelemesi yapılmıştır (Ünlü vd., 2003). Yapılan inceleme sonucunda en fazla gözlenen mantar sporları *Penicillium* spp. (%27.9), *Cladosporium* spp. (%26.3) ve *Aspergillus* spp. (%14.7) olmuştur. Elde edilen bulgular astım hastalarının evlerinde gözlenen mantar sayısı ve türü ile kontrol grubu arasında fark olmadığını göstermiştir.

Denizli il merkezinde Övet vd., (2012) tarafından yürütülen bir araştırmada ilköğretim okullarında iç ortam havasında küf mantarlarının araştırılarak en sık saptanan küf mantarına karşı öğrenci serumlarında allerjene özgül IgE ölçümleri karşılaştırılmıştır. Sınıfların iç ortam havasından alınan örneklerde en sıklıkla karşılaşılan mantar türleri *Penicillium* spp. %46; *Aspergillus* spp. %18; *Cladosporium* spp. %17; *Alternaria* spp. %15 olmuştur.

Solunum yolu allerjilerine neden olduğu belirlenen 80'den fazla mantar türü tespit edilmiştir (Horner vd., 1995). *Cladosporium*, *Alternaria*, *Aspergillus* ve *Fusarium* en bilinen allerjen mantar tipleridir. Bu mantarların metabolitlerinin de solunum yolu iritasyonuna neden olduğu bilinmektedir. Biyolojik olmayan partiküller mantar sporlarından bağımsız olarak allerjen mantar moleküllerini taşıyarak akciğerlerin çok daha derinlerine inmesini sağladıklarından ortamda ayrıca ince toz parçacıklarının bulunması önemlidir. Sigara dumanı, soba yanması veya pişirme ile oluşan partiküller gibi yanma sürecinde oluşan ince partiküller (<2,5 µm) (Lippmann, 2012) ve yerel veya uzun mesafeli toz taşınması sonucu iç ortamda oluşan ince toz partiküllerinin biyoaerosol düzeyleri ile etkileşimi büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenle biyoaerosollerin bulunduğu içi ortamlarda bulunan toz miktarı ve parçacık boyut dağılımının da bilinmesi çok önemlidir.

Ev Tozu Akarı

Ev tozu akarı allerjisi en sık görülen allerjidir. Bu akarlar, insan derisinden dökülen ölü hücrelerle beslenen, böylelikle yaşamlarının sürdüren göz ile görülmeyen canlılardır. Sıklıkla, halı, kilim, yatak, koltuk takımları ve elbiseler gibi nemli ve ılık ortamlarda büyür ve çoğalır. Allerjen madde akarın dışkısında bulunmamaktadır. Ülkemizde

ev tozunda akar taramalarının yapıldığı çalışmalar bulunmaktadır (Kalpaklıoğlu vd. 1997; Atambay vd., 2006; Akdemir ve Yılmaz, 2009). En sık *Dermatophagoides pteronyssinus* ve *Dermatophagoides farinae* tipinin görüldüğü ev tozu akarları, başta yatak ve oturma odası olmak üzere gerekli optimum şartların sağlandığı her türlü ortamda bulunabilmektedir.

Türkiye'nin farklı meteorolojik koşullarına sahip bölgelerinde bulunan 133 evden toz örnekleri toplanarak akar incelemesi yapılmıştır (Kalpaklıoğlu vd., 1997). Toplanan örneklerin 32 adedinde akara rastlanmıştır, en sıklıkla gözlenen akar türleri *D. pteronyssinus*, *D. farinae*, *Lepidoglyphus destructor* ve *Gamasidae* olmuştur. Gözlenen akar türlerinin iklim ile ilişkili olduğu en fazla akarın Karadeniz bölgesinde bulunduğu tespit edilmiştir. Akdemir ve Yılmaz (2009) tarafından allerjik rinit, atopik dermatit ve astım şüphesi ile *Dermatophagoides pteronyssinus* (*D. pteronyssinus*) ve *D. farinae* akarlarına karşı specific IgE allerjen testi yapılan çocukların evlerinde ev tozu akar allerjisi ile evlerindeki akar prevelansı incelenmiştir. Pozitif IgE bulunan çocukların evlerin %31.7'sinde ev tozunda akara rastlanırken, negative IgE bulunan çocukların evlerinde akara rastlanma durumu %27.5 olarak gözlenmiştir. Örnekleme yapılan toplam 92 evin %29.3'ünde akara rastlanmıştır. Gülbahar vd. (2012) tarafından İzmir'deki ana okullarında yapılan bir araştırmada ölçülebilir düzeyde kedi ve ev tozu akarı allerjenleri yaygın bir şekilde bulunmuş, anaokullarının çocuklar ve anaokulu çalışanları açısından önemli bir allerjen kaynağı olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye'deki okullardaki hava kalitesinin bina içinde yaşayanların sağlığına etkileri ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Bulurcu vd., 2007; Bulut, 2008; Kuş vd., 2008; Sofuoğlu ve Sofuoğlu, 2011). Kuş ve arkadaşlarının (2008) üniversite dersliklerinde CO₂ ve partikül seviyesi ölçerek değerlendirdikleri iç hava kalitesinde CO₂ seviyesini ortalama 1 000–1 414 ppm (en yüksek 2 250 ppm) olarak ölçmüşlerdir. Harran Üniversitesi ofislerinde CO₂ ve partikül seviyesi ölçerek değerlendirilen iç hava kalitesinde CO₂ seviyesi ortalama 937 ppm olarak bulunmuştur (Bulut, 2008). İzmir bölgesindeki ilköğretim ve anasınıflarının değerlendirildiği başka bir çalışmada ise ilköğretim sınıflarındaki CO₂ seviyesi 1 000 ppm'in üzerinde ölçülmüş, anasınıflarında ise kış döneminde 1 000 ppm'in üzerine çıktığı gösterilmiştir (Sofuoğlu ve Sofuoğlu, 2011).

3.5. Kimyasal Kirleticiler

Uçucu Organik Bileşikler

İç ortam havasında sıklıkla gözlenen Uçucu Organik Bileşikler (UOB) bazı parafinler ve benzenden başlayarak naftaline kadar olan bileşikler (kaynama noktası <260 °C) kapsamaktadır. İç ortamlarda çok sayıda UOB varlığı gösterilmiş olsa da bunların çoğu toksikolojik ve duyuşal etkiler gösterecek düzeylerde değildir. İç ve dış ortam havasında en yaygın gözlenenleri BTEX olarak adlandı-

ılan benzen, toluen, etilbenzen ve ksilenler'dir (Sofuoğlu vd., 2011; Menteşe vd., 2012). Bu bileşiklerin içinde iç ortamda en yüksek seviyelerde rastlanılan ise toluendir. İç ortam havasında sıklıkla rastlanan ve seviyesi yüksek olduğunda insan üzerinde kanserojen olarak kabul edildiği için önem arz eden bileşik ise benzendir.

UOB yönünden iç ortam hava kirliliğinin en önemli kaynakları; insan aktiviteleri, bina malzemelerinden kaynaklanan emisyonlar ve dış ortamdan iç ortam havasına havalandırma vs. ile giren hava olarak sıralanabilir. Yeni veya tadilat yapılmış binalarda UOB'lerin bina malzemelerinden kaynaklanan birincil emisyonu bir süre boyunca en yüksek seviyelerde yayılır ve ancak aylar sonra seviyeleri düşmeye başlar. Bina malzemelerinin kimyasal (örn. ozon, tamirat, nem) veya fiziksel (örn. ısı ve UV ışınları) dekompozisyon ile eskimesi neticesinde bina malzemelerinden ikincil emisyonlar belirli bir süre boyunca veya bazen sürekli olarak salınmaktadır (Menteşe, 2013). Ülkemizde iç ortamlarda içimi resmi olarak yasaklanmasına rağmen, halen tüketildiği gözlenen çevresel sigara dumanı, UOB'ler de dahil olmak üzere birçok hava kirleticisinin kaynağı olarak gösterilmektedir (Pekey ve Arslanbas, 2008). Türkiye'de bu güne kadar farklı türdeki iç ortamlarda gerçekleştirilmiş UOB tayinine yönelik çalışmalar Tablo 2'de verilmektedir.

Sofuoğlu vd. (2011) tarafından İzmir'de bulunan ilkokullarda yürütülen bir çalışmada, sınıflar, anasınıfı ve oyun bahçesinde formaldehit dahil olmak üzere UOB ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan tüm ortamlarda en baskın UOB türleri benzen, toluen ve formaldehit olarak gözlenmiştir. Yapılan sağlık risk değerlendirmesi sonucuna göre kronik toksik ve karsinojenik risk değeri en yüksek çıkan bileşik formaldehit olarak tespit edilmiştir.

Yoğun sanayi kuruluşların bulunduğu Kocaeli'nde mevsimlere bağlı olarak iç ortamlarda ölçülen UOB'den benzen, toluene, etilbenzen ve ksilen konsantrasyonları sırasıyla 9,44; 51,07; 11,77 ve 19,04 $\mu\text{g m}^{-3}$ olarak tespit edilmiştir. Kış mevsiminde tüm parametrelerde yüksek düzeyde gözlenen bileşiklerden toluen konsantrasyonu Ankara ve İzmir'de yapılan çalışmalara göre yüksek bulunmuştur (Pekey ve Arslanbas, 2008).

Bir başka yoğun endüstrileşmiş bölge olan İskenderun bölgesinde yer alan ilköğretim okullarındaki çocukların soludukları okul içi ortamının UOB bileşikleri incelenmiştir (Scheepers vd., 2010). Boyacılık işi yapan kişiler ile farklı iş kollarındaki bireylerin idrarlarında yapılan BTEX metabolitleri taraması sonucu boyacılık işi yapanların idrarlarında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek BTEX metabolit değerleri elde edilmiştir (Dural vd., 2011). Kontrol grubu olarak seçilen bireylerin idrarlarında da BTEX metabolitlerine rastlanması BTEX maruziyetinin tüm çevresel ortamlarda olduğunu göstermektedir.

Odabaşı (2008) evlerde temizlik malzemesi olarak kullanılan çamaşır suyu (sodyum hipoklorit, NaOCl) ve diğer pek çok organik kimyasalın reaksiyona girerek kloroform ve karbon tetraklorit gibi halojenli uçucu organik bileşiklere yol açtığını tespit etmiştir. Özellikle insanlarda kansere yol açtığından şüphelenilen ve güçlü bir sera gazı olmasından ötürü ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından evlerde kullanılması yasaklı olan karbon tetrakloritin oluştuğu tespit edilmiştir. Ağartıcı kullanımından sonra ilk yarım saat içinde kloroform (2,9–24,6 $\mu\text{g m}^{-3}$) ve karbon tetraklorit (0,25–459 $\mu\text{g m}^{-3}$) hızla yükselerek oldukça yüksek seviyelere ulaştığı gözlenmiştir. Evlerde halojenli uçucu organik bileşiklere maruziyette çamaşır suyu gibi ağartıcıların kullanımının önemli bir katkısı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Türkiye'de gerçekleştirilmiş farklı türdeki iç ortamlarda ölçülen UOB düzeyleri ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Ortam	Benzen	Toluen	Etilbenzen	m/p-Ksilen	o-Ksilen	Kaynaklar
Ev	13.06 (Kış) 8.88 (Yaz)	72.44 (Kış) 44.19 (Yaz)	16.90 (Kış) 13.07 (Yaz)	27.46(Kış) 12.3 (Yaz)	16.24(Kış) 5.73 (Yaz)	Pekey ve Arslanbas, 2008
Ofis	15.09 (Kış) 11.95(Yaz)	19.96(Kış) 53.98(Yaz)	19.75 (Kış) 11.13 (Yaz)	13.43 (Kış) 14.37 (Yaz)	9.75(Kış) 10.80 (Yaz)	Pekey ve Arslanbas, 2008
Okul	19.77 (Kış) 7.50 (Yaz)	77.77 (Kış) 55.05 (Yaz)	8.81(Kış) 11.11 (Yaz)	20.19(Kış) 9.55 (Yaz)	10.02(Kış) 5.88 (Yaz)	Pekey ve Arslanbas, 2008
Okul İskenderun	2.55	11.55		1.61	1.05	Scheepers vd., 2010
Okul Payas	9.98	11.28		<0.02	<0.07	Scheepers, vd, 2010
Ev	8.5 (Kış) 1.5 (Yaz)	32.9 (Kış) 3.7 (Yaz)	4.7 (Kış) <LOD (Yaz)		7.6 (Kış) <LOD (Yaz)	Mentese vd., 2012
Anaokul	4.2 (Kış) 1.9 (Yaz)	19.9 (Kış) 5.4 (Yaz)	7.1(Kış) 2.6 (Yaz)		6.7(Kış) <LOD (Yaz)	Mentese vd., 2012
Ofis	5.3 (Kış) 1.5 (Yaz)	13.7 (Kış) 6.6 (Yaz)	11.8 (Kış) 1.6 (Yaz)		6.00 (Kış) 2.2 (Yaz)	Mentese vd., 2012
Ev	1.14 (Yaz)	32.91 (Yaz)	3.21 (Yaz)	6.84 (Yaz)	5.12 (Yaz)	Lakestani vd., 2013

Formaldehit, çevrede en yaygın bulunan aldehittir. Uçucu bir bileşik olmasına rağmen, UOB analizlerinde yaygın olarak kullanılan gaz kromatografisi yöntemleri ile tayin edilemediğinden ayrı olarak incelenirler. Normal oda sıcaklığında formaldehit keskin kokulu, renksiz bir gazdır. Formaldehidin başlıca kaynakları, kontraplaklar, reçineler, yapıştırıcılar ve döşemeliklerdir. Formaldehit, aynı zamanda binaların dış izolasyonunda kullanılan UFFI (üre formaldehit köpük) ticari isimli malzemenin yapısında da kullanılır. Günümüzde UFFI sağlık üzerindeki olumsuz etkileri nedeni ile daha az kullanılmaktadır. Son yıllarda zemin kaplamada kullanımı gittikçe yaygınlaşan laminant parkeler, iç ortamlarda hem uçucu organik bileşikler hem de formaldehit için önemli bir emisyon kaynağı olarak değerlendirilmektedirler (Salthammer vd., 2010). Yapılan araştırmalar, iç ortam sıcaklığının bu maddelere maruziyet seviyesinde önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Sigara dumanı, iç ortamdaki formaldehit konsantrasyonunu artıran önemli faktördür (Menteşe ve Güllü, 2006). Ankara’da yapılan bir çalışmada 46 kahvehanede formaldehit konsantrasyonu ölçülmüş ve sigara dumanının formaldehit konsantrasyonuna olan etkisi incelenmiştir (Evcı vd., 2005). Çalışma sonucunda kahvehanelerdeki ortalama formaldehit konsantrasyonu $26,75 \mu\text{g m}^{-3}$ olarak bulunmuştur. Bu değer kapalı ortam için izin verilen sınır değerlerin üstündedir. Ölçülen değerlerin yüksekliği, sigara dumanının yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. Türkiye’de konuyla ilgili yapılan diğer bir araştırmada, Ankara’da 25 evden toplanan 309 iç ortam hava örneğinde formaldehit seviyeleri araştırılmıştır (Menteşe ve Güllü, 2006). Yapılan araştırmada, iç ortam formaldehit konsantrasyonunun geniş bir aralıkta ($6,5-540 \mu\text{g m}^{-3}$) değiştiği ortaya konmuştur. İncelenen örneklerde, sigara içilen evlerdeki formaldehit konsantrasyonunun daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca evin yaşı, iç ortamın sıcaklığı, bağıl nem, ahşap eşyaların yoğunluğunun da formaldehit konsantrasyonu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Ankara’da 100 adet mobilya atölyesinde formaldehit seviyesinin ölçüldüğü bir çalışmada (Vaizoğlu vd., 2005) iç ortam konsantrasyonlarının oldukça düşük düzeylerde $0,02 - 2,22 \text{ ppm}$ ($0,025 - 2,73 \mu\text{g m}^{-3}$) arasında değiştiği gözlenmiştir.

İlköğretim okulu ve spor merkezi iç ortamında kozmetikten, kişisel bakım ürünlerine, parfümlerden temizlik maddelerine, oda spreylerinden sabunlara ve diş macunlarına kadar oldukça geniş bir yelpazede güzel koku sağlamları için kullanımları olan polisiklik ve nitro musk düzeylerinin incelendiği bir çalışma Sofuoğlu vd. (2010) tarafından yürütülmüştür. Yüzde 95’i gaz fazında gözlenen musk bileşiklerinin sınıf ortamında gözlenen düzeyleri spor merkezinden daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Ortamdaki ince partikül miktarının artmasıyla bu kirlleticilerin soluma ile maruziyetlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Ağır Metal

Ağır metallerden kurşun, civa, kadmiyum, krom vb. antropojenik elementler, dış havada bulunan partikül ve toprak tozunun iç ortamlara girmesi/sızması ile iç havayı kontamine etmektedir. Sigara dumanı ise en önemli iç ortam ağır metal kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. İç ortam hava kalitesi çalışmaları sonucunda, sigara içilmiş ortamlarda çeşitli ağır metaller değişik derişimlerde tespit edilmiştir. Hırıltılı öksürüğü bulunan çocuklar ile sağlıklı çocukların saçlarında yapılan kadmiyum seviyesi analizleri sonucuna göre evlerinde sigara içimi olan ve düşük eğitim seviyesine sahip anneye sahip hırıltılı öksürüğü olan çocukların saçlarında daha yüksek düzeyde kadmiyum seviyesi ölçülmüştür (Razi vd., 2012).

Kapalı ortamlarda kurşuna, kurşun içeren boya ve kontamine atmosferik partiküller ve toprak tozu yoluyla maruz kalınmaktadır. Kanda gözlenen yüksek kurşun seviyesi başta kardiovasküler, merkezi sinir sistemi bozukluklarına ve hemaolojik hasarlara neden olmaktadır. Ülkemizde özellikle iş kollarında kurşun maruziyetini belirlemeye yönelik istatistiksel veri seti yoktur. Eldeki bulgular gerçekleştirilen sınırlı sayıdaki ölçümlere dayalıdır. Örneğin, Pala vd. (2009) tarafından Bursa’da kurşun ile ilişkili bir iş kolunda çırak olarak çalışan 14 – 19 yaş aralığındaki çocukların kanlarında ölçülen kurşun seviyesi $4,99 \mu\text{g dl}^{-1}$ ile kontrol grubuna göre ($2,37 \mu\text{g dl}^{-1}$) daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Bursa’da trafik polislerinin kanlarında ortalama kurşun seviyesi $9,4 \mu\text{g dl}^{-1}$ olarak ölçülmüştür (Pala vd., 2002). Gaziantep’de pil işçilerinin kanlarında yapılan bir ölçüm sonucu ortalama kurşun seviyesi $36,83 \mu\text{g dl}^{-1}$ ile oldukça yüksek bir seviyede tespit edilmiştir.

Kocaeli’nde farklı bölgelerde (endüstriyel, kent merkezi, kent merkezi dışında bulunan yerleşim bölgesi) ve farklı mikro-çevrelerde (ev, okul, ofis), iç ve dış ortam hava örneklemeleri ile partikül maddede ağır metal konsantrasyonları belirlenerek, iç ortam hava kalitesi değerlendirilmesi yapılmıştır. İç ortam partikül madde ($\text{PM}_{2,5}$) veri setinde eser ve ana elementlerin ortalama konsantrasyonları $0,0022 \mu\text{g m}^{-3}$ (Ni) ile $0,50 \mu\text{g m}^{-3}$ (Ca) arasında; PM_{10} için ise eser ve ana elementlerin ortalama konsantrasyonları $0,0022 \mu\text{g m}^{-3}$ (Ni) ile $1,97 \mu\text{g m}^{-3}$ (Ca) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Bozkurt vd., 2007). PM sonuçlarına göre incelenen tüm ağır metaller için dış ortam kirleticiler kaynağının iç ortam kirleticiler kaynağına baskın olduğu ve iç ortamdaki elde edilen PM değerlerine dış ortamın büyük bir katkısının olduğu görülmüştür.

Radon

Bir iç ortam kirleticisi olarak radon çok tehlikeli ve sağlığa zararlı bir inorganik kontaminanttır. Radonun iç ortamları kirletmesi, sağlığa olan zararlı etkileri, bu etkilerden korunulması veya en aza indirilmesi üzerine ülkemizde de pek

çok araştırma yapılmıştır (örn. Küçükömeroğlu vd., 2012; Sen vd., 2013; Çevik vd., 2013). Türkiye'nin farklı bölgelerinde doğal radyoaktivite seviyelerinin tespitine yönelik evlerde ölçümler gerçekleştirilmiştir; örn. İstanbul (Koksal vd., 1993), Çankırı (Kapdan vd., 2012), Samsun (Küçükömeroğlu vd., 2012), Trabzon (Kurnaz vd., 2011), Elazığ (Canbazoğlu vd., 2012), Çanakkale (Kam vd., 2010), Tekirdağ (Kam vd., 2010), Kastamonu (Kam ve Bozkurt, 2007), Manisa (Erees vd., 2006). Bu ölçümler sonucunda radon seviyesinin ülke genelinde 10-400 Bq m⁻³ aralığında olduğu, mevsimsel salınım gösterdiği, havalandırmanın en az yapıldığı kış mevsiminde en yüksek değerlerin ölçüldüğü, en düşük değerlere ise yaz aylarında rastlandığı belirtilmiştir.

Radonun çevreye yayılması topraktan evlere ve/veya sudan havaya gerçekleşebilmektedir. Mermerler de çıkarıldıkları bölgeye göre yüksek düzeyde doğal radyasyona sahip olabilmektedir. Ülkemizde üretilen mermerler üzerinde radyasyon dozunun belirlenmesine yönelik yapılan incelemelerde ülkemizde yapı endüstrisinde kullanılan mermerlerin oldukça düşük düzeyde radyasyon dozuna sahip olduğu tespit edilmiştir (Çevik vd., 2010; Turhan ve Varinlioğlu, 2012). Türkiye'de yapı malzemesi olarak kullanılan kireç ve jips (Damla vd., 2010), tuğla ve çatı kiremitleri (Damla vd., 2011) ve kum örneklerinde (Çevik vd., 2009) ölçülen doğal radyoaktivite seviyesinin normal sınırlar içinde olduğu tespit edilmiştir. Doğal gaz kullanımının iç ortam radon seviyesi üzerindeki etkisi incelenmiş ve doğal gaz kullanımının en yüksek olduğu mutfaklarda oturma odasına göre daha yüksek radon seviyesi tespit edilmiştir (Sen vd., 2013).

Sonuç ve Değerlendirme

Ülkemizde gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda özellikle kreş ve ilkököl gibi kalabalık ve hava kirliliğine karşı hassas olan çocuk yaş gruplarının bulunduğu ve gün boyu aktivitenin yoğun olduğu ortamlarda iç ortam havası kirlilik derişimlerinin oldukça geniş bir aralıktaki değişim gösterdiği, ancak özellikle kış mevsiminde çok yüksek seviyelerde olduğu; nemli ve sıcak bölgelerde iç ortam biyoaerosol seviyelerinin yüksek olduğu; sigara içilen, fotokopi makinası, yazıcı ve bilgisayarların bulunduğu ortamlarda uçucu organik bileşiklerin ve ozonun oldukça yüksek seviyelere ulaşabildiği; iç ortamlardan kullanılan temizlik malzemelerinin uçucu organik bileşik miktarlarını önemli ölçüde yükselttiği tespit edilmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen veriler bazı kirlleticilerin iç ortamda buldukları seviyeleri, en yüksek düzeyde gözlenen kirlletici bileşikler hakkında bilgi vermektedir.

Bu bilgilerin çoğu karbon monoksit, partiküler madde, radon, organik bileşikler (örn. UOB) gibi klasik kirlleticilere aittir. Bunların sağlık üzerine etkileri ve yaratacağı riskler genel olarak bilinmekte, alınması gereken önlemler tanımlanmış durumdadır. Klasik kirlleticilerin yanısıra, iç ortam havasında tespit edilen temizlik maddelerinden

kaynaklanan bazı UOB'ler, organik bileşiklerin reaksiyona girerek ikincil kirlleticileri oluşturması gibi yeni tür kirleticiler ve bunların etkileri yeterince ortaya konmuş durumda değildir.

Tüm dünyada, iç ortamların mahremiyetinden ve bu ortamların sistematik olarak izlenmesinin mümkün olmasından ötürü, yasal olarak düzenlenecek bir iç ortam hava kalitesi standardı konması tercih edilmemektedir. Bu nedenle, iç ortam hava kalitesi iyileştirme için tüm dünyada risk değerlendirmesi ve yönetimi yapılarak bazı ana kirleticiler için sağlık – bazlı klavuz değerlerin geliştirilmesi yoluna gidilmektedir. Bu kapsamda, kirlletici konsantrasyonlarından çok indikatörlerin (örn. havalandırma hızı – CO₂ ilgili iz parametresi, genel temizlik, nem, küf varlığı) kullanımına yönelik bir yaklaşım genel olarak kabul görmektedir.

Ülkemizde yürütülen çalışmalar incelendiğinde, aşağıda vurgulanan hususlarda ilave çalışmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Ölçüm yöntemlerine yönelik standartların oluşturulması

- Yapılan bu derleme çalışmasında farklı araştırma grupları tarafından yürütülen çalışmalarda standart örneklem ve analiz yöntemlerinin kullanılmadığı bu nedenle elde edilen verilerin birbirleri ile kıyaslanabilir olmadığı görülmüştür.
- İç ortamda gerçekleştirilecek çalışmalarda CEN ve ISO tarafından geliştirilen uluslararası ölçüm standartlarının kullanılmasının sağlanması için bu standartların tercüme edilerek dağıtımlarının yapılması araştırmacılara bilgi verilmesi gereklidir.

Mevcut bulguların derlenmesine yönelik çalışmalar

- Mevcut çalışmaların sonuçlarının derlenmesi; bu çalışmada yapılan değerlendirmenin sistematik olarak tekrarlanması, veri eksikliğinin olduğu alanları tespit edip ileride yapılacak olan izleme programlarının oluşturulmasını sağlayacaktır.
- Risk değerlendirmesi yaklaşımı için, kanıta dayalı deneyimlerin toplanması ve sistematik hale getirilmesinin sağlanması.

Daha fazla araştırma yapılması gereken alanlar

- Farklı ortamlarda iç ortam kirlleticilerine kısa ve uzun vadeli maruziyetlerin rakamsal olarak belirlenmesi, en ilişkili maruziyet indikatörlerinin, ortalama seviyesinin ve değişimlerinin belirlenmesi.
- İç ortamlarda kirlletici kaynak paylarını belirlenmesi.
- Evlerde kullanılan temizlik maddeleri, böcek ilaçları, yapı malzemeleri vb. ticari ürünlerin kimyasal emisyonlarının belirlenmesi.
- İç ortam kirlletici kaynağı, taşınım/akibet modellerinin oluşturulması, doğrulanması.

- Yüksek nem veya su basması sonrası zarar görmüş yapı malzemelerinden kaynaklanan zararlı emisyonların ve toksik etkilerinin belirlenmesi.
- İç ortamda yanma sonucu oluşan potansiyel tehlikeli emisyonların (örn. halojenli dioksin seviyesi) tespiti.

Sağlık etkisi yaratan iç ortam hava kirleticilerine yönelik araştırma gereksinimi

- Birden fazla iç ortam hava kirleticisine maruziyet sonucu (örn. partikül madde ve UOB maruziyeti) oluşabilecek sağlık etkilerine yönelik metodoloji ve model geliştirilmesi.
- İç ortamda bulunan biyoaerosollerin oluşturdukları toksinler sonucu, solunum yolu dışında yaratacağı sağlık etkilerinin belirlenmesi.
- İç ortam hava kalitesinin çocukluk dönemi solunum yolu hastalıklarına katkısının belirlenmesi.

- Hassas grupların maruziyet – etki ilişkisinin tespit edilmesi.
- İç ortam havasında emisyonu neden olabilecek ve diğer kirleticilerle reaksiyona girerek yeni kirleticilerin oluşmasına sebep olabilecek riskli ürünlerin ve etkilerinin belirlenmesi (örn. ozon ile reaksiyon girerek ikincil kirletici oluşumuna neden olabilen terpenlerin oda kokusu olarak kullanımı).
- İç ortam havasında nano partiküllerin düzeyi ve muhtemel sağlık etkisi riskinin belirlenmesi.
- Kaba, ince, ve ultrince partiküllerin sağlık etkilerinin katkılarının belirlenmesi.
- Su baskınından zarar görmüş binalarda yaşayan bireylerde gözlenen sağlık sorunlarına yönelik (etkinin biyomarkerlarının tespitiye yönelik) kontrollü klinik çalışmaların yürütülmesi.

Kaynaklar

- Abacı, O., Haliki Uzatan, A., Ates, M., Bacakoglu, F., 2012. Detection of aerial microfungus flora, potential opportunist infection agent in the intensive care unit of the chest disease department of hospital in Izmir. *Fresenius Environmental Bulletin* 21, 351-356.
- Açıkgöz, A., Baykara, B., Uysal, N., 2013. Bir üniversitedeki adölesan ve erişkinlerde hasta bina sendromu belirtilerinin CO₂ ile ilişkisinin incelenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2, 21-27.
- Akdemir, C., Yılmaz, S., 2009. Sensitization to house-dust mite and mite fauna in selected children's homes in Kütahya, Turkey. *Turkish Journal of Pediatrics* 51, 232-7.
- Arslan, M., Akkurt, I., Egilmez, H., Atalar, M., Salk, I., 2004. Biomass exposure and the high resolution computed tomographic and spirometric findings. *European Journal of Radiology* 52, 192-199.
- Asan, A., Sen, B., Sarica, S., 2002. Airborne fungi in urban air of Edirne city (Turkey). *Biologia* 57, 59-68.
- Asan, A., İlhan, S., Sen, B., Erkara, I.P., Filik, C., Cabuk, A., Demirel, R., Ture, M., Okten, S.S., Tokur, S., 2004. Airborne fungi and actinomycetes concentrations in the air of Eskişehir city (Turkey). *Indoor and Built Environment* 13, 63-74.
- Atambay, M., Aycan, Ö.M., Daldal N., 2006. Malatya'da ev tozu akar faunası. *Türkiye Parazitoloji Dergisi* 30, 205-208.
- Ayata, T., Yıldız, O., 2006. Investigating the potential use of natural ventilation in new building designs in Turkey. *Energy and Buildings* 38, 959-963.
- Aydogdu, H., Asan, A., Oktun, M.T., Ture, M., 2005. Monitoring of fungi and bacteria in the indoor of primary school in Edirne city, Turkey. *Indoor and Built Environment* 14, 411-425.
- Bahcebasi, T., Kandis, H., Baltacı, D., Kara, I.H., 2011. Factors affecting exhaled carbon monoxide levels in coffeehouses in the Western Black Sea region of Turkey. *Toxicology and Industrial Health* 27, 195-204.
- Balta, M.T., Dinçer, I., Hepbaşlı, A., 2010. Performance and sustainability assessment of energy options for building HVAC applications. *Energy and Buildings* 42, 1320-1328.
- Baris, Y.I., Hoskins, J.A., Seyfikli, Z., Demir, A., 2002. Biomass lung: Primitive biomass combustion and lung disease. *Indoor and Built Environment* 11, 351-358.
- Bozkurt, Z., Arslanbaş D., Pekey, H., Pekey, B., Zararsiz, A., Doğan, G., Dumanoglu, Y.S., Bayram, A., Efe, N., Tuncel, G., 2007. Kocaeli'de farklı mikroçevrelerde uçucu organik bileşikler, ağır metaller ve inorganik gaz fazı kirleticilerin iç ve dış ortam seviyelerinin belirlenmesi, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2007, İzmir.
- Bulgurcu, H., İltan, N., Coşkun, A., 2007. Okullarda iç hava kalitesi problemleri ve çözümler. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 601-616, 2007, İzmir.
- Bulut, H., 2008. Isıtma sezonunda ofislerde iç hava kalitesinin araştırılması. *TMMOB Makina Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi* 105, 28-37.
- Canbazoglu, C., Dogru, M., Celebi, N., Kopua, G., 2012. Assessment of natural radioactivity in Elazığ region, eastern Turkey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 292, 375-380.
- Cetinkaya, Z., Fidan, F., Unlu, M., Hasenekoglu, I., Tetik, L., Demirel, R., 2005. Assessment of indoor air fungi in Western-Anatolia, Turkey. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* 23, 87-92.
- Cevik, U., Damla, N., Kobya, A.I., Celik, A., Celik, N., Van, A.A., 2009. Assessment of natural radioactivity of sand used in Turkey. *Journal of Radiological Protection* 29, 61-74.
- Cevik, U., Damla, N., Kobya, A.I., Celik, A., Kara, A., 2010. Radiation dose estimation and mass attenuation coefficients of marble used in Turkey. *Annals of Nuclear Energy* 37, 1705-1711.
- Cevik, U., Celik, A., Celik, N., Ozkalayci, F., Akbulut, S., 2013. Assessment of radiological levels at schools in Trabzon, Turkey. *Indoor and Built Environment* 22, 376-378.
- Ceylan, E., Ozkutuk, A., Ergor, G., Yucesoy, M., Itil, O., Caymaz, S., Cimrin, A., 2006. Fungi and indoor conditions in asthma patients. *Journal of Asthma* 43, 789-794.
- Colakoglu, G., 2004. Indoor and outdoor mycoflora in the different districts of the city of Istanbul (Turkey). *Indoor and Built Environment* 13, 91-100.

- Damla, N., Cevik, U., Kobyay, A.I., Celik, A., Celik, N., 2010. Assessment of natural radiation exposure levels and mass attenuation coefficients of lime and gypsum samples used in Turkey. *Environmental Monitoring And Assessment* 170, 457-466.
- Damla, N., Cevik, U., Kobyay, A.I., Celik, A., Celik, N., Yildirim, I., 2011. Assessment of natural radioactivity and mass attenuation coefficients of brick and roofing tile used in Turkey. *Radiation Measurements* 46, 701-708.
- Dural, E., Mergen, G., Isiner, B., Boran, E., Bacaksiz, A., Soylemezoglu, T., 2011. Determination of BTEX metabolites in urine and plasma of occupationally exposed workers and non-exposed individuals. *Toxicology Letters* 205, 122-122.
- Ekici, A., Ekici, M., Kurtipek, E., Akin, A., Arslan, M., Kara, T., Apaydin, Z., Demir, S., 2005. Obstructive airway diseases in women exposed to biomass smoke. *Environmental Research* 99, 93-98.
- Ekmekcioglu, D., Keskin, S.S., 2007. Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey. *Indoor and Built Environment* 16,169-176.
- Erees, F.S., Akozcan, S., Parlak, Y., Cam, S., 2006. Assessment of dose rates around Manisa (Turkey). *Radiation Measurements* 41, 598-601.
- Evcı, D., Vaizoğlu, S.A., Özdemir, M., Ayca, S., Güler,Ç., 2005. Ankara'da 46 kahvehanehanede formaldehit düzeylerinin belirlenmesi. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni* 4, 129-135.
- Gelincik, A.A., Buyukozturk, S., Gul, H., Gungor, G., Issever, H., Cagatay, A., 2005. The effect of indoor fungi on the symptoms of patients with allergic rhinitis in Istanbul. *Indoor and Built Environment* 14,427-432.
- Goksel, O., Celik, GE, Erkeköl, FO, Gullu, E., Mungan, D., Misirligil, Z., 2009. Triggers in adult asthma: are patients aware of triggers and doing right? *Allergologia et Immunopathologia* 37, 122-128.
- Gül, H., Can, G., Yurtsever, E., Güngör, G., 2009. The health complaints of white collar workers and indoor air quality in non-industrial workplaces. *Nobel Medicus* 5, 67-73.
- Gül, H., İşsever H., Güngör G., 2007. Occupational and environmental risk factors for the sick building syndrome in modern offices in İstanbul: A cross-sectional study. *Indoor and Built Environment*16, 47-54.
- Gül, H., Gaga, E.O., Döğeroğlu, T., Özden, Ö., Ayvaz, Ö., Özel, S.,Güngör, G., 2011. Respiratory health symptoms among students exposed to different levels of air pollution in a Turkish city. *International Journal of Environmental Research Public Health* 8, 1110-1125.
- Gülbahar, O., Korkmaz, M., Erdem, N., Gokmen, N.M., Sin, A.Z., Ardeniz, O., Uluer, H., Kokuludağ, A., 2012. An important source for cat and house dust mite allergens: Day-care-centers. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi* 32, 750-758.
- Güllü, G., Arısoy, A., Taner, O., Kuntasal, O., Menteşe, S., Güner, E.D., 2008. İç ortam havasında biyoaerosol seviyesinin tespiti ve giderim yollarının belirlenmesi. 106Y185 Nolu TÜBİTAK Projesi, Final Raporu.
- Güllü G., Menteşe, S., 2009. Farklı türdeki iç ortamlarda gözlenen ince partiküler madde konsantrasyonları, Boyut Dağılımları ve Mevsimsel Değişimleri, IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 2009, İzmir.
- Günbatar, H, Sertogullarından, B., Ozbay, B.,Avcu, S., Bulut, G., Kosem, M., 2012. Chronic effects of environmental biomass smoke on lung histopathology in Turkish non-smoking women: A case series. *Arhiv Za Higijenu Rada i Toksikologiju* 63, 357-365.
- Horner, W.E., Helbling, A., Salvaggio, J.E., 1995. Fungal allergens. *Clinical Microbiology Reviews* 8, 161-179.
- Inal, A., Karakoc, G.B., Altintas, D.U., 2007. Effect of indoor mold concentrations on daily symptom severity of children with asthma and/or rhinitis monosensitized to molds. *Journal of Asthma* 44, 543-546.
- Issever, H., Ozyildirim, B., Ince, N., Ince, H., Bayraktarli, R., Gelincik, A., Ozseker, F., Erelel, M., Buyukozturk, S., Gungor, G.Y., 2011. Fungal flora at solid waste storage centres and their potential allergenic effects on the workers. *Indoor and Built Environment* 20, 340-345.
- Kalogerakis, N., Paschali, D., Lekaditis, V., 2005. Indoor air quality - bioaerosol measurements in domestic and office premises. *Journal of Aerosol Science* 36, 751-761.
- Kalpakioglu, A.F., Emekçi, M., Ferizli, A.G., Misirligil, Z., 1997. House dust mite fauna in Turkey. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology* 7, 578-82.
- Kalyoncu, F., Ekmekci, S., 2008. Culturable airborne fungi in outdoor environments in Manisa, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* 17, 844-848.
- Kam, E., Bozkurt, A., 2007. Environmental radioactivity measurements in Kastamonu region of northern Turkey. *Applied Radiation and Isotopes* 65, 440-444.
- Kam, E., Bozkurt, A., Ilgar, R., A., 2010. Study of background radioactivity level for Canakkale, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 168, 685-690.
- Keskin, Y., Özyaral, O., Başkaya, R., Aslan, H., Hayran, O., 2005a. Bir lise binası kapalı alan atmosferine ait mikrobiyolojik içeriğin hasta bina sendromu açısından öğretmen ve öğrenciler üzerindeki etkileri. *Astım Allerji İmmünoloji Dergisi* 3, 116-130.
- Keskin, Y., Özyaral, O., Başkaya, R., Lülecı, E.N., Avcı, S., Susur Acar, M., 2005b. Bir kamu binası iç alan atmosferinin mikrobiyolojik kalitesi ve iş ortamı algısının hasta bina sendromu açısından sorgulanması. *Astım Allerji İmmünoloji Dergisi* 3, 56-67.
- Keskin, S., Kılıç, S., 2010. Seçilen bir hastanede iç ortam havası partikül madde kütle konsantrasyonları, XII. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 16-18, 2010, İstanbul.
- Koksal, E.M., Celebi, N., Ozcinar, B., 1993. Indoor Rn-222 concentrations in Istanbul houses. *Health Physics* 65, 87-88.
- Köksal, H., Saygı, A., Sarıman, N., Alıcı, E., Yurtlu, S., Yılmaz, H., Duzgun Y., 2013. Evaluation of clinical and functional parameters in female subjects with biomass smoke exposure. *Respiratory Care* 58, 424-430.
- Kucukomeroglu, B., Maksutoglu, F., Damla, F., Cevik, U., Celebi, N., 2012. A study of environmental radioactivity measurements in the Samsun province, Turkey. *Radiation Protection Dosimetry*, 152, 369-375.
- Kuş, M., Okuyan, C., Bulut, H., Bulgurcu, H., 2008. Üniversite dersliklerinde iç hava kalitesinin değerlendirilmesi. VIII. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, 223-237, 2008, İstanbul.

- Lakestani, S., Karakas, B., Acar Vaizoglu, S., Guciz Dogan, B., Guler, C., Sekerel, B., Taner, A., Gullu, G., 2013. Comparison of indoor and outdoor air quality in children homes at prenatal period and one year old. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 78, 143-147.
- Lippmann, M., 2012. Particulate matter (PM) air pollution and health: regulatory and policy implications. *Air Quality Atmosphere and Health* 5, 237-241
- Mentese S., Gullu, G., 2006. Variations and sources of formaldehyde levels in residential indoor air in Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment* 15,273-281.
- Mentese, S., Rad, A.Y., Arisoy, M., Gullu, G., 2009. Spatial variation of bioaerosol levels in the urban atmosphere of Ankara. *Ekoloji* 19, 21-28.
- Mentese, S., Rad, A., Arisoy, M., Gullu, G., 2012. Seasonal and spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey. *Indoor and Built Environment* 21, 797-810.
- Menteşe, S., 2013. İkincil organik aerosollerin iç ortamlarda oluşma mekanizması. 11. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 2013, İzmir.
- Metinbaş, S., Kurt, E., 2010. PARFAİT Study Group, Geo-climate effects on asthma and allergic diseases in adults in Turkey: result of PARFAİT study. *International Journal of Environmental Health Research* 20, 189-199.
- Ocak, Y., Kilicvuran, A., Eren, A.B., Sofuoglu, A., Sofuoglu, S.C., 2012. Exposure to particulate matter in a mosque. *Atmospheric Environment* 56, 169-176.
- Okten, S., Asan, A., 2012. Airborne fungi and bacteria in indoor and outdoor environment of the pediatric unit of Edirne government hospital. *Environmental Monitoring and Assessment* 184, 1739-1751.
- Onoglu, N., Onal, A.E., Gungor, G., Ayvaz, O., Ozel, S., 2011. Microbiological evaluation of indoor air of kindergartens in Fatih District of Istanbul. *Indoor and Built Environment* 20, 618-625.
- Ovet, H., Ergin, C., Kaleli, I., 2012. Investigation of mold fungi in air samples of elementary schools and evaluation of allergen-specific IgE levels in students' sera. *Mikrobiyoloji Bulteni* 46, 266-275.
- Ozkutuk A, Ceylan E, Ergor G, Yücesoy, M., Itil, O., Caymaz, S., Cimrin, A., 2008. The relationship between moulds isolated from indoor air and features of the house environment, *Indoor and Built Environment* 17, 269-273.
- Pala, K., Akis, N., Izgi, B., Gucer, S., Aydin, N., Aytekin, H., 2002. Blood lead levels of traffic policemen in Bursa, Turkey. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 205, 361-365.
- Pala, K., Türkkkan, A., Gücer, S., Osman, E., Aytekin, H., 2009. Occupational Lead Exposure: Blood Lead Levels of Apprentices in Bursa, Turkey. *Industrial Hygiene* 47,1,97-102.
- Pekey, B., Bozkurt, Z.B., Pekey, H., Dogan, G., Zararsiz, A., Efe, N., Tuncel, G., 2010. Indoor/outdoor concentration and elemental composition of PM₁₀/PM_{2.5} in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *Indoor Air* 20, 112-125.
- Pekey, H., Arslanbas, D., 2008. The relationship between indoor, outdoor and personal VOC concentrations in homes, offices and schools in the metropolitan region of Kocaeli, Turkey. *Water Air and Soil Pollution* 191, 113-129.
- Razi, C.H., Akin, K.O., Harmanci, K., Ozdemir, O., Abaci, A., Hizli, S., Renda, R., Celik, A., 2012. Relationship between hair cadmium levels, indoor ETS exposure and wheezing frequency in children. *Allergologia et Immunopathologia*, 40, 51-59.
- Sarica, S., Asan, A., Oktun, M.T., Ture, M., 2002. Monitoring indoor airborne fungi and bacteria in the different areas of Trakya University Hospital, Edirne, Turkey. *Indoor and Built Environment* 11, 285-292.
- Scheepers, P.T.J., Konings, J., Demirel, G., Gaga, E.O., Anzion, R., Peer, P.G.M., Dogeroglu, T., Ornektekin, S., Van Doorn, W., 2010. Determination of exposure to benzene, toluene and xaylenes in Turkish primary school children by analysis of breath and by environmental passive sampling. *Science of the Total Environment* 408, 4863-4870.
- Schulze, T., Eicker, E., 2013. Method for simplified calculation of controlled natural ventilation. *Bauphysik* 35, 99-106.
- Sen, G.Y., Ichedef, M., Sac, M.M., Yener, G., 2013. Effect of natural gas usage on indoor radon levels. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 295, 277-282.
- Sofuoglu, A., Kiyemet, N., Kavcar, P., Sofuoglu, S.C., 2010. Polycyclic and nitro musks in indoor air: a primary school classroom and a women's sport center. *Indoor Air* 20, 515-522.
- Sofuoglu, S.C., Aslan, G., İnal F., Sofuoglu, A., 2011. An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 214,1,38-46.
- Sofuoğlu, S.C., Sofuoğlu, A., 2011. İlköğretim okullarında bina-içi çevresel kalite: İzmir çalışması sonuçlarının değerlendirilmesi. *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 1751-1766, 2011, İzmir.
- Sumer, H., Turaclar, U.T., Onarlıoğlu T., Ozdemir, L., Zwahlen, M., 2004. The association of biomass fuel combustion on pulmonary function tests in the adult population of Mid-Anatolia, *Sozial- und Praventivmedizin* 49, 247-253.
- Şahin, U.A., Kurutas, B., 2012. Assessment of fine particulate matter and gaseous pollutants in workplace atmosphere of metallic industry. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 89, 898-904.
- Takbas, O.F., Güleç, M., Odabaşı, E., Vaizoğlu S.A., Güler Ç., 2009. Determination of carbon monoxide levels in coffee shops in Ankara. *Indoor and Built Environment* 18, 130-137.
- Turhan, S., Varinlioglu, A., 2012. Radioactivity measurement of primordial radionuclides in and dose evaluation from marble and glazed tiles used as covering building materials in Turkey. *Radiation Protection Dosimetry* 151, 546-555.
- Ünlü, M., Ergin, C., Cirit, M., 2003. Molds in the homes of asthmatic patients in Isparta, Turkey. *Asian Pacific Journal of Allergy and Immunology* 21, 21-24.
- Turktaş, I., Selcuk Z.T., Kalyoncu A.F., 2001. Prevalence of asthma-associated symptoms in Turkish children. *Turkish Journal of Pediatrics* 43,1-11.
- Vaizoğlu, S.A., Aycan, S., Akin, L., Koçdor, P., Pamukçu, G., Muhsinoğlu, O., Özer, F., Evci, D., Güler, Ç., 2005. Determination of formaldehyde levels in 100 furniture workshops in Ankara. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* 207, 157-163.



Review Article

Indoor Air Quality Studies in Turkey

Gülen Güllü[✉]

Hacettepe University, Department of Environmental Engineering, 06800 Beytepe Ankara, Turkey

Received: July 3, 2013; Accepted: November 5, 2013

ABSTRACT

In this article, indoor air quality studies performed in Turkey and published in refereed journals were evaluated in order to improve the available scientific evidence being introduced and to determine the necessary additional studies, and also to reveal present situation of indoor air quality, to identify priority areas, and to define measures to be taken regarding public health core programs. As a result of examination, it has been found that a large part of the published studies belong to monitoring results of PM, radon, bioaerosol, and VOC. Twenty percent of the studies were related to the indoor air quality and health interactions for vulnerable individuals such as elderly and children, 18% related to the development of natural and mechanical ventilation models for indoor environments, 14% related to determination of the natural radioactivity and radon levels at indoor environments, 5% related to sick building syndrome, and 3% aimed to develop methodology for the sampling and analysis. Especially bioaerosols results obtained from the studies are not comparable due to the differences in sampling and analysis methodologies. For the future studies, suggestions related to the indoor air quality monitoring surveys and indoor air quality – health interaction studies are given.

Keywords: indoor air quality, Turkey, particulate matter, bioaerosol, VOC.

© Turkish National Committee of Air Pollution Research and Control.