



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **KREŞ VE ANAOKULLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ ÇALIŞMALARI**

**S. SİNAN KESKİN**  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ



# KREŞ VE ANAOKULLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİ ÇALIŞMALARI

S. Sinan KESKİN

## ÖZET

İç ortam hava kalitesi çalışmaları son yıllarda pek çok ülkede bilim adamlarının ilgisini çekmektedir. Bu bağlamda, küçük çocukların çevre hijyeni konusunda sınırlı olan bilinç ve dikkatleri ve de henüz fizyolojik gelişimlerinin başında olmaları sebebiyle de kreş ve anaokullarının özel bir önemi vardır. Erken yaşlarda çevre kirliliğine maruz kalmanın çocukların fizyoloji ve metabolizmalarında kalıcı değişikliklere yol açabildiği ve bunun da yetişkin dönemde ortaya çıkan bazı hastalıklara yol açtığı konusunda bulgular vardır. Merkezi sinir sisteminin küçük yaşlarda savunma mekanizmalarının oluşmadığı ve çevresel kirliliğin yarattığı olumsuz etkilere açık olduğu bilinmektedir. Bu sebeplerle, okul öncesi yaştaki çocuklar potansiyel olarak en yüksek risk grubunu oluştururlar. Kreş ve anaokullarında iç ortam havasında mevcut kirleticiler olarak solunabilir partikül maddeleri, çeşitli inorganik ve organik gazları, küf ve bakteri gibi biyolojik kökenli kirleticileri, metal içeren tozları ve radon gazını sayabiliriz. Bu kirleticilerin kaynakları iç ortamda olabileceği gibi, dış ortamdan iç ortama aktarılan havadan kaynaklı da olabilir. Solunabilir partikül maddelerin çocuklarda astım, bronşit gibi solunum yolu hastalıkları ile alerjik rahatsızlıklara yol açtıkları bilinmektedir. Okul öncesi eğitim kurumlarında kullanılan mobilyaların, duvarların ve kapıların malzemelerinin, ayrıca ortamdaki rutubet oranının mukoza ve cilt rahatsızlıkları ile merkezi sinir sisteminin tanısı konulamayan rahatsızlıklarıyla ilişkili oldukları epidemiyolojik çalışmalarla gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kreş, Anaokulu, İç ortam, Hava kirliliği, Yer tozu, Sağlık etkileri

## ABSTRACT

Indoor air quality studies attracted interest of scientists in many countries in recent years. In this context, child care centers and preschools are especially important due to limited consciousness and care of preschool children about environmental hygiene and their less developed physiology. There are indications that exposure to environmental pollution in early childhood can result in permanent changes in physiology and metabolism of children that can result in some diseases in adulthood. It is also known that central nerve system lacks the defense mechanisms in early childhood and therefore prone to negative effects due to environmental pollution. For these reasons, preschool children potentially form the highest risk group. Respirable particulates, various inorganic and organic gases, biological pollutants such as mold and bacteria, dust with metals, and radon gas can be mentioned as indoor air pollutants in child care centers and preschools. These pollutants either originate from indoor sources or brought into indoor environment through outdoor-indoor air transfer. It is known that respirable particulates can cause respiratory tract diseases such as asthma and bronchitis together with allergic diseases. Epidemiologic studies showed that materials used in furniture, walls, and doors in preschool buildings and dampness levels are associated with problems related to mucous membrane, skin, and central nerve system diseases with unknown causes.

**Key Words:** Nursery, Preschool, Indoor environment, Air pollution, Settled dust, Health effects

## 1. GİRİŞ

Dünyanın birçok bölgesinde yirminci yüzyılın ikinci yarısında yoğunlaşan endüstrileşme ve şehirleşme, bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda, astım ve alerji gibi kronik hastalıklar ile otizm spektrum bozuklukları gibi bazı nörotik gelişim rahatsızlıklarında dikkat çekici artışlar olmuştur [1,2]. Bu artışın bir kısmı tıbbi teşhis tekniklerindeki ilerlemeler ve sağlığa yönelik artan ilgiye bağlanabilirse de, ana faktörün çevresel etkiler olduğuna yönelik önemli bulgular vardır.

Erken çocukluk eğitim kurumları olarak kreşler, özel anaokulları ve kamu anaokulları hizmet vermektedirler. Kreş ve anaokullarında çocukların uçucu organik bileşikler, pestisitler, küf ve kurşun gibi kirleticilere maruz kalabildikleri bilinmektedir [3-5]. Bu durum, astım ve diğer solunum yolu hastalıklarının ilerlemesine veya nörolojik gelişimin aksamasına neden olabilmektedir. Bu sebeple bazı ülkeler iç ortam kirleticileri ile ilgili limitler koymuşlardır. Bu kurumlarda iç ortam hava kirleticilerden ve yer tozundan kaynaklanabilecek olası sağlık risklerini belirleyebilmek ve gerekli tedbirleri alabilmek için bu kirleticilere maruziyetin belirlenmesi gerekmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar bu kurumların iç ortamlarında değişik kimyasalların, pestisitlerin, alerjenlerin ve kurşun elementinin bulunabildiğini göstermiştir [3,6,7]. Bu yaş gurubundaki çocukların söz konusu kirleticilere maruziyetleri birim vücut ağırlıkları başına solunan hava, yenen gıda ve içilen su daha fazla olduğu için yetişkinlere kıyasla daha yüksektir. Ayrıca, immünolojik, fizyolojik ve nörolojik gelişimlerini henüz tamamlamadıklarından kimyasal ve toksinlerin olumsuz etkilerine daha açıktırlar [8]. Dolayısıyla, uzun bir zaman diliminin geçirildiği kreş ve anaokullarında iç ortam hava kalitesi şartlarının bu rahatsızlıkların ortaya çıkması ile ilişkili olduğu ileri sürülmektedir. Artan endüstrileşme ile beraber, iç ortamlarda kullanılan mobilyalar, yer kaplamaları, tekstil ürünleri, boyalar, temizlik ürünleri, kozmetikler ve plastiklerin içerdiği kimyasallara maruziyet artmıştır [9-11]. Bu maruziyetlerin çocuklarda daha fazla etki gösterdiği düşünülmektedir [12,13].

Kronik hastalıklar genellikle üç aydan daha uzun bir süre devam eden rahatsızlıklar olup, astım, egzama, alerjik nezle ve otizm spektrumu bozuklukları bu kapsamda ele alınabilirler. Bu rahatsızlıklara sahip olan çocuklar sıklıkla nöbetlere maruz kalabilmekte ve buna bağlı olarak gelişimlerinde yavaşlama, eğitimlerinde aksama, aile ortamında stres oluşumu ve sağlık harcamalarının artması gibi istenmeyen etkiler ortaya çıkabilmektedir. Bu sebeplerle, bu rahatsızlıklarla ilgili risk faktörlerinin anlaşılması, etkin korunma ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi bakımından çok önemlidir [14].

Geçmişte tahta ve tuğla gibi doğal malzemelerle yapılan ve döşenen binaların yerini son 40-50 yıldır daha sofistike endüstriyel malzemelerle inşa edilen ve döşenen binalar almış, bunun sonucunda da iç ortama salınan kimyasal emisyonlar artmıştır. Bunun yanında, artan enerji maliyetleri dolayısı ile geliştirilen ısı yalıtım uygulamaları binaların havalandırma değerlerini azaltmış, dolayısı ile söz konusu kimyasalların iç ortam konsantrasyonları ve nem değerleri artmıştır. Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Odası (ASHRAE)'nin 55 nolu standardına göre iç ortam nem oranı % 30 ile % 65 aralığında seyretmelidir. Yine bu standarda göre hava hareketi 0,15 ile 0,50 m/s aralığında olmalıdır. Bakteriler, virüsler, küfler, toz akarları ve alerjenler gibi mikrobiyolojik organizmalar da iç ortamlarda bulunabilmekte ve bunların özellikle astım rahatsızlıklarını tetikledikleri bilinmektedir. Binalarda rutubet probleminin öksürük, hırıltı gibi solunum yolları rahatsızlıkları ve astım ile ilişkili olduğunu gösteren epidemiyolojik çalışmalar mevcuttur [15]. Ayrıca, artan dış ortam havasındaki kirlilik belirli oranlarda iç ortam havasını da etkilediğinden, bu da gaz ve partikül kirletici miktarlarını artıran bir faktör olmuştur.

Sentetik yer döşemelerinde bulunan fitalatlar gibi kimyasallar ile formaldehit de astım riskini artırmaktadırlar [16,17]. Fitalatların endokrin bozucu kimyasallar (EDC) oldukları ve astım-alerji ile ilişkili olduklarına yönelik çalışmalar bulunmaktadır [10,18]. Uçucu organik bileşikler sınıfında olan ve su bazlı boyalar ile su bazlı temizlik ürünlerinde bulunan propilen glikol ve glikol eterlerin (PGEs) okul öncesi çocuklarda alerjik rahatsızlıklarla ilişkili olduğu gözlenmiştir [19]. Pestisitler ve poliklorlu bifeniller (PCBs) gibi kimyasalların fetüs ve küçük çocukların merkezi sinir sistemi üzerinde daha fazla olumsuz etkilere sahip oldukları gözlenmiştir [13].

## 2. AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ'NDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Bradman Kaliforniya Çalışması

Bu çalışma, Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley Yerleşkesi bünyesinde bulunan Çevre Araştırmaları ve Çocuk Sağlığı Merkezi tarafından Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaletinde 2010 ile 2011 yılları arasında 40 kreş ve anaokulunda Kaliforniya Çevre Koruma Ajansı için gerçekleştirilmiş bir araştırmadır. Bu çalışmayı diğerlerinden ayıran en önemli faktör, aynı anda iç ortam havası ve yer tozlarında uçucu organik bileşikler, fitalatlar, alev geciktirici kimyasallar, pestisitler, herbisitler, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, perflorinli bileşikler, kurşun konsantrasyonu ve havalandırma hızının bulunduğu çok sayıda parametrenin ölçümünü içeren oldukça detaylı bir çalışmadır [20].

Havalandırma hızı veya hava değişim hızı kirleticilerin iç ortam kaynaklarının irdelenmesi ve dış ortam ile iç ortam arasındaki ilişkinin ortaya konması anlamında önemli bir parametredir. Bu parametrenin belirlenmesi için kabul görmüş bir yöntem, iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonunun sürekli ölçümü ve ardından kütle dengesi modelinden hesaplanmasıdır [21-24]. Bir diğer yaklaşım ise, ortama CO<sub>2</sub> gazının iz molekül olarak kontrollü salımı ve ardından da bozunma eğrilerinin kullanımınıdır [25,26]. Bu çalışmada iç ortam hava değişim hızı medyan değeri saatlik 1,4 olarak bulunmuş olup, bu değer Kaliforniya Bina Standartlarına göre minimum hava değişim hızı olan saatlik 0,35 değerinin üzerindedir. Karbonmonoksit medyan ve maksimum konsantrasyonları sırası ile 2,2 ppm ve 4,0 ppm olarak bulunmuş olup, sağlık esaslı yönetmeliklere uygundur.

İç ortam havasında ölçülen en yüksek uçucu organik bileşik (UOB) medyan konsantrasyonları temizlik ürünlerinde kullanılan bir solvent olan d-limonin için 33 µg/m<sup>3</sup> (0,8-82) ve kişisel bakım ürünlerinde kayganlaştırıcı olarak kullanılan dikametilsiklopentasiloksan için 51 µg/m<sup>3</sup> (2,6-88) olarak bulunmuştur. Bir terpen olan d-limonen solunum yolları tahrişine ve diğer UOB ile birlikte ozon ile reaksiyon sonucu ikincil hava kirleticilerin oluşmasına yol açabilir. Formaldehit ve asetaldehit medyan konsantrasyonları 17,8 µg/m<sup>3</sup> (0,7-48,8) ve 8,5 µg/m<sup>3</sup> (0,7-23,3) olarak bulunmuştur. Formaldehit değerleri okulların % 87,5'inde Kaliforniya 8 saatlik Referans Maruziyet Seviyesi (REL) ve kronik REL sınır değeri olan 9 µg/m<sup>3</sup> değerini aşmıştır. Asetaldehit değerleri aynı standardın 8 saatlik ve kronik sınır değerleri olan 300 µg/m<sup>3</sup> ve 140 µg/m<sup>3</sup> seviyelerinin altında olmakla beraber, okulların % 30'unda U.S. EPA Referans Konsantrasyon (RfC) sınır değeri olan 9 µg/m<sup>3</sup> seviyesini aşmıştır. Bu bileşikler solunum yolları tahriş ediciler ve kanserojenler olarak bilinmektedirler. Çoğu okulda beş tür UOB (benzen, kloroform, etilbenzen, asetaldehit ve formaldehit) seviyeleri kanserojen etkileri bakımından çocuklarda Kaliforniya Eyaleti'nin Çevre Sağlığı Tehlike Tayin Ofisinin (OEHHA) Önemli Olmayan Risk Seviyesi (NSRL) güvenli değer sınırlarını (13 µg/gün, 40 µg/gün, 54 µg/gün, 90 µg/gün, 40 µg/gün) aşmıştır. Genel olarak iç ortam UOB değerleri dış ortam değerlerinin oldukça üzerinde ölçülmüş ve hava değişim hızları ile ters orantılı oldukları bulunmuş olup, bunların esas olarak iç ortam kaynaklarından geldiklerinin bir göstergesidir. Ölçümü hedeflenen UOB'ler yanında, yüzde fazla UOB türünün de okul iç ortamlarında bulunduğu olası olduğu bildirilmiştir.

Fitalatlar yaygın olarak plastik malzemelerin esnekliğini, şeffaflığını, dayanıklılığını ve ömrünü artırmak amacıyla kullanılan kimyasallar olup, incelenen tüm hava ve toz örneklerinde tespit edilmişlerdir. Fitalat bileşiklerinin hayvanlarda normal hormonal fonksiyonları bozduğu bilinmektedir. Beş tür fitalat ester bileşiği hem iç ortamdaki tozlarda, hem de iç ve dış ortam havasında ölçülmüştür [27]. Di (2-etilheksil) fitalat (DEHP) ve bütil benzil fitalat (BBzP) yer tozunda baskın olan bileşikler olup, medyan konsantrasyonları sırası ile 172,2 µg/g ve 46,8 µg/g olarak ölçülmüşlerdir. İç ortam havasında dibütil fitalat (DBP), dietil fitalat (DEP) ve diizobütil fitalat (DIBP) baskın olup, medyan konsantrasyonları sırası ile 0,52 µg/m<sup>3</sup>, 0,21 µg/m<sup>3</sup> ve 0,1 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüşlerdir. Sonuçlar bu yaş grubundaki çocukların %82-89'unun DBP maruziyeti bakımından üreme sağlığı risk sınır değerini (8,7 µg/gün) aştığını, 2 yaşın altındaki %8-11'inin ise DEHP maruziyeti bakımından kanser risk değerini (310 µg/gün) aştığını göstermiştir.

Havada ve yer tozlarında alev geciktirici konsantrasyonlarının ölçümünde, havada düşük seviyelerde altı tür polibromlu difenil eter (PBDE) ve ikisi Firemaster 550 bileşeni, birisi tris 2-kloroetil fosfat (TCEP), birisi de tris 1,3-dikloroizopropil fosfat (TDCPP) olmak üzere dört tür non-PBDE esaslı alev geciktirici bileşik tespit edilmiştir [28]. Toz örneklerinin tamamında bu bileşikler gözlenmiş olmakla birlikte, PBDE kütlelerinin çoğunu BDE47, BDE99 ve BDE209 bileşikleri oluşturmuştur. TCEP ve

TDCPP medyan konsantrasyonları sırası ile 319 ng/g ve 2265 ng/g olarak bulunmuşlardır. Bu değerler uyku ünitelerine sahip olup, sünger malzemeler bulunduran birimlerde önemli oranda yüksek bulunmuştur. Birimlerin %51'inde TDCPP seviyeleri 6 yaşından küçük çocuklar için belirlenmiş olan sınır değeri (1,4 µg/gün) aşmıştır.

Piretrin içeren pestisitler bu çalışmada incelenen tüm kurumlarda ölçülebilir seviyelerde ve ölçülen diğer pestisitlerden daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuşlardır. Bunlar nörotoksinler olmakla birlikte, organofosfat (OP) içeren pestisitlere kıyasla insanlar için daha az toksiktirler. Diazinon ve klorprifos gibi OP pestisitleri her ne kadar iç ortamlarda kullanımları yasaklanmışlarsa da, bu çalışmadaki birimlerin % 90'ından fazlasında tespit edilmişlerdir. Bunun sebebi olarak, iç ortamlardaki düşük düzeyli ışık, nem ve biyolojik aktivite sebebiyle bu kimyasalların uzun sürelerle mevcudiyetlerini sürdürebilmeleri gösterilmiştir. Tarımsal faaliyetlerin bulunduğu bölgelerde yer alan kreş ve anaokullarında herbisit daktal konsantrasyonlarının hem hava hem de tozlarda şehir bölgelerindekilere oranla daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmada, iç ve dış ortamlardaki PM<sub>10</sub> medyan konsantrasyonları sırası ile 47,6 ve 28,9 µg/m<sup>3</sup> olarak, PM<sub>2,5</sub> medyan konsantrasyonları ise 15,0 ve 16,2 µg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. İç ortam PM<sub>10</sub> konsantrasyonları okulların % 46'sında, PM<sub>2,5</sub> konsantrasyonları ise % 11'inde geçerli yönetmeliklerin belirlediği 24 saatlik limitlerin (150 µg/m<sup>3</sup> ve 35 µg/m<sup>3</sup>) üzerindedirler. Çok ince partiküllerin (UFP) konsantrasyonları genellikle kararlı bir seyir izlemiş, ancak gazlı ocakların kullanıldığı pişirme faaliyetleri sırasında bu değerler bin katına kadar yükselebilmişlerdir. UFP medyan konsantrasyonları kurumsal anaokullarında 11997 adet/cm<sup>3</sup> iken, ev tipi kreşlerde 39071 adet/cm<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Her ne kadar UFP ile ilgili sağlık tabanlı standartlar yoksa da, ince ve çok ince partiküller için temel endişe kaynağı, bunların akciğerlerin fonksiyonlarını zayıflatmaları ve astım gibi mevcut solunum yolu hastalıklarını azdırmalarıdır.

Perflorinli bileşikler (PFC) düşük buhar basınçlarına sahip olduklarından havadaki ölçümleri başarısız olmuştur. İç ortam tozlarında ölçümleri yapılan 10 PFC bileşiği içinde en yaygın olanları perflorooktanoik asit (PFOA) ve perflorooktan sülfonik asit (PFOS) sırası ile okulların % 72 ve % 54'ünde tespit edilmişlerdir. PFOA, fare deneylerinde karaciğer, testis ve pankreas tümörleriyle ilişkilendirilmiştir.

Kurşun, toz örneklerinin hemen hemen tamamında gözlenen bir element olup, çocukların maruziyeti hem kanserojen etkileri, hem de özellikle gelişim toksisitesi sebebiyle risk kaynağıdır. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (U.S. EPA) iç ortamlarda kurşun sınır değerini yüzeylerden silme yöntemi ile elde edilen örnekler için 40 µg/ft<sup>2</sup> olarak belirlemiştir. Bu çalışmada vakum tekniği ile örnek toplanmış ve örneklerin % 95'inde çocukların toprak ile oynamalarında sınır değer olarak belirlenen 400 ppm seviyesinin altında değerler gözlenmiştir. U.S EPA, kurşun için güvenli bir maruziyet seviyesi olmadığını düşündüğünden bir referans dozu belirlememiştir.

## 2.2. Diğer Çalışmalar

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir çalışmada uçucu organik bileşikler, aldehitler ve diğer karboniller, polenler, kültür edilebilir mikroorganizmalar ve havadaki partikül maddeler ölçülmüştür [5]. Ayrıca pestisitler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), metal ve alerjenlerin ölçülmesi için yer tozu örnekleri de toplanmıştır. Havada ölçülen 15 aldehit ve diğer karbonillerin içinde kreş ve anaokullarında en sık rastlananlar formaldehit ve asetaldehit olmuşlardır. Ortalama formaldehit konsantrasyonları dış ortam havasında 3,5 ppb iken, iç ortam havasında 12 ppb olarak ölçülmüştür. Yüksek formaldehit konsantrasyonlarının sıcaklık, sınıfın inşa tarihinden itibaren geçen süre ve sınıflarda bulunan sunta, MDF gibi sıkıştırılmış tahta ürünlerinin miktarı ile ilişkili olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ortalama UOB konsantrasyonlarının da dış ortama göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada yer tozu örneklerinde analiz edilen yirmi pestisit içinde altısı yaygın olarak gözlenmiş, piretrin içeren bir böcek ilacı olan esfenvalerate ortalama 4,5 µg/g konsantrasyon ve 0,3 ng/cm<sup>2</sup> medyan yüzey birikimi ile en yüksek değerleri vermiştir. Tozda PAH seviyeleri oldukça düşük bulunmuştur. Tozda ölçülen 18 metal içinde 15 tanesi tüm örneklerde görülmüştür.

Yine Amerika Birleşik Devletleri'nde kreşlerle ilgili yapılan bir başka ulusal çalışmada çocukların kurşun elementi, alerjenler ve pestisitlere maruziyeti incelenmiştir [29]. Bu çalışmada yuvaların % 22'sinde ölçülebilir düzeyde alerjenler, % 80'inde piretrin ve OP içeren pestisitler tespit edilmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin Kuzey Karolayna eyaletinde dokuz kreşte gerçekleştirilen bir çalışmada, hava ve toz örneklerinde organofosfat (OP) ve piretrin içeren pestisitler, fitalatlar ve kalıcı organoklorin bileşikleri tespit edilmiş ve çocukların bu kimyasallara maruziyetinin önemli bir kısmının bu ortamlarda gerçekleştiği düşüncesi ifade edilmiştir [30]. Bunun yanında, 2009 yılında yapılan bir çalışmada, temizlikte kullanılan maddelerin yüzlerce kimyasal yaydığı ve bunlardan bazılarının astım tetikleyici ve kanserojen etkilere sahip olduğu bildirilmiştir [31]. Bir diğer çalışmada küf, hamamböceği gibi faktörlerin solunum yolu hastalıkları ile ilişkili olduğu bildirilmiştir [4].

### 3. AVRUPA VE ASYA'DA YAPILAN ÇALIŞMALAR

İsveç'te 1979 yılından beri süregelen bir uygulamada, Alerjen Sakımlı Kreşler (AADC), sıradan kreşlerin yanında devreye alınmıştır. Bu kreşlerde belirli sınırlamalar mevcuttur [32]. Bunlar, hem öğrencilerin ailelerinin, hem de çalışan personelin belirli kurallara uymalarını gerektirirler. Sigara kullanımı, kürklü evcil hayvan beslenmesi, parfüm kullanımı istenmez. Ayrıca bu kreşlerde PVC yer döşemeleri, rutubet, canlı çiçek bulundurulması, açık raflar, perdeler minimal tutulur. Günlük yer temizliği ve haftalık mobilyaların tozlarının alınması, yastık, çarşaf ve perdelerin sık yıkanması uygulamaları yapılır. Buralarda yerler yaygın olarak kuru elektrostatik paspaslama ve elektrik süpürgesi yöntemiyle temizlenir. Çalışanların tamamı alerjenler konusunda eğitim almışlardır. Stokholm'de yapılan bir çalışmada, AADC kreşlerinde iç ortam havası toz konsantrasyonları sıradan kreşlere kıyasla daha düşük bulunmuştur [33]. Bu kapsamdaki bir başka çalışmada, bu kreşlerdeki çöken tozlarda kedi kaynaklı alerjenlerin altı, köpek kaynaklı alerjenlerin dokuz kat daha düşük olduğu belirlenmiştir [34].

Singapur'da 104 çocuk yuvasında gerçekleştirilen bir çalışmada [35], UOB konsantrasyonları ölçülmüş ve bunun havalandırma türleri ile ilişkisi incelenmiştir. Ölçüm verileri üzerinde gerçekleştirilen istatistiksel Faktör Analizi sonucunda UOB kaynaklarının dördü iç ortam ve biri dış ortamdandır. Beş grupta toplanabileceği ifade edilmiştir. İlk faktör, yer döşemeleri ile bunların yapıştırıcıları ve parlaticıları, mobilya kaplamaları ve laminantlardan oluşan bina malzemeleri olarak belirlenmiştir. İkinci faktör olarak hava tazeleyiciler ve temizlik maddeleri belirlenmiştir. Üçüncü faktörün benzen gibi aromatikleri içerdiği ve trafik emisyonlarından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Dördüncü faktörün 2-bütoksi etanol ve izopropanol gibi su bazlı boyaların sinyalini taşıdığı belirlenmiştir. Beşinci faktörde formaldehit ve asetaldehit belirgin olup, sıkıştırılmış ahşap ürünlerinin sinyalini taşıdığı ifade edilmiştir. Bu çalışmada, çocuk yuvalarında kullanılan farklı havalandırma metodlarının iç ortam UOB konsantrasyonlarına etkileri incelenmiştir. Klima ya da klima ve mekanik havalandırmanın birlikte kullanıldığı birimlerde özellikle ağırlıklı olarak iç ortamdan yayılan UOB değerlerinin doğal havalandırma ya da doğal havalandırma ile iklimlendirmenin birlikte kullanıldığı hibrit şartlandırma birimlere kıyasla daha yüksek olduğu, bunun da daha düşük hava değişim oranlarına bağlı olduğu ifade edilmiştir. Bu durum, kaynakları hem iç ortam hem de dış ortam olabilen UOB'ler için söz konusu olmamıştır. Sonuç olarak, UOB maruziyetini azaltmanın temel prensibinin yalnızca havalandırma stratejilerini değiştirmek değil, bunların iç ortam kaynaklarının bertarafı olması gerektiği ifade edilmiştir.

İstanbul'un Fatih İlçesi'nde 2007 yılında yapılan bir çalışmada [36], 15 anaokulunda toplam mantar ve bakteri seviyeleri incelenmiştir. Sınıf, yemek odası, mutfak ve tuvaletlerdeki toplam bakteri miktarı sabah  $946,43 \pm 1033,79$  CFU.m<sup>-3</sup>, öğleden sonra ise  $849,29 \pm 594$  CFU.m<sup>-3</sup> olarak bulunmuştur. Toplam mantar miktarları ise sabahları  $489,64 \pm 441,25$  CFU.m<sup>-3</sup>, öğleden sonra ise  $993,39 \pm 1013,52$  CFU.m<sup>-3</sup> olarak bulunmuştur. *Cladosporium spp.* ve *Aspergillus spp.* en sık üreyen mantar türleri olarak belirlenmiştir. Alüminyum doğramaya sahip mekanlarda sabahları toplam mantar seviyelerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Halı döşemeye sahip mekanlarda mantar miktarlarının özellikle çocukların faaliyetlerinin arttığı öğleden sonraları arttığı belirlenmiştir. Beton ve tuğla binalarda toplam mantar miktarlarında bir farklılık gözlenmemiş, ancak toplam bakteri miktarları tuğla binalarda sabahları daha yüksek bulunmuştur.

İzmir’de bulunan üç ilkokul bünyesinde yer alan anaokullarında iç ortam havasında gerçekleştirilen UOB ve formaldehit ölçümlerinde [37], tolüen ve benzenin en yüksek konsantrasyona sahip UOB oldukları gözlenmiştir. Bunları, 1,3-diklorobenzen, etilbenzen, o-ksilen, p,m-ksilen, naftalin ve 1,2,4-trimetilbenzen bileşikleri izlemiştir. Çalışmada toplam UOB değerleri için ortalamalar 33 ile 130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında bulunmuştur. Formaldehit konsantrasyonları ise ölçülen en yüksek UOB konsantrasyonlarından daha yüksek bulunmuş olup, ortalamalar 67 ile 109  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında bulunmuştur. Sonuçlar kullanılarak yapılan sağlık riski değerlendirmesinde, kronik toksik risk seviyelerinin düşük olduğu, buna karşın benzen ve formaldehit kaynaklı kanserojen risklerin popülasyonun önemli bir oranı için kabul edilebilir risk seviyelerinin üzerine çıktıkları sonucuna varılmıştır.

Ankara’da 2006-2007 yıllarında gerçekleştirilen ve iki anaokulunu da kapsayan bir başka çalışmada [38], toplam bakteri sayımını ortalamasının anaokulları iç ortam havasında kışın 649 CFU.m<sup>-3</sup> ve yazın 1462 CFU.m<sup>-3</sup> olduğu gözlenmiştir. Bu değerlerin dış ortam havasında ölçülen değerlerden çok daha yüksek oldukları ve iç ortam CO<sub>2</sub> konsantrasyonları ile aralarında istatistiksel ilişki olduğu görülmüş, en yaygın türlerin *Micrococcus spp.*, *Staphylococcus spp.* ve *Bacillus spp.* oldukları gözlenmiştir. İç ortam havası ortalama mantar konsantrasyonlarının ise kışın 40 CFU.m<sup>-3</sup> ve yazın 93 CFU.m<sup>-3</sup> olduğu gözlenmiştir. Bu mantar konsantrasyonlarının, iç ortam CO<sub>2</sub>, bağıl nem ve sıcaklık değerleri ile dış ortam bağıl nem değerlerinden etkilendiği belirlenmiştir. En yaygın mantar türlerinin *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.* ve *Cladosporium spp.* oldukları gözlenmiştir.

Çanakkale’de 2012-2013 yıllarında gerçekleştirilen ve on anaokulunu da kapsayan bir başka çalışmada [39], ısınma sezonunda toplam bakteri sayım sonuçlarının belirgin bir artış gösterdiği, bunun da havalandırmanın azalmasına bağlı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, konsantrasyonlar ile kişi sayısı, binanın türü ve yaşı, en son duvar boyama ve yer yenileme zamanı ve ısınma ve pişirme maksatlı yakıt türü arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki bulunduğu bulunmuştur.

#### 4. SONUÇLAR

İç ortam havasında ölçülen kimyasalların çoğunun kaynakları inşaat malzemeleri, mobilyalar, tüketici ürünleridir. Örneğin, formaldehit için ana kaynaklar sunta, MDF, kontraplak gibi kompozit ahşap ürünleridir. Diğer kaynaklar olarak strafor yalıtım malzemeleri, tekstiller, boyalar, silikon esaslı yalıtım malzemeleri ve gazlı ocaklar gibi iç ortam yanma kaynakları sayılabilir [40]. Yüksek konsantrasyonlardaki bazı UOB’ler temizlik kimyasalları ve kişisel bakım ürünleri, boyalar, petrol ürünleri içeren temizleyiciler ve iç ortam yanma kaynaklarından yayılmakta, ayrıca bazı UOB’ler de muhtemelen yakın bölgelerdeki trafik emisyonları ile taşıtlardan yakıt buharlaşması yoluyla iç ortama girmektedirler [20]. Kloroform mevcudiyeti klorlu musluk sularından buharlaşma yoluyla ve çamaşır suyu (sodyum hipoklorit) içeren bazı tüketici ürünlerinden kaynaklanabilmektedir. Fitalatlar plastiklerden, oyuncaklardan, bazı inşaat malzemelerinden ve bazı tüketici ürünlerinden kaynaklanabilmektedirler. Alev geciktiriciler yoğun olarak mobilyalarda ve elektronik ürünlerde kullanılmaktadırlar. Muhtelif türlerde pestisitler haşere mücadelesi maksadıyla kullanımdan kaynaklanmaktadır.

Okul öncesi eğitim kurumlarında iç ortam hava kirliliğinin en alt seviyelere indirilebilmesi için aşağıdaki önlemlerin alınması faydalı olacaktır:

- Ulusal ve uluslararası nitelikteki düzenleme kurumlarının müsaade ettiği seviyelerin altında formaldehit içeren ahşap ürünlerinin kullanılması.
- Düşük formaldehit içeren ürünlerin tercih edilmesi ve baskılı tekstil ürünlerinin yıkandıktan sonra kullanılması.
- Gazlı ocak kullanımı esnasında aspiratör ve davlumbazların çalışır tutulması ve dışarıdan alınan hava ile havalandırmanın artırılması.
- Özellikle yüksek verimli partikül tutucu (HEPA) filtreye sahip bir elektrikli süpürge ile tozların sık temizlenmesi ve bu yolla tozlarda yüksek oranlarda bulunabilecek polibromlu difenil eter (PBDE), kurşun ve diğer metaller ile bazı fitalatlara maruziyetin azaltılması.





- Temizleme ürünlerinin kullanımında "yeşil" sertifikalı ve düşük UOB değerlerine sahip olanların tercih edilmesi.
- Eski pestisit, solvent ve temizlik ürünlerinin binadan uzaklaştırma yoluyla bertaraf edilerek iç ortam pestisit ve UOB değerlerinin düşürülmesi.
- Entegre haşere yönetim metotlarını kullanarak pestisit ihtiyacının ortadan kaldırılması veya kullanımının en az seviyelere indirilmesi.

## KAYNAKLAR

- [1] LAI, C.K., BEASLEY, R., CRANE, J., FOLIAKİ, S., SHAH, J. and WEILAND, S., Global variation in the prevalence and severity of asthma symptoms: phase three of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC), Thorax, 64, 476-483, 2009.
- [2] HERTZ-PİCCİOTTO, I. and DELWICHE, L., The rise in autism and the role of age at diagnosis, Epidemiology, 20, 84-90, 2009.
- [3] TULVE, N.S., JONES, P.A., NİSHİOKA, M.G. et al., Pesticide measurements from the First National Environmental Health Survey of Child Care Centers using a multi-residue GC/MS analysis method, Environ Sci Technol, 40, 6269-6274, 2006.
- [4] GOVEIA, M., SHAIKH, N., WINDHAM, G., BEMBOM, O., FELDMAN, K., and KREUTZER, R., Pediatric Asthma-Related Environmental Practices and Asthma Awareness in California Child Care Centers, Asthma, Allergy & Immunology, 18, 12-24, 2005.
- [5] California Air Resources Board (CARB), California Portable Classrooms Study, Report to the Legislature, Sacramento, CA: California Air Resources Board Research Division; 2004. [http://www.arb.ca.gov/research/indoor/pccs/leg\\_rpt/pccs\\_r2l.pdf](http://www.arb.ca.gov/research/indoor/pccs/leg_rpt/pccs_r2l.pdf).
- [6] BREYSSE, P., FARR, N., GALKE, W., LANPHEAR, B., MORLEY, R., BERGOFKY, L., The relationship between housing and health: children at risk, Environ Health Perspect, 112, 1583-1588, 2004.
- [7] U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Child-Specific Exposure Factors Handbook. Washington, D.C.: National Center for Environmental Assessment; Report No.: EPA-600-P-00-002B, 2002.
- [8] COHEN HUBAL, E.A., SHELDON, L.S., BURKE, J.M. et al., Children's exposure assessment: a review of factors influencing children's exposure, and the data available to characterize and assess that exposure, Environ Health Perspect, 108, 475-486, 2000.
- [9] WESCHLER, C.J., WELLS, J.R., POPPENDIECK, D., HUBBARD, H. and PEARCE, T.A., Workgroup report: Indoor chemistry and health, Environ Health Perspect, 114, 442-446, 2006.
- [10] RUDEL, R.A. and PEROVICH, L.J., Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air, Atmos Environ, 43, 170-181, 2009.
- [11] BORNEHAG, C.G. and NANBERG, E., Phthalate exposure and asthma in children, Int J Androl, 33, 333-345, 2010.
- [12] LANDRIGAN, P., GARG, A. and DROLLER, D.B., Assessing the effects of endocrine disruptors in the National Children's Study, Environ Health Perspect, 111, 1678-1682, 2003.
- [13] GRANDJEAN, P. and LANDRIGAN, P.J., Developmental neurotoxicity of industrial chemicals, Lancet, 368, 2167-2178, 2006.
- [14] SHAABAN, R., ZUREİK, M., SOUSSAN, D., NEUKİRCH, C., HEINRICH, J., SUNYER, J., WJST, M., CERVERİ, I., PİN, I., BOUSQUET, J., JARVÍS, D., BURNEY, P.G., NEUKİRCH, F. and LEYNAERT, B. Rhinitis and onset of asthma: a longitudinal population-based study, Lancet, 372, 1049-1057, 2008.
- [15] WHO, Dampness and mould: WHO guidelines for indoor air quality, World Health Organization, 2009.



- [16] MENDELL, M.J., Indoor residential chemical emissions as risk factors for respiratory and allergic effects in children: a review, *Indoor Air*, 17, 259-277, 2007.
- [17] WANG, S., ANG, H.M. and TADE, M.O., Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: state of the art, *Environ Int*, 33, 694-705, 2007.
- [18] KOLARIK, B., NAYDENOV, K., LARSSON, M., BORNEHAG, C.G. and SUNDELL, J., The association between phthalates in dust and allergic diseases among Bulgarian children, *Environ Health Perspect*, 116, 98-103, 2008.
- [19] CHOI, H., SCHMIDBAUER, N., SUNDELL, J., HASSELGREN, M., SPENGLER, J. and BORNEHAG, C.G., Common household chemicals and the allergy risks in pre-school age children, *PLoS One*, 5, e13423, 2010.
- [20] BRADMAN, A., GASPAS, F., CASTORINA, R., TONG-LIN, E., MCKONE, T., MADDALENA, R., Environmental Exposures in Early Childhood Education Environments: Report prepared for the California Air Resources Board California Environmental Protection Agency, 08-305, 2012.
- [21] BARTLETT, K.H., MARTINEZ, M., BERT, J., Modeling of Occupant-Generated CO<sub>2</sub> Dynamics in Naturally Ventilated Classrooms, *J Occup Environ Hyg*, 1, 139 -148, 2004.
- [22] BEKÖ, G., LUND, T., NORS, F., TOFTUM, J., CLAUSEN, G., Ventilation rates in the bedrooms of 500 Danish children, *Building and Environment*, 45, 2289-2295, 2010.
- [23] PENMAN, J.M., RASHID, A.A.M., Experimental determination of air-flow in a naturally ventilated room using metabolic carbon dioxide, *Building and Environment*, 17, 253-256, 1982.
- [24] PERSILY, A Evaluating Building IAQ and Ventilation with Indoor Carbon Dioxide, *ASHRAE Transaction*, 103, 193, 1997.
- [25] PERSILY, A.K., Evaluating Building IAQ and Ventilation with Indoor Carbon Dioxide. *ASHRAE Transactions*, 103, 1-12, 1997.
- [26] BAPTISTA, F.J., BAILEY, B.J., RANDALL, J.M., MENESES, J.F., Greenhouse Ventilation Rate: Theory and Measurement with Tracer Gas Techniques, *J Agr Engin Res*, 72, 363-374, 1999.
- [27] GASPAS, F.W., CASTORINA, R., MADDALENA, R.L., NISHIOKA, M.G., MCKONE, T.E., BRADMAN, A., Phthalate exposure and risk assessment in California child care facilities, *Environmental Science and Technology*, 48, 13, 7593-7601, 2014.
- [28] BRADMAN, A., CASTORINA, R., GASPAS, F., NISHIOKA, M., COLÓN, M., WEATHERS, W., EGEHY, P.P., MADDALENA, R., WILLIAMS, J., JENKINS, P.L., MCKONE, T.E., Flame retardant exposures in California early childhood education environments, *Chemosphere*, 116, 61-66, 2014.
- [29] VIET, S., ROGERS, J., MARKER, D., FRASER, A., BAILEY, M., First National Environmental Health Survey of Child Care Centers Final Report; Volume II: Analysis of Allergen Levels on Floors, Office of Healthy Homes and Lead Hazard Control, U.S. Department of Housing and Urban Development, 2003.
- [30] WILSON, N.K., CHUANG, J.C., LYU, C., Levels of persistent organic pollutants in several child day care centers, *J Expo Anal Environ Epidemiol*, 11, 449-458, 2001.
- [31] SUTTON, R., Greener School Cleaning Supplies = Fresh Air + Healthier Kids, Washington, DC, 2009.
- [32] BRÖMS, K., SVÄRDSUDD, K., Sundelin, C., NORBÄCK, D., A nationwide study of indoor and outdoor environments in allergen avoidance and conventional daycare centers in Sweden, *Indoor Air*, 16, 227–235, 2006.
- [33] CHRISTENSSON, B. and JURINGE, L., Partikula˙ra luftfo˙roreningar pa˙ allergianpassade barndaghem, Publication number 1995:23, National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden, 1–18, 1995.
- [34] WICKMAN, M., EGMAR, A.-C., EMENIUS, G., ALMQVIST, C., BERGLIND, N., LARSSON, P. and VAN HAGE-HAMSTEN, M., Fel d 1 and Can f 1 in settled dust and airborne Fel d 1 in allergen avoidance day-care centres for atopic children in relation to number of pet-owners, ventilation and general cleaning, *Clin. Exp. Allergy*, 29, 626–632, 1999.



- [35] Z U R A I M I, M.S., and T H A M, K.W., Effects of Child Care Center Ventilation Strategies on Volatile Organic Compounds of Indoor and Outdoor Origins, Environ. Sci. Technol., 42, 2054-2059, 2008.
- [36] ÖNOĞLU, N., ÖNAL, A.E., GÜNGÖR, G., AYVAZ, Ö., ÖZEL, S., Microbiological Evaluation of Indoor Air of Kindergartens in Fatih District of Istanbul, Indoor Built Environ, 20, 6, 618-625, 2011.
- [37] SOFUOĞLU, S.C., ASLAN, G., İNAL, F., SOFUOĞLU, A., An assessment of indoor air concentrations and health risks of volatile organic compounds in three primary schools, Int. J Hyg Envir Heal, 214, 36-46, 2011.
- [38] MENTEŞE, S., RAD, A.Y., ARISOY, M., GÜLLÜ, G., Seasonal and spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey, Indoor Built Environ, 21, 797-810, 2012.
- [39] MENTESE, S. and T ASDIBI, D., Airborne bacteria levels in indoor urban environments: The influence of season and prevalence of sick building syndrome (SBS), Indoor Built Environ, 2014.
- [40] OFFERMANN, F.J., Ventilation and Indoor Air Quality in New Homes. California Air Resources Board and California Energy Commission, PIER Energy-Related Environmental Research Program. Collaborative Report, CEC-500-2009-085, 2009.
- [41] <http://www.arb.ca.gov/research/apr/past/04-310.pdf>.

## ÖZGEÇMİŞ

### S. Sinan KESKİN

1964 Artvin doğumludur. 1986 yılında Hacettepe Üniversitesi Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü'nden mezun olmuştur. 1990 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan The University of Michigan'dan Yüksek Mühendis, 1995 yılında yine aynı ülkedeki Massachusetts Institute of Technology'den Doktor unvanlarını almıştır. 1995 yılından bu yana Marmara Üniversitesinde görev yapmakta olup, halen Çevre Mühendisliği Bölümünde Doçent olarak çalışmalarını sürdürmektedir. Çalışma konuları ağırlıklı olarak hava kirliliği, sediman kirliliği ve çevre araştırmalarında nükleer analitik tekniklerin kullanımı üzerinedir.

