

OKUL ÇAĞI ÇOCUKLARIN EVLERİNDE KALICI ORGANİK KİRLETİCİ SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ: VAKA KONTROL ÇALIŞMASI

Determination Of Permanent Organic Contaminant Levels In The Houses Of School-Age Children: Case Control Study

Parisa Babaei
Afsoun Nikravan
Gülen Güllü

ÖZET

Poliklorlu bifeniller (PCB'ler), Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) ve Polibromlu difenil eterler (PBDE'ler) gibi kalıcı organik kirleticiler (KOK'lar), yaygın kullanımları, uzun mesafeli taşınmaları ve kalıcılıklarının bir sonucu olarak yaygın çevresel kirleticiler haline gelmiştir. Son araştırmalar, iç ortam havasında bulunan ince partiküllerin bileşeni olan kalıcı organik kirleticilere maruz kalmanın astımın başlangıcı ve artan astım semptomları ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, ev tozlarında bulunan ve ortamdaki insan aktivitelerine (sigara içimi, havalandırma sıklığı vb.) ve ev koşullarına göre değişkenlik gösteren kalıcı türdeki kirleticilerin seviyelerinin belirlenmesi ve kirletici düzeyleri ile bu evlerde yaşayan 6-11 yaş aralığındaki okul çağı çocuklarının astım gelişimi üzerine etkilerini incelemektir. Çalışma için Ankara'nın farklı bölgelerinde bulunan 110 astım tanısı konmuş, 130 kontrol grubu okul çağı çocukların evlerinden toplanan ev tozu örneklerinde GC-MS ile, PAH, PCB ve PBDE analizi yapılmış, ailelerin ve çocukların sosyo-demografik özellikleri ve yaşam alışkanlıklarına ilişkin veriler yapılan anketlerle toplanmıştır. Demografik özellikler ve KOK'ların konsantrasyonlarının arasındaki ilişkileri değerlendirmek için çok değişkenli lojistik regresyon analizi uygulanmıştır. Kontrol ve astım gruplarının dağılımına bakıldığında cinsiyet, yaş ve evlerin özellikleri genel olarak benzerlik göstermektedir. Analizlerin sonuçlarına göre, KOK konsantrasyonları genellikle astım tanısı olan çocukların evlerinde daha yüksek ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: PAH, PCB, PBDE, İç ortam hava kalitesi, Astım

ABSTRACT

Persistent organic pollutants (POPs) such as Polychlorinated biphenyls (PCBs), Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) have become common environmental pollutants as a result of their widespread use, long-distance transport and persistence. Recent research has shown that exposure to persistent organic pollutants, components of fine particles found in indoor air, is associated with asthma onset and increased asthma symptoms. The aim of this study is to determine the levels of persistent pollutants in house dust, which vary according to human activities in the environment (smoking, ventilation frequency, etc.) and house conditions, and to examine the relationship between the development of asthma in school-aged children aged 6-11 and the level of pollution in their homes. For the study, dust samples were collected from the homes of 110 asthmatic children and 130 control school-age children in different regions of Ankara, and GC-MS was performed PAH, PCB, and PBDE analyses of collected dust samples and socio-demographic parameters and living conditions of the families and school-aged children were recorded via structured surveys. Multivariate logistic regression was applied to evaluate the relationships between demographic characteristics and concentrations of POPs. Considering the distribution of control and asthma groups, gender, age and house characteristics are generally similar. According to the results

of the analyses, POPs concentrations were generally higher in the homes of children with a diagnosis of asthma.

Key Words: PAH, PCB, PBDE, Indoor air quality, Asthma

1. GİRİŞ

Son yıllarda, dış ortama göre daha kirli olduğu tespit edilen iç ortam hava kalitesinin insan sağlığı üzerine olan etkileri giderek artan bir ilgi görmektedir. Her geçen gün enerji kaynaklarının fiyatlarının artması, insanları enerji verimliliği yüksek binalarda daha az havalandırılan ortamlarda yaşamaya itmiştir. Buna ek olarak günümüzde tüketici ürünlerinde binlerce kimyasal kullanılmaktadır. Yeni binaların ve malzemelerin, mobilyaların ve tüketici ürünlerinin hızlı gelişimi, iç ortamdaki yeni kimyasalların miktarında ve sayısında artışa neden olmuştur. İç ortamda sigara içimi, ana caddeye yakınlık, ısıtma sistemleri, yemek pişirme, temizlik malzemeleri, binalarda kullanılan yalıtım ve tüketim malzemeleri, ve buna ek olarak halı ve mobilyalarda kullanılan renk koruyucu, yanmaz özellik kazandırma, leke tutmama veya kirlenmeyi geciktirici maddelerin kullanımı, iç ortam havasının daha kirli olmasına yol açmaktadır.

Birçok iç mekan kirleticisi, başlangıçta havada asılı kalan ve daha sonra toz olarak çöken partikül maddeler tarafından emilir. Bu nedenle, çöken ev tozu, bir maruz kalma ortamı ve küresel konut kirliliğinin bir göstergesi olarak kabul edilir [1-3]. Tozun solunması ve yutulması, insanların kirleticilere maruz kalmasının önemli yollarıdır. Bu nedenle ev tozlarında yapılan kirletici ölçümleri dolaylı yoldan, evlerdeki potansiyel kirletici kaynakları ve onların etkilerini ortaya koyması açısından faydalı olacaktır. Antropojenik kirleticiler içeren havadaki ince partikül madde, astım gibi çeşitli solunum yolu hastalıklarının indüklenmesi nedeniyle büyüyen bir endişe kaynağıdır. Partiküller boyutlarına bağlı olarak akciğerlerin üst ve alt solunum yollarında bulunabilir. İç ortam kirliliğine neden olan pek çok kirletici, astım hastalığının nedenleri ile ilişkilendirilmektedir [4-7]. Bu çalışmaların sonuçlarına göre yüksek miktarda partikül akciğer hasarına neden olabilir ve artan astım semptomları sıklığı ile ilişkilidir. Astım şu anda farklı ülkelerdeki popülasyonların %1-18'ini etkilemektedir [8]. Astımın ortaya çıkışını belirleyen etmenler, genetikten, yaşam stiline ve çevresel faktörlere kadar geniş bir aralıkta gözlenebilmektedir. Çevresel etmenler, astım prevalansında gözlenen bölgesel farklılıkları ve son zamanlarda artan oranların nedenleri arasında öne çıkmaktadır. Vakitlerinin büyük bir kısmını kapalı ortamda geçiren çocukların ise vücut ağırlıklarına oranla daha yüksek hacimde hava solumaları nedeniyle çevresel kirleticilere daha duyarlı oldukları çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.

Bu çalışmanın amacı, kapalı bir ortamda hangi düzeyde kirleticiye maruz kalındığının en iyi göstergesi olan ev tozlarında bulunan kalıcı organik kirleticilerin seviyelerinin belirlenmesi, kirletici düzeyleri ile bu evlerde yaşayan 6-11 yaş aralığındaki okul çağı çocuklarının astım hastalığı üzerine etkilerini incelemektir.

2. YÖNTEM

2.1. Vaka ve Kontrol Gruplarının Oluşturulması, Anket Uygulanması ve Toz Örneklerinin Toplanması:

Bu çalışmada ev koşullarının belirlendiği ve evdeki aktiviteleri belirlemeye yönelik bir anket formu doldurulmuştur. Anket formunda, yaşanan konutun özellikleri (hangi katta yer aldığı, büyüklüğü, nem olup olmadığı, ısıtma sistemi, duvar kaplama türü, halı, mobilya vb.), evde hayvan beslenip beslenmediği, evdeki insan aktiviteleri (sigara içimi, yemek pişirme yöntemleri, havalandırma sıklığı, vb.) soruları bulunmaktadır. Anket formu gönüllü olarak çalışmaya katılmak isteyen çocukların ailelerine yüz yüze görüşme tekniği ile uygulanmıştır.

Araştırmada vaka gurubunu Hacettepe Üniversitesi Çocuk Hastalıkları Kliniğine astım tanısı ile takip amaçlı başvuran ve yine aynı klinikte yeni tanı alan 6-11 yaş grubu hastalar oluşturmuştur. Kontrol

grubunu oluşturmak amacıyla 6-11 yaş arası okul çağında olan ve astım tanısı konulmayan çocuklara Ankara il sınırlarında ulaşmamız için ilgili izin Ankara il Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından alınmıştır. Kontrol ve astım gruplarının dağılımına bakıldığında cinsiyet, yaş ve evlerin özellikleri genel olarak benzerlik göstermektedir.

Gönüllü olarak projeye katılmak isteyen ailelerin evlerinden 4 ay aralıkla bir yıl boyunca, 3 dönem evleri ziyaret edilerek elektrik süpürgesi ile toz örneği toplanmıştır. Önceki dönemlerde alınan toz örnekleri analizlere hazırlamak amacıyla, 0,1mm elek kullanılarak, elenmiştir ve -20°C'de analiz edilene kadar saklanmıştır. Tüm mevsimlerin örnekleri alındıktan sonra her ev için karışım bir toz örneği ölçüm için hazırlanmıştır.

2.2. Ev Tozlarında KOK'lerin Seviyelerinin Belirlenmesi:

Ev tozlarında, PAH, PCB ve PBDE analizleri için her 1 gr toz numunesine geri kazanım (recovery) standart enjekte edilerek 15 ml aseton:hegzan karışımı ilave edilip bütün gece oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ertesi gün numuneler 1 saat ultrasonik banyoda karıştırılıp ve sıvı fazı alınan örnekler hegzan ilavesi ile solvent değişimi yapılmıştır ve daha sonra azot gazı altında miktarları 1-2 ml'ye kadar düşürülerek ön-zenginleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ön-zenginleştirme işlemi yapılmış örnekler, temizleme kolonundan geçirilerek PAH, PCB ve PBDE bileşiklerinin ayrılması sağlanmıştır. Kolonlar 20 ml dikolorometan ve arkasından 20 ml petrolüym eteri ile ön yıkama yapılarak solvent akış hızı 0,1 ml/sn olarak ayarlanmıştır, sonrasında önzenginleştirilme yapılmış örnek (2 ml) gas-tight şırınga ile kolona verilmiştir. Örnek kolona verildikten sonra kolondan 50 ml petrolüym eteri geçirilerek PAH, PCB ve PBDE örneklerinin ayrılması sağlanmıştır. Kolondan geçirilmiş olan PAH, PBDE ve PCB örnekleri önce rotary ile hacmi 5 ml düşürülüp daha sonra azot gazı altında miktarları azaltılıp hegzan solventi ilave edilmiştir. Son olarak örnekler 250 µl'ye kadar uçurulup, 250 µl kalan örnek viallerde analizi için hazır hale getirilmiştir. Temizleme işlemi ile hazır hale getirilen örnekler, konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla GC-MS (Agilent Technologies 5975C-6890N) cihazında analiz edilmiştir. Cihazın kalibrasyonu 16 PAH bileşiği, 13 hedef PBDE bileşiği (SRM 2580) ve 17 PCB bileşiği (Aroclor 1260) ve 4 geri kazanım (recovery) stadandartı için 6 farklı konsantrasyonda hazırlanmış kalibrasyon çözelti karışımları ile yapılmıştır. Analizlerin kalite kontrolü için ev tozu organik kirlenici standardı olan SRM2588 kullanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Astım ve kontrol gruplarında ölçülen PAH, PCB ve PBDE seviyelerinin kıyaslanması:

Ankara ilinin farklı semtlerinde bulunan 110 astım tanısı olan çocukların ve 130 kontrol grubunda (herhangi bir astım tanısı olmayan) yer alan çocukların yaşadıkları evlerden toplanan tozlarda ölçülen PAH, PCB ve PBDE konsantrasyonlarının geometrik ortalama ve medyan değerleri tablo 1'de verilmiştir. Kolmogorov-Smirnov ve Shapiro- Wilk testlerine göre veriler normal dağılmamaktadır, bu nedenle istatistik analizlerinde parametrik olmayan analizlerin sonuçları değerlendirilmiştir.

Tablo 1 : Kontrol ve astım gruplarında ölçülen PAH, PCB ve PBDE değerleri (ng/g)

| | Astım Grubu (n=110) | | Kontrol Grubu (n=130) | |
|-------------|------------------------|---------|-----------------------------|---------|
| | GM | Medyan | GM | Medyan |
| PAHs | | | | |
| HMW | 1376.48 | 1317.96 | 1931.51 | 1734.80 |
| LWM | 884.74 | 873.67 | 1381.44 | 1196.70 |
| Cpah | 862.25 | 784.45 | 798.61 | 723.22 |
| TPAH | 2261.21 | 2206.52 | 833.32 | 669.83 |
| PCBs | | | | |
| PCB28 | 1.31 | 1.34 | 1.25 | 1.22 |
| PCB52 | 1.17 | 1.39 | 1.26 | 1.30 |
| PCB101 | 7.64 | 9.43 | 7.56 | 8.48 |
| PCB118 | 1.59 | 1.49 | 7.71 | 9.46 |
| PCB138 | 6.37 | 7.02 | 9.33 | 10.77 |
| PCB153 | 4.80 | 6.92 | 4.45 | 5.16 |
| PCB166 | 3.13 | 3.21 | 3.20 | 2.93 |
| PCB180 | 0.47 | 0.36 | 0.67 | 0.50 |
| BDEs | | | | |
| BDE15 | 0.34 | 0.26 | 0.15 | 0.14 |
| BDE17 | 0.28 | 0.28 | 0.42 | 0.37 |
| BDE28 | 0.35 | 0.34 | 0.48 | 0.38 |
| BDE47 | 0.49 | 0.40 | 0.44 | 0.41 |
| BDE66 | 0.27 | 0.19 | 0.28 | 0.30 |
| BDE71 | 0.44 | 0.40 | 0.43 | 0.46 |
| BDE85 | 0.56 | 0.51 | 0.76 | 0.79 |
| BDE99 | 5.84 | 5.34 | 5.77 | 6.87 |
| BDE100 | 5.98 | 5.11 | 2.89 | 2.94 |
| BDE138 | 1.05 | 0.89 | 1.36 | 1.22 |
| BDE153 | 2.66 | 2.82 | 3.18 | 4.04 |
| BDE154 | 3.37 | 3.02 | 5.07 | 5.37 |
| BDE183 | 22.01 | 25.05 | 22.53 | 27.48 |
| BDE190 | 4.57 | 4.96 | 6.43 | 5.91 |
| BDE209 | 60.15 | 28.09 | 50.90 | 23.10 |

Tablo 1' de görüldüğü gibi PAH izomerleri genellikle astım tanısı olan çocukların evlerinde daha yüksek ölçülmüştür. Phe, 314.8 ng/g medyan değeri ile en baskın olan PAH izomeri olarak tespit edilmiştir. Bunu Ant, 181.2 ng/g medyan değeri ile izlemektedir. Phe ve Ant alerji ilaçlarında yaygın olarak kullanılmaktadır [9]. Astım tanısı olan çocukların evlerinden toplanan tozlarda yüksek ölçülen Phe ve Ant değerleri bu nedenden dolayı olması düşünülmektedir.

Şekil 1'de kontrol ve astım gruplarında ölçülen Toplam PAH, yüksek moleküler ağırlıklı, düşük moleküler ağırlıklı ve kansorejen PAH izomerleri gösterilmektedir. Ölçülen değerlere göre astımlı olan çocukların evlerinde daha yüksek değerler tespit edilmiştir.

PCB 52, PCB 101, PCB 118 ve PCB 138 izomerleri kontrol grubunda astım grubuna göre daha yüksek ölçülmüştür. PCB 52 astım grubunda ortalama medyan değeri 2.01 ng/g, kontrol grubunda 1.68 ng/g olarak tespit edilmiştir. PCB 101 için ölçülen ortalama medyan değeri astım grubunda ve kontrol grubunda sırasıyla 9.64 ng/g ve 11.54 ng/g' dir. PCB 118 ve PCB 138 astım grubunda sırasıyla 3.00 ng/g ve 8.48 ng/g ölçülmüş iken kontrol grubunda sırasıyla 9.31 ng/g ve 12.44 ng/g olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre ölçülen Toplam PCB değerleri kontrol grunda 49.38 ng/g ve astım grubunda 38.58 ng/g olarak tespit edilmiştir (Şekil 1).

Toplam PCB değerlerinin ortalama medyan değeri kontrol grunda astım grubundan daha yüksek olmasının nedeni kontrol grubunda yer alan evlerde son bir yıl içinde daha fazla tamirat ve boya yapılması ve eve yeni eşya alınması olabilmektedir. PCB izomerlerinin boya, çimento ve tuğla da yaygın olarak kullanılması ve kontrol grubunda yer alan bazı evlerin etrafında inşaat olması en önemli etkenlerden biri olarak dikkat çekmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre toplam PBDE astım grubunda yer alan evlerin tozlarında 459.121 ng/g ölçülür iken kontrol grubunda yer alan evlerde 435.087 ng/g ölçülmüştür. Tespit edilen PBDE izomerlerinde PBDE 17, PBDE 28, PBDE 85, PBDE 154 ve PBDE 190 kontrol grubunda astım grubuna kıyasla daha yüksek ölçülmüşler. Diğer PBDE izomerleri astım grubunda kontrol grubundan daha yüksek değerlere sahiptirler (Şekil 1). Sonuç olarak astım grubunda yer alan evlerin özellikleri ve aile fertlerinin yaşam alışkanlıkları bu grupta PBDE değerlerinin daha yüksek olmasına sebep olmaktadır. Bu durum astım riskini arttırmaktadır. Ev ortamında PBDE'lerin muhtemel kaynaklarını tanımlamak ve azaltmak astım riskini kontrol altına almakta önemli bir etkidir.

Şekil 1. Kontrol ve astım gruplarında ölçülen TPAH, HMW,LMW,Cpah, TPCB ve TPBDE değerleri (ng/g)



Yadav ve Devi 2018 yılında Nepal şehrinde 24 evden toz örnekleri toplayarak 16 PAH izomerleri ölçülmüştür. Numunelere ait toplam PAH konsantrasyonu 747– 4910 ng/g aralığında olduğunu tespit edilmiştir. Yüksek moleküler ağırlıklı PAH konsantrasyonları 523-3820 ng/g aralığında iken düşük moleküler ağırlıklı PAH ların konsantrasyonları 225 – 1090 ng/g aralığında ölçülmüştür [10]

Maertens ve arkadaşları 2008 yılında Kanada'nın Ottawa şehrinde 51 adet evden topladıkları iç ortam toz numuneleri üzerinde 13 adet PAH izomerinin konsantrasyonlarını ölçmüşler. Toplam PAH konsantrasyonları 1.5 µg/g ile 325 µg/g aralığında tespit edilmiştir [11].

Nadeem ve Iqbal 2016 yılında jadede de 15 evden toplanan tozlarda PAH izomerlerinin seviyeleri belirlenmiştir. Toplam PAH seviyesi 950 - 11950 ng/g aralığında ölçülmüştür [12].

Kocaeli ilinde 90 evden toplanan iç ortam tozu numunelerinde yapılan çalışmada PAH izomerlerinin ölçümü sonucunda 198.74 ng/g medyan değeriyle Phe en baskın izomer olarak tespit edildi. Bunu 126.85 ng/g medyan değeri ile Flt, 109.51 ng/g medyan değeriyle Pyr, 92.67 ng/g medyan değeriyle Chr ve 83.98 ng/g medyan değeriyle BbF izlemektedir. Evlerde en çok bulunan izomerler toplam PAH izomerlerinin %46'sını oluşturan beş halkalı izomerler tespit edildi. Yüksek molekül ağırlığına sahip olan dört, beş, altı halkalı PAH izomerlerinin iç ortam tozlarındaki konsantrasyonları %74 olarak tespit edildi [13].

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar yapılan diğer çalışmalardan alınan sonuçların aralığında yer almaktadır.

Tan ve diğerleri tarafından, 2007 yılında Singapur'da 31 evden toplanan iç ortam toz numunelerinde pestisit ve PCB izomerleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada toplam PCB seviyesi 5.6 ng/g olarak bulunmuştur. PCB-101 en çok bulunan izomer olarak tespit edilmiştir. Bu izomeri PCB-153 izlemiştir [14].

Wang ve arkadaşları, Guangzhou ve Hong Kong'da yaptıkları çalışmada toplam 40 adet evden iç ortam toz numunesi toplamışlardır ve toplanan örneklerde PCB konsantrasyonlarını incelemiştir. Çalışma sonucunda Guangzhou şehrindeki iç ortam tozlarındaki PCB konsantrasyonu (51.8 ng/g -264 ng/g aralığında), Hong Kong'da ölçülen konsantrasyondan (17.4 ng/g ile 137 ng/g aralığında) daha yüksek olarak bulunmuştur. İç ortam tozunda baskın olan PCB izomerleri PCB-18, 28, 77, 101, 126, 138, 153, 157, ve 183 olarak tespit edilmiştir ve toplam konsantrasyonun %66'ısını oluşturmaktadırlar.

PCB profili incelendiğinde ise kirleticinin ana kaynaklarının değişkenlik gösterdiği ortaya konulmuştur [15].

Teksas/ABD'de 20 evden toplanan toz numunelerindeki ortalama PCB konsantrasyonu 200 ng/g, Birmingham/UK'de 20 evden toplanan tozlardaki ortalama PCB konsantrasyonu 48 ng/g, Toronto/Kanada'ya 10 evden toplanan tozlardaki ortalama PCB konsantrasyonu 260 ng/g ve Wellington/Yeni Zelanda'da 20 evden toplanan tozlardaki ortalama PCB konsantrasyonu ise 46 ng/g olarak ölçülmüştür. Analiz sonuçlarına göre tespit edilen PCB-28+31, PCB-52, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 ve PCB-180 istatistiksel anlamda Kanada ve Amerika'da benzer iken, Yeni Zelanda ve UK'de farklıdır. Yeni Zelanda ve UK toz konsantrasyonları arasında da istatistiksel anlamda benzerlik bulunmamıştır. Çalışmada bulunan ABD'de düşük konsantrasyonlara sahip olan evlerde nedenleri açıklayamamışlardır. Bununla birlikte konsantrasyonlardaki farklılıkları binaların yaşlarındaki değişkenlikler, PCB'lerin kullanıldığı bölgelerin farklı olması, PCB içerikli yapı malzemelerinin zamanla PCB içermeyenlerle değiştirilmesinden kaynaklı PCB konsantrasyonlarında düşüklük yaşanması, örneklemedeki metod farklılıkları ve numune sayılarındaki farklılıklar olarak açıklamışlardır [16].

Avustralya'nın Brisbane kentinde 2013 yılında Stasinska ve arkadaşları tarafından 30 evde gerçekleştirilen bir çalışmada Toplam PBDE 1580 ng/g olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada 37.69 ng/g meydan değeri ile PBDE-99 en baskın izomer olarak ortaya çıkmıştır. İkinci en yüksek ölçülen değer 28.76 ng/g medyan değeri ile BDE-47'ye aittir [17].

Kocaeli ilinde 90 evde Civan ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada toplam PBDE 280 ng/g olarak tespit edilmiştir (Civan ve diğ., 2018). Çalışma grubu tarafından yine aynı şehirde bu örneklemeden farklı olarak 40 adet evde yapıldığı iç ortam tozu çalışmasında PBDE izomerlerinin konsantrasyonları 1 (BDE-209) ile 15 (BDE-71) kat fazla ölçülmüştür [13].

Sjodin ve arkadaşları 2008 yılında Almanya, Avustralya, Amerika Birleşik Devletleri ve Büyük Britanya olmak üzere toplam 4 ülkede çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada ülke başına 10 adet evden iç ortam toz numunesi toplanarak, PBDE konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Almanya'daki iç ortam tozlarında toplam 7 adet PBDE konsantrasyonu 17 ng/g ile 550 ng/g aralığında, Avustralya'da iç ortam tozlarında toplam 7 adet PBDE konsantrasyonu 500 ng/g ile 13000 ng/g aralığında, Amerika'daki iç ortam tozlarında PBDE konsantrasyonu 520 ng/g ile 29000 ng/g aralığında ve Büyük Britanya'daki toplam PBDE konsantrasyonu 950 ng/g ile 54000 ng/g aralığında değiştiği hesaplanmıştır. Bütün ülkelerdeki en yüksek konsantrasyona sahip olan izomer BDE 209 olarak bulunmuştur [18].

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatürdeki farklı ülkelerde ya da şehirlerde yapılan çalışmalar Türkiye'deki iç ortam tozundaki kirletici seviyelerinin hangi ülkelere göre yüksek ya da düşük olduğunu görmek açısından fayda sağlamıştır. Her bir kirletici grubu için literatür ile karşılaştırma yapılmıştır. Ancak iç ortam tozlarındaki farklı partikül çapları, örnekleme yılları, örnekleme dönemleri (yaz ya da kış), konumları, örnekleme bölgelerindeki insanların sosyo-ekonomik gelişmişlik seviyeleri, kirletici kaynakları (yollara ya da endüstriyel alanlara yakınlık/uzaklık vb.), evlerin/binaların özellikleri, evlerdeki eşyaların sayıları ve cinsleri, insanların faaliyetleri gibi etkenler iç ortam kirletici seviyelerini etkilemektedir [19].

3.2. Kalıcı Organik Kirleticilerin muhtemel kaynaklarının belirlenmesi:

Astım tanısı olan çocukların ve kontrol grubunda yer alan çocukların yaşadıkları evlerin koşulları (evin katı, evin yaşı, ana caddeye yakınlık ve bnz) ve aile fertlerinin yaşam alışkanlıkları (ev içinde sigara içilmesi, kızartma yapma sıklığı, ev temizliği sıklığı ve bnz) ile ilgili birebir ailelerle görüşerek örnekleme döneminde anket yapılmıştır. Evlerden toplanan tozlarda ölçülen KOK izomerlerinin konsantrasyonlarını etkileyen kaynaklar, ankette verilen cevaplar ile ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkiyi ortaya koymak için nonparametrik kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Ayrıca, 240 evden toplanan ev tozlarında ölçülen PAH, PCB ve PBDE izomerlerinin iç ortamda olası kaynaklarını tespit etmek amacıyla sıklıkla kullanılan bir istatistiksel teknik olan faktör analizi uygulanmıştır.

- **Nonparametrik kruskal-Wallis testi** sonuçlarına göre, en yüksek PAH değerlerine sahip olan evler genellikle daha düşük katlarda olan ve yaş olarak daha eski olan evlerdir. Evlerde sigara içilmesi, evlerin ana caddeye yakınlıkları, haftada 3-4 gün kızartma yapılması, koku giderici ve oda parfümü kullanımı ve çamaşır suyu kullanım sıklığı öne çıkan özelliklerdendir.

Evlerin genelde eski (> 10 yıl) olması, duvar boya türlerinin plastik ve yağlı boya olması, ana caddeye yakınlık, son bir içinde hem evin genelinde hemde çocuk odasında tamirat ve boya yapılması ve yeni eşya alınması PCB değerlerinin yüksek ölçülmesinde önemli etkenlerdir.

Tespit edilmiş PBDE değerlerinin ortalama medyan değerinden daha yüksek ölçülen evlerin ortak özelliklerine bakıldığında, evlerin yaşlarının genelde 10 yıldan az olması ve yürürlükte olan yönetmelik gereklerine uygun olarak yalıtım yapılması, daha eski evlerin müstakil bina olması, son bir yıl içinde eve ve çocuk odasına yeni eşya alınması, çocuğun yatağının elastik visko olması ve karyolasının ahşap olması, PBDE'lerin bu tür eşyalarda yangın geciktirici olarak kullanılması öne çıkmaktadır [16].

- **Faktör analizi testi** sonuçlarına göre, PAH izomerlerinin kaynakları 4 faktörle (%66,31) açıklanmıştır. Evde ve balkonda sigara içilmesi, ısıtma türü olarak kullanılan fosil yakıtlar, trafik emisyonları ve kızartma yağlarından kaynaklanan uçucu organikler iç ortamda ortaya çıkan PAH'ların mühtemel kaynakları olarak öne çıkmaktadır.

Sigara dumanında, trafik emisyonlarında, kızartma için yakılan yağ buharlarında ve kozmetik malzemelerde kullanılan PAH izomerleri belirtilen evlerde ölçülen PAH seviyelerini etkilemektedir [6,19, 20].

PCB izomerleri için faktör analizi sonuçları, 2 faktörle (%71.2), mühtemel kaynakların yalıtım, tadilat ve ticari PCB kullanımı ve araç egzoz ve ısınma amaçlı yanma emisyonlarının olabileceğini ortaya koymuştur.

PBDE izomerlerinin mühtemel kaynakları, yeni eşya, beyaz eşya ve penta-BDE kullanımı ve debromizasyonu olarak belirlenmiştir (2 faktör, %52.24). İkinci faktörde, BDE-153 ve BDE-154'ün baskın olması BDE-209'un debromizasyona uğraması ya da yalıtım malzemelerinin emisyonundan kaynaklandığı düşünülebilmektedir [21].

3.3. Lojistik Regresyon Analizi:

Bu çalışmada, örneklemede yer alan astım tanısı olan (astım grubu) ve olmayan (kontrol grubu) çocukların astım riskini etkileyen faktörleri (yaşadıkları evlerin koşulları ve aile fertlerinin yaşam alışkanlıkları) Lojistik Regresyon Analizi ile modellenmesi amaçlanmaktadır.

Lojistik modele dahil edilecek bağımsız değişkenler, tek değişkenli lojistik regresyon analiziyle belirlendikten sonra, çok değişkenli modele dahil edilen her bir değişkenin önemliliği gösterilmelidir. Tek değişkenli modelde önemli bulunduğu halde çok değişkenli modelde önemsiz olan değişkenler model dışı bırakılmıştır. Böylece final model elde edilmiştir.

Bu modellemede astım tanısı olmak risk faktörü olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, çocukların yaşadıkları evlerin aşağı katlarda olması astım riskini 4 kat, evde yaşayan kişi sayısının 4'ten fazla olması 2 kat, evlerde ayrı mutfak olmaması 5 kat, son bir yıl içinde eve yeni mobilya alınması 2 kat arttırmaktadır. Buna ek olarak evde evcil hayvan beslenmesi astım riskini 4 kat arttırmaktadır. Çocukların yaşadıkları evlerin iyice havalandırılmaması ve evde hava akımı olmaması ortamda bulunan kirleticilerin birikimine sebep olmasından dolayı astım riskini 2 kat arttırmaktadır. Temizlik için kullanılan çamaşır suyu sıklığının fazla olması da astım olmak riskini 2 kat arttırabilmektedir. Çocuğun yattığı yatağın malzemesinin yün olması astım olma riski üzerine 3 kat etkilidir. Sonuç olarak bu modelin sonuçlarına göre daha yüksek katlarda oturmak, evde yaşayan kişi sayısının az olması, evde ayrı mutfak bulunması, evcil hayvan beslenmemesi, evin iyice havalandırılması, daha az çamaşır suyu kullanımı ve çocuğun yatağının malzemesi astım riskini azaltmaktadır.

Elde edilen sonuçlara göre, trafik kaynaklı ve odun ve kömür yanmasından kaynaklanan PAH izomerlerinin iç ortamda bulunması ciddi derecede astım riskini arttırmaktadır.

Yalıtım, tadilat ve ticari PCB kullanımı ev tozlarında PCB101, PCB118, PCB138 ve PCB153 izomerlerinin seviyelerini yükselterek astım riskini 7, 41, 31 ve 6 kat arttırmaktadır.

Araç egzoz ve ısınma amaçlı yanma emisyonlarını ortaya çıkararak PCB28 ve PCB52 izomerinin iç ortamda bulunması astım riskini 7 kat arttırmaktadır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, Ankara'nın farklı bölgelerinde bulunan 110 astım tanısı olan (vaka grubu) ve 130 astım tanısı olmayan (kontrol grubu), 6-11 yaş aralığındaki çocukların evlerinden alınan toplam 240 toz örneğinde kalıcı organik kirleticiler olarak adlandırılan PAH'lar, PCB'ler ve PBDE'lerin ölçümleri yapılmıştır. Ev tozlarında bulunan kalıcı organik kirletici seviyeleri ile evlerin özellikleri (trafiğe yakınlık, ısıtma sistemi, ev içinde kullanılan yapı malzemeleri ve cihazlar v.b) ve ortamdaki insan aktiviteleri (sigara içimi, havalandırma sıklığı vb.) arasında istatistiksel olarak ilişki tespit edilmiştir. Kontrol ve vaka grubunun yaş dağılımı, evlerin ısıtma özellikleri, ailelerin eğitim düzeyleri, deneklerin cinsiyeti ve sosyo-ekonomik koşulları arasında herhangi bir farklılık bulunmamıştır. Vaka ve kontrol grubu arasında istatistiksel farkın gözlemlendiği koşullar; yaşadıkları evin katı, yaşı, duvar boyası türü, çocuğun yatağının malzemesi gibi ev koşulları ile, evde sigara içimi, evde evcil hayvan besleme, evde yaşayan kişi sayısında, temizlikte çamaşır suyu kullanım sıklığı gibi yaşam özellikleri ve alışkanlıklarında tespit edilmiştir.

Daha uçucu olan ve düşük molekül ağırlığa sahip, 2 ve 3 halkalı PAH izomerleri tozda havadan daha az bulunmasından dolayı, ev tozlarında gözlenen PAH konsantrasyonlarının %45'ini, 4, 5 ve 6 halkalı PAH bileşiklerinin oluşturduğu, yüksek moleküler ağırlığa sahip olan PAH izomerleri ise toplam PAH miktarının %55'ini oluşturduğu tespit edilmiştir. En yüksek PAH konsantrasyonları ölçülen evlerde, mangal kullanımı ve ısıtma için soba kullanımı olduğu dikkat çekmektedir. Ortak özellik olarak evlerin yaşının 10 yıldan fazla olması, ana caddeye yakınlık, haftada 3-4 gün kızartma yapma, sigara içilmesi ve deterjan kullanım sıklığı öne çıkmıştır. Astım ve kontrol gruplarının ev tozlarındaki PAH içeriği kıyaslanması sonucu, PAH izomerlerinin genel olarak astımlı vaka evlerinde kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlara göre ölçülen toplam PCB değerleri kontrol grubunda 49.38 ng/g ve astım grubunda 38.58 ng/g olarak tespit edilmiştir. Toplam PCB değerlerinin ortalama medyan değeri kontrol grunda astım grubundan daha yüksek olmasının nedeni kontrol grubunda yer alan evlerde son bir içinde daha fazla tamirat ve boya yapılması ve eve yeni eşya alınması olabilmektedir. PCB izomerlerinin boya, çimento ve tuğla da yaygın olarak kullanılması ve kontrol grubunda yer alan bazı evlerin etrafında inşaat olması en önemli etkenlerden biri olarak da dikkat çekmiştir. Tespit edilen PBDE izomerlerinde, elde edilen sonuçlara göre toplam PBDE astım grubunda yer alan evlerin tozlarında 459.121 ng/g ölçülür iken kontrol grubunda yer alan evlerde 435.087 ng/g ölçülmüştür.

Sonuç olarak astım grubunda yer alan evlerin özellikleri ve aile fertlerinin yaşam alışkanlıkları bu grupta genel olarak kalıcı organik kirleticilerin seviyelerinin daha yüksek olmasına sebep olmaktadır. Lojistik Regresyon Analizi sonuçlarına göre, bu durum astım riskini arttırmaktadır. Ev ortamında KOK'ların muhtemel kaynaklarını tanımlamak ve azaltmak, genetik gibi başka faktörleride göz önüne alarak, astım riskini ve şiddetini kontrol altına almakta önemli bir etkidir.

KAYNAKLAR

- [1] Butte W. Heinzow.B., "Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination", Indoor Air, 22: 200–211, 2012.
- [2] Liou PJ, Freeman NC, Millette JR, "Dust: A metric for use in residential and building exposure assessment and source characterization. Environ. Health Persp". 110, 969-983, 2002.
- [3] Weschler C.J., Nazaroff, W., "SVOC partitioning between the gas phase and settled dust indoors", Atmos. Environ., 44, 3609-3620, 2010.
- [4] Brandt, E.B., Kovacic, M.B., Lee, G.B., Gibson, A.M., Acciani, T.H., Le Cras, T.D., Ryan, P. H., Budelsky, A.L., Khurana Hershey, G.K. "Diesel exhaust particle induction of IL-17A contributes to severe asthma", J. Allergy Clin. Immunol. 132, 1194–1204, 2013.
- [5] Lanckacker, E.A., Tournoy, K.G., Hammad, H., Holtappels, G., Lambrecht, B.N., Joos, G. F., Maes, T. 2. "Short cigarette smoke exposure facilitates sensitisation and asthma development in mice", Eur. Respir. J. 41, 1189–1199, 2013.

- [6] Wang, E., Liu, X., Tu, W., Do, D.C., Yu, H., Yang, L., Zhou, Y., Xu, D., Huang, S.K., Yang, P., Ran, P., Gao, P.S., Liu, Z. "Benzo(a)pyrene facilitates dermatophagoides group 1 (Der f 1)-induced epithelial cytokine release through aryl hydrocarbon receptor in asthma", *Allergy* 74, 1675–1690, 2019.
- [7] Zuo, B.Q., Liu, C., Chen, R.J., Kan, H.D., Sun, J., Zhao, J., Wang, C., Sun, Q., Bai, H.J. "Associations between short-term exposure to fine particulate matter and acute exacerbation of asthma in Yancheng, China", *Chemosphere* 237, 1–6, 2019.
- [8] Huang, k. "Prevalence, risk factors, and management of asthma in China: a national cross-sectional study", *Lancet*; 394: 407–18,2019.
- [9] Guerra, G., Pharm.D. "Allergy Alert!", Joint Publication from the University Health System Pharmacy Department and CareLink, Vol. 8 , No. 1 ,2013.
- [10]Yadav, I.C., Devi, N.L., Li, J., Zhang, G. " Polycyclic aromatic hydrocarbons in house dust and surface soil in major urban regions of Nepal: Implication on source apportionment and toxicological effect", *Science of the Total Environment*, 223-235, 2018.
- [11]Maertens R. M., Yang X. F., Zhu J. P., Gagne R. W, Douglas G. R., White P. A. "Mutagenic and Carcinogenic Hazards of Settled House Dust I: Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Content and Excess Lifetime Cancer Risk from Preschool Exposure", *Environ. Sci. Technol.*,42, 1747–1753, 2008.
- [12]Nadeem, A., Iqbal, I. "Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in indoor dust samples from Cities of Jeddah and Kuwait: Levels, sources and non-dietary human exposure", *Science of The Total Environment*, 573, 2016.
- [13]Başaran, B., Civan, M.Y. "Investigating of primary components and source apportionment of persistent organic pollutants of indoor dust", *International Journal of Environmental Science and Technology*, 18:2145–2160, 2021.
- [14]Tan, J., Cheng, S.M., Loganath, A. "Selected organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in house dust in Singapore", *Chemosphere* 68,1675–1682, 2007.
- [15]Wang, W., Huang, H., Zheng, J. "Exposure assessment and distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) contained in indoor and outdoor dusts and the impacts of particle size and bioaccessibility", *Science of the Total Environment*, 463-464, 2013.
- [16]Harrada, S., Ibarraa, C., Diamondb, M., Melymukb, L., Robsonb, M. " Polybrominated diphenyl ethers in domestic indoor dust from Canada, New Zealand, United Kingdom and United States", *Environment International*,34, 232-238, 2008.
- [17]Stasinska, A., Reid, A., Hinwood, A., Stevenson, G., Callan, A. "Concentrations of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in residential dust samples from Western Australia", *Chemosphere*, 91,187-193,2013.
- [18]Zhou, L.-L., Hiltcher, M., Gruber, D., Püttmann, W. "Organophosphate flame retardants (OPFRs) in indoor and outdoor air in the Rhine/Main area, Germany: comparison of concentrations and distribution profiles in different microenvironments". *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 10992–11005,2017.
- [19]Ma Y., Harrad S."Review Article: Spatiotemporal Analysis and Human Exposure Assessment On Polycyclic Aromatic Hydrocarbons In Indoor Air, Settled House Dust and Diet", *Environment International*, 84, 7–16,2015.
- [20]Yans. Ding, Jenns. Trommel, " Determination of 14 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Mainstream Smoke from Domestic Cigarettes", *Environ. Sci. Technol.* 2005, 39, 471-478,2005.
- [21]Yu, YX., Pang, YP., Li, C., Li, JL., Zhang, XY., Yu ,ZQ., Feng, JL., Wu, MH., Sheng, GY., Fu, JM." Concentrations and seasonal variations of polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in in- and out-house dust and human daily intake via dust ingestion corrected with bioaccessibility of PBDEs", *Environ Int*,42,124-131,2012.



ÖZGEÇMİŞ

Parisa BABAEI

1980 yılı Salmas, İRAN doğumludur. 2006 yılında Lahijan Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2015 yılında Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimini bitirmiştir. 2019 yılından itibaren Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde doktora yapmaktadır.

Afsoun NIKRAVAN

1986 yılı Oroumieh, İRAN doğumludur. 2008 yılında Oroumieh Azad Üniversitesi Fen Fakültesi Uygulamalı Fizik Bölümünden mezun olmuştur. 2015 yılında Hacettepe Üniversitesi FBE Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisansını tamamlamıştır. Aynı Üniversitenin Çevre Mühendisliği bölümünden 2022 yılında Doktor ünvanını almıştır.

Gülen GÜLLÜ

Dr. Gülen Güllü, 1987 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı üniversiteden 1989 yılında Yüksek Mühendis ve 1996 yılında Doktor ünvanını almıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesinde 1987-1996 yılları arasında Araştırma Görevlisi, 1996-1999 yılları arasında uzman olarak görev yapmıştır. Doçentlik ünvanını 1999 yılında Hacettepe Üniversitesinde Öğretim Üyesi iken alan, Dr. Güllü, 2006 yılında Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Profesör kadrosuna atanmış, halen Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı olarak görev yapmaktadır. Dr. Güllü, atmosferik kirlilik taşınımı, atmosfer kimyası, iç ve dış ortam hava kirliliği konularında çalışmaktadır. Dr. Güllü, birçok ulusal ve uluslararası projede yürütücü ve araştırmacı olarak çalışmakta, Avrupa Birliğinin eşleştirme programlarında Hava Kalitesi konularında uzman olarak görev almaktadır. Dr. Güllü, atmosfer kimyası, çevresel veri analizi, çevresel etki değerlendirmesi, çevre kimyası, hava kirliliği kontrol prosesleri ve iklim değişikliği konularında yüksek lisans ve doktora dersleri vermektedir.