

Marmara Üniversitesi Prof. Dr. Orhan Oğuz Kütüphanesi'nde Element Konsantrasyonları

Element Concentrations in Marmara University Dr. Orhan Oğuz Library

Güssün GÜNEŞ¹ , Esin BOZKURT KOPUZ² 

¹ Marmara Üniversitesi, Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü, 34722, İstanbul, Türkiye

² Marmara Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 34722, İstanbul, Türkiye

Öz

Solunabilir temiz havanın her geçen gün insan sağlığı açısından önemi artmaktadır. İnsan yaşam süresinin çoğunluğunun ev, okul, iş mekanlarının iç ortamında geçtiği düşünüldüğünde binalardaki yetersiz hava kalitesinin insan sağlığına zararı bugün daha fazla bilinmektedir. Günümüzde özellikle iç hava kalitesi ve binalardaki partiküler madde (PM_{10} , $PM_{2,5}$ ve PM_1) konusunda birçok bilimsel çalışma bulunmasına rağmen, özellikle mekân olarak kütüphane binalarında iç hava kalitesinin element konsantrasyonuna ilişkin bilimsel çalışmalara pek rastlanmamaktadır. İnsan sağlığı açısından zararlı olan bu elementler literatürde metal ve yarı metaller olarak adlandırılmaktadır. Genellikle ağır metaller olarak gruplandırılmaktadır. Ağır metaller insan sağlığı açısından vücutta biriktiğinde toksik etki gösterebilen metal elementlerdir. Uluslararası Kansere Araştırmaları Ajansı (IARC), alüminyum (Al), kobalt (Co), bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni) ve çinko (Zn)'yu kanserojen olmayan elementler olarak, arsenik (As), kadmiyum (Cd), krom (Cr) ve kurşun (Pb)'u hem kanserojen hem de kanserojen olmayan elementler olarak sınıflandırmıştır. Arsenik, kurşun, kadmiyum, nikel, civa, krom gibi ağır metaller kansere neden olabilecek ve insan sağlığına zarar verebilecek yaygın çevre kirleticileridir. Bu çalışmanın amacı Marmara Üniversitesi Prof. Dr. Orhan Oğuz Kütüphanesi'nde iç ortam hava kalitesi incelenerek partikül maddedeki element konsantrasyonları ölçülerek, partiküler maddelerin fiziksel özellikleri ile metal element konsantrasyonları içerikleri analiz edilmiştir. Analizler için havadaki 10 mikrondan küçük çaptaki partiküller 05.01.2014-31.12.2014 tarihleri arasında yirmi dört saatlik PM_{10} ve $PM_{2,5}$ örnekleri olarak toplanmıştır. Çalışmamızda PM_{10} (166 günlük örnek) ve $PM_{2,5}$ (170 günlük örnek) ortam kütle konsantrasyonu, gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarının element analiz sonuçları değerlendirildiğinde; ölçüm yapılan kütüphane binasında PM_{10} filtrelerinin metal değerleri sırasıyla Na 0-1710, Mg 0-716, Al 14-1967, K 100-622, Ca 955-3943, V 0-99, Cr 0-1120, Mn 14-100, Fe 304-4644, Co 1-4, Ni 13-490, Cu 13-61, Zn 48-603, As 0,4-121, Se 3-9, Cd 6,7-6,7, Pb 26-1042ng/m³ arasında değiştiği, $PM_{2,5}$ filtrelerinin ise Na 0-1133, Mg 0-720, Al 14-1047, K 0-388, Ca 0-2992, V 0,4-90, Cr 0-1328, Mn 0-121, Fe 0-4340, Co 0,4-3, Ni 0-551, Cu 0-39, Zn 0-1606, As 3,9-104, Se 2-16, Cd 0-392, Pb 0-347ng/m³ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Uluslararası literatürle ve Dünya Sağlık Örgütü limit değerleriyle kıyaslandığında element konsantrasyonlarının genellikle düşük olduğu gözlemlenmiştir. Trafik kaynaklı (Cr ve Pb), toprak kaynaklı (Al) elementlerin ve Na, Ca, Fe elementleri ise yüksek konsantrasyon olduğu ölçümlenmiştir. Kütüphanenin giriş ana kapısı, iki çalışma salonu ve internet-DVD salonu girişlerinden geçen kişi sayıları arasındaki Pearson korelasyonları değerlendirildiğinde oldukça yüksek çıkmıştır. İnternet-DVD salonuna giren kişi sayısı ile diğer kapı girişlerindeki kişi sayıları arasındaki korelasyon diğerlerine göre daha düşük olmasına rağmen yine de yüksek ilişkilidir. Element konsantrasyonları (PM_{10} , $PM_{2,5}$) ve kütüphaneye giren kişi sayıları arasında zayıf ilişki olduğu 0,3'den küçük Pearson korelasyonu ile belirlenmiştir. Faktör hesabı sonucu topraktan kaynaklanan ve denizden kaynaklanan etki incelenmiştir ve toprak kaynaklı etkinin daha fazla olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Üniversite Kütüphaneleri, İç Hava Kalitesi, Ağır Metaller, Element Konsantrasyonları

Abstract

The importance of respirable clean air in terms of human health is a matter of increasing concern. Most of an individual's life is spent in indoor spaces at home, at school, or at the workplace and it is now recognized more than ever that a substandard quality of air in buildings

has a harmful impact on human health. Today, despite the fact that there are many scientific studies on the subject of indoor air quality and particulate matter (PM_{10} , $PM_{2.5}$ and PM_1), only a few articles of scientific research can be found on element concentrations in the context of indoor air quality in especially spaces such as library buildings. Elements can be harmful to human beings and to environmental health and these are classified as metals and semimetals, generally grouped together as heavy metals. As far as human health is concerned, heavy metals are metal elements that may cause a toxic effect when accumulated in the body. The International Cancer Research Agency (IARC) classifies aluminum (Al), cobalt (Co), copper (Cu), iron (Fe), nickel (Ni) and zinc (Zn) as noncarcinogenic elements and arsenic (As), cadmium (Cd), chrome (Cr) and lead (Pb) as both carcinogenic and noncarcinogenic elements. Arsenic, lead, cadmium, nickel, mercury, chrome and other similar heavy metals are potentially harmful to human health in that they may cause cancer and are also widespread pollutants of the environment. This study was conducted at Marmara University's Prof. Dr. Orhan Oğuz Library, where the air quality of the indoor environment was analyzed through measurements of element concentrations in particulate matter; the analysis encompassed the physical properties of the particulate matter and the content of the metal element concentrations. Toward this aim, particles of air in the indoor environment of the library building with diameters smaller than 10 microns were collected as 24-hour PM_{10} and $PM_{2.5}$ samples over the period January 5, 2014 – December 31, 2014. The PM_{10} (166-day sample) and $PM_{2.5}$ (170-day sample) mass concentrations in the environment in our study were determined using a gravimetric method. In the evaluation of the outcome of the element analysis based on the results of the measurements obtained, it was observed that the metallic values of the PM_{10} filters varied as follows: Na 0-1710, Mg 0-716, Al 14-1967, K 100-622, Ca 955-3943, V 0-99, Cr 0-1120, Mn 14-100, Fe 304-4644, Co 1-4, Ni 13-490, Cu 13-61, Zn 48-603, As 0,4-121, Se 3-9, Cd 6,7-6,7, Pb 26-1042ng/m³, and that the $PM_{2.5}$ filters varied as follows: Na 0-1133, Mg 0-720, Al 14-1047, K 0-388, Ca 0-2992, V 0,4-90, Cr 0-1328, Mn 0-121, Fe 0-4340, Co 0,4-3, Ni 0-551, Cu 0-39, Zn 0-1606, As 3,9-104, Se 2-16, Cd 0-392, Pb 0-347ng/m³. When compared to international literature and World Health Organization limit values, element concentrations were generally low. While concentrations of Na, Ca, Mg, Al, K were higher in Guangzhou, Mumbai and Zhenbeitai, they were lower in Quito than values in the Marmara University Library. Furthermore, Ca concentrations in Doha and Ahmeabad and Al concentrations in Ahmeabad, Pune, Tel Shikmona and Erdemli were higher than values in Marmara University Library. The concentrations of As, V, Se, Cd, Cr, Mn, Fe, Pb, Co, Ni in Quito were lower, only Cu concentration was higher than values in the Marmara University Library. While Zn concentrations in Guangzhou, Mumbai and Ahmeabad were higher, they were lower in Zhenbeitai, Pune, Tel Shikmona and Erdemli than values in the library. Fe and Pb concentrations in Mumbai, Zhenbeitai, Ahmeabad, Pune, Tel Shikmona and Erdemli were higher but Fe concentration was lower in Guangzhou than values in the

library. Cu concentrations in Guangzhou, Quito and Pune were higher than in the library, but the concentrations of Cr in Guangzhou, Tel Shikmona and Erdemli were lower. The measurements showed that there were high concentrations of traffic-related (Cr and Pb) and soil-related (Al) elements as well as of the elements Na, Ca and Fe. A high value was found when Pearson's correlation was used to assess the number of people passing through the library's main entrance, its two study room entrances and the Internet-DVD room entrance. Although the correlation between the number of people entering the Internet-DVD room and the number passing through the other entrances was lower than the others, the correlation was still strong. The value of less than 0.3 that was found with Pearson's correlation indicated a weak correlation between element concentrations (PM_{10} , $PM_{2.5}$) and the number of people entering the library. Factor calculations showed that in an examination of soil-related and sea-related impacts, the soil-related impact was stronger.

Keywords: University Libraries, Indoor Air Quality, Heavy Metals, Element Concentrations

I.GİRİŞ

Binalarda kapalı ortamlarda çok sayıda hava kirleticisi bulunmaktadır. Bilimsel çalışmalar göstermektedir ki kapalı hava ortamda bulunan toz dış ortama göre daha tehlikelidir. Çünkü bu tozlar birçok mikroorganizma (virüs, bakteri, mantar gibi) içermekte, enfeksiyonlara veya ölümlere neden olma riski olabilmektedir. Kapalı ortam iç hava kirleticileri arasında havada asılı solunabilen parçacıklar (PM), kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), uçucu organik bileşikler (VOC), ozon (O_3), fotokimyasal oksidanlar, sigara dumanı, kurşun (Pb), asbestos (As), radon (Rd) sayılabilir. Bu kirleticiler asbestosis, akciğer kanseri, alerjik reaksiyonlar, göz ve üst solunum yolu hastalıkları, baş ağrısı, bulantı, uyku bozukluğu, bilinç kaybı, kardiyolojik hastalıklar ve yüksek dozlara maruz kalındığında sonucu ölüme kadar giden birçok zararlı etkiler oluşturabilmektedir[1]. İnsan ve çevre sağlığı için zararlı olabilecek metal ve yarı metaller genellikle ağır metaller olarak sınıflandırılmaktadır. Bazı ağır metaller belirli miktarlarda alındığında vücut için yararlı olsalar da, çoğunlukla sağlığı açısından insana gerekli değildirler. Bu metaller fazla miktarda alındıklarında sağlık açısından birçok sistemi etkileyecek olumsuz etkileyebilmektedir. Özellikle çocuklar ağır metaller konusunda yetişkinlere göre daha hassastır [2]. Havada bulunan partiküllerin % 0.01-3'ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren elementler meydana getirmektedir. Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığıyla sindirim

yolunun yanında ve deriye temas ile de metalik partiküller madde vücuda alınabilmekte ve vücutta birikebilmektedir. Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin insineratörlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar. Arsenik, kurşun, kadmiyum, nikel, civa, krom gibi ağır metaller kansere neden olabilecek ve insan sağlığına zarar verebilecek yaygın çevre kirleticileri arasındadır. [3]

Türkiye'deki kütüphane binalarında ölçümlenmiş element konsantrasyonu ile ilgili deneysel ve bilimsel veri içeren araştırmalara rastlanmamıştır. Genel olarak element konsantrasyonları ile ilgili bilimsel çalışmalar toprak ve toza yönelik olarak incelenmiştir. Bilimsel literatürde özellikle üniversite binalarında iç hava kalitesi ve metal konsantrasyonlarını inceleyen bilimsel çalışmalar[4,5,6,7,8] yoğunlukta iken, genel olarak element konsantrasyonları okul binalarında [9,10,11,12,13,14,15,16,17] bilimsel ağırlıklı olarak incelenmiştir. Ofislerin element konsantrasyonlarını inceleyen bilimsel çalışmalar [18], genel olarak atmosferik çalışmalar [19,20,21,22,23] araştırmacılar tarafından bilimsel olarak incelenmiş ve element konsantrasyonları ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Özellikle insan sağlığı açısından risk oluşturan ve ağır metal konsantrasyonu ifade eden iç hava kalitesi ile ilgili bilimsel çalışmalar Tan ve Kurt-Karakus[2,21] tarafından incelenmiştir.

Solunum ve cilde toz maruziyetinin tozun içindeki eser elementler ve yarı uçucu bileşiklerden dolayı sağlık üzerinde olumsuz etkileri vardır[24]. Fransa'nın kuzeyindeki kırsal, kentsel ve endüstriyel alanlardaki farklı yerleşim tiplerindeki üç ilkokulda iç ortam havasındaki partiküller, iki hafta boyunca, öğrencilerin varlığında ve yokluğunda hem açık havada hem de kapalı alanda eşzamanlı olarak ölçüldüğünde PM_{10} konsantrasyonları 72,7'den 85,3 $\mu g/m^3$ 'e değişmekte ve genellikle WHO standardını aştığı görülmüştür. PM_{10} konsantrasyonları çocuk faaliyetleri sırasında yükselir ve element konsantrasyonunda bir artışa neden olur, ancak farklı partiküllerin içindeki element dağılımını etkilemez. Toprak elemanları, iç ortamda PM_{10} kütlelerinin önemli bir bölümünü (% 7-10) temsil eder ve tebeşir kullanımı nedeniyle çoğunlukla Ca içeriği (% 4,4-7,2) görülür. İz elementler (As, Cd, Cu, Pb, Sb) kaba olanlara kıyasla ince fraksiyonlarda (% 70-100) daha fazladır. Toprak elementleri (Al, Ca, Ti, Sr) kaba fraksiyonlarda (% 40-% 60) daha yüksek konsantrasyonlardadır [16]. Yin ve diğ.'nin çalışmasında havadaki Na konsantrasyonu 200-3680ng/m³ arasında değişmektedir.

Mg için 520 ng/m³ ve K için 130 ng/m³ ortalama konsantrasyonları diğer elementlere kıyasla düşüktür. Deniz tuzu ve yüksek rüzgar hızından dolayı İrlanda atmosferinde kışın yaza kıyasla daha yüksek konsantrasyonlar gözlenmektedir. Deniz kenarına kıyasla şehir içinde daha yüksek ölçülen K konsantrasyonunun yanma emisyonlarından etkilendiği düşünülmektedir [25]. Pekey ve diğ.'nin çalışmasında Kocaeli, Türkiye'de $PM_{2,5}$ ve PM_{10} iç ortam hava kirliliğinin taşıt, sigara, yemek pişirme, kirlenmiş toprak ve endüstriyel kaynaklı olduğu bulunmuştur [26]. Keskinoglu ve Keskin'in çalışmasında İstanbul'da 5 ilkokulda iç ortam elemental kompozisyonu incelemesinde Sb, Br, As ve Zn'nin EF değerleriyle yüksek trafik akışının hava kirliliğine antropojenik katkısını belirlemiştir [27]. Wang ve diğ.'nin çalışmasında Guangzhou, Çin'de yaz aylarında dört noktadaki PM_{10} ve $PM_{2,5}$ 'in EF değerleri, antropojenik kaynaklı (Zn, Pb, As, Se, V, Ni, Cu ve Cd) elementlerin Al, Fe, Ca, Ti ile zenginleştiğini göstermiştir. Taşıt egzozu %38,4 ve kömür yakılması %26 ile ana kirlenici kaynakları olarak belirlenmiştir [28]. Raysoni ve diğ. 2017'nin çalışmasında Quito, Ekvator'da üç düşük gelirli bölgede konutlar ve okullarda atmosferdeki partikül maddede 40 element ICP-MS analizi ile ölçüldü. En yoğun element olan Si'yi sırasıyla S, Al ve Ca takip etmiştir ve EF değerleri 10'dan düşüktür. Zn, V ve Ni gibi ağırlıklı olarak antropojenik kaynaklara sahip olan elementler bir bölgede daha yüksekti. Antropojenik kaynaklı Ni, V, Zn, Pb, As, Cr'nin EF değerleri 10'dan fazla bulundu. Ni ve V konsantrasyonlarının petrol yakıtlarının yanmasından kaynaklanmaktayken As ve Pb'nin trafik ve diğer endüstriyel emisyonlardan kaynaklanmaktadır [29]. Mohammed ve diğ. (2017)'nin çalışmasında Galler, İngiltere'de 2010 yılına ait PM_{10} and $PM_{2,5}$ 'teki EF değerleri sıralaması: Zn > Pb > Cu > Cr > Cd > Fe > K > Ca > Na > Ni > Mg > Al'dır. Zn, Pb, Cu, Cr ve Cd'nin yüksek EF değerleri vardır ve bu durum taşıtlardan (fren, yağ, yanma, egzoz emisyonları, lastik) ve topraktan kaynaklanmaktadır [30].

İstatiksel analizler araştırma süresi boyunca elde edilen $PM_{2,5}$ ve PM_{10} değerlerini yorumlayabilmek için kütle konsantrasyonlarının ortalaması, minimum ve maksimum değerleri, standart sapma değeri ve kullanıcı sayısını içeren istatiksel çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca bu partikül maddelerin elemental kompozisyonunu oluşturan elementler arasındaki kıyaslama amacıyla da korelasyon matrisleri oluşturularak çalışma sonuçlarının yorumlanması ve değerlendirilmesine yardımcı olunmuştur.

II.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Numune Alma ve Ölçüm Yöntemi:

Partiküler maddeler organik ve inorganik maddelerden oluşmakta, kimyasal özelliklerine ve madde boyutlarına göre sağlık açısından risk oluşturabilmektedirler. Kimyasal yapısı itibarıyla PM elemental ve organik karbon bileşiklerini, silikon oksitleri, metalleri, sülfat ve nitrat bileşiklerini içermektedir.[19] Çalışma kapsamında partiküler madde konsantrasyonlarındaki berilyum (Be), sodyum (Na), magnezyum (Mg), alüminyum (Al), potasyum (K), kalsiyum (Ca), vanadyum (V), krom (Cr), mangan (Mn), demir (Fe), kobalt (Co), nikel (Ni), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (Ar), selenyum (Se) içerikleri belirlenmiştir.

Kütüphanede 5,76m³/gün hava pompasıyla çalışan cihazda (EPAM-5000 Haz-Dust particulate air monitoring equipment) PM₁₀ ve PM_{2,5} toz filtrelerinde günlük olarak iç ortam tozu toplanmıştır. Element konsantrasyonlarının (ppb) ölçümü için filtreler, 3 ml %65 nitrik asit ve 1 ml %30 hidroklorik asit (Merck Suprapure Grade) konulan test tüpünde mikrodalga Mars cihazı içinde 5 dakikada 180°'ye ulaşılması sonrası 25 dakika bu ısıya maruz bırakılmıştır. Tüplerin soğumasının ardından steril şırınga (10 ml) ile filtreden (0.45µm Sartorius PTFE) geçirilerek şişeye (100 ml PTFE) aktarılıp 21 ml de iyonize su eklenmiştir. ICP-MS cihazında kalibrasyon solüsyonu

(Multi-element 2A) ile hazırlanan kalibrasyon eğrisinde Be, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb elementleri ölçülmüştür.

III.BULGULAR

Tablo 1'deki değerler için Eşitlik 1 kullanılarak element konsantrasyonu ppb'den µg/m³'e çevrilir. Element konsantrasyonu (ppb=µg/L) 10⁹'daki değer olduğundan dolayı solüsyonun miktarındaki (25mL'deki) değer (gram) bulunur. Mikrograma çevirmek için milyona bölünür. Filtreden geçen hava hacmi 5,76m³/gün 'deki mikrogram değeri m³'teki mikrograma çevrilir (Eşitlik 1).

V, Pb, Cr elementleri trafik kaynaklı iken Si, Ti, Al elementleri toprak kaynaklı elementlerdir [38]. Trafik kaynaklı Cr ve Pb ile toprak kaynaklı Al konsantrasyonu ile ayrıca Na, Ca ve Fe konsantrasyonları diğer elementlere kıyasla daha yüksek çıkmıştır (Tablo 1).

Quito, Ekvator'da 3 bölgede konut ve okul içinde 2010 yılının her ayı için havadaki element konsantrasyonları ölçülmüştür [29]. Wang ve diğ.'nin çalışmasında Guangzhou, Çin'de BY (Baiyun), LW (Liwang), HZ (Haizhu), TH (Tianhe) bölgelerinde PM₁₀ ve PM_{2,5} 2 Ağustos 2004 ve 10 Eylül 2004 tarihleri arasında günlük olarak ölçülmüştür [28]. Venkataraman ve diğ.'nin çalışmasında Mumbai, Hindistan'da 1999 yılının ocak ve mart arasında havadaki element

Tablo 1. Element konsantrasyonlarının ortalama ve aralıkları

Element	Ortalama Konsantrasyon (µg/m ³)	Konsantrasyon Aralığı (µg/m ³)	Element	Ortalama Konsantrasyon (µg/m ³)	Konsantrasyon Aralığı (µg/m ³)
Be(PM _{2,5})	0	0	Fe(PM _{2,5})	0,31	0-4,34
Be(PM ₁₀)	0	0	Fe(PM ₁₀)	0,58	0,3-4,64
Na(PM _{2,5})	0,18	0-1,13	Co(PM _{2,5})	0,00046137	0,00039-0,0030
Na(PM ₁₀)	0,19	0-1,71	Co(PM ₁₀)	0,00091	0,00087-0,00434
Mg(PM _{2,5})	0,048	0-0,72	Ni(PM _{2,5})	0,02958389	0-0,55
Mg(PM ₁₀)	0,05	0-0,72	Ni(PM ₁₀)	0,04	0,013-0,49
Al(PM _{2,5})	0,12	0,014-1,047	Cu(PM _{2,5})	0,00120186	0-0,039
Al(PM ₁₀)	0,13	0,01-1,97	Cu(PM ₁₀)	0,01408	0,013-0,06
K(PM _{2,5})	0,03	0-0,388	Zn(PM _{2,5})	0,05792871	0-1,606
K(PM ₁₀)	0,13	0,1-0,62	Zn(PM ₁₀)	0,10	0,05-0,60
Ca(PM _{2,5})	0,29	0-2,99	As(PM _{2,5})	0,04612649	0,0039-0,104
Ca(PM ₁₀)	1,25	0,95-3,94	As(PM ₁₀)	0,05	0-0,12
V(PM _{2,5})	0,027	0,00043-0,0898	Se(PM _{2,5})	0,0018	0,0015-0,016
V(PM ₁₀)	0,03	0-0,1	Se(PM ₁₀)	0,00348	0,00325-0,01
Cr(PM _{2,5})	0,125	0-1,328	Cd(PM _{2,5})	0,0037	0-0,39
Cr(PM ₁₀)	0,11	0-1,12	Cd(PM ₁₀)	0,0067	0,0067
Mn(PM _{2,5})	0,00607	0-0,12	Pb(PM _{2,5})	0,0101	0-0,35
Mn(PM ₁₀)	0,018	0,01-0,1	Pb(PM ₁₀)	0,04	0,03-1,04

$$X_{\mu\text{g}/\text{m}^3} = (X_{\text{ppb}} * 25 * 1000000 * 1000) / (1000000000 * 24 * 60 * 4) \text{ (Eşitlik 1)}$$

konsantrasyonu ölçülmüştür [31]. Arimoto ve diğ.'nin çalışmasında Zhenbeitai, (Çin)'de 2001 yılında 25 Mart ve 1 Mayıs arasında havadaki element konsantrasyonu ölçülmüştür [32]. Guangzhou, Mumbai ve Zhenbeitai'deki Na konsantrasyonu M.Ü. Kütüphanesi'ndekinden yüksekken Quito'daki daha düşüktür (Tablo 2 ve Tablo 3).

Saraga ve diğ.'nin çalışmasında Doha, Katar'da 22/04/2015 ve 21/06/2015 tarihleri arasında $PM_{2,5}$ ve PM_{10} iç ortamda ölçülmüştür [33]. Rastogi ve Sarin'in çalışmasında Ahmedabad, Hindistan'da 2002 yılı boyunca havadaki element konsantrasyonları ölçülmüştür [34]. Doha ve Quito'daki Mg konsantrasyonu M.Ü. Kütüphanesi'ndekinden düşüktür fakat Guangzhou, Ahmedabad, Mumbai ve Zhenbeitai'deki yüksektir.

Momin ve diğ.'nin çalışmasında Pune, Hindistan'da 1998 yılında mart ve nisan aylarında havadaki element konsantrasyonu ölçülmüştür [35]. Koçak ve diğ.'nin çalışmasında Erdemli, Türkiye'de ve Tel Shikmona, İsrail'de 1999 ve 2001 yılları arasında 621 filtre toplanarak havadaki element konsantrasyonu ölçülmüştür [36]. Quito'daki bazı konut ve okullarda Al konsantrasyonları M.Ü. Kütüphanesi'ndekinden düşükken Guangzhou, Ahmedabad, Mumbai, Pune, Zhenbeitai, Tel Shikmona ve Erdemli'deki Al konsantrasyonları M.Ü. Kütüphanesi'ndekinden yüksektir.

Quito'daki birkaç okulun K ve Ca konsantrasyonları M.Ü. Kütüphanesi'ndekinden düşükken Doha, Guangzhou,

Mumbai ve Zhenbeitai'deki yüksektir. Ayrıca Ahmedabad'daki Ca konsantrasyonu da M.Ü. Kütüphanesi'ndekinden yüksektir.

M.Ü. Kütüphanesi'ndeki V, Se ve Cd konsantrasyonu Quito'dakinden daha yüksekken Guangzhou'dakinden daha düşüktür.

M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Cr konsantrasyonu Quito, Guangzhou, Tel Shikmona ve Erdemli'dekinden yüksektir.

Avrupada kentsel ve kırsal alanlarda, yıllık mangan ortalamaları 0,01-0,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aralığındadır; dökümhaneler yakınında 0,3-0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e çıkabilir ve ferro-siliko-mangan endüstrileri yakınındaki yerlerde 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ten fazladır ve bazen 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşmaktadır [37]. M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Mn konsantrasyonu Dünya Sağlık Örgütü (WHO) limit değerinden, Guangzhou, Ahmedabad, Mumbai, Pune, Zhenbeitai, Tel Shikmona ve Erdemli'dekinden düşüktür, Quito'dakinden yüksektir.

Avrupada havadaki ortalama Pb seviyeleri, şehir dışı yerlerde 0.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün altındayken kentlerde en fazla 0.15 ve 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ arasındadır [37]. M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Fe ve Pb konsantrasyonu Quito'dakinden yüksektir fakat Ahmedabad, Mumbai, Pune, Zhenbeitai, Tel Shikmona ve Erdemli'dekinden düşüktür. Ek olarak M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Fe konsantrasyonu Guangzhou'dekinden yüksektir.

Tablo 2. Uluslararası literatürdeki element konsantrasyonları

Element	Doha, Katar [33]		Ahmedabad, Hindistan [34]	Mumbai, Hindistan [31]		Pune, Hindistan [35]	Zhenbeitai, Çin [32]	Tel Shikmona, İsrail [36]	Erdemli, Türkiye [36]
	$PM_{2,5}$	PM_{10}		P1	P2				
Na				2,00	2,20		0,94		
Mg	0,03	0,04	2,00	1,40	2,20		1,50		
Al			7,70	3,33	1,89	2,81	4,30	2,32	1,10
K	0,07	0,13		13,2	8,90		1,50		
Ca	0,92	1,47	7,80	3,20	6,20		5,20		
V									
Cr								0,004	0,01
Mn			0,10	0,04	0,15	0,05	0,06	0,03	0,01
Fe			4,50	1,92	2,32	3,34	2,50	1,35	0,73
Co									
Ni						0,00			
Cu						0,23		0,01	0,01
Zn			0,14	0,77	0,35	0,05	0,05	0,03	0,02
As									
Se									
Cd								0,00	0,00
Pb			0,12		0,35	0,05	0,02	0,03	0,04

Tablo 3. Uluslararası literatürdeki ve limit element konsantrasyonları

E l e - ment	Limit [37]	Quito, Ekvator [29] Konut			Okul			Guangzhou, Çin [28] PM _{2,5}				PM ₁₀			
		Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3	BY	LW	TH	HZ	BY	LW	TH	HZ
Na		0,08	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,97	0,82	1,20	0,70	2,83	2,97	4,01	2,37
Mg		0,05	0,02	0,03	0,04	0,01	0,02	0,18	0,23	0,31	0,40	0,62	0,74	1,05	1,14
Al		0,25	0,10	0,19	0,19	0,07	0,10	0,94	1,52	1,71	1,61	4,29	5,00	8,06	6,67
K		0,24	0,34	0,25	0,08	0,15	0,09	1,11	1,91	2,71	1,51	1,39	2,35	3,38	2,11
Ca		0,45	0,26	0,32	0,41	0,16	0,16	1,16	1,23	1,44	1,61	3,51	3,64	4,29	4,68
V		0,00	0,01	0,02	0,00	0,01	0,02	0,06	0,07	0,08	0,10	0,07	0,08	0,09	0,11
Cr		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,05	0,07	0,06	0,05	0,06	0,08	0,07
Mn	0,15	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,04	0,03	0,08	0,09	0,12	0,10	0,22
Fe		0,22	0,09	0,13	0,12	0,07	0,10	0,03	0,04	0,04	0,07	0,08	0,10	0,13	0,18
Co		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000								
Ni		0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
Cu		0,007	0,005	0,004	0,002	0,003	0,003	0,05	0,11	0,08	0,06	0,06	0,13	0,10	0,08
Zn		0,03	0,05	0,06	0,01	0,03	0,08	0,70	0,68	0,86	1,42	0,91	0,80	0,90	1,69
As		0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,04	0,08	0,05	0,06	0,05	0,09	0,05	0,07
Se		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03	0,03
Cd	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Pb	0,50	0,004	0,003	0,003	0,002	0,003	0,004	0,26	0,37	0,30	0,40	0,32	0,43	0,34	0,47

M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Pb konsantrasyonu WHO limit değerinin altındadır.

M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Co ve Ni konsantrasyonu Quito'dakinden yüksektir. M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Ni konsantrasyonu Guangzhou'dakine benzerdir.

M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Cu konsantrasyonu Quito, Guangzhou ve Pune'dakinden düşüktür.

M.Ü. Kütüphanesi'ndeki Zn konsantrasyonu Quito'daki bazı ölçüm yerlerinden, Pune, Zhenbeitai, Tel Shikmona ve Erdemli'dekinden yüksekken Guangzhou, Ahmedabad ve Mumbai'dakinden düşüktür.

Avrupada havadaki arsenik konsantrasyonları kırsal alanlarda 1 ng/m³ ve 10 ng/m³ arasındayken kirlenmemiş kentsel alanlarda 30 ng/m³ civarındadır, arsenik açısından zengin kömür yakan santrallerin yakınında ise 1 µg/m³'ü geçebilmektedir [37]. M.Ü. Kütüphanesi'ndeki As konsantrasyonu Quito'dakinden yüksekken Guangzhou'daki bazı ölçüm yerlerinden düşüktür.

$$EF_{Al} = (X/Al)_{Hava} / (X/Al)_{Taylor} \text{ (Eşitlik 2)}$$

$$EF_{Na} = (X/Na)_{Hava} / (X/Na)_{Taylor} \text{ (Eşitlik 3)}$$

Faktör hesabı ile toprak ve deniz etkisi Eşitlik 2 ve 3 kullanılarak incelendi. Taylor'un toprak analizi sonuçları EF değerleri için kullanıldı [39]. Taylor'a göre topraktaki Be, Na, Mg, Al, K, Ca, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Pb element konsantrasyonları sırasıyla 2,8, 23600, 23300, 82300, 20900, 41500, 135, 100, 950, 56300, 25, 75,

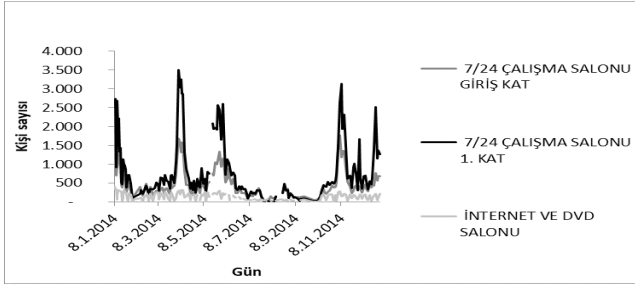
55, 70, 1,8, 0,05, 0,2, 12,5 ppm'dir. Eşitlik 2'de X_{Hava} ölçülen günlük element konsantrasyonu (ppb), Al_{Hava} ölçülen günlük maksimum alüminyum konsantrasyonu (ppb), X_{Taylor} Taylor'un ölçtüğü element konsantrasyonu, Al_{Taylor} değeri 82300 alınarak Tablo 4'deki toprak kaynaklı EF değerleri hesaplanmıştır. Eşitlik 3'de Na_{Hava} ölçülen günlük maksimum alüminyum konsantrasyonu (ppb), Na_{Taylor} değeri 23600 alınarak Tablo 5'deki deniz kaynaklı EF değerleri hesaplanmıştır. EF değerleriyle tozların kaynağının toprak ya da deniz olması araştırılmıştır (Tablo 4 ve Tablo 5). Deniz kaynaklı EF değerleri 3'ten düşük bulunmuştur. Bu yüzden toprak kaynaklı etki daha fazla olduğu görülmüştür.

Tablo 4. Toprak kaynaklı EF değerleri (PM_{2,5} ve PM₁₀)

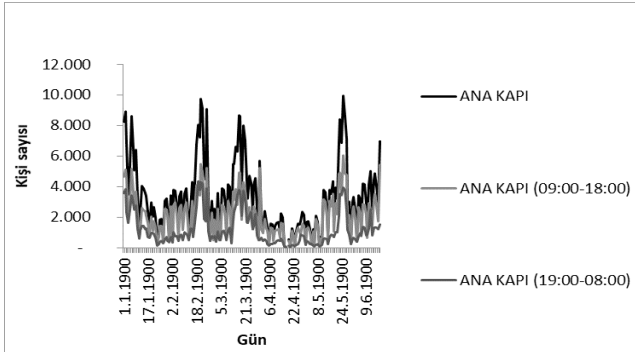
EF _{Al}	Ortalama EF	EF _{Al}	Ortalama EF
Na(PM _{2,5})	5,64	Co(PM _{2,5})	13,459
Na(PM ₁₀)	5,9	Co(PM ₁₀)	26,4
Mg(PM _{2,5})	1,49	Cu(PM _{2,5})	15,9
Mg(PM ₁₀)	1,6	Cu(PM ₁₀)	186,7
K(PM _{2,5})	1,16	Zn(PM _{2,5})	603,538
K(PM ₁₀)	4,7	Zn(PM ₁₀)	1021,2
Ca(PM _{2,5})	5,14	Se(PM _{2,5})	25802,8
Ca(PM ₁₀)	22,1	Se(PM ₁₀)	50725,6
Mn(PM _{2,5})	4,667	Cd(PM _{2,5})	13662,3
Mn(PM ₁₀)	13,6	Cd(PM ₁₀)	24452,6
Fe(PM _{2,5})	3,95	Pb(PM _{2,5})	588,43
Fe(PM ₁₀)	7,5	Pb(PM ₁₀)	2362,5

Tablo 5. Deniz kaynaklı EF değerleri ($PM_{2,5}$ ve PM_{10})

EF _{Na}	Ortalama EF
Mg($PM_{2,5}$)	1,49
Mg(PM_{10})	0,3
K($PM_{2,5}$)	1,16
K(PM_{10})	1,0

**Şekil 1.** Kütüphanenin 7/24 çalışma salonu giriş kat ve 1.kat ile internet-DVD salonuna giren kişi sayıları

Kütüphanenin 7/24 çalışma salonu giriş kat ve 1.kat ile internet-DVD salonuna giren kişi sayıları kıyaslandığında en az kullanılan internet-DVD salonu olduğu görülmektedir (Şekil.1).

**Şekil 2.** Kütüphanenin ana kapısından geçen günlük, gündüz ve gece kişi sayıları

Kütüphane ana kapısından geçen kişi sayısı ile gündüz ve gece geçen kişi sayılarının artış ve azalışları senkronizedir (Şekil 2).

Hem PM_{10} hem de $PM_{2,5}$ filtrelerinde toplanan tozlardaki element konsantrasyonlarının kütüphaneye giren kişi sayıları ile Pearson korelasyonu 0,3'den küçük bulunmuştur. Bundan dolayı kütüphaneye giren kişi sayısı ile element konsantrasyonunun zayıf ilişkisi olduğu görülmüştür (Tablo 6 ve Tablo 7).

Tablo 6. $PM_{2,5}$ element konsantrasyonları ile salonlara giren kişi sayıları arasındaki korelasyonlar

$PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ile korelasyon değerleri	ANA KAPI	ANA KAPI (09.00-18.00)	ANA KAPI (19.00-08.00)	7/24 ÇALIŞMA SALONU GİRİŞ KAT	7/24 ÇALIŞMA SALONU 1. KAT	İNTERNET VE DVD SALONU
Be	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Na	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1
Mg	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Al	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
K	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Ca	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
V	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
Cr	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
Mn	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,1
Fe	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	0,1
Co	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,1
Ni	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,1
Cu	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,2
Zn	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	-0,1
As	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Se	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cd	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,0	0,0
Pb	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2

Tablo 7. PM_{10} element konsantrasyonları ile salonlara giren kişi sayıları arasındaki korelasyonlar

PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ile korelasyon değerleri	ANA KAPI	ANA KAPI (09.00-18.00)	ANA KAPI (19.00-08.00)	7/24 ÇALIŞMA SALONU GİRİŞ KAT	7/24 ÇALIŞMA SALONU 1. KAT	İNTERNET VE DVD SALONU
Be	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Na	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Mg	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
Al	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
K	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Ca	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
V	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
Cr	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Mn	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Fe	0,0	0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,1
Co	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ni	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cu	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zn	-0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
As	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
Se	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cd	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pb	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	-0,1

Tablo 8. Salonlara giren kişi sayıları arasındaki korelasyonlar

Korelasyon değeri	ANA KAPI	ANA KAPI (09.00- 18.00)	ANA KAPI (19.00- 08.00)	7/24 ÇALIŞMA SALONU GİRİŞ KAT	7/24 ÇALIŞMA SALONU 1. KAT	İNTERNET VE DVD SALONU
ANA KAPI	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8
ANA KAPI (09.00-18.00)	1,0	1,0	0,0	0,8	0,8	0,8
ANA KAPI (19.00-08.00)	0,9	0,8	1,0	0,9	0,9	0,6
7/24 ÇALIŞMA SALONU GİRİŞ KAT	0,9	0,8	0,9	1,0	0,9	0,6
7/24 ÇALIŞMA SALONU 1. KAT	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	0,6
İNTERNET VE DVD SALONU	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	1,0

Kütüphanenin ana kapısı, 7/24 çalışma salonu giriş ve 1.katı ile internet-DVD salonu kullanıcı sayılarının birbiriyle bağlantılı olduğu Pearson korelasyonları ile görülmektedir. İnternet-DVD salonu kullanıcıları ile diğer kapı girişlerindeki kişi sayıları arasındaki korelasyon değerlerine göre daha düşüktür fakat yine de oldukça yüksek ilişkilidir. Salonlara giren kişi sayıları arasındaki korelasyon değerleri ve rilerin tutarlı olduğunu göstermektedir (Tablo 8).

IV.SONUÇ

Üniversite kütüphanelerin iç ortam hava koşullarının ölçümlere dayalı olarak tanımlanması kütüphanelerin kullanıcının ve bina içinde çalışan personelin sağlık şikâyetlerinin ve risk faktörlerinin belirlenmesi açısından önem kazanmaktadır. Bu çalışmada 7/24 hizmet veren bir kütüphane binasında PM_{10} ve $PM_{2,5}$ kütle konsantrasyonları araştırılarak, partikül maddedeki element konsantrasyonları ölçümlenmiştir. Faktör hesabı sonucu topraktan ve denizden kaynaklanan etki incelenmiştir. PM_{10} kütle konsantrasyonları, 2.08 ila $100\mu g / m^3$ arasında değiştiği görülmüştür. $PM_{2,5}$ ve PM_{10} konsantrasyonları yaz mevsiminde düşük olduğu için önemli mevsimsel değişim göstermemiştir. PM konsantrasyonlarının ve kullanıcı sayısının karşılaştırması, sınavlar dönemi süresince bir artış olduğunu göstermiştir. Kütüphane binasında yeterli havalandırma sistemlerinin bulunmaması nedeniyle iç hava ortamındaki toz partikülleri kullanıcı ve çalışan sağlığı açısından önemli bir risk oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda bu çalışmanın sonuçlarının kütüphane binalarında çalışan bilgi ve belge yöneticilerine, kütüphanecilere önemli bir veri teşkil edebileceği düşünülerek bilimsel anlamda sonuçlar ortaya konmuştur. Kütüphane binalarında oluşan toz örneklerinin ölçümleri yapılarak, çalışan ve kullanıcı sağlığı açısından olası risk faktörleri belirlenerek maruziyet süresini ve olumsuz etkisini azaltacak koruyucu

önlemler alınmalıdır. Trafik kaynaklı (Cr ve Pb), toprak kaynaklı (Al) elementlerin ve Na, Ca, Fe elementlerinin konsantrasyonları yüksek bulunmuştur. Faktör hesabı sonucu topraktan kaynaklanan ve denizden kaynaklanan etki incelenmiştir. Toprak kaynaklı etki daha yüksek olduğu görülmüştür.

Kütüphane ana kapısı, 7/24 çalışma salonu giriş ve 1.katı ile internet-DVD salonu kullanıcı sayılarının Pearson korelasyonları oldukça yüksektir. İnternet-DVD salonu kullanıcılarının diğer kapı girişleriyle ilişkisi daha düşüktür fakat yine de yüksek ilişkilidir. Filtrelerdeki (PM_{10} , $PM_{2,5}$) element konsantrasyonlarının kütüphaneye giren kişi sayısından etkilenmediği Pearson korelasyonu sabitinin 0,3'den küçük olması ile belirlenmiştir. Element oranları çevreden farklı partiküler metal kaynakları teyit ediyor. Kentsel alandan trafik ve deniz aerosolleri kaynak olarak gözlenmiştir. Uluslararası limit değerleriyle ve literatürle karşılaştırıldığında kütüphanedeki element konsantrasyonlarının genellikle düşük olduğu gözlenmiştir.

Bunların yanında kütüphanede havalandırma, sıcaklık ve nemde kirleticileri etkileyen faktörlerdir ve sonraki çalışmalarda kütüphanede hava kalitesi parametreleri olarak incelenmesi tavsiye edilir. Uygun havalandırma koşullarının oluşturulması ile özellikle giriş ve bodrum katlarda yürüme ve koşma etkisiyle yerden havaya karışan kirliliğin azalacağı öngörülmektedir. Dolayısıyla kütüphaneyi kullanan bireylerin sağlığı açısından önemli faydalar getireceği düşünülmektedir.

V.TEŞEKKÜR

Bu çalışma FEN-B-120613-0272 numaralı proje ile Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir. Bu değerli katkıları için Marmara Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Yurtseven, E. (2008). İki farklı bölgedeki ilköğretim okullarında iç ortam havasının insan sağlığına etkileri yönünden incelenmesi. *Doktora Tezi, İÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.
- [2] Tan, S. Y., Praveena, S. M., Abidin, E. Z., & Cheema, M. S. (2016). A review of heavy metals in indoor dust and its human health-risk implications. *Reviews on Environmental Health, 31*(4), 447-456.
- [3] Meslek hastalıklarının sınıflandırılması, [http://isgtecrubeleri.com/is-guvenligi-saglik-konulari/meslek-hastaliklarinin-siniflandirilmesi/](http://isgtecrubeleri.com/is-guvenligi-saglik-konulari/meslek-hastaliklarinin-siniflandirilmesi/sayfasindan) sayfasından 01.03.2018 tarihinde erişildi.
- [4] Ali, M. Y., Hanafiah, M. M., Khan, M. F., & Latif, M. T. (2017). Quantitative source apportionment and human toxicity of indoor trace metals at university buildings. *Building and Environment, 121*, 238-246.
- [5] Huang, H. L., Chuang, P. C., Wang, H. C., Huang, Y. T., & Wu, S. H. (2005). Particulate matter in a new university library. In *Proceedings of the 10th international conference on indoor air quality and climate—indoor air'05* (pp. 1606-1610).
- [6] Smolík, J., Mašková, L., Ziková, N., Ondráčková, L., & Ondráček, J. (2013). Deposition of suspended fine particulate matter in a library. *Heritage Science, 1*(1), 7.
- [7] Sulaiman, F. R., Bakri, N. I. F., Nazmi, N., & Latif, M. T. (2017). Assessment of heavy metals in indoor dust of a university in a tropical environment. *Environmental Forensics, 18*(1), 74-82.
- [8] Zhong, J. N. M., Latif, M. T., Mohamad, N., Wahid, N. B. A., Dominick, D., & Juahir, H. (2014). Source apportionment of particulate matter (PM₁₀) and indoor dust in a university building. *Environmental Forensics, 15*(1), 8-16.
- [9] Avigo, D., Godoi, A. F., Janissek, P. R., Makarowska, Y., Krata, A., Potgieter-Vermaak, S., Alföldy, B., Van Grieken, R., & Godoi, R. H. (2008). Particulate matter analysis at elementary schools in Curitiba, Brazil. *Analytical and Bioanalytical Chemistry, 391*(4), 1459-1468.
- [10] Darus, F. M., Nasir, R. A., Sumari, S. M., Ismail, Z. S., & Omar, N. A. (2012). Heavy metals composition of indoor dust in nursery schools building. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 38*, 169-175.
- [11] Latif, M. T., Yong, S. M., Saad, A., Mohamad, N., Baharudin, N. H., Mokhtar, M. B., & Tahir, N. M. (2014). Composition of heavy metals in indoor dust and their possible exposure: a case study of preschool children in Malaysia. *Air Quality, Atmosphere & Health, 7*(2), 181-193..
- [12] Meza-Figueroa, D., De la O-Villanueva, M., & De la Parra, M. L. (2007). Heavy metal distribution in dust from elementary schools in Hermosillo, Sonora, México. *Atmospheric Environment, 41*(2), 276-288.
- [13] Na, K., Sawant, A. A., & Cocker III, D. R. (2004). Trace elements in fine particulate matter within a community in western Riverside County, CA: focus on residential sites and a local high school. *Atmospheric Environment, 38*(18), 2867-2877.
- [14] Olujimi, O., Steiner, O., & Goessler, W. (2015). Pollution indexing and health risk assessments of trace elements in indoor dusts from classrooms, living rooms and offices in Ogun State, Nigeria. *Journal of African Earth Sciences, 101*, 396-404.
- [15] Praveena, S. M., Abdul Mutalib, N. S., & Aris, A. Z. (2015). Determination of heavy metals in indoor dust from primary school (Sri Serdang, Malaysia): estimation of the health risks. *Environmental Forensics, 16*(3), 257-263..
- [16] Tran, D. T., Alleman, L. Y., Coddeville, P., & Gallo, J. C. (2012). Elemental characterization and source identification of size resolved atmospheric particles in French classrooms. *Atmospheric Environment, 54*, 250-259.
- [17] Yap, C. K., Krishnan, T., & Chew, W. (2011). Heavy metal concentrations in ceiling fan dusts sampled at schools around Serdang Area, Selangor. *Sains Malaysiana, 40*(6), 569-575.
- [18] Othman, M., Latif, M. T., & Mohamed, A. F. (2018). Health impact assessment from building life cycles and trace metals in coarse particulate matter in urban office environments. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 148*, 293-302.
- [19] Karaca, F. (2008). Büyükçekmece Havza Atmosferindeki PM_{2,5} ve PM₁₀ Partikül Gruplarındaki Metallerin İstatistik Dağılım Özelliklerinin İncelenmesi. *Ekoloji Dergisi, 17*(68).
- [20] Götschi, T., Hazenkamp-von Arx, M. E., Heinrich, J., Bono, R., Burney, P., Forsberg, B., Jarvis, D., Maldonado, J., Norback, D., Stern, W. B., Sunyer, J., Toren, K., Verlato, G., Villani, S. & Künzli, N. (2005). Elemental composition and reflectance of ambient fine particles at 21 European locations. *Atmospheric Environment, 39*(32), 5947-5958.
- [21] Kurt-Karakus, P. B. (2012). Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: estimation of the health risk. *Environment International, 50*, 47-55.
- [22] Lui, K. H., Chan, C. S., Tian, L., Ning, B. F., Zhou, Y., Song, X., Li, J., Cao, J. J., Lee, S. C. & Ho, K. F. (2017). Elements in Fine Particulate Matter (PM_{2,5}) from Indoor Air During Household Stoves Coal Combustion at Xuanwei, China. *Aerosol Science and Engineering, 1*(1), 41-50. <https://doi.org/10.1007/s41810-017-0004-2>
- [23] Şahin Alver, Ü. (2010). İstanbul atmosferindeki partiküler maddenin boyut dağılımı ve metal içeriğinin belirlenmesi. TÜBİTAK ÇAYDAG 107Y161, 1-165.
- [24] Butte, W., & Heinzow, B. (2002). Pollutants in house dust as indicators of indoor contamination. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 175*, 1-46.
- [25] Yin, J., Allen, A. G., Harrison, R. M., Jennings, S. G., Wright, E., Fitzpatrick, M., Healy, T., Barry, E., Ceburnis, D., & McCusker, D. (2005). Major component composition of urban PM₁₀ and PM_{2,5} in Ireland. *Atmospheric Research, 78*(3-4), 149-165.
- [26] Pekey, B., Bozkurt, Z. B., Pekey, H., Doğan, G., Zararsız, A., Efe, N., & Tuncel, G. (2010). Indoor/outdoor concentrations

- and elemental composition of $PM_{10}/PM_{2.5}$ in urban/industrial areas of Kocaeli City, Turkey. *Indoor Air*, 20(2), 112-125.
- [27] Ekmekcioglu, D., & Keskin, S. S. (2007). Characterization of indoor air particulate matter in selected elementary schools in Istanbul, Turkey. *Indoor and Built Environment*, 16(2), 169-176.
- [28] Wang, X., Bi, X., Sheng, G., & Fu, J. (2006). Chemical composition and sources of PM_{10} and $PM_{2.5}$ aerosols in Guangzhou, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 119(1-3), 425-439.
- [29] Raysoni, A. U., Armijos, R. X., Weigel, M. M., Echanique, P., Racines, M., Pingitore, N. E., & Li, W. W. (2017). Evaluation of sources and patterns of elemental composition of $PM_{2.5}$ at three low-income neighborhood schools and residences in Quito, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 674.
- [30] Mohammed, G., Karani, G., & Mitchell, D. (2017). Trace Elemental Composition in PM_{10} and $PM_{2.5}$ Collected in Cardiff, Wales. *Energy Procedia*, 111, 540-547.
- [31] Venkataraman, C., Reddy, C. K., Josson, S., & Reddy, M. S. (2002). Aerosol size and chemical characteristics at Mumbai, India, during the INDOEX-IFP (1999). *Atmospheric Environment*, 36(12), 1979-1991.
- [32] Arimoto, R., Zhang, X. Y., Huebert, B. J., Kang, C. H., Savoie, D. L., Prospero, J. M., Sage, S. K., Schloesslin, C. A., Khaing, H. M. & Oh, S. N. (2004). Chemical composition of atmospheric aerosols from Zhenbeitai, China, and Gosan, South Korea, during ACE-Asia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 109(D19).
- [33] Saraga, D., Maggos, T., Sadoun, E., Fthenou, E., Hassan, H., Tsiouri, V., Karavoltos, S., Sakellari, A., Vasilakos, C., & Kakosimos, K. (2017). Chemical characterization of indoor and outdoor particulate matter ($PM_{2.5}$, PM_{10}) in Doha, Qatar. *Aerosol Air Qual. Res*, 17, 1156-1168.
- [34] Rastogi, N., & Sarin, M. M. (2009). Quantitative chemical composition and characteristics of aerosols over western India: One-year record of temporal variability. *Atmospheric Environment*, 43(22-23), 3481-3488.
- [35] Momin, G. A., Rao, P. S. P., Safai, P. D., Ali, K., Naik, M. S., & Pillai, A. G. (1999). Atmospheric aerosol characteristic studies at Pune and Thiruvananthapuram during INDOEX programme-1998. *Current Science*, 985-989.
- [36] Koçak, M., Nimmo, M., Kubilay, N., & Herut, B. (2004). Spatio-temporal aerosol trace metal concentrations and sources in the Levantine Basin of the Eastern Mediterranean. *Atmospheric Environment*, 38(14), 2133-2144.
- [37] World Health Organization. (2000). Air quality guidelines for Europe. ISSN 0378-2255.
- [38] Kılıç, S. (2010). Determination of indoor air particulate matter mass and elemental concentrations in a selected hospital. Yüksek Lisans Tezi. *Marmara Üniversitesi*.
- [39] Taylor, S. R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochimica et cosmochimica acta*, 28(8), 1273-1285.