

BİNA-İÇİ YÜZEYLERE ÇÖKELMİŞ PARTİKÜLLERDEKİ UÇUCU ORGANİK MADDE İÇERİĞİNİN NİCELİKSEL ANALİZİ

Sait C. SOFUOĞLU
Mustafa ODABAŞI
Aysun SOFUOĞLU

ÖZET

Yakın zamana kadar partiküllerin Uçucu Organik Madde (UOM) içeriği yalnız niteliksel olarak belirlenebiliyordu. Ancak, 2005 yılında Odabaşı ve arkadaşları (*Atmospheric Environment*, 39, 3763–3770) atmosferdeki partiküllerde UOM derişimlerini belirlemek için bir termal desorpsiyon – gaz kromatografi / kütle spektrometrisi yöntemi geliştirdi. Bu çalışmada, atmosferdeki partiküller için geliştirilen bu yöntem kullanılarak bina-içi ortamlarda yatay yüzeylere çökelmiş partiküllerde sorplanmış UOM'lerin niceliksel analizi yapılmıştır. Toplam 15 örnek, İzmir Y. Teknoloji Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi binalarından ve bir apartman binasından toplanmıştır. Ellidört UOM'den 18 adedi tüm örneklerde dedekte edilirken, 13 tanesi hiç bir örnekte tespit edilememiştir. Partiküllerdeki UOM derişimleri 0,007 ng/mg (1,4-dichlorobenzene) ilâ 226,4 ng/mg (nonanal) arasında değişim göstermiştir. Toplam UOM derişimleri 14 ilâ 582 ng/mg arasında değişirken ortalama ve standart sapma değerleri, sırasıyla, 204 ve 138 ng/mg olmuştur. Bina-içi partikül UOM derişimleri açık hava partikül derişimlerine göre ortalama yaklaşık iki katı daha yüksek bulunmuştur.

GİRİŞ

Son yıllarda sanayileşmiş ülkelerde oldukça artmış olan allerji ve diğer hipersensitivite rahatsızlıklarının yaygınlığına sebep olarak önerilen faktörler arasında havadaki tahriş edici gazlar ve bu gazları bünyelerinde bulunduran toz partikülleri de bulunmaktadır [1,2]. Bina-içi yatay yüzeylere çökelmiş tozlar (partiküller) havadaki uçucu ve yarı-uçucu organik maddelere sorplanma yoluyla önemli bir birikme ortamı oluşturarak depo görevi görmektedir. Çevresel denge gereği havadaki derişimleri arttığında tozlara sorplanan bu gazlar havadaki derişimleri azaldığında ya da başka şartlar değişerek uygun hale geldiğinde ise havaya salınırlar. Dolayısıyla, tozlar bu gazların bir kaynağı haline gelir. Üstelik, kısa zaman içinde tozlara sorplanan bu gazlar sonra göreceli daha uzun zaman zarflarında havaya geri dönerler. Bu sebeple, toksik etkileri olan ve kansere yol açabilen uçucu ve yarı-uçucu organik maddeler açısından bina-içi yüzeylere çökelmiş tozlar binada yaşayan veya çalışanlar açısından önem arz etmektedir.

Yakın zamana kadar, toz partiküllerinin UOM içeriği çok düşük derişimleri sebebiyle yalnız niceliksel olarak belirlenebiliyordu [3,4]. Solvent ekstraksiyonu, katı faz mikroekstraksiyon (SPME), purge-and-trap, direkt termal desorpsiyon ile birlikte gaz kromatografi / kütle spektrometrisi (GC/MS) partiküllerdeki uçucu organik madde (UOM)'leri incelemekte kullanılabilecek yöntemler arasında yer almaktadır. Bunlardan solvent ekstraksiyonun dezavantajı, seyreltilmiş örneklerde yüksek dedeksiyon limitleri iken, SPME ile şimdilik sadece niteliksel analiz yapılabilmektedir. Purge-and-trap yöntemi ise sadece su ile ekstrakte edilebilen ve sudan uçurulabilen polar bileşiklere uygulanabilmesi kısıtı sebebiyle çok tercih edilmemektedir. Termal desorpsiyon bu yöntemler arasında en gelecek vaad eden yöntem olarak görünmektedir.

Odabaşı ve arkadaşları [5] geliştirdikleri termal desorpsiyon – gaz kromatografi / kütle spektrometrisi yöntemi ile atmosferik partiküllerde UOM derişimlerini niceliksel olarak belirlemeyi başarmışlardır. Bu çalışmanın amacı, geliştirilen bu yeni yöntemi kullanarak bina-içi yatay yüzeylere çökelişmiş tozlarda UOM derişimlerini belirlemektir.

MALZEME VE YÖNTEMLER

Toplam 15 adet örnek, İzmir Y. Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Gülbahçe, Urla kampüsündeki 4 adet binadan, Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) Kaynaklar kampüsündeki bir bina ve Buca'da bir apartman binasından toplanmıştır. Bütün binalarda doğal havalandırma kullanılmaktadır ve 1992 ilâ 2002 arasında inşaa edilmişlerdir. İYTE'deki binalarda örnek alınan odalardan bazıları çeşitli seviyelerde rutubetten etkilenmiş odalardır (bkz. Tablo 1). DEÜ kampüsündeki binada örnekleme Çevre Mühendisliği Bölümü, Hava Kirliliği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yapılan odaların özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur. Bu özelliklerden odada halı varlığı duvardan duvara halıya işaret etmektedir.

Örnekleme yapılacak odalar, yatay yüzeylerin en az üç aydır temizlenmemiş olduğu odalardan seçilmiştir. Her odada çeşitli yüzeylerden toplamda yaklaşık olarak 0,5 gram olacak şekilde plastik bir fırça yardımıyla önceden darası tartılmış alüminyum folyodan kesilmiş parçalara toplanmıştır. Örneklemeden sonra tartım yapılarak alınan örneğin kütlesi belirlenmiştir.

Örnekler, önceden fırınlanmış cam termal desorpsiyon tüplerine (6mm dış çap, 4 mm iç çap) aktarılmıştır. Sonra, tüpler etiketlenmiş ve kapakları kapatılarak kontaminasyon ve desorpsiyondan korunmuştur. Partiküllerin analizi için geliştirilen yöntem standart referans materyalden (urban dust, SRM 1649a, the National Institute of Standards and Technology, NIST) yedi parça (0,40–10 mg) analiz edilerek denenmiş ve optimize edilmiştir. SRM 1649a parçaları önceden tartılmış ve fırınlanmış küçük alüminyum folyo parçaları üzerinde tartılmıştır. Daha sonra önceden fırınlanmış cam termal desorpsiyon tüplerine alınmıştır. Tüplerin uçları, önceden fırınlanmış silanize edilmiş cam yünü ile tıkanmıştır. Sonra, tüpler etiketlenmiş ve kapakları kapatılarak kontaminasyon ve desorpsiyondan korunmuştur.

Tablo 1. Örnekleme Yapılan Odaların Özellikleri.

Oda No.	Bina	Oda Tipi	Nufus	Görünür Nem / Küf	Halı	Bilgisayar
1	İYTE Bina-1	Ofis	1	Hayır	Evet	1
2	İYTE Bina-1	Ofis	2-5	Hayır	Hayır	2-4
3	İYTE Bina-1	Derslik	6-25	Evet	Evet	Yok
4	İYTE Bina-1	Ofis	1	Evet	Hayır	2-4
5	İYTE Bina-1	Ofis	2-5	Evet	Hayır	2-4
6	İYTE Ofis Binası	Ofis	1	Evet	Hayır	1
7	İYTE Ofis Binası	Ofis	1	Evet	Hayır	1
8	İYTE Ofis Binası	Ofis	1	Evet	Hayır	1
9	İYTE Derslikler Binası	Derslik	26-40	Evet	Hayır	1
10	İYTE Derslikler Binası	Derslik	26-40	Hayır	Hayır	Yok
11	İYTE Bilgisayar Merkezi	Bilgisayar Lab.	26-40	Evet	Hayır	>4
12	İYTE Bilgisayar Merkezi	Teknik Servis	6-25	Evet	Hayır	>4
13	Apartman Binası	Mutfak	1	Hayır	Hayır	Yok
14	Apartman Binası	Oda	1	Hayır	Evet	1
15	DEÜ Çevre Müh. Binası	Hava Kirliliği Lab.	2-5	Hayır	Hayır	Yok

Örnekler, kütle seçici dedektörü (Agilent 5973 inert MSD) ve termal desorberi (Tekmar, Aerotrap 6000) olan bir gaz kromatografi sistemi (GC) (Agilent 6890N) ile analiz edilmiştir. Termal desorber şöyle modifiye edilmiştir: GC enjeksiyon ünitesindeki akışa engel teşkil eden orijinal transfer hattı (0,32mm iç çap) cam çeperli inert çelik tüp hat (0,7mm iç çap, Alltech) ile değiştirilmiştir. İçerideki sıvı azot gazı ile çalışan krayojenik tuzak, adsorban (100 mg Tenax) doldurulmuş bir iç tuzak ile değiştirilmiştir. Toz örnekleri 5 dak. boyunca 225 °C'de 40 ml/dak helyum akımı kullanılarak desorbe edilmiştir. Desorpsiyon sırasında iç tuzak sıcaklığı 35 °C'de tutulmuştur. Tuzak 1 dak. boyunca 240 °C'de desorbe edilmiştir. Sonra, 250 °C'de 10 dak. boyunca fırınlanmıştır. Fırın valfi ve transfer hattı sıcaklıkları 200 °C'de tutulmuştur. Kromatografik kolon HP5-ms (30 m, 0,25 mm, 0,25 mm) ve taşıyıcı gaz helyumdur (1ml/min ve 36 cm/s doğrusal hız). Split oranı olarak 1:40, inlet sıcaklığı olarak ise 240 °C kullanılmıştır. Termal desorber sistemini kalibre etmek için kalibrasyon standartları 54 bileşikten oluşan bir standart karışımından (Accustandard) metanol ile seyreltilerek beş seviye (0,4, 2, 5, 10 and 20 µg/ml) halinde hazırlanmıştır. Bu standartlardan içinde 100 mg Tenax bulunan termal desorpsiyon tüplerine 1 µl enjekte edilmiş ve kalibrasyon yapılmıştır. GC analizi ve kalite kontrol hakkında daha detaylı bilgi edinmek için Odabaşı vd.'ne [5] bakınız.

BULGU VE TARTIŞMALAR

Analizi yapılan 54 adet UOM'den 14'ü (trans-1,2-dichloroethene, 1,2-dichloropropane, 1,1-dichloroethane, vinyl acetate, 1,1,1-trichloroethane, butyl formate, pyridine, 1,1,2-trichloroethane, dibromochloromethane, bromoform, cyclohexanone, cis-1,4-dichloro-2-butene, 1,1,2,2-tetrachloroethane, trans-1,4-dichloro-2-butene) hiç bir örnekte dedekte edilememiştir. Kalan bileşiklerin dedeksiyon yüzdeleri, ve derişimlerinin betimleyici istatistikleri Tablo 2'de sunulmaktadır.

Ortalama ve ortanca istatistikleri dikkate alındığında en yüksek derişimlerde (>10 ng/mg) karşımıza çıkan UOM'ler acrolein, acetone, propanal, 2-butanone, nonanal ve decanaldir. Ölçülen en yüksek derişimleri dikkate aldığımızda ise bunlara butanal, hexanal, heptanal, ve octanal eklenmektedir. Yapısında klor içeren bileşiklerden 1,1-dichloroethene ve 1,2-dichloroethane >0,3 ng/mg ortalama ve >1 ng/mg en yüksek derişimleri ile sivrilmektedir. BTEX bileşikleri de benzer seviyelerde bulunurken bunlar arasında xylene bileşikleri (p- ve o,m-) en düşük seviyelerde ölçülmüştür. Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışmada ölçülen bina-içi yüzeylere çökelmiş partiküllerde UOM derişimleri, atmosferden toplanan partiküllerde ölçülenlere nazaran yedi bileşik için daha yüksek iken sekiz bileşik için daha düşüktür (Tablo 3). Bina-içi / açık hava derişimlerinin oranı 0,1 – 10 arasında değişmiş ve ortanca değeri 0,8 olmuştur.

Bu çalışmada dedekte edilen bileşiklerden bazıları (acetone, hexanal, octanal, nonanal) mikrobiyal UOM olarak bilinen bileşiklerdendir [4]. Wilkins ve diğerleri [3] Asal Bileşenler Analizi kullanarak (azdan çoğa modele katkıda bulunma oranlarına göre sıralı) hexanal, 2-butanone, pentanal, ve heptanalın küf bulunan binalarda bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ek olarak bazı bileşiklerin, küf bulunan binalarda, mikroorganizmalardan (2-butanone, acetone) ve bina malzemelerinden (2-butanone, 2-hexanone) iç ortama salındıkları belirlenmiştir [6]. Ayrıca, bunlardan 2-butanone bileşiğinin glikoliz sonucu oluştuğu, pentanal, hexanal, ve heptanal bileşiklerinin ise yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu oluştuğu düşünülmektedir [3]. Çıplak gözle görülebilir küf varlığı açısından UOM derişimleri incelendiğinde, acetone, benzene, butyl acetate, hexanal, 2-hexanone, methylene chloride, propanal, pentanal, ve styrene derişimleri arasındaki farkların istatistiksel ($p < 0,05$) olduğu ve tümü için gözle görülür küf varlığı olmayan odalarda derişimlerin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, yukarıda literatürde belirtilenler ile çelişmektedir. Bu çelişkinin, aynı bina içinde hem küf varlığı olan hem de olmayan odalar bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Her ne kadar, binalarda mekanik havalandırma kullanılsa da doğal havalandırma yapılan binalarda, uygun şartlar oluştuğunda, kirleticilerin bina içinde taşınımı mümkündür. Ek olarak, iki odada örnekleme yapmış olduğumuz, küf varlığı olmayan apartman binası, mutfakta ölçülen yüksek derişimler sebebiyle bu çelişkinin ortaya çıkmasına önemli bir katkıda bulunmuştur.

Örnek sayıları diğerlerine nazaran daha yüksek olan iki binada (İYTE Bina-1 ve İYTE Ofis Binası) ölçülen derişimler Mann-Whitney U-Test kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu binalardan ilkinde hem ofisler ve sınıflar, hem de laboratuvarlar bulunmakta, bodrum katta da bir kantin bulunmaktadır. İkinci binada ise sadece ofisler bulunmaktadır. Crotonaldehyde, 1,3-dichlorobenzene, 1,4-dichlorobenzene, ve o,m-xylene derişimlerinin iki bina arasında istatistiksel fark gösterdiği görülmüştür ($p < 0,05$).

İdari binadaki tüm örneklerde 1,3-dichlorobenzene dedeksiyon limitinin altında (BDL) kalmıştır. Bu dört bileşimin iki binadaki ortanca derişimleri sırasıyla 0,77/0,20 ng/mg, BDL/0,01 ng/mg, 0,05/0,19 ng/mg, ve 0,04/0,37 ng/mg olmuştur.

Tablo 2. Tespit Edilen Bileşiklerin Dedeksiyon Oranları ve Derişim Betimleyici İstatistikleri

Bileşik	Dedeksiyon (%)	Ortanca	Ortalama	Std. Sapma	En Küçük	En Büyük
1,1-Dichloroethene	93	0,30	0,42	0,35	<DL	1,19
1,2-Dichlorobenzene	60	0,01	0,03	0,05	<DL	0,18
1,2-Dichloroethane	100	0,04	0,31	0,59	0,009	1,78
1,3-Dichlorobenzene	27	0,004	0,004	0,01	<DL	0,02
1,4-Dichlorobenzene	100	0,09	0,10	0,07	0,007	0,29
2-butanone	100	25,9	31,7	18,4	6,30	60,7
2-Hexanone	93	0,33	0,33	0,18	<DL	0,76
4-Methyl-2-pentanone	93	0,32	0,37	0,34	<DL	1,47
Acetone	100	31,7	35,3	18,9	2,94	79,4
Acrolein	93	14,9	14,3	8,80	<DL	35,1
Acrylonitrile	100	0,28	0,37	0,49	0,02	2,05
Benzene	100	0,38	0,40	0,24	0,08	0,96
Bromodichloromethane	47	0,03	0,03	0,05	<DL	0,16
Butanal	100	1,76	3,44	5,89	0,13	24,2
Butyl acetate	67	0,26	0,35	0,40	<DL	1,31
Butyl propionate	20	0,03	0,03	0,06	<DL	0,17
Carbon disulfide	93	2,13	3,09	2,55	<DL	8,99
Carbon tetrachloride	27	0,004	0,00	0,01	<DL	0,04
Chlorobenzene	40	0,01	0,01	0,02	<DL	0,06
Chloroform	100	0,21	0,24	0,22	0,02	0,92
cis-1,3-Dichloropropene	20	0,01	0,01	0,02	<DL	0,09
Crotonaldehyde	100	0,41	0,52	0,30	0,20	1,16
Decanal	93	16,9	29,2	40,7	<DL	165
Ethyl benzene	93	0,03	0,03	0,02	<DL	0,09
Heptanal	100	2,97	4,18	5,58	0,15	23,4
Hexanal	100	6,91	11,8	21,2	0,35	87,4
Iodomethane	100	0,48	1,43	2,04	0,11	5,74
Methyl propionate	73	0,06	0,06	0,04	<DL	0,15
Methylene chloride	100	0,21	0,31	0,27	0,04	0,97
Nonanal	100	22,9	38,9	55,4	0,67	226
o,m-Xylene	100	0,07	0,17	0,31	0,005	1,23
Octanal	93	3,88	5,51	5,54	<DL	20,1
Pentanal	100	1,45	1,82	1,80	0,12	7,87
Propanal	100	17,1	18,5	9,88	2,01	36,0
p-Xylene	87	0,07	0,08	0,06	<DL	0,20
Styrene	100	0,27	0,25	0,13	0,03	0,58
Tetrachloroethene	47	0,03	0,03	0,05	<DL	0,18
Toluene	53	0,23	0,31	0,43	<DL	1,54
trans-1,3-Dichloropropene	7	0,006	0,01	0,02	<DL	0,09
Trichloroethene	53	0,04	0,05	0,06	<DL	0,17

Oda nufusuna göre derişimler incelendiğinde, 1-5 kişinin bulunduğu odalar ile >5 kişi kapasiteliler arasında bromodichloromethane ve butyl propionate derişimleri istatistiksel olarak farklıdır ($p<0,05$). Bunların derişimleri 1-5 kişilik odalarda daha düşük iken, farklar istatistiksel olmamakla beraber, butanal, pentanal, hexanal, heptanal, octanal, decanal, ve 2-butanone derişimleri >5 kişilik odalarda daha yüksek değerlerde ölçülmüştür. Bu bileşiklerden ikisinin (hexanal ve pentanal) yüksek nüfuslu odalarda yüksek derişimlerde bulunması Nilsson ve arkadaşlarının [4] önerdikleri bunların insan kaynaklı olabileceğine dair görüşleri ile uyumludur. Trichloroethene ve 2-butanone, bilgisayar var olan odalarda aradaki fark istatistiksel olmak üzere ($p<0,07$) daha yüksek seviyededir. Eşdeğişkenlik ihtimali göz önünde tutularak her bir UOM'nin derişimlerini tahmin etmek üzere kurulan ve oda nüfusu

Tablo 3. Bina-İçi ve Açık Hava UOM Ortalama Derişimleri ve Oranları

UOM	Bina-İçi ng/mg	Açık Hava* ng/mg	Bina-İçi / Açık Hava Oranı
1,4-Dichlorobenzene	0,10	0,01	10,0
1,2-Dichloroethane	0,31	0,05	6,2
1,2-Dichlorobenzene	0,03	0,01	3,0
Tetrachloroethene	0,03	0,01	3,0
Benzene	0,14	0,40	2,9
Styrene	0,19	0,25	1,3
Chloroform	0,24	0,22	1,1
Trichloroethene	0,05	0,06	0,8
Ethylbenzene	0,03	0,05	0,6
p-Xylene	0,14	0,08	0,6
o,m-Xylene	0,17	0,35	0,5
Butyl acetate	0,35	0,73	0,5
Toluene	0,92	0,31	0,3
Bromodichloromethane	0,03	0,13	0,2
Chlorobenzene	0,01	0,10	0,1
<i>Ortalama</i>			<i>2,1</i>

* Açık hava derişimleri Odabaşı vd.'den [5] alınmıştır.

ile bilgisayar varlığı değişkenlerinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı doğrusal regresyon analizi sonucunda trichloroethene ve 2-butanone derişimlerinin bilgisayar varlığıyla, bromodichloromethane ve butyl propionate derişimlerinin de oda nüfusu ile ilişkili olduğu teyit edilmiştir ($p<0,10$).

Oda tipinin etkisi, ofislerdeki derişimlerin sınıflar, bilgisayar merkezi ve apartman binasındaki odalardaki derişimler ile karşılaştırmak suretiyle incelenmiştir. Acetone, acrilonitrile, butyl acetate, bromodichloromethane, ethyl benzene, iodomethane, methylene chloride, p-xylene, propanal, styrene ve toluene derişimlerinin ofislerde daha yüksek olmak üzere istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Aynı bileşikler için karşılaştırma ofisler ile bilgisayar merkezindeki odalar arasında yapıldığında sadece butyl acetate, bromodichloromethane ve methylene chloride için farklar istatistikseldir ($p<0,05$). Bu üç bileşiğe ek olarak crotonaldehide, heptanal ve butyl propionate arasındaki derişim farkları istatistikseldir ($p<0,10$). Ofis ile apartman binası arasındaki derişim farkları incelendiğinde, acrolein, methyl propionate, trichloroethene, butyl acetate, butyl propionate için farkların istatistiksel olduğu belirlenmiştir ($p<0,10$). Bu üçlü karşılaştırmadan çıkarılabilecek sonuç methylene chloride ve butyl propionate bileşiklerinin ofislere, butyl acetate bileşiğinin ise evlere has bir UOM olabileceğidir. Odalarda halı mevcudiyeti sebebiyle hiç bir UOM için istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir.

Analizi yapılan 54 adet UOM üzerinden hesaplanan Toplam UOM (TUOM) derişimleri 14 ilâ 582 ng/mg arasında değişirken ortalama, ortanca, ve standart sapma değerleri sırasıyla 204, 196, ve 238 ng/mg olarak hesaplanmıştır.

Binalar arasında ve gözle görülür küf varlığı, bilgisayar varlığı gibi yukarıda bireysel UOM derişimlerinin karşılaştırılmasında kullanılan oda özelliklerine göre TUOM derişimleri herhangi bir istatistiksel farklılık göstermemiştir.

Uçucu organik maddeler ile oda özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemek üzere bir diğer yöntem olarak lojistik regresyon kullanılmıştır. Bu incelemede, bireysel UOM derişimleri bağımsız değişken olarak kullanılarak iki değer alabilen oda özellikleri (örneğin, halı: var-yok) tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bunlar arasındaki korelasyon katsayıları da belirlenmiştir. Bu incelemeden elde edilen sonuçlar Tablo 4'te sunulmaktadır.

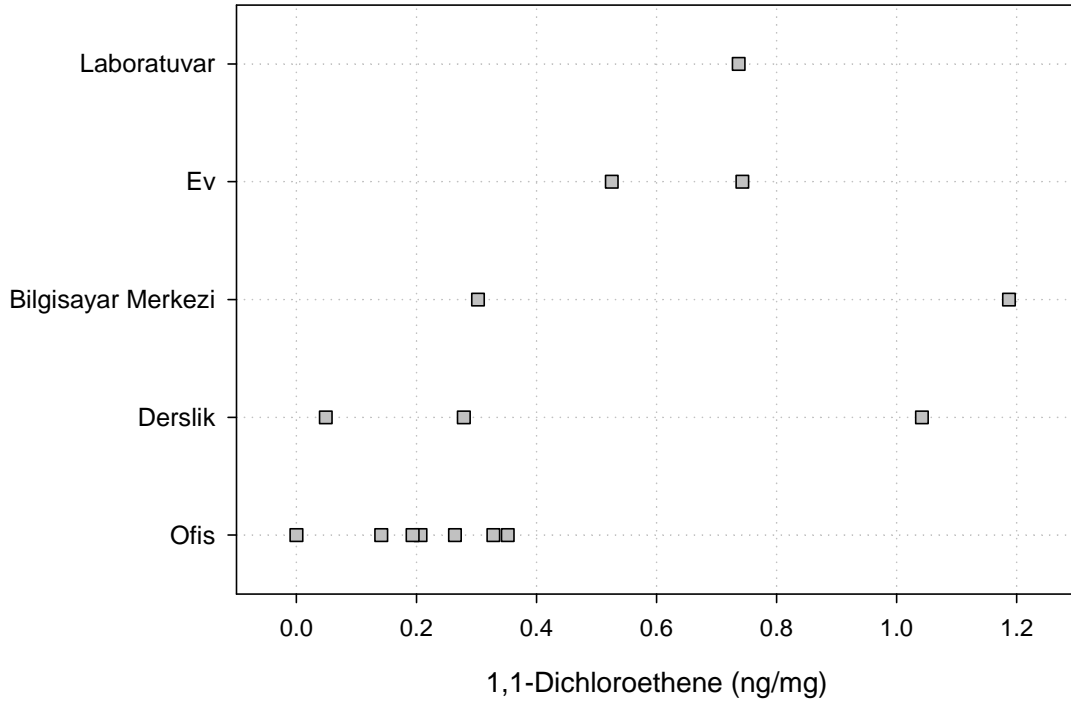
Bilgisayar varlığı ile trichloroethene arasında negatif bir ilişkinin bulunmuş olmasının nedeni, bilgisayar olmayan dört odada bu bileşiğin derişimlerinin BDL olmasıdır. Ancak, bilgisayar olan bazı odalarda da (n=3) bu bileşik dedekte edilemediğinden bu negatif istatistiksel ilişkinin çok anlamlı olmadığı

Tablo 4. Lojistik Regresyon ve Korelasyon Analizi Sonuçları

Özellik	Uçucu Organik Madde	or ^a	p ^b	ydt ^c	rho ^d
Bilgisayar	Trichloroethene	0,80	0,01	80	-0,59
Halı	Chlorobenzene	1.59	0,06	80	0,39
Halı	1,3-Dichlorobenzene	1.97	0,15	80	0,30
Küf	1,3-Dichlorobenzene	0,46	0,03	67	-0,49
Nufus	Bromodichloromethane	–	–	–	-0,72
Nufus	Butyl propionate	–	–	–	-0,53
Oda tipi	1,1-Dichloroethene	–	–	–	0,63

a. Odds Ratio, b. Ki-kare testi p-değeri, c. Yüzde Doğru Tahmin, d. Spearman Korelasyon Katsayısı

sonucuna varılmaktadır. Halı varlığı durumunda iki benzer bileşiğinin derişimleri ilişkili çıkmıştır, ki bunlardan birisi (chlorobenzene) için ilişki istatistikseldir. Spearman korelasyon katsayısı da bu sonucu desteklemektedir. Sonuç olarak, halı mevcut olan odalarda chlorobenzene bulunma ihtimali halı olmayanlara nazaran %60 daha yüksektir. Bilgisayar varlığı ile trichloroethene arasındakine benzer bir ilişki küf ile 1,3-dichlorobenzene arasında da karşımıza çıkmıştır. Küf varlığı olmayan beş odada bu bileşik dedekte edilemezken küf varlığı olan beş odada da aynı durumla karşılaşılmıştır. Dolayısıyla, istatistiksel olmasına rağmen elde edilen ilişkinin çok anlamlı olmadığı düşünülmektedir. Nufus ve oda tipi özellikleri ile UOM derişimleri arasında lojistik regresyon kullanılarak istatistiksel bir ilişki oluşturulamamıştır. Ancak, elde edilen Spearman korelasyon katsayıları >0,50'dir. Bilgisayar ve küf varlığı durumunda oluşan çelişkili ilişkinin bu iki özellik için de geçerli olup olmadığı araştırılmıştır. Nufus ile bromodichloromethane için benzer durum söz konusu iken butyl propionate için bundan bahsedilememektedir. Bu bileşik, tek kişilik üç ofiste >100 ng/mg seviyelerinde ölçülürken geri kalan tüm odalarda –diğer tek kişilik ofislerde dahil olmak üzere– dedekte edilememiştir. Oda tipi ile 1,1-dichloroethene arasındaki ilişkinin korelasyon katsayısı da >0,50 olup Şekil 1'de görsel olarak sunulmuştur. Buna göre, laboratuvar, apartman binası ve bilgisayar merkezinde ölçülen derişimler ofis ve dersliklerde ölçülenlere göre daha fazladır. Arada fark olup olmadığı Mann-Whitney U-testi ile sınanmış ve istatistiksel olduğu (p=0,02) görülmüştür.



Şekil 1. Oda tipine göre 1,1-dichloroethene derişimleri

SONUÇ

Daha önce atmosferdeki partiküllerde UOM derişimlerini belirlemek için geliştirilen bir termal desorpsiyon – gaz kromatografi / kütle spektrometrisi yöntemi uygulanarak bina-içi ortamlarda yatay yüzeylere çökelmiş partiküllerde sorplanmış UOM'lerin niceliksel analizi ilk defa ve başarıyla yapılmıştır. Analizi yapılan 54 UOM'den 18 adedi tüm örneklerde dedekte edilirken, 13 tanesi hiç bir örnekte tespit edilememiştir. Partiküllerdeki UOM derişimleri 0,007 ng/mg (1,4-dichlorobenzene) ilâ 226.4 ng/mg (nonanal) arasında değişim göstermiştir. Toplam UOM derişimleri 14 ilâ 582 ng/mg arasında değişirken ortalama ve standart sapma değerleri, sırasıyla, 204 ve 138 ng/mg olmuştur. Bina-içi partikül UOM derişimleri açık hava partikül derişimlerine göre ortalama yaklaşık iki katı daha yüksek bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] LEBOWİTZ, M.D., QUACKENBOSS, J.J., KRZYZANOWSKI, M. AND O'ROURKE, M.K., "Multipollutant exposures and health responses to particulate matter" Arch. Environ. Health, 47, 71–75, 1992.
- [2] MØLHAVE, L., KJÆRGARD, S.K., ATTERMAN, J., "Sensory and other neurogenic effects of exposures to airborne office dust" Atmos. Environ., 34, 4755–4766, 2000.
- [3] WILKINS, K., NIELSEN, E.M., WOLKOFF, P., "Patterns in Volatile Organic Compounds in Dust from Moldy Buildings" Indoor Air 7, 128-134, 1997.

- [4] NILSSON, A. , KIHSTRÖM, E., LAGESSON, V., WESSEN, B., SZPONAR, B., LARSSON, L., TAGESSON, C., "Microorganisms and volatile organic compounds in airborne dust from damp residences" Indoor Air 14, 74–82, 2004.
- [5] ODABASI, M., ONGAN, O., CETİN, E., "Quantitative analysis of volatile organic compounds (VOCs) in atmospheric particles" Atmospheric Environment 39, 3763-3770, 2005.
- [6] WILKINS, K., LARSEN, K., SIMKUS, M., "Volatile metabolites from mold growth on building materials and synthetic media" Chemosphere 41, 437-446, 2000.

ÖZGEÇMİŞLER

Sait C. SOFUOĞLU

DEÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. İTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak iki yıl çalıştı. Öğrenimine ABD'de devam edip yüksek lisans ve doktorasını Illinois Institute of Technology'den aldı. Bu sırada SDÜ Çevre Mühendisliği Bölümü araştırma görevlisi olan S.C. Sofuoğlu 2001 yılında aynı bölümde Yardımcı Doçent olarak öğretim üyeliğine atandı. 2002 yılında aynı ünvan ile İzmir Y. Teknoloji Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyeliğine atandı. Bina-içi hava kirliliği, hava kirliliği, ve maruziyet ve risk değerlendirmesi konularında araştırmalar yapmakta ve bu konularda dersler vermektedir.

Mustafa ODABAŞI

1988 yılında DEÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans eğitimini aynı bölümde, doktorasını ABD'de Illinois Institute of Technology'de tamamladı. 1989-1998 yılları arasında DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü araştırma görevlisi olan M.Odabaşı, 1998 yılında aynı bölümde Öğretim Görevlisi, 2000 yılında Yardımcı Doçent, 2003 yılında da Doçent olarak atandı. Hava kirliliği ve kontrolü, kalıcı toksik organik kirleticilerin değişik çevresel ortamlar arasındaki taşınımı, bu maddelerin fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi konularında araştırmalar yapmakta ve dersler vermektedir.

Aysun SOFUOĞLU

İTÜ Kimya Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek lisans derecesini University of Wisconsin at Madison Çevre Mühendisliği Bölümünden, doktora derecesini Illinois Institute of Technology Çevre Mühendisliği Bölümünden aldı. 2000 yılında Yardımcı Doçent olarak İzmir Y. Teknoloji Enstitüsü Kimya Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyeliğine atandı. Hava kirliliği ve bina-içi hava kirliliği konularında araştırmalar yapmakta olan Aysun Sofuoğlu kalıcı organik kirleticilerin taşınımı, kuru birikim, ve hava kirliliğinin malzemeler üzerinde etkileri konularında çalışmaktadır.