



**Bu bir MMO  
yayıdır**

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

## **BİR ÜNİVERSİTENİN FARKLI MEKANLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN ZAMANLA DEĞİŞİMİNİN PASİF ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ**

**YETKİN DUMANOĞLU  
GAMZE MİRZAOĞLU  
TOLGA ELBİR  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**



# BİR ÜNİVERSİTENİN FARKLI MEKANLARINDA İÇ ORTAM HAVA KALİTESİNİN ZAMANLA DEĞİŞİMİNİN PASİF ÖRNEKLEME YÖNTEMİ İLE İNCELENMESİ

Yetkin DUMANOĞLU  
Gamze MİRZAĞLU  
Tolga ELBİR

## ÖZET

Bu çalışma Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi Çevre-İnşaat Mühendisliği Bölümü Binası'nda gerçekleştirilmiştir. Binada bulunan bir fotokopi ofisi, bir derslik, kantin, ve laboratuvarında Kasım-Aralık 2013 aylarında SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve VOC konsantrasyonlarının zamansal değişimleri izlenmiştir. Kirletici konsantrasyonlarının ölçümünde pasif örnekleme yöntemi kullanılmıştır. İç ortam örnekleme noktaları ile eş zamanlı olarak dış hava kalitesi ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Her örnekleme noktasına aynı anda dörder adet pasif örnekleme yerleştirilmiş ve toplam 7 ila 28 gün arasında değişen sürelerde örnekleme devam edilmiştir. Böylece, pasif örnekleme yöntemlerinin zamana göre kirletici tutma kapasiteleri incelenmiş ve sonuçlar bu kapsamda değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda dış havadaki SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının bina içindeki mekanlara göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Örnekleme dönemi boyunca SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> için dış havada belirlenen ortalama konsantrasyonlar sırası ile 9 µg/m<sup>3</sup> (dört haftalık ortalama) ve 28 µg/m<sup>3</sup>'dir (dört haftalık ortalama). Kampüs içinde ölçülen dış hava SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının kaynağı kampüs içindeki taşıt trafiği ve binaların ısınmasında kullanılan doğalgaz olmuştur. Dış havada ozon konsantrasyonu 40 µg/m<sup>3</sup> (dört haftalık ortalama) olarak ölçülürken iç ortam mekanlarından birisi olan fotokopi ofisinde ise 15 µg/m<sup>3</sup> (iki haftalık ortalama) olarak ölçülmüştür. VOC derslik ve kantinde 70 µg/m<sup>3</sup> ölçülürken, fotokopi ofisi ve laboratuvarında bu değer yaklaşık 20 katı kadar yüksek çıkmıştır. Laboratuvarında örnekleme süresi boyunca genellikle 'anyonik yüzey aktif madde tayin' deneyi yapılmıştır. Bu deneyde kullanılan kloroform adlı kimyasal örnekleme yöntemi en güçlü VOC kaynağı olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İç ortam hava kalitesi, uçucu organik bileşikler, ozon, azot oksitler, pasif örnekleme.

## ABSTRACT

This study was conducted in Dokuz Eylul University, Tınaztepe Campus Environment-Civil Engineering Department. Within the scope of this study, temporal shifts of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and VOC was observed in a photocopy office, classroom, canteen, and laboratory of the building during November-December 2013. Passive sampling method was used for the measurement of pollutant concentrations. Along with indoor sampling, outdoor air quality measurement was also carried out. Four passive samplers were placed at the same time at each sampling point in a total of 7 to 28 days, ranging from different sampling periods. Thus passive samplers' contaminant holding capacity was identified and the results were evaluated within this scope. As a result of this study, the outdoor air SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations were higher than indoor air concentrations. During sampling period of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> outdoor average air concentration was measured as 9 µg/m<sup>3</sup> (four-week average) and 28 µg/m<sup>3</sup> (four-week average) respectively. The source of outdoor SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations measured in the campus were identified as traffic and natural gas used in combustion systems for heating. Outdoor air ozone concentration was measured as 40 µg/m<sup>3</sup> (four-week average) whereas indoor air of the photocopy



office was measured as  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (two-week average). VOC was measured  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in the classrooms and the cafeteria while it was measured about 20 times higher in the photocopy office and laboratory, In the laboratory, usually anionic surface-active substance designation' experiments have been performed throughout the time of sampling. The chloroform used in this experiment has been identified as the main VOC source during chemical sampling.

**Key Words:** Indoor air air quality, volatile organic compounds, ozone, nitrogen oxides, passive sampling.

## 1. GİRİŞ

İnsanlar yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerçekleştirdikleri üretim ve tüketim aktiviteleri sonucunda soludukları havayı kirleterek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda sanayileşme ve kentleşme hızla artmıştır. Bununla birlikte işyerleri, konutlar ve taşıtlar da artmıştır. Tüm bu faaliyetler dış ortam hava kalitesini etkilediği gibi iç ortam hava kalitesini de etkilemektedir.

İnsanlar günlük hayatlarında zamanlarının büyük kısmını okul, işyeri ve ev gibi kapalı ortamlarda geçirmektedir. Konutlarda ve endüstri dışı diğer kapalı alanların iç ortam havasında insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen karbon monoksit, karbon dioksit, kükürt dioksit, azot oksitler, formaldehit, sigara dumanı, radon, asbest, kurşun, uçucu organik bileşikler, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi biyolojik, fiziksel ve kimyasal kökenli zararlı maddelerin görülmesi 'iç ortam hava kirliliği' olarak tanımlanır. Türkiye'de nüfusun yaklaşık %64,9'unun kentlerde yaşaması ve kentlerde yaşayan insanların da zamanlarının %90'nını kapalı ortamlarda geçirmeleri iç ortam hava kirliliği sonucu ortaya çıkan sağlık sorunlarının artmasına neden olmaktadır [1].

İç ortamlarda kaynaklarına bağlı olarak çok sayıda hava kirletici bileşene rastlanmaktadır. En önemli iç ortam VOC kaynakları bina yapı malzemeleri (boya, vernik, inşaat malzemeleri, vb.), temizlik malzemeleri (sabun, deterjan, şampuan, vb.), ofis ürünleri ve makineleri (yazıcı, fotokopi, vb.), mobilyalar, parfüm ve deodorant gibi kozmetik ürünleri olarak sayılabilir [2,3,4]. Diğer kirletici bileşen grubu  $\text{SO}_2$  ve  $\text{NO}_2$ 'nin kaynakları ise özellikle iç ortamlarda içilen sigara, yemek pişirme aktivitesi, asbest içeren malzemeler, spreyleyler, dış ortamdan kaynaklanan araç emisyonları, klima cihazları, ısınma için kullandığımız kaloriferler, ev tekstil ürünlerinde kullanılan kumaşlar olarak sayılabilir [5,6,7]. Bir diğer önemli iç ortam kirletici bileşeni olan ozonun kaynakları ise hava temizleyicisi, fotokopi makineleri, lazer yazıcı gibi makinelerdir. Fotokopi işlemi sırasında toner ısıtma esnasında VOC, cihazdan ve yayılan ışıktan ise önemli miktarda ozon ve  $\text{NO}_x$  'in yayıldığı bilinmektedir [8].

Kirletici seviyelerinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan metotlardan biri pasif örnekleme metodudur. Aktif örnekleme sistemlerine göre ucuz ve kullanımının kolay olması, elektrik bağlantısı ve yoğun insan gücü gerektirmemesi, eş zamanlı olarak çok sayıda noktada örnekleme imkanı sağlaması, pasif örnekleme yöntemleri diğer izleme metotlarına oranla daha yaygın şekilde kullanılabilir hale getirmiştir [3,4,9]. Dış havada çok yaygın kullanılmakla birlikte iç ortam hava kalitesinin izlenmesinde de başarı ile kullanılmaktadır [10,11,12].

Üniversite eğitimi sırasında öğrenciler gün boyunca zamanlarını evleri dışında üniversite kampüsü içinde bulunan kapalı alanlarda geçirmektedir. Üniversite öğrencilerinin eğitim gördüğü bazı binalardaki iç ortam hava kalitesinin belirlenmesi amacıyla Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre ve İnşaat Mühendisliği binasında farklı faaliyetlerin gerçekleştiği alanlarda pasif örnekleme yöntemleri kullanılarak iç ortamda hava kalitesi örnekleme çalışmaları yapılmıştır. Çalışma kapsamında VOC,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  ve ozon konsantrasyonları belirlenmiş ve oluşan kirleticilerin potansiyel kaynakları tartışılmıştır.

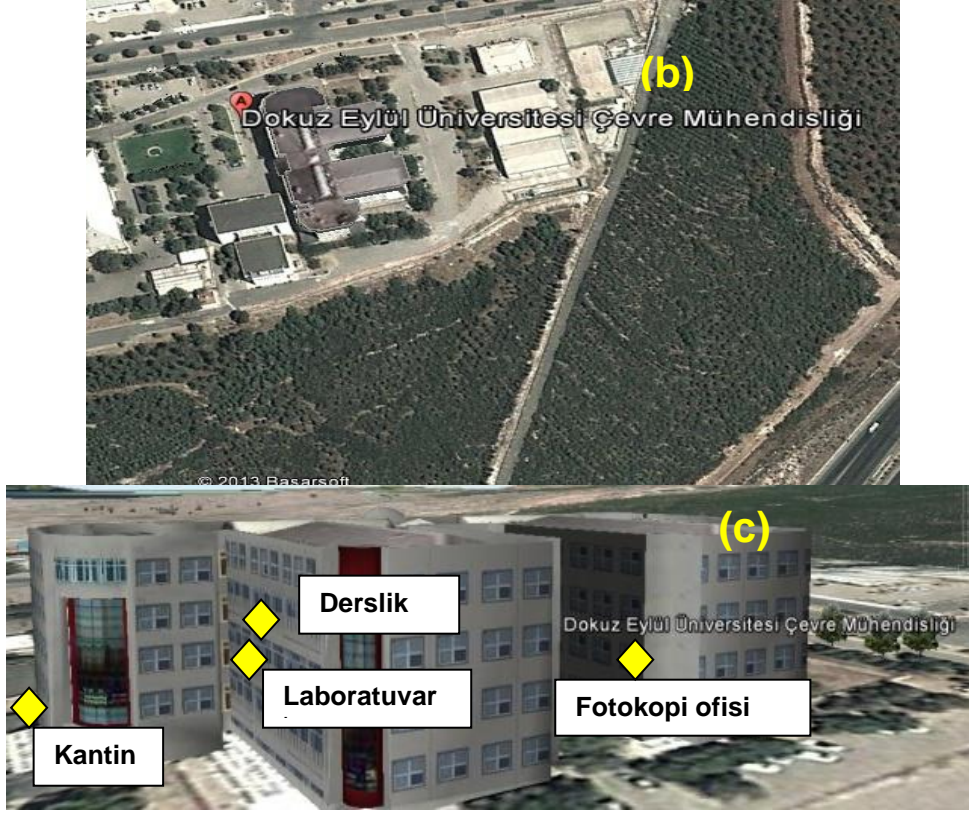
## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma kapsamında Dokuz Eylül Üniversitesi Tınaztepe Yerleşkesi'nde bulunan Çevre ve İnşaat Mühendisliği Bölümlerine ait ortak binanın bazı mekanlarında iç ortam hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Hava kalitesi ölçümleri pasif örnekleme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İç ortam hava kalitesinin belirlenmesinde öğrencilerin gün boyu en çok zaman geçirdikleri alanlardan birer örnek seçilmiştir. Bu amaçla örnekleme yapılacak mekanlar bir kantin, bir derslik, bir laboratuvar ve ticari olarak hizmet veren bir fotokopi ofisi olarak belirlenmiştir. Kantin binanın bodrum katında ve güney yönünde bulunmaktadır. Binanın birinci katında ve kuzey yönünde yer alan fotokopi ofisi ise öğrencilerin fotokopi, bilgisayar çıktısı ve kırtasiye ihtiyaçlarını karşıladıkları bir ortamdır. Fotokopi ofisi 3,90 m×4,50 m×3,50 m (en×boy×yükseklik) büyüklüğünde küçük bir odadır. Örnekleme için seçilen derslik ise Çevre Mühendisliği Bölümü'ne ait olup 100 kişi kapasitelidir. Derslik, binanın ikinci katında ve güney cephesinde yer almaktadır. Binanın zemin üstü ikinci katında bulunan dersliğin boyutları ise 9,1 m×15,85 m×2,70 m'dir.

Bina içinde öğrencilerin kullandığı alanlar dışında, üniversite personeli tarafından kullanılan ve atıksu, çamur ve tehlikeli atık analizlerinin yapıldığı Çevre Mühendisliği Bölümü Atıksu Laboratuvarı'nda da ölçümler yapılmıştır. Laboratuvarında gün boyunca asit, baz ve organik içeriğe sahip çözeltiler ve kimyasallar kullanılmaktadır. Atıksu laboratuvarı binanın birinci katında ve güney cephesinde yer almaktadır. Laboratuvarın boyutları 8,80 m×15,70 m×2,80 m'dir. Sınıf, kantin ve laboratuvar binanın aynı yönünde olup İzmir-Çeşme otoyoluna cepheli ve yola yaklaşık bir kilometre uzaklıktadır. Örnekleme yapılan iç ortamlardaki hava kaliteleri ile bina dışındaki hava kalitesi arasındaki ilişkinin ortaya konması için eş zamanlı olarak binanın batı cephesinde ve binaya yaklaşık 200 m uzaklıkta bir noktada dış hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Binanın konumu ve örnekleme noktalarının bina içindeki görünümü Şekil 1'de verilmiştir.





**Şekil 1.** Örneklemeye yapılan binanın konumu (a), Dış hava kalitesi örnekleme yapılan noktanın konumu (b), İç ortam hava kalitesi örnekleme yapılan noktaların konumları (c).

Fotokopi ofisi hafta içi 08:00 ve 19:00 saatleri arasında çalışmaktadır. Bu süre boyunca oda kapısı açık tutulmakta ve havalandırma amacıyla oda penceresi gün içinde ortalama 2 saat açılmaktadır. Gün içinde fotokopi çekiminin en yoğun olduğu saatler 11:00 ile 14:00 arasındadır. Oda içinde fotokopi çekimi için 2 adet büyük fotokopi makinası, 1 adet bilgisayar, 1 adet yazıcı kullanılmakta ve tüm cihazlar gün boyunca çalışır durumda tutulmaktadır. Fotokopi işlemleri için kullanılan sıvı toner direk kutusundan yazıcı içerisine dökülmektedir. Fotokopi çekim işleminin yoğunluğuna göre ortalama 10 günde bir toner değişimi yapılmaktadır. Tonerin içeriğini oluşturan kimyasal bileşiklere ilişkin bilgiler [13] tonerin satın alındığı firmadan temin edilmiştir.

Örneklemeye yapılan laboratuvarında 7 personel sürekli olarak çalışmaktadır. Laboratuvar çalışma saatleri 08:00 ile 17:00 arasındadır. Laboratuvara her gün ortalama olarak 10 adet numune gelmekte ve katı madde analizleri, ağır metal içerikleri, yağ konsantrasyonu, pH, iletkenlik, tuzluluk, azot ve fosfor tayinleri, atık su arıtma tesislerinin projelendirilmesi ve işletilmesine yönelik arıtılabilirlik testleri, arıtma tesisinin veriminin belirlenmesi analizleri yapılmaktadır. Laboratuvarında aktif olarak yaklaşık 100 parametrenin analizi yapılmaktadır. Bu analizlerde aşağıda listesi verilen katı ve sıvı kimyasallar aktif olarak kullanılmaktadır. Laboratuvarın numune hazırlama bölümü camlı bir oda içine alınarak laboratuvarın tezgahları ve ofislerinin bulunduğu alandan ayrılmıştır. Numune hazırlama bölümünde asitlendirme, yakma, vb. işlemler yapılmakta ve bu işlemler çeker ocak içerisinde gerçekleştirilmektedir. Çeker ocağın kullanılmadığı çalışma saatleri içinde ortalama olarak 2-3 saat pencere açılarak havalandırma yapılmakta, bunun yanında sürekli olarak fan sistemi çalıştırılmakta ve laboratuvar havası dışarıya verilmektedir.

Örneklemeye yapılan dersliğin açılma saatleri haftalık ders programına göre değişmektedir. Derslik her sırada 2 kişinin oturma düzenine göre toplam 100 kişi kapasitelidir. Ancak dersler sırasında en fazla 50 kişi, sınavlar sırasında ise ortalama olarak 35 kişi derslik içinde bulunmaktadır.

## 2.2. Örneklem Programı

Seçilen noktalarda iç ortam hava kalitesinin belirlenmesi amacıyla SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve VOC kirleticileri için pasif örneklem yöntemi kullanılmıştır. Pasif örnekleyicilerin kullanıldığı örneklemelerde dördü iç mekan ve biri dış mekan olmak üzere toplam beş farklı örneklem noktasında eş zamanlı olarak ölçümler yapılmıştır. Örneklem programı Tablo 1’de verilmiştir.

Örneklem alanında seçilen noktaları etkileyen kirletici kaynakların birbirinden farklı olduğu bilinmektedir. Kaynakların katkısının zamansal değişiminin belirlenmesi amacı ile her noktaya 4’er adet örnekleyici yerleştirilmiştir. Bu örnekleyiciler 7, 14, 21 ve 28 gün sonunda toplanmış ve analizlenmiştir. Böylece her bir kirletici için tüm noktalarda 4 farklı ölçüm sonucu elde edilmiştir.

**Tablo 1.** Örneklem programı

Örneklem dönemi	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Toplam örneklem süresi (gün)
1. Örneklem	05.11.2013	12.11.2013	7
2. Örneklem	05.11.2013	19.11.2013	14
3. Örneklem	05.11.2013	26.11.2013	21
4. Örneklem	05.11.2013	03.12.2013	28

## 2.3. Örneklem ve Analiz Metodu

Örneklemeler Radiello® marka pasif örnekleyiciler ile yapılmıştır [14]. Örnekleyiciler adsorpsiyon kartuşu, difüzör ve taşıyıcı kısımlarından oluşmaktadır (Şekil 2).



**Şekil 2.** Çalışma kapsamında kullanılan pasif örnekleyici.

Difüzyif örnekleyiciler kapalı kaplardır ve genelde simetrik yapıdadır. Çalışmada kullanılan örnekleyicinin ana bölümlerini kartuş ve difüzör oluşturmaktadır. Difüzör kısmı gaz moleküllerinin geçişine izin verir, kartuş kısmında ise gaz molekülleri adsorblanır. Bu adsorbent ile bir kartuş içine yerleştirilmiş olan gözenekli polipropilenden yapılmış radyal dağılan bir gövdeden oluşur. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> örneklemeleri için mavi gövdeli difüzörler kullanılmıştır. Bunlar, 1,7 mm mikrogözenekli polietilen malzemeden üretilmiştir.

VOC örneklemeleri için aynı markanın beyaz gövdeli difüzörleri kullanılmıştır. Bunun ortalama porozitesi 25±5 µm olup difüzyif uzunluğu 18 mm’dir. Işık geçirmez özelliklidir ve ışık hassasiyeti olan örneklemeler için uygundur. Mavi gövdeli difüzörler, beyaz gövdeli difüzörler ile aynı tasarıma sahiptir. Örneklemelerde kullanılan kartuşlar su geçirmez difüzyif yapısı sayesinde kötü hava şartları altında kullanıma uygundur. Bu örnekleyiciler minimum 15 dakika, maksimum 30 gün süresince örneklemeye yapmaya imkan sağlar. Örneklenecek olan kirletici miktarına ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak kullanılan çeşitli adsorban kartuşlar bulunmaktadır. Kartuşların boyutları ölçülecek her kirletici için sabittir [14].



SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> örneklemeleri aynı kartuş ile yapılmıştır. Örneklemelerde kullanılan kartuş gözenekli yapıya sahip ve polietilenden yapılmış bir malzemedir. Bu malzeme üzerine trietanolamin (TEA) madde emdirilmiş ve örneklemeler sırasında havada bulunan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> kimyasal adsorpsiyon ile TEA üzerinde tutulmuş ve sülfat, sülfat ve nitrit iyonlarına dönüştürülmüştür. Ozon örneklemeinde kullanılan kartuş polietilen bir tüpten oluşmuştur. Bu tüp içerisinde 4,4'-dipyridylethylene ile kaplanmış silika jel bulunmaktadır. Ortam havasında bulunan O<sub>3</sub>, 4,4'-dipyridylethylene ile reaksiyona girerek 4-pyridylaldehide maddesine dönüşmektedir. VOC kartuşu ise paslanmaz çelikten yapılmış bir örnekleyicidir. Örnekleyici içerisinde 35-50 mesh boyut aralığında aktif karbon tanecikleri bulunmakta ve uçucu organik bileşikler bu yapılar üzerinde adsorplanmaktadır.

Örneklemeler sırasında kartuşlar difüzörler içerisine yerleştirilmiş, difüzörler üçgen taşıyıcılara sabitlenmiştir. Üçgen taşıyıcılar üzerinde bulunan etiketlere örnekleme başlangıç tarih ve saati not edilmiştir. Örnekleyiciler iç ortam ölçümlerinin yapıldığı kapalı mekanlarda yerden yaklaşık 1 m yüksekliğe asılmıştır. Dış ortam ölçümlerinde ise rüzgar, yağmur ve güneş ışığından korumak için siperlerin içerisine, güvenlik nedeniyle yerden yaklaşık 2 m yüksekliğe yerleştirilmiştir.

Örnekleme süresi sonunda kartuşlar kapalı tüpler içerisine yerleştirilmiş, üçgenler üzerinde bulunan etiketlere örnekleme bitiş tarih ve saati yazılarak tüp üzerine yapıştırılmıştır. Analiz zamanına kadar tüpler +4 °C'de saklanmıştır. Ozon analizi ise tutulan örneğin bozulmasına engel olmak amacıyla örnekleme bitiminde hemen yapılmıştır.

Kirletici konsantrasyonlarının ölçüldüğü alanlara sıcaklık ve nem ölçüm cihazları yerleştirilmiştir. Günde 2 kez olmak üzere düzenli olarak takip edilip sıcaklık ve nem verileri kaydedilmiştir. Örneklemeler boyunca bina içinde nem değeri ortalama %50 ve sıcaklık değeri de ortalama olarak 21°C ölçülmüştür.

SO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> analizleri sırasında tüpler içindeki kartuşlar üzerine 5 ml deiyonize su eklenmiş ve 30 dakika boyunca sabit bir hızda karıştırıcıda tutulmuştur. Suyu geçirilen sülfat iyonları iyon kromatografisinde analizlenmeye hazır hale getirilmiştir. Anyon analizleri için Dionex marka ICS-3000 iyon kromatografisi cihazı kullanılmıştır. Analiz öncesinde elde edilen su numuneleri şırınga ucu filtrelerden (Minisart, SRP-15; 0,20 µm, PTFE) geçirilmiş ve cihaza verilmiştir.

Ozon analizi spektrofotometre cihazında yapılmıştır. Bu amaçla ilk olarak kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon standartlarının hazırlanması için 25 µL 4-pyridylaldehide 250 ml deiyonize suda çözülmüştür. Hassas tartım ile 1,25 gr 3-methyl-2-benzothiazolinone hydrazone hydrochloride (MBTH) tartılmış ve 250 ml deiyonize suda iyice çözülmesi için beklenmiştir. Çözöldükten sonra üzerine 1,25 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenmiştir. Suda çözünen 4-pyridylaldehide çözeltisinden 0,02-0,05-0,1-0,2-0,35-0,5-0,75 (µL/ml)'lik standartlar hazırlanmıştır. Hazırlanan standartların her birinden tüplere 0,5 ml alınmış ve üzerine 4,5 ml MBTH bu tüplere eklenmiştir ve bir saat beklenmiştir. Reaksiyonlar tamamlandıktan sonra standartlar spektrofotometrede okunup, kalibrasyon eğrisi hazırlanmıştır. Örneklerin üzerine 5 ml MBTH eklenmiş ve bir saat beklenmiştir. Bir saatin sonunda örneklere filtrasyon (Alltech 13 mm, 0,45 micron, Nylon) işlemi uygulanıp ve 430 nm dalga boyundaki spektrofotometrede (Pharmacia Biotech 80–208864 Spectrophotometer) absorbans değeri okunmuştur.

VOC analizi öncesinde aktif karbon tüpleri bir vial içerisine yerleştirilmiş ve ekstraksiyon solventi olarak 2,0 ml karbon sülfür ilave edilmiştir. Örnekler 15 dakika ultrasonik banyoda ekstrakte edildikten sonra üst tarafta berrak kısmın oluşması için 15 dakika santrifüjlenmiş ve berrak kısım bir başka vialle aktarılmıştır. Örnekler, kütle seçici dedektörü (MSD, Agilent 5973 inert MSD) olan bir gaz kromatografi sistemi (GC, Agilent 6890N) ile analiz edilmiştir.



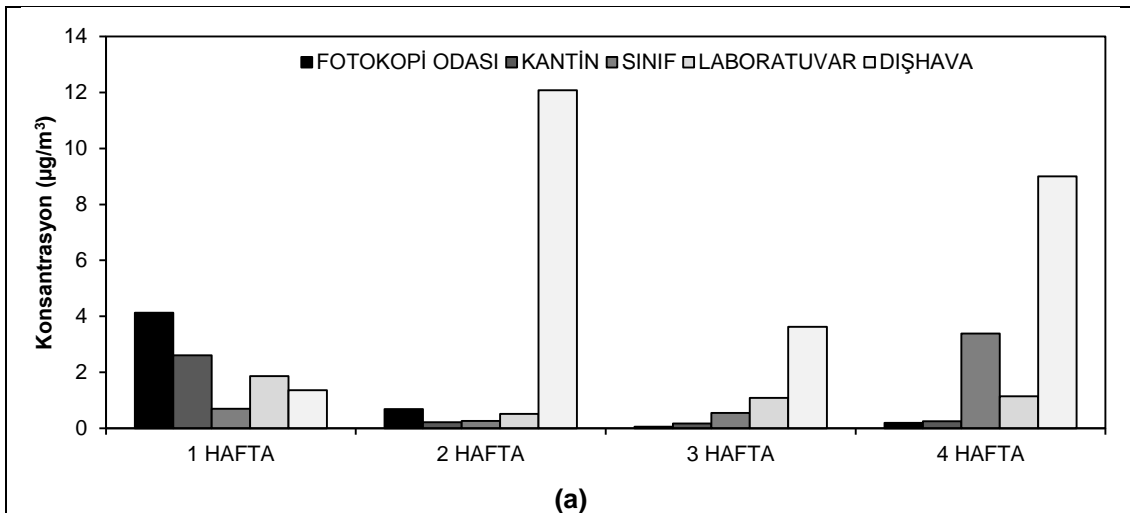
### 3. SONUÇLAR

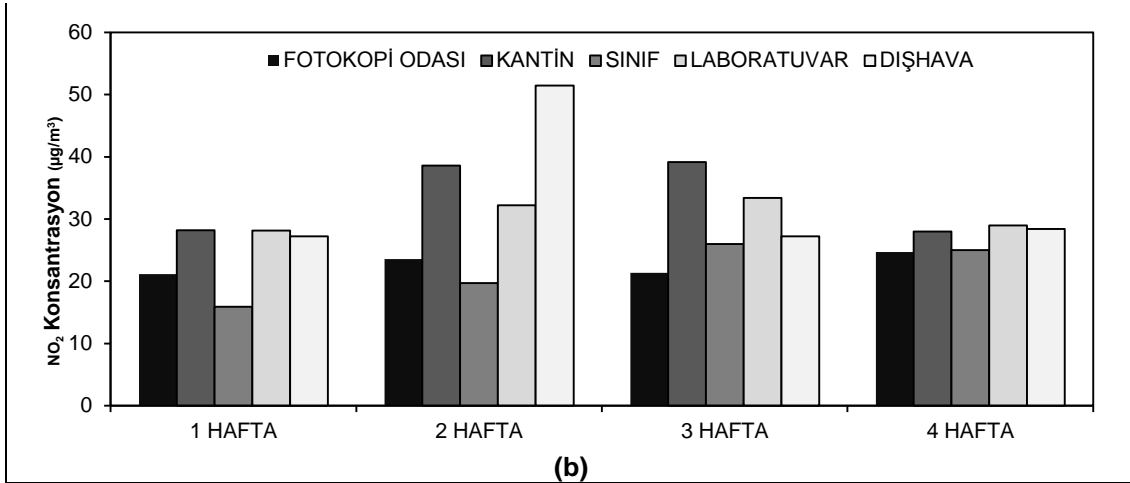
Üniversite öğrencilerinin gün içinde yaklaşık 7 saatlerini geçirdikleri binada iç ortam hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Bina içinde öğrencilerin yoğun kullandıkları mekanlarda  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$  ve VOC'ler 4 farklı noktada ve bina dışındaki bir noktada eş zamanlı olarak yapılmıştır. Bina içinde ölçümler, kantin, derslik, fotokopi ofisi ve laboratuvarında yapılmıştır. Kirletici konsantrasyonlarının belirlenmesi amacıyla yapılan örneklemelerde pasif örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örneklemeler 6 Kasım 2013 tarihinde başlayıp 3 Aralık 2013 tarihinde sona ermiş ve yaklaşık bir aylık dönemi kapsayan çalışma bu örnekleme dönemindeki iç ortam hava kalitesini yansıtmıştır. Beş örnekleme noktasında eş zamanlı olarak yapılan çalışmada, örnekleme dönemi içinde 7., 14., 21. ve 28. gün sonunda örnekleme noktaları toplanmış ve analizleri yapılmıştır.

#### 3.1. İç ve Dış Ortamda $SO_2$ ve $NO_2$ Konsantrasyonlarının Değişimi

Pasif örnekleme yöntemi ile ölçülen  $SO_2$  ve  $NO_2$ 'nin ortalama 1, 2, 3 ve 4 haftalık konsantrasyonları Şekil 3'de verilmiştir. Birinci hafta sonunda yapılan analizlerde  $SO_2$  konsantrasyonları fotokopi ofisi dışındaki diğer tüm noktalarda ortalama olarak  $1,5 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür. İlk hafta için bu değer fotokopi odasında  $4 \mu g/m^3$  olmuştur. İlk haftadan sonra 2., 3. ve 4. hafta örnekleri incelendiğinde fotokopi ofisinde ölçülen  $SO_2$  değerinin bu seviyelerde devam etmediği ve derslik ile laboratuvardaki konsantrasyonlara benzer olarak ortalama  $1 \mu g/m^3$  seviyesine düştüğü görülmüştür. Benzer bir şekilde konsantrasyonun ilk hafta sonunda yüksek, ikinci hafta sonunda düşük olması durumu kantinde de görülmüştür. Bu durum, Radiello pasif örnekleme cihazlarının üretici firması tarafından verilen; nem değerinin %70'den düşük olduğu ortamlarda en uygun örnekleme süresinin 15 gün olduğu bilgisini desteklemektedir [14]. Bu bilgilendirme doğrultusunda fotokopi ofisinde ve kantinde ilk hafta sonunda görülen bu yüksek konsantrasyonların nedeni, tavsiye edilen örnekleme süresinin yetersiz olması olarak açıklanabilir.

Atıksu laboratuvarında ölçülen  $SO_2$  konsantrasyonları diğer iç ortamlardaki konsantrasyonlar ile karşılaştırıldığında ortalama olarak  $1 \mu g/m^3$  seviyesinin üstündedir. Laboratuvarında kullanılan kükürtlü kimyasalların burada oluşan  $SO_2$  konsantrasyonuna bir katkı sağladığı düşünülmektedir. 14 günlük örnekleme süresi sonucunda elde edilen konsantrasyonlara göre iç ortam konsantrasyonlarından farklı olarak yüksek  $SO_2$  konsantrasyonları dış hava ölçümlerinde de elde edilmiştir. İlk hafta  $1,4 \mu g/m^3$  iken ikinci hafta sonunda dış hava  $SO_2$  konsantrasyonu  $12,1 \mu g/m^3$  olarak ölçülmüştür. Dış ortamda en büyük  $SO_2$  kaynağı olan karayolu trafiğinin etkili olması, iç ortam konsantrasyonlarına göre yüksek değerlerin ölçülmesini anlamlı hale getirmiştir [15]. Özellikle bu ortamlarda kış döneminde havalandırmanın sık kullanılmamasından dolayı iç ortam  $SO_2$  seviyelerine dış ortamın çok fazla katkısının olduğu görülmemiştir. İkinci haftadan sonra elde edilen daha düşük konsantrasyonlar ise kirleticiyi oluşturan kaynakların bulunduğu dış havada Radiello® tarafından tanımlanan minimum 15 günlük örnekleme süresinin kullanılmasını destekler şekilde olmuştur.



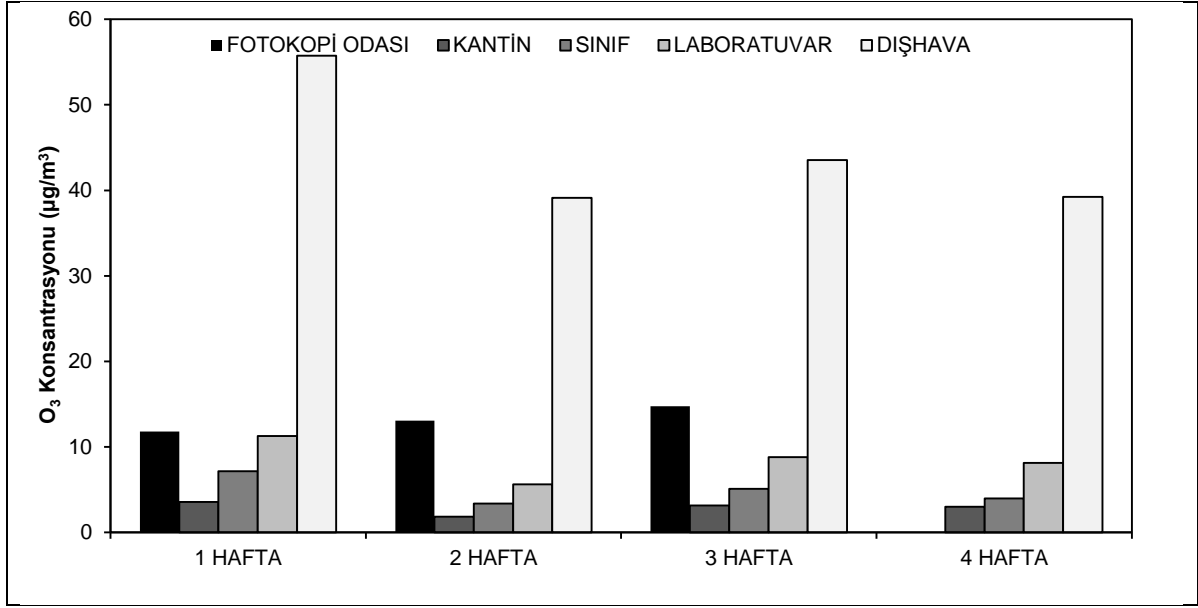


Şekil 3. SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının haftalık değişimi (a), NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının haftalık değişimi (b).

İç ortamda ölçülen NO<sub>2</sub> konsantrasyonları dış ortamda ölçülen değerlerle benzerlik göstermiştir. Dış hava konsantrasyonları ikinci hafta sonunda bir artış gösterse de diğer örnekleme haftalarında 30 µg/m<sup>3</sup> değerine yaklaşmıştır. Dış havada ölçülen NO<sub>2</sub> konsantrasyonu kaynağı kampüste gün içinde oluşan araç trafiğidir [8]. İç ortam NO<sub>2</sub> konsantrasyonları ise özellikle derslik ve kantinin gün içinde sık sık havalandırılmaları nedeniyle bu faaliyetlerden etkilenmiş ve dış hava konsantrasyonları ile benzer seviyelerde ölçülmüştür. Genel olarak; iç ortam NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının dış ortam konsantrasyonlarıyla büyük ölçüde ilişkili olduğu anlaşılmaktadır [16]. Ayrıca örnekleme noktalarımızdan biri olan kantinde NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının yüksek çıkması kantinde pişirme aktivitelerinin temel iç ortam NO<sub>2</sub> kaynakları arasında olmasıyla açıklanabilir [11, 17]. İç ortamda ısınma yada pişirme aktiviteleri gibi bir kaynağın söz konusu olmadığı durumda, iç ortam NO<sub>2</sub> derişiminin dış ortam NO<sub>2</sub> derişimine kuvvetli bir şekilde bağlı olduğu, dış ortam etkisinin düşük olduğu noktalarda ise iç ortam NO<sub>2</sub> kaynak etkisinin daha baskın olduğu görülmektedir. Beş örnekleme noktasında da (dış havada ikinci hafta dışında) örnekleme sürelerindeki artış ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarında bir farklılık yaratmamıştır.

### 3.2. İç ve Dış Ortamlarda O<sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Değişimi

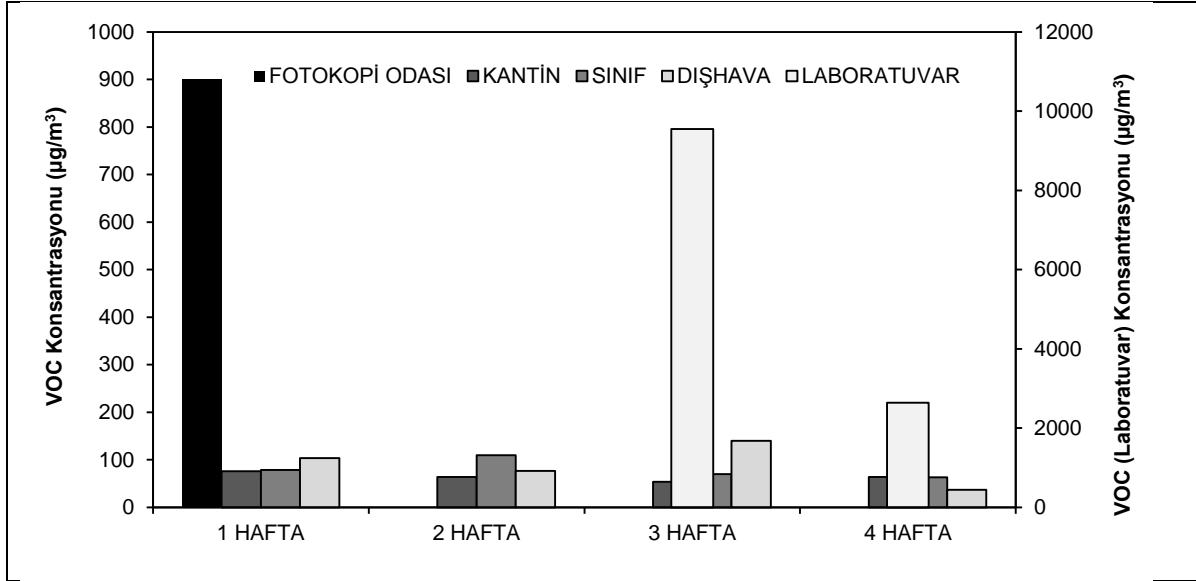
İç ve dış ortamda yapılan SO<sub>2</sub> ve NO<sub>2</sub> ölçümleri ile eş zamanlı olarak aynı noktalarda O<sub>3</sub> ölçümü de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4'de verilmiştir. Dış havada O<sub>3</sub> konsantrasyonları birinci haftadan itibaren 40 µg/m<sup>3</sup> mertebesinin üzerinde ölçülmüştür. Dış hava konsantrasyonları, daha önce Naoki Kagi [8] tarafından yapılan çalışmadaki değerler ile benzerlik göstermiştir. Dış havada ölçülen O<sub>3</sub> konsantrasyonları örnekleme haftalarında önemli bir değişim göstermemiş ve değerler 40 ile 55 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir. İç ortam O<sub>3</sub> seviyelerinde ise elde edilen en yüksek değerler fotokopi ofisindedir. Fotokopi ofisinde son haftada değer olmaması kullanılan örnekleme yada yaşanan teknik bir problemden dolayıdır. Fotokopi ofisinde ölçülen O<sub>3</sub> konsantrasyonları 1, 2 ve 3. hafta sırasıyla 12, 13 ve 15 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Ozon, lazer yazıcılardan çıktı alma aşamasında ve fotokopi makinalarının fotokopi çekimi sırasında iç ortamda yaygın görülen bir bileşendir [1,8,14]. Laboratuvar iç ortamında O<sub>3</sub> konsantrasyonu ortalama 8 µg/m<sup>3</sup> iken, sınıf ve kantin iç ortamında 4 µg/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Laboratuvarda O<sub>3</sub> konsantrasyonunun biraz daha yüksek çıkması içeride gerçekleştirilen yoğun kimyasal faaliyetlerle açıklanabilir [18].



Şekil 4. O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının haftalık değişimi

### 3.3. İç ve Dış Ortamlarda VOC Konsantrasyonlarının Değişimi

Örneklerde 77 farklı VOC bileşiği analizlenmiştir. Ölçümler sonunda elde edilen toplam VOC konsantrasyonları bina içinde bulunan kapalı alanlar ve dış hava için Şekil 5’de verilmiştir. SO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> konsantrasyonlarının aksine toplam VOC konsantrasyonlarının fotokopi ofisi ve laboratuvarında dış havadan yüksek olduğu görülmüştür. Derslik ve kantinde ölçülen toplam VOC konsantrasyonu ortalama 70 µg/m<sup>3</sup> (dört haftalık ortalama) olarak ölçülmüştür. Fotokopi ofisi ve laboratuvarında ise ölçülen değerler bu değerlerin yaklaşık 20 katı kadar yüksektir. İç ortam/dış hava VOC oranı iç ortamdaki VOC’nin kaynağı hakkında fikir vermektedir. Oranın 1 değerine yakın olması durumunda iç ortam hava kalitesine tesir eden kaynağın tamamen dış hava olduğu, oranın 1,5 ile 10 arasında olması durumunda ise iç ortamda harici bir kaynağın bulunduğunu ve beraberinde dış havadan da bir katkı geldiğini göstermektedir [18]. Oran 10 dan büyük ise kaynağın tamamıyla iç ortamda olduğunu göstermektedir [18]. Şekil 5’de verilen değerlere göre laboratuvar ve fotokopi ofisinde oluşan VOC konsantrasyonlarının iç ortamda bulunan bir kaynaktan açığa çıktığı görülmektedir. Isınma amaçlı yakıt kullanımı ve araçlardan kaynaklanan emisyonlar dış havada VOC kaynağı olurken iç ortamda ölçülen VOC’lerin kaynakları ise bu alanlarda gerçekleştirilen bazı ilave faaliyetler olmuştur. Laboratuvarında numune hazırlama işlemlerinde kullanılan organik ve uçucu özellikte olan kimyasal maddelerin yaygın kullanımı bu ortamdaki VOC’lerin kaynağı olabileceği ve fotokopi ofisinde ölçülen VOC’lerin ise fotokopi çekim işlemi esnasında ısınan toner malzemesinden ve ofis içinde bulunan kişilerin kullandığı parfüm, hava kokusu giderici spreyler gibi tüketim malzemelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir [19]. Bina malzemelerinin yanı sıra, temizlik malzemelerinden de uçucu organik bileşikler iç ortam havasına salınmaktadır [19].



Şekil 5. VOC konsantrasyonlarının haftalık değişimi

Dış hava ölçümlerinden elde edilen değerlere göre; öne çıkan bileşikler benzen, toluen, m,p-ksilen ve o-ksilen'dir. Bu bileşikler arasında ise en yüksek konsantrasyon ortalama  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değerine sahip toluen bileşiğidir. Fotokopi ofisinden alınan örneklerde en yüksek konsantrasyon toluen bileşiğinde görülmüştür. İlk hafta sonunda konsantrasyon  $710 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ölçülmüş, 4 hafta sonunda bu değer  $1241 \mu\text{g}/\text{m}^3$  değerine kadar yükselmiştir. Lee ve arkadaşları [21] tarafından yapılan çalışmada bir fotokopi çekim merkezinde ölçülen en yüksek konsantrasyona sahip bileşik toluen olmuştur. Fotokopi ofisinde ölçülen ve konsantrasyonu  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerinde olan bileşikler kloroform, benzen, sikloheksan, 2-metilheksan, 3-metilheksan, heptan, trikloreten, metiksikloheksan, tetrakloreten, m,p-ksilen, o-ksilen, n-dekan ve n-undekan'dır. Fotokopi ofisinde oluşan VOC bileşikleri yine fotokopi çekim aşamasında oluşan  $\text{O}_3$  ile reaksiyona girerek ortamda oluşan  $\text{O}_3$ 'ü tüketmektedirler [8]. Sonuç olarak, bu çalışmada da fotokopi çekimi yapılan odada oluşan VOC türleri ve  $\text{O}_3$  iç ortam hava kalitesini belirleyen önemli kirleticiler olarak görülmüştür

Kantin'de yapılan örneklemelerden elde edilen benzen, toluen, ksilen bileşiklerinin konsantrasyonları dış havada ölçülenlere yakındır. Sonuçlar, kantinde VOC konsantrasyonlarını artıracak nitelikte bir kaynak bulunmadığını göstermiştir. Her ne kadar kantinde ısıtma ve pişirme işlemleri uygulansa da kullanılan iyi havalandırma ve davlumbaz sistemi nedeniyle bu faaliyetlerden yaklaşık 5 m uzaklıkta olan ölçüm noktasının etkilenmediği görülmektedir. Literatürde uygun olmayan havalandırma ve emiş sistemlerinin iç ortamda VOC konsantrasyonlarını artırdığı belirtilmektedir [4,17,22]. Derslikte de dış havada ölçülen VOC değerlerine benzer değerler ölçülmüştür. Örneklemeler hakkında yapılan anket ile derslik ve kantinde bulunan kişi sayısı hakkında bilgi edinilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde sözkonusu bu bölgelerde VOC için az da olsa kaynak yaratacak olan mobilya, bina yapı malzemeleri ve insan aktiviteleri, kullanılan parfüm ve deodorantlar birer küçük kaynak olabilir [20]. VOC içeren malzemelerin kullanım miktarı, uygulamadan sonra geçen süre, havalandırma şartları ve sıcaklık en önemli faktörler olarak görülmektedir.

Laboratuvarda ölçülen toplam VOC konsantrasyonu en yüksek değerlere sahiptir. Laboratuvarda elde edilen VOC bileşikleri içinde en büyük katkısı kloroform yapmaktadır. Laboratuvar ortamında sık karşılaşılan bir bileşik olduğu bilinen Kloroform dışındaki tüm bileşikler için dış hava konsantrasyonuna benzer değerler ölçülmüştür. Laboratuvarda deniz suyu örneklerinde yapılan "anyonik yüzey aktif madde tayini" deneyi aşamasında kloroform kullanıldığı bilgisi laboratuvar çalışanları tarafından verilmiştir. Deniz suyu numunesinin solvent ile muamelesi sırasında çeker ocak sisteminin olmadığı tezgahlar üzerinde işlem gerçekleştirilmekte ve deney süresi yaklaşık olarak 2 saatlik bir süreyi kapsamaktadır. Bu deney süresince kloroform bileşiği sürekli olarak kullanılmaktadır. Örneklemelerin yapıldığı tarih aralığı için laboratuvar kayıtları incelenmiş ve bu dönem içinde toplam 17 adet deniz suyu numunesinde analiz işlemi gerçekleştirildiği görülmüştür. Kanser Araştırmaları Uluslararası

Ajansı tarafından deney hayvanları üzerinde yapılan çalışmalara göre kloroform 2B sınıfı (yüksek kanserojen risk içeren grup) bir bileşik olarak tanımlanmıştır [23]. Dört farklı örnekleme periyodunda da yüksek konsantrasyonların ölçülmesi laboratuvardaki havayı dışarı atan fan sisteminin bu bileşiğin gideriminde etkili olmadığını göstermiştir.

Ölçülen VOC bileşiklerinin arasında aromatik bileşikler olan benzen, toluen, m-p ve o-ksilen, 1,3,5-trimetil benzen'in toplam VOC konsantrasyonları içindeki payları Tablo2'de verilmiştir. İç ortamda ölçülen VOC konsantrasyonları arasında fotokopi ofisinde ölçülen benzen, toluen, etilbenzen ve ksilen (BTEX) bileşiklerinin katkısı %80'in üzerindeyken, laboratuvarda bu değer yaklaşık olarak %1'dir. Fotokopi ofisinde yapılan faaliyetler sonucunda fotokopi çekim işlemlerinden genellikle aromatik bileşiklerin açığa çıktığı görülmektedir.

**Tablo 2.** Dış hava ve iç ortam BTEX konsantrasyonlarının TVOC konsantrasyonu içindeki payları

Örnekleme Süresi	Bileşikler	Fotokopi Odası	Kantin	Sınıf	Laboratuvar	Dışhava
1 Hafta	Toplam BTEX (%)	82	15	18	100	12
	Diğer VOC'ler (%)	18	85	82	0	88
2 Hafta	Toplam BTEX (%)	86	30	18	100	25
	Diğer VOC'ler (%)	14	70	82	0	75
3 Hafta	Toplam BTEX (%)	92	30	25	100	18
	Diğer VOC'ler (%)	8	70	75	0	94
4 Hafta	Toplam BTEX (%)	91	29	6	99	54
	Diğer VOC'ler (%)	9	71	94	1	46

Aromatik bileşiklerden benzen ve toluen arasındaki oran kent bölgelerindeki VOC'lerin kaynağının belirlenmesi açısından uygun bir yaklaşımdır [4]. Bir çalışmada benzen/toluen oranının 1/2 – 1/4 aralığında olması VOC kaynağının taşıt trafiği olduğunu göstermiştir [21]. Dış hava ölçümlerinden elde edilen sonuçlara göre benzen/toluen oranı yaklaşık 1/4 olarak belirlenmiş ve bu orana göre dış hava VOC kaynağının taşıt trafiği olabileceği düşünülmektedir. İç ortamda ise bu değerler kirletici oluşturan kaynağın varlığına göre değişim göstermektedir [4,22,24]. Bina içinde yapılan ölçümlerde kantin, sınıf ve laboratuvarda 1/2 ile 1/4 arasında değişirken, fotokopi odasında bu oran 1/200 değerine ulaşmıştır. Bu da kaynağın dış ortamdaki trafikten ziyade iç ortamdaki lokal faaliyetler (fotokopi makinaları) olduğunu göstermektedir.

#### 4. DEĞERLENDİRME

İç ortam hava kirleticilerinden olan SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> ve VOC'lerin pasif örnekleyiciler ile farklı ortamlardaki konsantrasyonları belirlenmiştir. Örnekleme bir üniversite binasında ve çevresinde beş ayrı noktada yapılmış ve bu noktalar; fotokopi ofisi, kantin, derslik, laboratuvar ve dış ortam olarak seçilmiştir.

Genel olarak, iç ortam NO<sub>2</sub> ve SO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının dış ortam konsantrasyonlarıyla büyük ölçüde ilişkili olduğu anlaşılmaktadır. İç ortamda lokal bir kaynağın söz konusu olmadığı durumda, iç ortam NO<sub>2</sub> derişiminin dış ortam NO<sub>2</sub> derişimine kuvvetli bir şekilde bağlı olduğu, dış ortam etkisinin düşük olduğu noktalarda ise iç ortam NO<sub>2</sub> kaynak (kantin pişirme aktiviteleri) etkisinin daha baskın olduğu görülmektedir. İç ortamların havalanma sıklığına göre konsantrasyonlarında değişim olduğu bilinmektedir. Ozonun dış ortam faaliyetlerinde yüksek çıkmasının yanı sıra, fotokopi cihazlarının, yazıcının ve toner değişimlerinin ozon konsantrasyonlarını arttırdığı görülmüştür.

Sonuç olarak, örnekleme yapılan iç ortamlardaki hava kalitesi genellikle kampüsteki ısınma ve karayolu trafiği gibi kaynaklardan etkilenmekte, laboratuvar ve fotokopisi ofisi gibi bazı ortamlarda da lokal kaynaklardan önemli oranda etkilendiği tespit edilmiştir. Kirletici konsantrasyonlarının değişiminde ortamların havalandırma şartları ve sıcaklık faktörlerinin etkisinin olduğu bilinmektedir. İç ortamlardaki insan aktivitelerinin kirletici konsantrasyonuna etkisinin belirlenebilmesi için anlık ölçümler



yapılmalıdır. İç ortam kirletici konsantrasyonlarının yüksek çıktığı fotokopi ofisi ve laboratuvarında kaynak olan faaliyetler sırasındaki konsantrasyonların nasıl değiştiği gözlenmelidir.

Hava kalitesi ölçümlerinde kullanılan pasif örnekleme yönteminde her bir kirletici türü için üretici firma tarafından verilmiş konsantrasyon aralıkları için uygun olan örnekleme süreleri kullanılmalıdır. Düşük konsantrasyon değerleri için en az 15 günlük örnekleme süreleri düşünülmelidir. Örnekleme yapılan ortamlardaki sıcaklık, nem ve rüzgar hızı parametreleri de dikkate alınmalı ve ortalama konsantrasyonların belirlenmesinde bu parametrelerin etkisi göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- [1] YURDAKUL S., AYAKLI G., DOĞAN G., TUNCEL G., ANKARA, CİVAN M., “ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü İç-Ortam Havasında Ölçülen UOB’lerin Kaynakları” Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 2013.
- [2] ADGATE, H.L., MONGIN, S.J., PRATT, G.C., ZHANG, J., FIELD, M.P., RAMACHANDRAN, G., SEXTON, K., “Relationships between personal, indoor and outdoor exposures to trace elements in PM<sub>2.5</sub>”, [Science of the Total Environment](#) 386, 21-32, 2007.
- [3] OHURA, T., AMAGAI, T., SHEN, X., LI, S., ZHANG, P., ZHU, L., “Comparative study on indoor air quality in Japan and China characteristics of residential indoor and outdoor VOCs”, *Department Of Environmental Science* 43, 6352-6359, 2009.
- [4] BAEK S.O. “Indoor air quality in homes, offices and restaurants in korean urban areas- indoor/outdoor relationships”, *Department Of Environmental Engineering, Yeugnam University*, 1996.
- [5] JONES, A.P. “University of East Anglia Norwich, Norfolk, UK, Indoor Air Quality and Health” *School of Environmental Sciences*, 1999.
- [6] CHAO, C.Y.H. “Comparison between indoor and outdoor air contaminant levels in residential buildings from passive sampler study”, *Building and Environment* 36, 999–1007, 2001.
- [7] SOUZA, D., JIA, J.C., MUKHERJEE, C., BATTERMAN, B., ETHNICITY, S. “Housing and personal factors as determinants of VOC exposures”, *Atmospheric Environment* 43, 2884-2892, 2007.
- [8] Naoki Kagi “Indoor air quality for chemical and ultrafine particle contaminants from printers”. *Building Environment* 42, 1949–1954, 2007.
- [9] ESPLUGUES, A., BALLESTER, F., ESTARLICH, M., LLOP, S., FUENTES-LEONARTE, V., MANTILLA, E., INIGUEZ, C., “Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and determinants in a cohort of one-year old children in Valencia”, *Science of The Total Environment*, doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.09.039, 2010.
- [10] MAISEY, S.J., SAUNDERS, S.M., WEST, N., FRANKLIM, P.J., “An extended baseline examination of indoor VOCs in a city of low ambient pollution: Perth, Western Australia”, *Atmospheric Environment* 81, 546-553, 2013.
- [11] PLAISANCE H., LEONARDIS, T., GERBOLES, M., “Assessment of uncertainty of benzene measurements by Radiello diffusive sampler”, *Atmospheric Environment* 42, 2555-2568, 2008.
- [12] JOVANOVIĆ, M., VUCICRVIĆ, B., TURANJANIN, V., ZIVKOVIC, M., SPASOJEVIC, V., “Investigation of indoor and outdoor air quality of the classrooms at a school in Serbia”, *Energy* 77, 42-48, 2012.
- [13] Carbon black-Cas No: 1333-86-4, Wax-Cas No: 8015-86-9, Silicon Compound-Cas No: 7631-86-9.
- [14] R&P-Co, Radiello (Rupprecht and Patashnick Company), *Passive Gas Sampling System for Industrial, Indoor/Outdoor and Personal Exposure Assessment*, 2001.
- [15] WHO, [Indoor Air Quality: Organic Pollutants](#), *EURO Reports and Studies No. 111*, World Health Organization, Copen.



- [16] MENTEŞE, S., ARISOY, M., YOUSEFİ, A., GÜLLÜ, G., “İlkokul ve Kreşlerde İç Ortam Hava Kalitesi”, Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu, 2008.
- [17] TOPRAK, M., GÜRİSOY, G., DEMİRAL, Y., ÇİRMİN, A., SOFUOĞLU, S.C., “Üniversite laboratuvarlarında iç hava kalitesi ve çalışanların mesleki risk etmenleri”, 11. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ – 17/20 NİSAN 2013/İZMİR, 2013.
- [18] JIA, C., BATTERMAN, S., GODWIN, C., “VOCs In industrial, urban and suburban neighborhoods, indoor and outdoor concentrations, variation, and risk drivers”, Atmospheric Environment 42, 2083-2100, 2008.
- [19] GÜLLÜ, G., “Türkiye’de İç Ortam Hava Kirliliği Çalışmaları”, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi 2, 146-158, 2013.
- [20] MOLHAVE, L., CLAUSEN, G., BERGLUND, B., DE CEARRIZ, J., KETTRUP, A., LINDVALL, T., MARONI, M., PICKERING, A.C., RISSE, U., ROTHWEILER, H., SEIFERT, B., YOUNES, M., “Total Volatile Organic Compound (TVOC) In Indoor Air Quality Investigations”, Indoor Air 7, 225-240, 1997.
- [21] LEE S.C, LAM S., FAI H.K., “Characterization of VOCs, ozone, and PM<sub>10</sub> emissions from office equipment in an environmental chamber”, Build Environment 36(7), 837-42, 2001.
- [22] MAISEY, S.J., SAUNDERS, S.M., WEST, N., FRANKLIN, P.J., “An extended baseline examination of indoor VOCs in a city of low ambient pollution: Perth, Western Australia”, Atmospheric Environment 47, 546-553, 2013.
- [23] IARC, IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, An Updating of IARC Monograph, 1987.
- [24] PERSOON, C., HORNBUCKLE, K.C., “Calculation of passive sampling rates from both native PCBs and deuration compounds in indoor and outdoor environments”, Chemosphere 74, 917-923, 2008.

## ÖZGEÇMİŞ

### Yetkin DUMANOĞLU

1978 yılı Ödemiş-İzmir doğumludur. 1999 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2003 yılında Yüksek Mühendis ve 2010 yılında Doktor ünvanını almıştır. 2007 yılından itibaren aynı üniversitede Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Hava kirliliği, hava kalitesi, pasif örnekleme, kalıcı toksik organik kirleticiler, troposferik ozon konularında çalışmaktadır.

### Gamze MİRZAOĞLU

1990 yılı Bursa. 2014 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Halen özel bir danışmanlık firmasında Çevre Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

### Tolga ELBİR

1973 yılı Ayvalık-Balıkesir doğumludur. 1994 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 1997 yılında Yüksek Mühendis ve 2002 yılında Doktor ünvanını almıştır. 1997- 2008 yılları arasında aynı üniversitede Uzman olarak görev yapmıştır. 2008-2012 yılları arasında Doçent, 2012 yılından itibaren profesör ünvanını almıştır. Hava kirliliği, hava kirliliği modellenmesi konularında çalışmaktadır.



