

MATERYAL ANALİZİ VE ODA DENEYLERİ İLE İÇ ORTAM KİRLETİCİLERİNİN TESPİTİ

Sibel MENTEŞE

ÖZET

Materyal analizi ve oda deneyleri iç ortam kirleticilerinin kaynaklarının tespit edilmesinde kullanılan önemli metotlardır. İç ortamlarda sıklıkla kullanılan mobilya, halı, duvar kağıdı gibi dekoratif malzemeler ile duvar boyası ve izolasyon malzemeleri gibi inşaa malzemelerinin içerdikleri kirletici emisyon potansiyelleri bu metotlar kullanılarak tespit edilebilir. Bu materyallerin neden olduğu emisyonlar; sıcaklık, bağıl nem, hava değişim hızı gibi parametrelerin sabit tutulduğu, belirli yükleme faktörüne ve hacme sahip inert odalar kullanılarak belirlenebilmektedir. Bu testler, tespit edilmesi hedeflenen kirletici türüne ve analizi yapılacak materyalin türüne göre standardize edilmiştir. ISO standartları ile Japonya ve Amerika gibi bazı ülkelerin geliştirdiği standartlar kullanılarak materyal analizleri birçok ülkede yapılabilmektedir. Özellikle ithal bir materyalin yurt içine girişinde ve ihracatı yapılacak materyalin teslim edileceği ülkenin (varsa) standartlarına uygun olma mecburiyeti vardır. Bu testlerin sonuçları uluslararası ticaretin de konusudur. Bu konu iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi için atılması gereken ilk adımın, yani kullanılan malzemelerin düşük-emisyon yayma özelliğinde olmalarını sağlama şartını gerçekleştirmek için materyal analizine işaret etmektedir. Ülkemizde bu konu ile ilgili herhangi bir çalışma yapılmamaktadır. Bu çalışmada, çeşitli iç ortam kirletici potansiyeline sahip materyallerin nasıl analiz edildiği ve oda deneylerinin prensipleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İç ortam hava kirleticileri, oda deneyi, materyal analizi.

ABSTRACT

Material analysis and chamber tests are important methods, applied for determination the sources of indoor air pollutants. Pollutant emitting potentials of decorative products such as furniture, carpet, and wall cover and building products like paint and insulation materials can be assessed using these methods. Emissions from these materials can be estimated in inert chambers in which parameters such as temperature, relative humidity, and air exchange rate are kept constant. These tests have been standardized according to target pollutant and material to be tested. Material analysis is commonly being applied in many countries using ISO standards and standards developed by countries such as Japan and USA. In particular, when an import good enters a country and country, in which good to be export have standards, good has to be up to standards. Results of these tests are also a subject of international trade. This subject indicates that the first step to improve the indoor air quality is applying material analysis providing low-emitting materials. No study is being done in our country regarding this issue. In this study, analyze techniques of several materials, which have potential to be indoor air pollutants, and principles of chamber tests were investigated.

Key Words: Indoor air pollutants, chamber test, material analysis.

1. GİRİŞ

İç ortamlarda sıklıkla kullanılan mobilya, halı, duvar kağıdı gibi dekoratif malzemeler ile duvar boyası ve izolasyon malzemeleri gibi inşa malzemelerinin içerdikleri emisyon salma potansiyellerinin üreticilerin kalite standartlarına uyumu, tüketicinin ise haklarının ve sağlığının korunması için belirlenmesi gereklidir. Materyal analizi ve oda deneyleri iç ortam kirleticilerinin kaynaklarının tespit edilmesinde kullanılan önemli metotlardır. Bu materyallerin neden olduğu emisyonlar; sıcaklık, bağıl nem, hava değişim hızı gibi parametrelerin sabit tutulduğu, belirli yükleme faktörüne ve hacme sahip, temiz hava kaynağı ile sirküle edilen inert odalar kullanılarak belirlenebilmektedir. Test odaları, paslanmaz çelik veya cam malzemedeki yapılarak yutak ve hafıza etkileri olabildiğince azaltılmaya çalışılmaktadır. Bu testler, tespit edilmesi hedeflenen kirletici türüne ve analizi yapılacak materyalin türüne göre standardize edilmiştir.

Bu çalışmada standart olarak kabul edilmiş materyal testleri ve oda deneylerinin en çok uygulandığı iç ortam kirleticileri olan uçucu organik bileşikler (UOB) ve formaldehitin emisyon hızlarının ölçümünde kullanılan ISO, ASTM ve Japon standartları hakkında özet bilgi verilmektedir. Bu çalışmada ayrıca, kontrollü oda deneylerinin iç ortam hava kalitesi açısından kullanıldığı diğer alanlar anlatılmaktadır. Bu testlerin ülkemizde üretilen ürünler ve ülkemize yurt dışından ithal edilen ürünlerin yurt içine alınması aşamasında uygulanması gerekliliğini özellikle vurgulamak gerekir. Zira, kullandığımız bir çok malzeme çeşitli kimyasallardan yapılmakta veya ömürlerinin arttırılması için katkı malzemesi de denilen çeşitli kimyasallar ile işlem görmektedir. Tüketiciler, çoğu zaman satın aldıkları ürünlerin bileşimini, orijinini ve olası sağlık etkileri konusunda bilgi amaçlı etiketleme sisteminden faydalanamadıkları için kullandıkları ürünlerin uzun vadedeki etkilerinden habersizdir. Özellikle ithal bir materyalin yurt içine girişinde ve ihracatı yapılacak materyalin teslim edileceği ülkenin (varsa) standartlarına uygun olma mecburiyeti vardır. Bu testlerin sonuçları uluslararası ticaretin de konusu olan bu testler, iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi için atılması gereken ilk adımın, yani kullanılan malzemelerin düşük-emisyon yayma özelliğinde olmalarını sağlama şartını gerçekleştirmek için materyal analizine işaret etmektedir.

2. MATERYAL ANALİZİ VE EMİSYON TESTİ

2.1. UOB Emisyonlarının Tespitinde Kullanılan Standart Metotlar

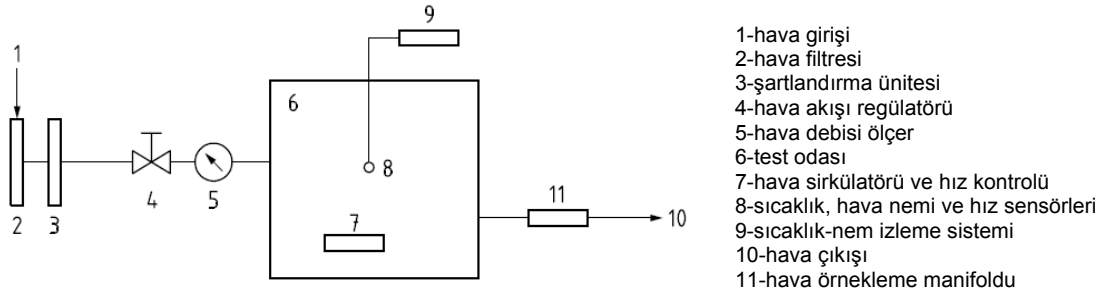
2.1.1. ISO Standartları

Bina içi dekorasyonda ve bina yüzeylerinde inşaada kullanılan çeşitli malzemelerin UOB emisyonu yayma özelliğinde olduğu geçmiş yıllarda göze çarpan önemli konulardandır. Bu nedenle, ISO tarafından oluşturulan, birçok ülkenin dikkate aldığı ve laboratuvarlarda uygulanan standart metotlar bulunmaktadır. Bu metotlar aşağıda özetlenmiştir:

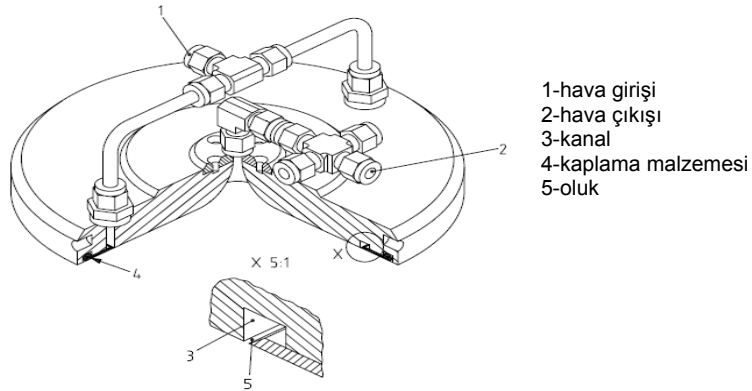
- ISO 16000-9: Emisyon test odası metodu [1].
- ISO 16000-10: Emisyon test hücresi metodu [2].
- ISO-16000-11: Test materyalinin örnekleme, örneklerin saklanması ve hazırlanması [3].

Bu metotlardan ilk ikisinde bina malzemeleri ve ahşap eşyalardan yayılan UOB emisyonlarının tayininde kullanılan oda metotlarının detayları anlatılmaktadır. Her iki metot da, üreticiler, inşaat sektörü çalışanları ve nihai tüketiciye kullanılması planlanan malzemenin UOB yayma potansiyeli hakkında bilgi sağlamak ve bu amaçla kullanılan malzemelerin kalitelerinin arttırılması da teşvik edilmektedir. Emisyon test odası metodunda, test hücresi metoduna göre daha yüksek hacimler içerisine yerleştirilen test materyali, belirli hava değişim oranı, sıcaklık (23 °C) ve bağıl nem değeri (%50) koşullarında temiz hava ile sirküle olan hacimde (oda/hücre) belirli bir süre (3 gün-28 gün) tutulan malzemeye ait alan spesifik-UOB profili belirlenmektedir. Bu amaçla test odası veya hücresine yerleştirilen örnek alma portundaki sorbent tüpleri kullanılmaktadır. ISO 16000-11 ise bu test

metotlarında kullanılması planlanan materyallerin seçim kriterlerini (katı madde, sıvı madde, ve kombine madde) ve analize hazırlanma prensiplerini anlatmaktadır.



Şekil 1. Emisyon Test Odası (ISO-16000-9'dan Derlenmiştir)



Şekil 2. Emisyon Test Hücresinin Üç Boyutlu Gösterimi (ISO-16000-10'dan Derlenmiştir)

2.1.2. ASTM Standartları

ASTM standartları ISO standartları ile kurulum açısından çok benzer olduğu için metotların çalıştırılma koşulları ile ilgili özet bilgilerin verilmesi yeterli olacaktır. Konu ile ilişkili ASTM standartları ve içeriği aşağıdaki gibidir:

- **ASTM Standartı D 6670-01:** İç ortamdaki materyaller/ürünlerden kaynaklanan UOB emisyonlarının büyük-çaplı oda deneyi ile tespiti. Tipik bir oda büyüklüğündeki kontrollü oda içerisine yerleştirilen test materyalleri, normal koşullardaki boyutlarında olacak şekilde test edilir. Test koşulları şöyledir: 23 °C, % 50 bağıl nem (RH), saatlik hava değişim hızı (ACH): 0.5 h⁻¹, test materyalinin yüzeyindeki hava hızı: 0.05-0.25 m/s, paslanmaz çelik malzemeden yapılmış oda. Prosedür: Anlık veya sorbent tüpü ile toplanan UOB örnekleri GC/MS-FID ve/veya HPLC'de analizi yapılarak materyale ait alan-spesifik emisyon hızı hesaplanır [4].
- **ASTM Standartı D 6330-98:** Ahşap-bazlı panellerden kaynaklanan formaldehit hariç diğer UOBlerin belirli test koşulları altındaki küçük çevresel odalarda emisyonlarının belirlenmesi: 23 °C, % 50 RH, ACH: 1 h⁻¹, oda hacmi: 0.05 m³, 0.3x0.3 m boyutlarında test materyali, Prosedür: oda kör numunesi alındıktan 1 ve 3 gün sonra adsorbent tüpü ile 10L örnek alınır ve GC/FID veya GC/MS'de analiz yapılır [5].
- **ASTM Standartı D 5116-97:** İç ortamdaki materyaller/ürünlerden organik emisyonlarının küçük-ölçekli odalarda belirlenmesi: oda hacmi: <5 m³, 23-35 °C, % 50 RH, ACH: 0.5-2 h⁻¹. Prosedür: Sorbent tüpü veya hava geçirmeyen cam tüp kullanılarak örnekler toplanır [6].

2.2. Formaldehit Emisyonlarının Tespitinde Kullanılan Standart Metotlar

Formaldehit, iç ortamlarda birçok kaynağının bulunduğu ve insanda kanser yaptığı (7) belirlendikten sonra, en dikkat çeken ticari kimyasallardan biri olarak literatüre girmiştir. Özellikle ahşap-bazlı materyallerin sebep olduğu formaldehit emisyonu, çevresel ve sağlık etkilerinden dolayı önem arz etmektedir. Bu nedenle dünya piyasalarında formaldehit emisyonuna neden olan/katkısı olan ürünler Avrupa Birliği ve Japonya gibi ülke ve kuruluşların kalite sınıflarına (E1 ve F^{****}) göre piyasaya sürülerek çevre dostu yeşil-malzeme olarak rekabete katılmaktadır. Formaldehit emisyonlarının tayini için çeşitli standart metotlar kullanılmaktadır. Konu ile ilişkili Avrupa Birliği, Japonya ve ISO standartları aşağıda özetlenmektedir:

2.2.1. Avrupa Birliği Standartları

- EN 717-1 (2004): Ahşap-bazlı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi—Bölüm 1: Oda metodu ile formaldehit emisyonu (Oda metodu): Oda hacmi: 225 L-1 m³, yükleme faktörü: 1 m²/m³, ACH: 1 h⁻¹, 23 °C, % 45 RH [8].
- EN 717-2 (1994): Ahşap-bazlı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi-Bölüm 2: Gaz analiz metodu ile formaldehit salınımı (Gaz analizi metodu): Oda hacmi: 4L, 0.4x0.05 m boyutlarında test materyali, ACH: 15 h⁻¹, 60 °C, ≤ %3 RH [9].
- EN 717-3 (1996): Ahşap-bazlı paneller-formaldehit salınımının belirlenmesi-Bölüm 3: şişe metodu ile formaldehit salınımı (Şişe metodu): Oda (şişe) hacmi: 500 ml, 25x25 mm boyutlarında ve 20 g ağırlığında test materyali, 40 °C, 100% RH [10].
- EN 120 (1993): Ahşap-bazlı paneller-formaldehit içeriğinin belirlenmesi-perforatör metodu olarak adlandırılan ekstraksiyon metodu (perforatör metodu): 25x25 mm boyutlarında ve 110 g ağırlığında test materyali, 110 °C'de toluen ile ekstrakte edilmektedir [11].

2.2.2. Japon Standartları

Japon standart metotları Avrupa Birliği standart metotları ile çok benzer olmakla beraber, kullanılan odaların hacminde ve test materyallerinin alanlarında farklılıklar bulunmaktadır.

- JIS A 1460 (2001) ve JAS MAFF 233 (2003): Bina panelleri: Formaldehit emisyonlarının belirlenmesi-desikatör metodu (desikatör metotları): Oda hacmi: 9-11 L, Test materyalinin alanı: 0.18 m², ön-şartlandırma, 20 °C, %0-80 RH [12,13].
- JIS A 1901 (2003): Bina malzemelerinden kaynaklanan UOB ve aldehit emisyonlarının belirlenmesi-küçük oda metodu (küçük oda metodu): Oda hacmi: 20 L-1m³, yükleme faktörü: 2.2 m²/m³, 28 °C, %50 RH, ACH: 0.5 h⁻¹ [14].

2.2.3. ISO Standardı

- ISO/CD 12460 (2005): oda metodu: 1m³, 23 °C, %50 RH, 1h⁻¹ [15].

2.3. Materyal Analizi ve Oda Deneylerinin İç Ortam Hava Kalitesinin İncelenmesindeki Diğer Kullanım Alanları

Yukarıda anlatılan test metotları kullanılarak çeşitli materyallere ait spesifik emisyon hızları araştırılmaktadır. Bunun haricinde, kontrollü bir ortam olması nedeni ile bazı kimyasalların bazı malzemeler ile zamanla etkileşimi de tespit edilebilmektedir. Özellikle ozonun bazı materyallerle olan etkileşimi sonucunda bazı ikincil kimyasal maddeler oluşmaktadır. Bu kimyasal maddelerin hangi sıcaklık, nem gibi koşullarda daha yüksek veya az seviyede oluştuğu da incelenen diğer konulardan biridir. Kimyasal bileşiklerden başka, toz veya biyolojik toz gibi diğer önemli iç ortam hava kirleticilerinin davranışları da bu metotlar kullanılarak tayin edilmektedir.

Nem, hava hızı ve sıcaklık gibi faktörlerin bina malzemelerindeki kimyasal, fiziksel ve biyolojik emisyonlara olan etkisi incelenmiştir. Bu üç parametre değerleri değiştirilerek partikül, toplam UOB ve mikrobiyolojik seviyelerin düşürülmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bina malzemelerinden

kaynaklanan istenmeyen olumsuz etkilerin iç ortam hava kalitesine olan etkisi, inşaat malzemelerinin kalitesine, sıcaklık ve nem koşullarına karşı dayanıma ve inşaat işlerinin kalitesine bağlıdır [16].

Bina malzemeleri, ev elektrik tertibatları ve diğer malzemelerde kullanılan plastikleştiricilerde yarı-UOB olarak sınıflandırılan fitalatlar, özellikle de di-2-etilhekzilfitalat (DEHP), plastikleştiricilerin çoğunda bulunmaktadır. Örnek olarak izolasyon malzemeleri, PVC döşemeler ve duvar kağıtları, halı ve perdelerden fitalat emisyonlarının çıktığı tespit edilmiştir. Yarı-UOBler ve evdeki toz arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Bu amaçla materyallerden salınan yarı-UOBlerin emisyon hızları kontrollü odalarda araştırılmıştır. Ancak yarı-UOBler için oda deneylerinin uygun olup olmadığı halen bir tartışma konusudur. Öyle ki, yarı-UOBlerin odanın duvarlarına adsorbe olduğu belirtilmektedir. Bunu önlemek için yüksek sıcaklık koşullarının uygulanması gibi öneriler geliştirilmiştir. Ancak, bu kez de yüksek sıcaklık koşullarının tipik bir iç ortamı temsil etmeyeceği yorumu ortaya çıkmaktadır [17].

Materyaller üzerinde ozonun başlattığı reaksiyonlar neticesinde oluşan gaz oksidan ürünler ve ultra ince partiküller hastalık ve ölüm kayıtları ile ilişkilendirilmektedir. Bu amaçla, kontrollü odada hayvanlar üzerinde deneyler yapılmaktadır [18]. Ozonun UOBler ile reaksiyona girmesi sonucu ince partiküllerin ve H₂O₂* nin olduğu 25 m³’lük kontrollü odada tespit edilmiştir [19]. Havadaki ozonun iç ortamda bulunan materyallerdeki (beton, alçı panel, kauçuk, lateks, boya, linoleum, halı, cila ve klima filtreleri) inorganik kimyasallar ve organik kimyasallar ile heterojen reaksiyona girdiği belirlenmiştir [20]. Bu reaksiyonlar sonucunda ise bazı ketonların ve C₁-C₁₃ aldehytlerin olduğu belirtilmektedir [21]. Bu heterojen reaksiyonlar, materyallerin yaşlanmasına ve pigmentlerinin zarar görmesine sebep olmaktadır [22]. Yapılan bu çalışmada aynı özellikteki 4 adet paslanmaz çelik odada 24 farklı materyalin belirli bir süre yüksek konsantrasyonda ozona maruz bırakıldıktan sonra meydana gelen bileşikler ve seviyeleri incelenmiş. Çalışma neticesinde tüm karbonil bileşiklerinin analizi yapılan materyallerden salındığı tespit edilmiş [23]. Terpenler ve ozon iç ortamlarda genellikle bulunurlar ve reaksiyonları partikül (ikincil organik aerosol) oluşmasına neden olur. Çoğu tüketim malları (temizlik malzemeleri ve hava temizleyici kimyasallar) iç ortamdaki terpenlerin kaynağıdır [24]. Ozon içeren dış ortam havasının havalandırma ile iç ortama girişi neticesinde iç ortamlarda bir miktar bulunmaktadır. Bu çalışmada ikincil organik aerosollerin oluşumu küçük odalarda test edilmiştir [25]. Ahşap-bazlı materyaller ve “eko” boyanın doğal seviyedeki (15-40 ppb) ozon varlığındaki reaksiyonu neticesinde oluşan ikincil organik aerosoller 1 m³ hacmindeki cam odada ölçülmüştür. Partikül konsantrasyonunun eklenen ozon konsantrasyonu arttıkça arttığı gözlemlenmiştir [26]. Portatif hava temizleyicilerin iç ortamlarda hem partikülleri giderdiği, hem de kendisinin partikül oluşumuna neden olduğu bilinmektedir. Bu durumu araştırmak için 14.75 m³ hacmindeki paslanmaz çelik odada yapılan iki fazlı çalışmada, ozon-üreten hava temizleyicilerin terpenlerle reaksiyona girerek ikincil organik aerosollerin oluşturması sebebi ile evlerde kullanımı tavsiye edilmemektedir [27].

Fungi partiküllerinin 20 m³’lük bir odada çap dağılımı ve havalandırma hızının partiküllerin çökme hızlarına olan etkileri araştırılmıştır. Çökme hızlarının havalandırma oranı ile pozitif yönde ilişkisi olduğu bulunmuştur [28]. İnsanların evlerinde günlük yaşamda yaptığı aktivitelerden 18’inin (yemek pişirme, mum vs. yakma, sprey kullanımı, yazıcı kullanımı ve ev temizliği gibi) evlerdeki partikül madde konsantrasyonu üzerindeki etkisi 2.36 m³’lük bir odada araştırılmıştır. En yüksek partikül madde emisyon hızına neden olan aktivite olarak fırında et veya balık pişirilmesi ile fırının piroliz temizliği aşaması olarak bulunmuştur [29].

Tipik bir ev odası tasarımındaki bir odayı daha büyük başka bir kontrollü oda içerisine yerleştirerek normal ev ortamı ve dış atmosfer koşulları oluşturulmuştur. Mineral yün ile izole edilen ve mobilya, halı ve duvar kaplaması ile dekorasyonu yapılan bu odadaki UOB, formaldehit ve diğer aldehytlerin değişimleri incelenmiştir. Halı kaplama ve mobilya ilavesinden sonra gaz kirleticilerin seviyesinin belirgin olarak arttığı tespit edilmiştir [30].

Pasif örnekleyicilerin tutma sabitlerinin hesaplanması amacıyla da oda deneylerinden faydalanılmaktadır. Tutma sabitleri çeşitli faktörlerden (sıcaklık, nem, sorbent, maruz bırakılan süre ve girişim) etkilenmektedir. Bu nedenle tutma sabitleri için standart değerlerin oluşturulması ve kullanılması önemlidir [31].

SONUÇ

Bu çalışmada, çeşitli iç ortam kirletici potansiyeline sahip materyallerin nasıl analiz edildiği ve oda deneylerinin prensipleri incelenmiştir. Materyal analizinde kullanılan ISO, ASTM, Avrupa Birliği ve Japonya standartlarına ait bilgiler yukarıdaki bölümlerde verilmiştir. Bu standartlar, birçok ülke tarafından kabul gören ve uygulanan test metotlarını içermektedir. Bu metotların haricinde iç ortamlarda yaygın olarak kullanılan bazı ürünler için düşük UOB ve/veya formaldehit içerdiğini gösteren çeşitli sertifika sistemleri ile tüketicilerin bilgilendirilmesi yoluna gidilmektedir. Örnek olarak GUT, LEED, Blue angel, EMICODE, ve M1 sertifika sistemleri verilebilir [32]. Ülkemizde yasal dayanağı olmayan iç ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi yönündeki girişimlerin Bakanlık düzeyinde ve gönüllü olarak sivil toplum kuruluşlarınca gündeme getirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ISO 16000-9, "Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Emission test chamber method", 2006.
- [2] ISO 16000-10, "Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Emission test cell method", 2006.
- [3] ISO-16000-11, "Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing-Sampling, storage of samples and preparation of test specimens", 2006.
- [4] ASTM D 6670, "Practice for full-scale chamber determination of volatile organic emissions from indoor materials/products", 2001.
- [5] ASTM D 6330, "Practice for determination of volatile organic compounds (excluding formaldehyde) emissions from wood-based panels using small environmental chambers under defined test conditions", 1998.
- [6] ASTM D 5116, "Guide for small-scale environment chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products", 1997.
- [7] IARC, "Monographs of the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxy-2-propanol", WHO, 88, Lyon, France, 2006.
- [8] EN 717-1, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 1: formaldehyde emission by the chamber method", European Standard, October 2004.
- [9] EN 717-2, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 2: formaldehyde release by the gas analysis method" European Standard, November 1994.
- [10] EN 717-3, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—Part 3: formaldehyde release by the flask method" European Standard, March 1996.
- [11] EN 120, "Wood-based panels—determination of formaldehyde content—extraction method called perforator method", 1993.
- [12] JIS A 1460, "Building boards. Determination of formaldehyde emission—desiccator method", Japanese Industrial Standard, March 2001.
- [13] JAS 233, "Japanese Agricultural Standard for plywood", Japanese Agriculture Standard, February 2003.
- [14] JIS A 1901, "Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products—small chamber method", Japanese Industrial Standard, January 2003.
- [15] ISO/DIS 12460, "Wood-based panels—determination of formaldehyde release—formaldehyde emission by the 1 m³ chamber method", Draft International Standard, January 2005.
- [16] VIRTA, J., KOIVULA, M., HUSSEIN, T., KOPONEN, S., HAKKARAINEN, H., et al., "Emissions from thermal insulations-part 1: development and characteristics of the test apparatus", Building and Environment, 40, 797-802, 2005.
- [17] KATSUMATA, H., MURAKAMI, S., KATO, S., HOSHINO, K., ATAKA, Y., "Measurement of semi-volatile organic compounds emitted from various types of indoor materials by thermal desorption test chamber method", Building and Environment, 43, 378-83, 2008.
- [18] WOLKOFF, P., CLAUSEN, P.A., LARSEN, K., HAMMER, M., LARSEN, S.T., NIELSEN, G.D., "Acute airway effects of ozone-initiated d-limonene chemistry: importance of gaseous products", 181, 171-176, 2008.

- [19] FAN, Z., WESCHLER, C.J., HAN, I.K., ZHANG, J., “Co-formation of hydroperoxides and ultra-fine particles during the reactions of ozone with a complex VOC mixture under simulated indoor conditions”, *Atmos Environ.*, 39, 5171-82, 2005.
- [20] WESCHLER, C.J., HODGSON, A.T., WOOLEY, J.D., “Indoor chemistry: ozone, volatile organic compounds and carpets”, *Environ Sci Technol.*, 26, 2371-77, 1992.
- [21] MORRISON, G.C., NAZAROFF, W.W., “Ozone interactions with carpet: secondary emissions of aldehydes”, *Environ Sci Technol.*, 36, 2185-92, 2002.
- [22] WESCHLER, C.J., “Ozone in indoor environments: concentrations and chemistry”, *Indoor Air*, 10, 269-288, 2000.
- [23] POPPENDIECK, D., HUBBARD, H., WARD, M., WESCHLER, C., CORSI, R.L., “Ozone reactions with indoor materials during building disinfection”, *Atmos Environ.*, 41, 3166-76, 2007.
- [24] NAZAROFF, W.W., WESCHLER, C.J., “Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants”, *Atmos Environ*, 38, 2841-65, 2004.
- [25] COLEMAN, B.K., LUNDEN, M.M., DESTAILLATS, H., NAZAROFF, W.W., “Secondary organic aerosol from ozone-initiated reactions with terpene-rich household products”, *Atmos Environ.*, 42, 8234-45, 2008.
- [26] TOFTUM, J., FREUND, S., SALTHAMMER, T., WESCHLER, C.J., “Secondary organic aerosols from ozone-initiated reactions with emissions from wood-based materials and a “green” paint”, *Atmos Environ.*, 42, 7632-40, 2008.
- [27] WARING, M.S., SIEGEL, J.A., CORSI, R.L., “Ultrafine particle removal and generation by portable air cleaners”, *Atmos Environ.*, 42, 5003-14, 2008.
- [28] KANAANI, H., HARGREAVES, M., RISTOVSKA, Z., MORAWSKA, L., “Deposition rates of fungal spores in indoor environments, factors affecting them and comparison with non-biological aerosols”, *Atmos Environ.*, 42, 7141-7154, 2008.
- [29] GEHIN, E., RAMALHO, O., KIRCHNER, S., “Size distribution and emission rate measurement of fine and ultrafine particle from indoor human activities”, *Atmos Environ.*, 42, 8341-52, 2008.
- [30] Salthammer, T., Mentese, S., “Comparison of Analytical Techniques for the Determination of Aldehydes in Test Chambers”, *Chemosphere*, 73, 1351-1356, 2008.
- [31] GONZALES-FLESCA, N., FREZIER, A., “A new laboratory test chamber for the determination of diffusive sampler uptake rates”, *Atmos Environ.*, 39, 4049-56, 2005.
- [32] “VOC product emission testing”, <http://product-testing.eurofins.com>, erişim tarihi: 15.12.2008.

ÖZGEÇMİŞ

Sibel MENTEŞE

1981 doğumlu Mentese, 2002 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2004 yılında Hacettepe Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Yüksek Mühendis ünvanını almıştır. 2004 yılından beri aynı üniversitede Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır ve İç Ortam Hava Kirliliği üzerine doktora çalışmasını sürdürmektedir. Sosyal Çevre konuları üzerine de ilgisi olan Mentese, 2007 yılında Ankara Üniversitesi Sosyal Çevre Bilimleri Bölümünden ikinci Yüksek Lisans derecesini almıştır.