



Yapı Ürünlerinden Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşiklerin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi

Examination of Volatile Organic Compounds From Building Products in Terms of Building Biology

Polat DARÇIN, Ayşe BALANLI

ÖZ

Yapı kullanıcılarındaki birçok sağlık sorununun kaynağı, önemli iç hava kirleticisi gruplarından birisi olan uçucu organik bileşiklerdir (UOB). Ortak özellikte yüzlerce farklı kirleticiyi içeren UOB, düşük sıcaklıklarda gaz durumuna geçebilen maddeler olarak ele alınmaktadır. UOB nedeniyle oluşan sorunların önlenmesi için, yapı ve çevrelerinde UOB'den kaynaklanan olumsuzlukların ve sağlık üzerindeki etkilerinin belirlenmesi gerekir. Çalışmada, bu amaç için yapı biyolojisi bilim alanında geliştirilmiş bir irdeleme modelinden yararlanılmıştır. Bu modelde işleyiş, olumsuzluk etkeninin: UOB içeren yapı ürünlerin, olumsuzluğun: iç havadaki UOB'in, sağlığı bozan etkenin: UOB'in olduğu bir ortamda bulunmanın ve ortaya çıkabilecek sağlık sorunlarının belirlenmesi şeklindedir. Gerçekleştirilen araştırmayla birçok farklı yapı ürününün bu kirleticileri içerebildiği anlaşılmıştır. Kirleticilerin iç havaya salınmasında ortam koşulları etkilidir. Yapılan birçok incelemede iç çevrede kirletici yoğunluklarının dış çevreye oranla yüksek düzeyde gerçekleştiği ortaya konmuştur. İnsanın bu kirleticilerden olumsuz etkilenmesinde, kirletici türünün yanı sıra, etkilenime ilişkin ayrıntıların yüksek önem taşıdığı göz ardı edilmemelidir. Bu kirleticilerin yoğunluğunun azaltılması ve olumsuz etkilerinin önlenmesi için, UOB içeren yapı ürünlerinin kullanılmaması ya da kullanım koşullarının denetlenmesi ve yapıda iyi bir havalandırma sağlanması gerektiği belirlenmiştir. Ayrıca, bundan sonra yapılacak çalışmalarla ilgili öneriler geliştirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Uçucu organik bileşikler; yapı biyolojisi; yapı içi hava kirliliği.

ABSTRACT

Volatile organic compounds (VOCs) are within important pollutant groups which cause indoor air pollution and many serious health problems. VOCs include hundreds of different pollutants with similar properties and can easily volatilize at low temperatures. In order to avoid problems, negativities caused by VOCs in the building and its environments and the effects on human health must be determined. In this study, an examination and relations model, produced for this purpose in the field of building biology, is used. The process of this model includes the determination of a negative feature in building: building products with VOCs, a negative condition: VOCs in indoor air, a hazardous effect: being exposed to VOCs and many health problems. The research has shown that many different building products may contain VOCs. The indoor environment conditions are effective on emission properties. It has been understood that indoor air concentrations of these pollutants are mostly much higher than outdoor concentrations in many studies. For the exposure of users, not only the type of pollutants but also the properties of exposure are effective. In order to avoid negative effects or to reduce the concentrations, it is advised not to prefer VOCs containing building products, to control their usage conditions and to supply accurate ventilation in buildings. Recommendations are provided for future researches.

Keywords: Volatile organic compounds; building biology; indoor air pollution.

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İstanbul

²Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Gaziantep

Başvuru tarihi: 05 Eylül 2017 - Kabul tarihi: 30 Temmuz 2018

İletişim: Polat DARÇIN. e-posta: darcinpolat@yahoo.com

© 2018 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2018 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Yapı içi hava kirliliği, kullanıcılarda sağlıkla ilgili ve ekonomik birçok soruna, dolayısıyla yapıların “kullanıcılarına sağlıklı bir yaşam sunma” olan asal amacından [Balanlı ve Öztürk, 2006] sapmasına neden olmaktadır. Dış çevreden, yapı ürünlerinden ve yapının kullanımından kaynaklanabilen iç hava kirleticileri içinde büyük bir grubu oluşturarak, yapılarda sıkça ve yüksek yoğunluk düzeylerinde karşılaşılabilen türlerden birisi uçucu organik bileşiklerdir. Çok çeşitli sağlık sorunlarına neden olduğu bilinen uçucu organik bileşikler, bu olumsuz nitelikleriyle bir yapı biyolojisi konusudur.

Uçucu organik bileşiklerden kaynaklanan sorunların önlenmesinde yapı ve çevreleri arasındaki olumsuzlukların, diğer bir anlatımla, bu kirleticilerin nasıl oluştuğunun, sağlığı nasıl etkilediğinin ve sonuçlarının belirlenmesi gerekir. Belirtilen amaç için yapı biyolojisi bilim alanında geliştirilmiş bir irdeleme modelinden yararlanan bu çalışmayla, tasarımcıların yapı ürünlerini seçerken kullanıcıların karşılaşılabileceği iç hava kirliliği sorunlarını da göz önüne almalarına, dolayısıyla yapıyla ilgili kişilerin bilinçlendirilmesine, böylece söz konusu sorunların önlenmesine katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

Yapı Biyolojisinde Sağlık Sorununun Oluşması İle Yapı ve Çevresi Arasındaki İlişki

“Yapı biyolojisi, insan ile yapı ve çevresi arasındaki ilişkileri kurarak yaşamı etkileyecek olumsuzlukları gidermeye çalışan, yapının oluşum ve kullanımını insan sağlığı açısından yönlendiren kararları üreten ve denetleyen bir bilim dalıdır.” [Balanlı, 2011]

Yapı ve çevresinin neden olduğu sağlık sorunlarının oluşumu, geliştirilen bir irdeleme ve ilişkiler modeli ile açıklanabilir. Bu modelde işleyiş,

- Yapının dış ve iç çevresindeki olumsuzluk etkeninin,
- Etkene bağlı olumsuzluğun,
- Olumsuzluğa bağlı sağlığı bozan etkenin,
- Oluşan sağlık sorununun

belirlenmesi adımları ile olmaktadır. Bu adımlar tersine bir başlangıçla, sağlık sorununun nedenlerini belirlemede kullanılabilir (Bkz Şekil 1).

Uçucu Organik Bileşikler ve Yapı Biyolojisi

Uçucu organik bileşikler,

- Dünya Sağlık Örgütü [WHO, 1986] tarafından kaynama noktasının yer aldığı aralık 50 °C – 100 °C ile 240 °C – 260 °C olan organik;
- Avrupa Toplulukları Komisyonu [CEC, 1997] tarafından belirlenmiş koşullar altında n-hexan ve n-hexadekan arasında gaz kromatografisi ile ayrıştırılabilen tüm;

bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak, yüzlerce farklı türü bulunan uçucu organik bileşikler, karbon atomu sayısı 12 ya da daha az olan [Patrick, 1999] ve normalde sıvı ya da katı olsa bile, düşük sıcaklıklarda gaz durumuna geçebilen [Wallace ve Gordon, 2007] kirleticiler olarak ele alınmaktadır (Tablo 1). Bilimsel araştırmalarda, herhangi bir yapıda aynı anda 50 – 300 farklı uçucu organik bileşikten oluşan bir karışım ile karşılaşılabileceği belirtilmektedir [Bernstein, vd. 2008].

Uçucu organik bileşiklerin neden olduğu sağlık sorunlarının oluşumu yapı biyolojisi için geliştirilen irdeleme modelinin adımları ile açıklanabilir.

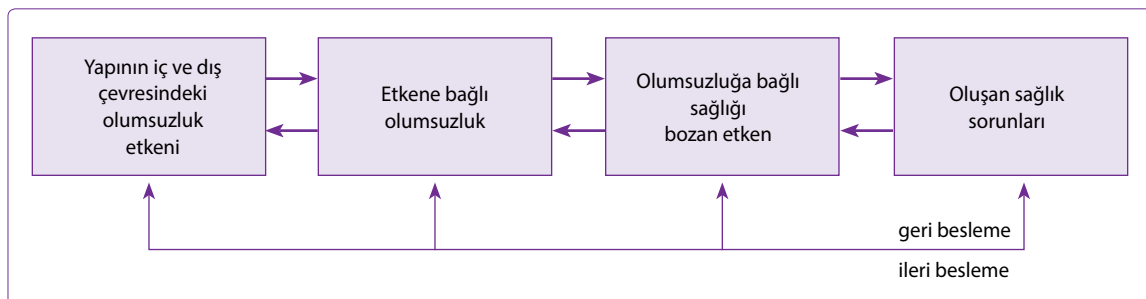
Yapının İç Çevresindeki Olumsuzluk Etkeni: Uçucu Organik Bileşik İçeren Yapı Ürünleri

Özellikle üretimlerinde kullanılan kimyasal maddeler, bazı yapı ürünlerinin, birçok uçucu organik bileşik türünü yapı içi havasına salmasına neden olabilmektedir (Tablo 2).

Etkene Bağlı Olumsuzluk: Yapı İçi Havasında Uçucu Organik Bileşiklerin Yoğunluğu

Yapı ürünlerinin yapının iç çevresini oluşturması ve uçucu organik bileşiklerin doğrudan kapalı birimlerin havasına karışması, bu kirleticilerin iç havada oldukça yüksek yoğunluk düzeyinde bulunmasıyla sonuçlanabilir. EPA'nın 1979 - 1987 yıllarında gerçekleştirdiği bir çalışmada, iç havada belirlenen yoğunluğun, bölgedeki dış havada saptanan yoğunluk düzeylerinin iki – beş (bazı durumlarda 10 – 20) katı olduğu ortaya konulmuştur [Wallace ve Gordon, 2007].

Wallace [1999], uçucu organik bileşik kaynağı olan yapı ürünlerinin havaya salınma özellikleri açısından “ıslak” ve “kuru” olarak ayrıldığını belirtmiştir. Islak ürünler, kirleticileri havaya, uygulamadan başlayarak 2 – 6 hafta süresince



Şekil 1. Yapı ve çevresinin neden olduğu sağlık sorunlarının oluşumu [Balanlı ve Öztürk, 2004].

Tablo 1. Uçucu organik bileşikler [Darçın, 2014'ten uyarlama]

Organik bileşik	Grup adı	Sık karşılaşılan kirleticiler	
Uçucu organik bileşikler	Alifatik hidrokarbonlar	Metan, etan, propan, bütan, pentan, heksan, heptan, oktan, nonan, sikloheksan, isobütan, isopenten, n-tridekan, dekan, dodekan, undekan	
	Aromatik hidrokarbonlar	Tek halkalı aromatik hidrokarbonlar Çokhalkalı aromatik hidrokarbonlar	Benzen, etilbenzen, dietilbenzen, trimetilbenzen, dimetil-etilbenzen, tolüen, ksilenler, stiren, etil tolüen Naftalin, fenantren, benzo[a]piren, DDT, dieldrin, permetrin, benz[a]antrasen
	Halojenli hidrokarbonlar	Kloroform, diklorometan (metilen klorür), trikloroetilen, tetrakloroetilen, p-diklorobenzen (1,4-diklorobenzen), metil bromit, vinil bromit, benzil klorit, 1,1,1-trikloroetan (metil kloroform), karbon tetraklorit	
	Aminler	2-naftilamin, 4-aminobifenil	
	Alkoller	N-bütül alkol, 1-dodekanol, fenol, metil alkol (metanol), etil alkol (etanol), nonanol, isopropil alkol (isopropanol), propargil alkol, 2-etil-1-heksanol	
	Eterler	Etil eter	
	Aldehitler	Dekanal, nonanal, formaldehit, propenal (akrolein), asetaldehit, furfural, heksanal	
	Ketonlar	Aseton, metil etil keton (2-butanon)	
	Terpenler	A-pinen, β -pinen, limonen, isopren	
	Esterler	Etil asetat, 1-heksil butanoat,	
	Glikol eterler	2-etoks etanol	
	Organik asitler	Asetik asit, propanoik asit, heksanoik asit, pentanoik asit	
	Kükürt içeren bileşikler	Karbon disülfid	
	Diğer bileşikler	1,3-butadien, nitrosaminler	

yoğun, bu süre sonunda yaklaşık yarı yoğunlukta salmaktadır. Kuru ürün sınıfı kirleticilerin salınmasını ıslak ürünlere oranla daha uzun zaman boyunca sürdürmektedir.

Kaynaklardan uçucu organik bileşiklerin salınması ile ilgili diğer önemli özelliklerden bazıları, kirletici kaynağının boyutları ve iç çevrede kapladığı alanın büyüklüğüdür. Geniş yüzeyli kaplama ürünlerinden ve mobilyalardan salınan kirleticiler diğer yapı ürünlerinden salınanlara göre fazla olabilir. Ayrıca, dolap gibi kapalı hacimleri oluşturan mobilyaların havaya saldığı kirletici düzeyi, kirleticilerin bu hacimler içinde birikmesi nedeniyle, oldukça yükselebilmektedir [Salthammer, 1996].

İç çevreye ilişkin sıcaklık, nemlilik gibi bazı özellikler, yapı ürünlerinden çıkan kirletici düzeyini etkilemektedir. Örneğin Gustafsson [1992], normal sıcaklık ve nemlilik koşullarında havaya kirletici salınmasına karşın, değerlerin artmasıyla 2-etil-1-heksanol, fenol gibi kirleticileri salmaya başlayan vinil içerikli bazı yapı ürünleri olduğunu belirlemiştir.

Sağlığı Bozan Etken: Uçucu Organik Bileşiklerin Olduğu Ortamda Bulunma

İnsan, uçucu organik bileşiklerden solunum, koklama ve kirleticilerin deriye ya da gözlere dokunması yoluyla etkilenebilir [EPA, 1992]. Bu birlikteliğin bir sağlık sorunu ile sonuçlanması, uçucu organik bileşiğin türüne, yoğunluğuna, insanın duyarlılığına [EC SCHER, 2007], birlikteliğin süresine [EPA, 1992] ve gerçekleşme sıklığına [Anderson ve Patrick, 1999] bağlıdır. Duyarlılık kişiye göre farklılaşmaktadır, bununla birlikte belirli insanların düşük düzeydeki kirleticilerle kısa süre bir arada bulunmasıyla, diğer insanlara oranla daha olumsuz etkilendiği bilinmektedir [EC SCHER, 2007].

Kirleticilerin bir sağlık sorunu oluşturması için bedende belirli bir yoğunluğa erişmesi gerekir. Kavramsal olarak bu yoğunluk ile sorunun oluşma olasılığı arasındaki ilişki, sorunun gözlenmediği bir sınırın tanımlanmasını olanaklı kılabilir [Viegi, vd., 2004]. Bu sınır, belirli bir süre için etkiliminde

Tablo 2. İç hava kirleticisi kaynağı olan yapı ürünleri [Darçın, 2014'ten uyarılama]

Kaynaklar	Kirleticiler
Boyalar ve çözücüler	Heksan, benzen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, etil tolüen, metilen klorür [Tucker, 2001], formaldehit [Bernstein, vd., 2008], α-pinen, limonen [Zabiegala, 2006], tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester [Wensing, Uhde ve Salthammer, 2005]
Vernikler ve cilalar	Nonan, dekan, dodekan, undekan [Zabiegala, 2006], heksan, benzen, etil benzen, etil tolüen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, metilen klorür [Tucker, 2001]
Yapıştırıcılar	Heksan [Zabiegala, 2006], etil benzen, etil tolüen, ksilen, tolüen, trimetil benzen [Tucker, 2001], formaldehit [Bernstein, vd., 2008]
Macunlar	Tolüen, tetrakloro etilen [Tucker, 2001]
Sıvalar	Etil benzen, ksilen, tolüen [Tucker, 2001]
Doğal ve yapay ahşap levhalar	Heksan, benzen, etil benzen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, p-diklorobenzen, asetaldehit [Tucker, 2001], formaldehit [CEC, 1992], α-pinen, β-pinen, limonen [Salthammer ve Fuhrmann, 1996], tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester [Wensing, Uhde ve Salthammer, 2005]
Kâğıt kaplamalar	Etilbenzen, ksilen, tolüen [Tucker, 2001], formaldehit [Balanlı, Vural ve Tuna Taygun, 2006], tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester [Wensing, Uhde ve Salthammer, 2005]
Plastik levhalar	N-tridekan, heksan, nonan, dekan, dodekan, undekan [Gustafsson, 1992], benzen, etilbenzen, ksilen, stiren, tolüen, trimetil benzen, p-diklorobenzen, asetaldehit [Tucker, 2001], fenol [Wallace ve Gordon, 2007], orto-fitalik asit diester, fibütil fitalat, di-2-etil-heksil fitalar, 2-etil-1-heksanol [Clausen, vd., 2007]
Linolyum levhalar	Tolüen, 2-butanon [Salthammer ve Bahadır, 2009], heksanal, nonanal, oktanal, propanoik asit, heksanoik asit, pentanoik asit [Jensen, Wolkoff ve Wilkins, 1995]
Mantar levhalar	Tolüen, fenol, furfural, formaldehit [Salthammer ve Bahadır, 2009]
Halılar	Heksan, etilbenzen, ksilen, stiren, tolüen, p-diklorobenzen, asetaldehit [Tucker, 2001], α-pinen, limonen [Godwin ve Batterman, 2007], formaldehit [Maroni, 1998]
Kumaş kaplamalar	Heksan, benzen, ksilen, tolüen, stiren, kloroform, metilen klorür, trikloro etilen [Tucker, 2001], formaldehit, tris (2-kloroetilen) fosfat, fosforlu organik ester [Wensing, Uhde ve Salthammer, 2005]

¹α ve β pinen doğal ahşap yapı ürünlerinde çokça kullanılan çam, alaçam vb ağaçların bünyesindeki çam kokusunun nedeni olan uçucu organik bileşiklerdendir.

Tablo 3. Kanserojen maddelere yönelik sınıflamalar [Darçın, 2014'ten uyarılama]

Sınıflamayı yapan kurum	Kanserojen madde grupları
IARC [2014]	Grup 1 İnsanlar için kanserojen (carcinogenic to humans)
	Grup 2A İnsanlar için kanserojen olma olasılığı yüksek (probably carcinogenic to humans)
	Grup 2B İnsanlar için kanserojen olması olası (possibly carcinogenic to humans)
	Grup 3 İnsan kanserojeni olarak sınıflanamayan (not classifiable as to its carcinogenicity to humans)
	Grup 4 İnsanlar için kanserojen olmama olasılığı yüksek (probably not carcinogenic to humans)
EPA [1986a]	Grup A İnsanlar için kanserojen (carcinogenic to humans): madde ile insan kanserleri arasında bir ilişki olduğunu gösteren yeterli verinin olması
	Grup B İnsanlar için kanserojen olma olasılığı yüksek (probably carcinogenic to humans): hayvan deneyleri ile ilgili yeterli, buna karşın insanlarla ilgili sınırlı (Grup B1) veri olan ya da veri olmayan (Grup B2)
	Grup C İnsanlar için kanserojen olması olası (possibly carcinogenic to humans): hayvan deneyleri ile ilgili sınırlı veri olan, insanlarla ilgili veri olmayan
	Grup D İnsan kanserojeni olarak sınıflanamayan (not classifiable as to human carcinogenicity): maddenin insan kanserojeni olduğu ya da olmadığına ilişkin yeterli veri bulunmayan
	Grup E İnsanlar için kanserojen olmayan (evidence of non-carcinogenicity for humans): hem insanlarla hem de hayvanlarla ilgili verilerde kanserojen olmadığı belirlenmiş.

- kirleticinin türüne [Anderson ve Patrick, 1999],
- kişinin duyarlılığına [CEC, 1992],
- aynı anda kişiyi etkileyen başka kirleticilerin varlığına [Dominici, vd. 2010]

bağlıdır. Özellikle kansere neden olan [Anderson ve Patrick, 1999] hava kirleticileri için sağlık sorunu riski sıfır olan bir eşğin bulunmadığı, yalnızca kirleticinin var olmaması durumunda riskin ortadan kalktığı belirtilmektedir [Kephapoulos, Koistinen ve Kotzias, 2006]. Birçok bilimsel kuruluş ve araştırmacı doz – tepki deneylerine ya da istatistiksel çözümlere dayalı olarak, belirli süreler içinde aşılması gereken sınır yoğunlukları oluşturmaktadır. Buna karşın, izlenen farklı yöntemler, aynı kirletici için farklı sınırların önerilmesine [Salthammer, 2011] neden olmaktadır. Ayrıca aynı anda farklı kirleticilerden etkilenim durumunda ortaya çıkabilen etki değişimi çoğunlukla göz ardı edilmektedir. Bir iç hava kirleticisinin insanda sağlık / konfor sorunları oluşturması için gerekli yoğunluk düzeyi, kişinin, aynı anda, aynı ya da benzer bir soruna neden olan başka bir ya da birden çok kirletici türünden etkilenmesiyle değişebilir [EC SCHER, 2007]. Bu durumun temel nedeni, kişinin birden çok kirleticiden aynı anda etkilenmesiyle ortaya çıkan etki değişiminin sonucunun, bu kirleticilerden ayrı ayrı etkilenmesiyle oluşan etkilerden farklı olabilmesidir [Meek, vd., 2011]. Söz konusu durumlar nedeniyle, sınırların çeşitli kirletici karışımlarını da içerecek şekilde yeniden düzenlenmesi gerektiği belirtilmektedir [Dominici, vd. 2010].

ların önerilmesine [Salthammer, 2011] neden olmaktadır. Ayrıca aynı anda farklı kirleticilerden etkilenim durumunda ortaya çıkabilen etki değişimi çoğunlukla göz ardı edilmektedir. Bir iç hava kirleticisinin insanda sağlık / konfor sorunları oluşturması için gerekli yoğunluk düzeyi, kişinin, aynı anda, aynı ya da benzer bir soruna neden olan başka bir ya da birden çok kirletici türünden etkilenmesiyle değişebilir [EC SCHER, 2007]. Bu durumun temel nedeni, kişinin birden çok kirleticiden aynı anda etkilenmesiyle ortaya çıkan etki değişiminin sonucunun, bu kirleticilerden ayrı ayrı etkilenmesiyle oluşan etkilerden farklı olabilmesidir [Meek, vd., 2011]. Söz konusu durumlar nedeniyle, sınırların çeşitli kirletici karışımlarını da içerecek şekilde yeniden düzenlenmesi gerektiği belirtilmektedir [Dominici, vd. 2010].

Tablo 4. Kansere neden olan uçucu organik bileşikler [Darçın, 2014'ten uyarılama]

Uçucu organik bileşikler	Neden olduğu kanser türü	EPA	IARC [2014]
Aromatik hidrokarbonlar			
Benzen	insanlarda kan kanseri [ATSDR, 2007a]	Grup A [EPA, 2009a]	Grup 1
Etil benzen	İnsanda kansere neden olduğuna ilişkin yeterli bilgi bulunmamaktadır [ATSDR, 1999].	Grup D [EPA, 1999a]	Grup 2B
Stiren	Lösemi ve lenf kanseri ile stirenden etkilenim arasında bir ilişkinin olabileceği belirtilmektedir [ATSDR, 1992a].	Sınıflandırılmamış [EPA, 2014a]	Grup 2B
Naftalin	Boğaz kanseri, pilor ve kör bağırsak tümörleri ile ilişkilendirilmektedir [EPA, 1986b].	Grup C [EPA, 1999b]	Grup 2B
Aromatik hidrokarbonlar			
Benzo[a]piren	İnsanda kansere neden olduğuna ilişkin yeterli bilgi bulunmamaktadır [ATSDR, 1995a].	Grup 2B [EPA, 2007]	Grup 1
DDT	Bazı hayvanlarda karaciğer kanserine neden olmaktadır [EPA, 2014b]	Grup B2 [EPA, 2014c]	Grup 2B
Benz[a]antrasen	Bazı hayvanlarda kansere neden olmaktadır [EPA, 2014d]	Grup B2 [EPA, 2014d]	Grup 2B
Halojenli hidrokarbonlar			
Kloroform	Hayvanlarda ağızdan alındığı durumda böbrek ve karaciğer kanserinde artış görülmüştür [ATSDR, 1997a].	Grup B2 [EPA, 1999c]	Grup 2B
Diklorometan	hayvanlarda karaciğer ve akciğer kanseri [ATSDR, 1998a]	Grup B2 [EPA, 1999d]	Grup 2B
Trikloroetilen	böbrek, karaciğer, rahim ve lenf kanseri ile ilişkilendirilmekte [EPA, 2001]	Sınıflandırılmamış [EPA, 2014e]	Grup 1
Tetrakloroetilen	Mesane ve kemik iliği kanseri ile ilişkilendirilmektedir [EPA, 2012]	İnsanlar için kanserojen olması olası [EPA, 2014f]	Grup 2A
<i>p</i> -diklorobenzen	Kirleticinin insandaki kanserojen etkileri ile ilgili bir bilgi bulunmamaktadır [ATSDR, 1998b]	Grup C [EPA, 1997]	Grup 2B
Aminler			
2-naftilamin	Mesane kanseri [NTP, 2011]	–	Grup 1
4-aminobifenil	Mesane kanseri [EPA, 2014g]	–	Grup 1
Aldehitler			
Formaldehit	İnsanlarda akciğer ve yutak kanseri [EPA, 1998]	Grup B1 [EPA, 1999e]	Grup 1
Asetaldehit	İnsanda kansere neden olduğuna ilişkin yeterli bulgu bulunmamasına karşın, hayvanlarda kanserojendir [EPA, 1994a]	İnsanlar için kanserojen olması olası [EPA, 1994]	Grup 2B
Diğer			
1,3-butadien	Kan kanseri [Macaluso, vd., 1996]	İnsan kanserojeni [EPA, 2009b]	Grup 1

Oluşan Sağlık Sorunları

Uçucu organik bileşikler, belirtilen etkilenim koşullarına göre insanlarda farklı nitelikte birçok sağlık sorunu oluşturabilir. Bilimsel araştırmalarda, bu sorunlar farklı sınıflamalarla ele alınmaktadır. Ancak, sağlık sorunlarının, risk değerlendirme çalışmalarında ya da zorunluluklarda, kanserler ve kanser dışı hastalıklar olarak sınıflandırıldığı görülmüştür. Belirtilen durumun temel nedeni kanserlerin oluşmasında kirletici yoğunluğuna ilişkin bir alt sınır bulunmaması düşüncesidir [CEC, 1992; Anderson ve Patrick, 1999]. Bu çalışmada ise, uçucu organik bileşiklerin neden olduğu sağlık sorunları kanserler, kanser dışındaki hastalıklar ve diğer rahatsızlıklara göre farklı nitelikte olması nedeniyle sağlıklı bina sendromu başlıkları altında incelenmiştir.

Uçucu Organik Bileşikler Nedeniyle Oluşan Kanserler

IARC'ın [2014] ve EPA'nın [1986a], kansere neden olduğu bilinen ya da düşünülen iç hava kirleticileri için oluşturduğu kanserojen madde sınıflamaları Tablo 3'te, bu sınıflamalara göre kanserle ilişkili olduğu düşünülen uçucu organik bileşikler ise Tablo 4'te gösterilmektedir.

Uçucu Organik Bileşikler Nedeniyle Oluşan Kanser Dışındaki Hastalıklar

Birçok uçucu organik bileşik, kullanıcılarda kanser dışında bazı sağlık sorunlarına da neden olabilmektedir. EPA [1994b], bu sağlık sorunlarını, yapıdan kaynaklanan hastalıklar (Building Related Illness: BRI) grubu içinde, belirttilerine bakılarak tanımlanabilen ve belirli hava kirleticileri ile doğrudan ilişkilendirilebilen rahatsızlıklar olarak tanımlamıştır. Söz konusu sağlık sorunları Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. Kanser dışındaki hastalıklara neden olan uçucu organik bileşikler [Darçın, 2014'ten uyarılama]

Uçucu organik bileşikler	Neden olduğu hastalıklar
Alifatik hidrokarbonlar	
Metan	Baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik, mide bulantısı, kusma, eşgüdüm (koordinasyon) yitimi, asfeksi [National Library of Medicine, 2014]
Etan	Baş ağrısı, mide bulantısı, kusma, baş dönmesi, asfeksi [NJDHSS, 2003]
Propan	Kalp krizi, bilinç yitimi, nöbet geçirme, asfeksi [National Library of Medicine, 2014]
Bütan	Merkezi sinir sistemi depresyonu ² , uyuşma, görsel sanırlar, sinirlilik, sosyal soyutlanma, asfeksi [CDC, 2014a]
Pentan	Solunum yolunda yangı, baş dönmesi, baş ağrısı, göğüste yanma duygusu, bilinç yitimi, koma [SPRI, 2014]
Heksan	Merkezi sinir sistemi depresyonu, duyu-motor nöropatisi ³ [EPA, 2014h]
Heptan	Gözlerde, burunda ve boğazda yangı, baş dönmesi, iştah kesilmesi, mide bulantısı, bilinç yitimi [CDC, 1978a]
Sikloheksan	Baş ağrısı, uyuşma, titreme ve havale geçirme [EPA, 2014i]
Aromatik h. Hidrokarbonlar	
Benzen	Uyuşukluk, baş dönmesi, baş ağrısı, bilinç yitimi, kemik iliğinin bozulması, aşırı kanama, bağışıklık sisteminde bozulmalar [ATSDR, 2007a]
Etilbenzen	Boğazda ve gözlerde yangı, göğüste sıkışma, baş dönmesi [ATSDR, 1999]
Trimetilbenzen	Baş ağrısı, halsizlik, uyuşukluk, burun ve boğazda yangı [EPA, 2014j]
Aromatik hidrokarbonlar	
Tolüen	Uykusuzluk, baş ağrısı, mide bulantısı, kalpte ritim bozukluğu, uyuşukluk, kaslarda eşgüdüm bozukluğu, titreme; konuşma, görme ve işitme sorunları [ATSDR, 2000]
Ksilenler	Nefes darlığı, burun ve boğazda yangı, mide bulantısı, kusma, mide rahatsızlığı, gözde yangı, kısa süreli bellek yitimi, denge sorunları, baş ağrısı, baş dönmesi, bitkinlik, titreme, eşgüdüm bozukluğu, kaygı, yoğunlaşma zorluğu [ATSDR, 1995b]
Stiren	Mukoza dokusunda ve gözlerde yangı, baş ağrısı, bitkinlik, zayıflık, depresyon, merkezi sinir sistemi işlev bozukluğu, işitme yitimi [ATSDR, 1992a]
Naftalin	Hemolitik anemi ⁴ , karaciğerde hasar, baş ağrısı, mide bulantısı, kusma, ishal, kafa karışıklığı, kansızlık, sarılık, havale geçirme, koma, katarakt, göz içi kanaması [EPA, 1986b]
Benzo[a]piren	Kansızlık, DNA bozuklukları, sperm bozuklukları [EPA, 2014k]
Dieldrin	Baş ağrısı, baş dönmesi, kas seğirmesi, karıncalanma, mide bulantısı [Liccione, 1999]
Halojenli hidrokarbonlar	
Kloroform	Uyuşukluk, baş dönmesi, baş ağrısı, yorgunluk, solunum sıklığında değişiklik, kalp sorunları, mide bulantısı, kusma, karaciğerde ve böbreklerde sorunlar, hepatit ve sarılık, merkezi sinir sistemi sorunları [ATSDR, 1997]

²Temel belirtileri baş dönmesi, mide bulantısı ve baş ağrısı olan bir hastalıktır.

³Temel belirtileri kol ve bacaklarda uyuşma, kaslarda zayıflık, bulanık görme, baş ağrısı ve bitkinlik olan bir hastalıktır.

⁴Kırmızı kan hücrelerinin ömrünü doldurmadan önce yıkımı ve kandan uzaklaşması.

Tablo 5. Kansere dışındaki hastalıklara neden olan uçucu organik bileşikler [Darçın, 2014'ten uyarılma] (devamı)

Uçucu organik bileşikler	Neden olduğu hastalıklar
Halojenli hidrokarbonlar	
Diklorometan	Görme, işitme ve hareket yetilerinde azalma, burun ve boğazda yangı, baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı, bellek yitimi [ATSDR, 1998a]
Trikloroetilen	Uykusuzluk, bitkinlik, baş ağrısı, kafa karışıklığı, bulanık görme, yüzde hissizlik, zayıflık [ATSDR, 1997b]
Tetrakloroetilen	Üst solunum yollarında ve gözlerde yangı, böbrekte işlev sorunları, eşgüdüm bozukluğu, baş dönmesi, baş ağrısı, uykusuzluk, bilinç yitimi, görme yetisinde azalma, karaciğerde ve böbreklerde hasar [ATSDR, 1997c]
<i>p</i> -diklorobenzen	Gözlerde, deride ve boğazda yangı, karaciğerde ve merkezi sinir sisteminde bozukluklar [ATSDR, 1998b]
1,1,1-trikloroetan	Tansiyon düşüklüğü, denge sorunları, kaslarda eşgüdüm bozukluğu, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, ishal, bilinç yitimi [ATSDR, 1995c]
Alkoller	
<i>n</i> -bütil alkol	Göz, deri ve üst solunum yollarında yangı, baş ağrısı, kaslarda eşgüdüm bozukluğu, bitkinlik, gözlerde ışığa karşı duyarlılık, bulanık görme, deride kaşıntı, vertigo [CDC, 2014b]
Fenol	Deride, gözlerde ve mukoza dokusunda yangı, solunum düzensizliği, kas yorgunluğu ve titreme, eşgüdüm yitimi, havale geçirme, koma, iştahsızlık, kilo yitimi, ishal, vertigo, koyu renk idrar [ATSDR, 1998c]
Metil alkol	Görme bozuklukları, baş ağrısı, baş dönmesi, uykusuzluk, mide bulantısı, gözde yangı, körlük [CalEPA, 1999]
İsopropanol	Burun ve boğazda yangı, öksürük, hırıltılı solunum, baş ağrısı, baş dönmesi, kafa karışıklığı, eşgüdüm yitimi, bilinç yitimi, karaciğerin ve böbreklerin olumsuz etkilenmesi [NJDH, 2011]
Aldehitler	
Formaldehit	Göz, burun ve boğazda yangı, öksürük, hırıltılı solunum, göğüs ağrısı, bronşit [EPA, 1988]
Propenal	Gözde düşük düzeyde yangı, sinirlilik, burunda ve boğazda yangı, solunum yollarında tıkanıklık [ATSDR, 2007b]
Asetaldehit	Gözlerde, deride ve solunum yollarında yangı, deride kızarıklık, öksürük, akciğerde ödem, kangren [EPA, 1987]
Furfural	Deride, gözlerde, solunum yolunda yangı, bilinç yitimi, deride duyarlılık, tat alma duyusunun yitimi, dilde hissizlik [CDC, 1978b]
Ketonlar	
Aseton	Gözlerde, burunda, boğazda ve akciğerlerde yangı, baş ağrısı, baş dönmesi, kafa karışıklığı, mide bulantısı, kan kusma, bilinç yitimi [ATSDR, 1994]
Metil etil keton	Gözlerde, burunda ve boğazda yangı, baş ağrısı, mide bulantısı [EPA, 1990]
Terpenler	
İsopren	Burun ve boğazda yangı, öksürük, hırıltılı solunum, baş ağrısı, baş dönmesi, bayılma, bronşit [NJDH, 2008]
Esterler	
Etil asetat	Gözlerde, burunda ve boğazda yangı, zayıflık, bitkinlik, bilinç yitimi [CDC, 2014c]
Diğer bileşikler	
Karbon disülfid	Solunumda değişiklik, göğüs ağrısı, mide bulantısı, kusma, baş dönmesi, bitkinlik, baş ağrısı, uyuşukluk, bulanık görme, bilinç yitimi, havale geçirme [ATSDR, 1996]
1,3-butadien	Gözlerde, burunda, boğazda ve akciğerlerde yangı, bulanık görme, bitkinlik, baş ağrısı, vertigo [ATSDR, 1992b]

Uçucu Organik Bileşikler Nedeniyle Oluşan SBS

Bir yapının kullanıcılarında gözlenen bazı rahatsızlık belirtilerinin, bu kişilerin yapıda bulunmasıyla zamansal olarak ilişkilendirilebilmesi durumunda, söz konusu belirtiler sağlıksız bina sendromu (Sick Building Syndrome: SBS) [EPA, 1994b] kapsamında ele alınmaktadır. Yapıdan kaynaklanan hastalıklar (BRI) içinde, diğer sağlık sorunlarına göre daha çok sayıda insanı etkilediği belirtilen SBS'nin tanılanmasındaki en önemli özellik, SBS kapsamındaki belirtilerin oluşma sıklığı ve zamanıdır [Kephelopoulos, Koistinen ve Kotzias, 2006]. Söz konusu belirtiler, kullanıcı yapıya

girdikten kısa bir süre sonra başlamakta [Spellman, 2009], yapı dışına çıktıktan kısa bir süre sonra son bulmaktadır [EPA, 1994b]. Bu belirtiler bilimsel araştırmalarda Tablo 6'da gösterildiği gibi farklı gruplar içinde ele alınmıştır.

Sağlıksız bina sendromunun nedenleri kesin olarak belirlenememekle birlikte, kabul gören varsayımlardan birisi, belirli hava kirleticilerinin – özellikle uçucu organik bileşiklerin [Bernstein, vd., 2008] – iç havada düşük yoğunluk düzeyinde bir karışım durumunda bulunarak, SBS kapsamındaki rahatsızlık belirtilerini ortaya çıkarmasıdır [EPA, 1994b].

Tablo 6. Uçucu organik bileşiklerle ilişkilendirilen SBS belirtileri [Darçın, 2014'ten uyarlama]

Sınıflamayı yapan	Sağlık sorunlarına ilişkin belirtiler	Biyolojik sorunlar	Psikolojik sorunlar
EPA [1991]	Uyuşukluk ya da bitkinlik, Baş ağrısı, baş dönmesi, mide bulantısı, Mukoza dokusunda yangı, Kokulara karşı duyarlılık, Gözde yangı, burun akıntısı ya da tıkanıklığı, yoğunlaşma güçlüğü		
Kephalopoulos, Koistinen ve Kotzias [2006]	Burunla ilgili belirtiler: çoğunlukla burun tıkanıklığı, burun akıntısı ve burunda yangı, Gözle ilgili belirtiler: gözlerde kuruluk ve yangı, Boğazla ilgili belirtiler: boğazda kuruluk, Deriyle ilgili belirtiler: deride kuruluk, yangı ve kızarıklık, Genel belirtiler: yorgunluk, bitkinlik, kırıklık, baş ağrısı		
Maroni [1998]	Burunla ilgili belirtiler: burunda tıkanıklık, kaşıntı ve akıntı, Gözle ilgili belirtiler: gözde kaşıntı, yanma ve yaşarma, Solunumla ilgili belirtiler: öksürme, hırıltılı solunum ve nefes darlığı, Deriyle ilgili belirtiler: deride kızarıklık, kurdeşen benzeri kabarıklıklar ve kaşıntı, Sinir sistemiyle ilgili belirtiler: baş ağrısı ve uykulu olma		
WHO [1983], National Safety Council [2009] ve CEC [1989]	Göz, burun ve boğazda yanma, kaşınma ve yangı, Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı, kusma, fiziksel ve zihinsel yorgunluk, belleğin yitilmesi, dikkat dağınılığı gibi sinir sistemi ya da genel sağlık sorunları, Deride yanma, kızarıklık, kaşıntı ve kuruluk, Astım benzeri belirtiler, göz ve burun akıntısı gibi duyarlılık tepkileri, Tat ve koku duyusunda değişiklikler		
Vural ve Balanlı [2011]	Yorgunluk, uyku bozuklukları, göz yanması, göz yaşarması, hapsirme, baş ağrısı, mide bulantısı kusma, ishal, alerjinin tetiklenmesi, öksürme		Koordinasyon eksikliği, kötü koku sendromu (kakosmi)

Sonuç ve Öneriler

Uçucu organik bileşik içeren yapı ürünleri ve bu ürünlerden kaynaklanan çok sayıda farklı kimyasal bileşiğin yol açtığı sağlık sorunları yapı biyolojisi irdeleme modeli ile ele alındığında,

- içerdiği kimyasala göre boyalardan halılara dek birçok ürünün farklı uçucu organik bileşikleri iç havaya salıdığı,
- bu kirleticilerin iç havadaki yoğunluğunun dış çevreye göre çoğunlukla yüksek olduğu,
- yapı ürününün özelliklerinin, ortamdaki havanın sıcaklığının ve nemliliğinin salınan kirletici düzeyini etkilediği,
- olumsuz etkilerin ortaya çıkmasında
- o uçucu organik bileşik türünün ve yoğunluğunun yanı sıra
- o etkilenim süresinin,
- o etkilenimin gerçekleşme sıklığının,
- o etkilenen kişinin duyarlılığının ve

o aynı anda kişiyi etkileyen farklı kirleticilerin var olması durumunda ortaya çıkan etki değişiminin

etkisinin önemi,

- etkilenilme çeşitli kanserlerin, kanser dışındaki bazı hastalıkların ve SBS'nin görülebileceği

belirlenmiştir.

İç çevredeki uçucu organik bileşik yoğunluğunu azaltmak ve bu kirleticilerin olumsuz etkilerini önlemek için

- içeriğinde uçucu organik bileşik olduğu ve bu kirleticileri yapı içi havasına saldığı bilinen ürünleri kullanmamak,
- var olan yapı ürünlerinden salınan kirletici düzeyini denetlemek için yapıda uygun sıcaklık ve nem değerlerini sağlamak,
- kirletici yoğunluklarının artmaması için havalandırmanın niteliğini iyileştirmek

gibi önlemler alınabilir. Ayrıca, ilgili uzmanlar tarafından, farklı duyarlılık düzeyindeki insanlara yönelik, aynı anda etkimesi olası diğer kirletici türleriyle ortaya çıkan etki deği-

şimi göz önüne alınarak yeterli doz – tepki araştırmalarının yapılması ve uygun sınırların belirlenmesi, uçucu organik bileşiklerin neden olduğu iç hava kirliliğinin doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlayabilir.

Kaynaklar

- Anderson, E. L. ve Patrick, D. R. (1999) "Introduction to Risk Assessment", Ed: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., Risk Assessment and Indoor Air Quality, Chapter 1, Boca Raton, CRC Press Lewis Publishers.
- ATSDR (1992a) Toxicological Profile for Styrene, Atlanta, US Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1992b) Toxicological Profile for 1,3-Butadiene, Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR, (1994). Public Health Statement Acetone, Atlanta, Department of Health and Human Services, Public Health Service.
- ATSDR (1995a) Toxicological Profile for Polyaromatic Hydrocarbons (PAHs), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1995b) Toxicological Profile for Xylenes (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1995c) Toxicological Profile for 1,1,1-Trichloroethane (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1996) Toxicological Profile for Carbon disulfide (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1997a) Toxicological Profile for Chloroform, Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1997b) Toxicological Profile for Trichloroethylene (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1997c) Toxicological Profile for Tetrachloroethylene (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1998a) Toxicological Profile for Methylene Chloride (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1998b) Toxicological Profile for 1,4-Dichlorobenzene (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1998c) Toxicological Profile for Phenol (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (1999) Toxicological Profile for Ethylbenzene (Update), Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (2000) Toxicological Profile for Toluene, Atlanta, US Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (2007a) Toxicological Profile for Benzene, Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- ATSDR (2007b) Toxicological Profile for Acrolein, Atlanta, Public Health Service, US Department of Health and Human Services.
- Balanlı, A. (2011) "Building Biology and Examination Models for Buildings", Ed: Abdul-Wahab, S. A., Sick Building Syndrome in Public Buildings and Workplaces, Chapter 7, Berlin, Springer, s. 113 – 134.
- Balanlı, A.; Öztürk, A. (2004) "A Conceptual Model to Examine Buildings in terms of Building Biology", Architectural Science Review, Sayı 47(2), s. 97 – 102.
- Balanlı, A. ve Öztürk, A. (2006) Yapı Biyolojisi Yaklaşımlar, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: YTÜ.MF.YK-06.0759, Fakülte Yayın No: MF.MİM-06.002.
- Balanlı, A., Vural, S. M. ve Tuna Taygun, G. (2006) "Yapı Ürünlerindeki Formaldehitin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi", 3. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi, 15-17 Kasım 2006, İstanbul, s. 430-438.
- Bernstein, J. A., Alexis, N., Bacchus, H., vd. (2008) "The Health Effects of Nonindustrial Indoor Air Pollution", Journal of Allergy and Clinical Immunology, Sayı 121(3), s. 585-591.
- CalEPA (1999) Air Toxics Hot Spots Program Risk Assessment Guidelines: Part III. Technical Support Document for the Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels, Berkeley, Office of Environmental Health Hazard Assessment.
- CEC (1989) Sick Building Syndrome A Practical Guide, European Concerted Action, Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Environment and Quality of Life, Cost Project 613, Report No: 4, Luxembourg.
- CEC (1992) Guidelines for Ventilation Requirements in Buildings, European Collaborative Action Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No: 11 EUR14449EN, Luxembourg.
- CEC (1997) Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations, European Collaborative Action Indoor Air Quality & Its Impact on Man, Report No: 19, EUR 17675 EN, Luxembourg.
- Clausen, P. A., Xu, Y., Kofoed-Sørensen, V., vd. (2007) "The Influence of Humidity on the Emission of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) from Vinyl Flooring in the Emission Cell "FLEC", Atmospheric Environment, Sayı 41(15), s. 3217-3224.
- Darçın, P. (2014) "Yapı İçi Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım", Basılmamış Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi.
- Dominici, F., Peng, R. D., Barr, C. D. ve Bell, M. L. (2010) "Protecting Human Health from Air Pollution: Shifting from a Single-Pollutant to a Multi-Pollutant Approach", Epidemiology, Sayı 21(2), s. 187-194.
- EC SCHER (2007) Opinion on Risk Assessment on Indoor Air Quality, Brussel, European Commissions Health and Consumer Protection Directorate General.
- EPA (1986a) Guidelines for Carcinogen Risk Assessment, EPA/630/R-00/004, Washington DC, Risk Assessment Forum.
- EPA, (1986b). Health and Environmental Effects Profile for Naphthalene, EPA/600/x-86/241, Cincinnati, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment Office of Research and Development.
- EPA (1987) Health Assessment Document for Acetaldehyde, EPA/600/8-86-015A, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development, Research Triangle Park.

- EPA (1988) Health and Environmental Effects Profile for Formaldehyde, EPA/600/x-85/362, Cincinnati, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (1990) Updated Health Effects Assessment for Methyl Ethyl Ketone, EPA/600/8-89/093, Cincinnati, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (1992) Guidelines for Exposure Assessment, EPA/600/Z-92/001, Washington DC, Risk Assessment Forum.
- EPA (1994a) Chemical Summary for Acetaldehyde, EPA 749-F-94-003a, Washington DC, Office of Pollution Prevention and Toxics, US EPA.
- EPA (1994b) Indoor Air Pollution An Introduction for Health Professionals, EPA 402-R-94-007, American Lung Association, Environmental Protection Agency, Consumer Product Safety Commission, American Medical Association.
- EPA (1997) Health Effects Assessment Summary Tables, FY1997 Update, EPA/540/R-97-036, Cincinnati, Solid Waste and Emergency Response, Office of Emergency and Remedial Response.
- EPA (1988) Health and Environmental Effects Profile for Formaldehyde, EPA/600/x-85/362, Cincinnati, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (1999a) Integrated Risk Information System (IRIS) on Ethylbenzene, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (1999b) Integrated Risk Information System (IRIS) on Naphthalene, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (1999c) Integrated Risk Information System (IRIS) on Chloroform, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (1999d) Integrated Risk Information System (IRIS) on Methylene Chloride, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA, (1999e). Integrated Risk Information System (IRIS) on Formaldehyde, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (2001) Trichloroethylene Health Risk Assessment: Synthesis and Characterization, EPA/600/P-01/002A, Washington DC, Office of Research and Development,.
- EPA (2009a) Integrated Risk Information System (IRIS) on Benzene, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (2009b) Integrated Risk Information System (IRIS) on 1,3-Butadiene, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- EPA (2012) Integrated Risk Information System (IRIS) on Tetrachloroethylene, Washington DC, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development.
- Godwin, C. ve Batterman, S. (2007) "Indoor Air Quality in Michigan Schools", *Indoor Air*, Sayı 17, s. 109-121.
- Gustafsson, H. (1992) Building Materials Identified as Major Sources for Indoor Air Pollutants – A Critical Review of Case Studies, Document D10: 1992, Stockholm, Swedish Council for Building Research.
- Jensen, B., Wolkoff, P. ve Wilkins, C. K. (1995) "Characterization of Linoleum. Part 2: Preliminary Odor Evaluation", *Indoor Air*, Sayı 5, s. 44-49.
- Kephalopoulos, S., Koistinen, K. ve Kotzias, D. (2006) Strategies to Determine and Control the Contributions of Indoor Air Pollution to Total Inhalation Exposure (STRATEX) European Collaborative Action, Urban Air Indoor Environment and Human Exposure, Environment and Quality of Life Report No: 25 – EUR 22503 EN, Luxembourg, European Commission Directorate Joint Research Center.
- Liccione, J. J. (1999) "Hazard Identification of Indoor Air Pollutants", Ed: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., *Risk Assessment and Indoor Air Quality*, Chapter 3, Boca Raton, CRC Press Lewis Publishers.
- Macaluso, M., Larson, R., Delzell, E., vd. (1996) "Leukemia and Cumulative Exposure to Butadien, Styrene and Benzene among Workers in the Synthetic Rubber Industry", *Toxicology*, Sayı 113, s. 190-202.
- Maroni, M. (1998) "Health Effects of Indoor Air Pollutants and Their Mitigation and Control", *Radiation Protection Dosimetry*, Sayı 78(1), s. 27 – 32.
- Meek, M. E., Boobis, A. R., Crofton, K. M., vd. (2011) "Risk Assessment of Combined Exposure to Multiple Chemicals: A WHO / IPCS Framework", *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, Sayı 60, s. S1-S14.
- NTP (2011) Report on Carcinogens, 12th Edition, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Research Triangle Park.
- Patrick, D. (1999) "Exposure Characterization", Ed: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., *Risk Assessment and Indoor Air Quality*, Chapter 4, Boca Raton, CRC Press Lewis Publishers.
- Salthammer, T. (1996) "VOC Emissions from Cabinet Furnitures. Comparison of Concentrations in the Test Chamber and the Cabinet", 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, 21 – 26 July 1996, Nagoya, s. 567-572.
- Salthammer, T. (2011) "Critical Evaluation of Approaches in Setting Indoor Air Quality Guidelines and Reference Values", *Chemosphere*, Sayı 82, s. 1507-1517.
- Salthammer, T. ve Bahadir, M. (2009) "Occurrence, Dynamics and Reactions of Organic Pollutants in the Indoor Environment", *Clean – Soil, Air, Water*, Sayı 37(6), s. 417-435.
- Salthammer, T. ve Fuhrmann, F. (1996) "Emission of Monoterpenes from Wooden Furniture", *Proceedings of 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, 21 – 26 July 1996, Nagoya, s. 607-612.
- Spellman, F. R. (2009) "Indoor Air Quality", *The Science of Air Concepts and Applications*, Second Edition, Chapter 17, Boca Raton, CRC Press Taylor & Francis Group, s. 245-280.
- Tucker, W. G. (2001) "Volatile Organic Compounds", Ed: Spengler, J. D., Samet, J. M. ve McCarthy, J. F., *Indoor Air Quality Handbook*, Chapter 31, New York, McGraw-Hill, s. 711-730.
- Viegi, G., Simoni, M., Scognamiglio, A., vd. (2004) "Indoor Air Pollution and Airway Disease", *The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, Sayı 8 (12), s. 1401-1415.
- Vural, S. M., ve Balanlı, A. (2011) "Sick Building Syndrome from an Architectural Perspective", Ed: Abdul-Wahab, S. A., *Sick Building Syndrome in Public Buildings and Workplaces*, Chapter 20, Berlin, Springer, s. 371-391.
- Wallace, L. A. (1999) "Measurement of Indoor Air Contaminants", Ed: Anderson, E. L. ve Albert, R. E., *Risk Assessment*

- and Indoor Air Quality, Chapter 8, Boca Raton, CRC Press LLC Lewis Publishers.
- Wallace, L. A. ve Gordon, S. M. (2007) "Exposure to Volatile Organic Compounds", Ed: Ott, W. R., Steinemann, A. C. ve Wallace, L. A., Exposure Analysis, Chapter 7, Boca Raton, CRC Press Taylor & Francis Group, s. 147-179.
- Wensing, M., Uhde, E. ve Salthammer, T. (2005) "Plastic Additives in the Indoor Environment – Flame Retardants and Plasticizers", Science of the Total Environment, Sayı 339, s. 19 – 40.
- WHO (1983) Indoor Air Pollutants: Exposure and Health Effects, Report on a WHO Meeting in Nördlingen, 8-11 June 1982, EURO Reports and Studies 78, Copenhagen, Regional Office for Europe.
- WHO (1986) Indoor Air Quality Research, Report on a WHO Meeting 27-31 August 1984, Stockholm, EURO Reports and Studies 103, Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.
- Zabiegala, B. (2006) "Organic Compounds in Indoor Environments", Polish Journal of Environmental Studies, Sayı 15 (3), s. 383-393.
- İnternet Kaynakları**
- CDC (1978a) Occupational Health Guideline for Heptane, US Department of Health and Human Services, US Department of Labour, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0312.pdf>, 25 Nisan 2014.
- CDC (1978b) Occupational Health Guideline for Furfural, US Department of Health and Human Services, US Department of Labor, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0297.pdf>, 26 Nisan 2014.
- CDC, Occupational Safety and Health Guideline for n-Butane, US Department of Health and Human Services, US Department of Labor, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0068.pdf>, 25 Nisan 2014a.
- CDC, Occupational Safety and Health Guideline for n-Butyl Alcohol, US Department of Health and Human Services, US Department of Labor, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0076-rev.pdf>, 26 Nisan 2014b.
- CDC, Occupational Health Guideline for Ethyl Acetate, US Department of Health and Human Services, US Department of Labour, <http://www.cdc.gov/niosh/docs/81-123/pdfs/0260.pdf>, 26 Nisan 2014c.
- EPA (1991) Sick Building Syndrome, Indoor Air Facts No. 4 (revised), http://www.epa.gov/iaq/pdfs/sick_building_factsheet.pdf, 28 Nisan 2014.
- EPA (2007) Benzo(a)pyrene (BaP) TEACH Chemical Summary, http://www.epa.gov/teach/chem_summ/BaP_summary.pdf, 18 Nisan 2014.
- EPA Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Styrene, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/styrene.html>, 18 Nisan 2014a.
- EPA Pesticides: Topical & Chemical Fact Sheets, DDT – A Brief History and Status, <http://www.epa.gov/pesticides/factsheets/chemicals/ddt-brief-history-status.htm>, 18 Nisan 2014b.
- EPA p,p'-Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) (CASRN 50-29-3), Integrated Risk Information System (IRIS), <http://www.epa.gov/iris/subst/0147.htm>, 18 Nisan 2014c.
- EPA Benz[a]anthracene (CASRN 56-55-3), Integrated Risk Information System (IRIS), <http://www.epa.gov/iris/subst/0454.htm>, 18 Nisan 2014d.
- EPA Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Trichloroethylene, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/tri-ethy.html>, 17 Nisan 2014e.
- EPA Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Tetrachloroethylene (Perchloroethylene), <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/tet-ethy.html>, 17 Nisan 2014f.
- EPA Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – 4-Aminobiphenyl, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/aminobip.html>, 18 Nisan 2014g.
- EPA, Technology Transfer Network Air Toxics Web Site – Hexane, <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/hexane.html>, 18 Nisan 2014h.
- EPA, Chemicals in the Environment: Cyclohexane, OPPT Chemical Fact Sheet, EPA 749-F-94-011, Office of Pollution Prevention and Toxics, US EPA, http://www.epa.gov/chemfact/f_cycloh.txt, 25 Nisan 2014i.
- EPA, Chemicals in the Environment: 1,2,4-Trimethylbenzene, OPPT Chemical Fact Sheet, EPA 749-F-94-022, Office of Pollution Prevention and Toxics, US EPA, http://www.epa.gov/chemfact/f_trimet.txt, 25 Nisan 2014j.
- EPA, Benzo(a)pyrene (BaP) TEACH Chemical Summary, http://www.epa.gov/teach/chem_summ/BaP_summary.pdf, 18 Nisan 2014k.
- IARC Classifications, Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-109, <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/>, 16 Nisan 2014.
- National Library of Medicine, Environmental health concerns and toxic chemicals where you live, work and play, Chemicals, http://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php#, 25 Nisan 2014.
- National Safety Council (2009) Sick Building Syndrome, Health and Safety Fact Sheets, http://www.nsc.org/news_resources/Resources/Documents/Sick_Building_Syndrome.pdf, 28 Nisan 2014.
- NJDH (New Jersey Department of Health) (2008) Right to Know Hazardous Substance Fact Sheet Isoprene, <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1069.pdf>, Trenton, 26 Nisan 2014.
- NJDH (New Jersey Department of Health) (2011) Right to Know Hazardous Substance Fact Sheet Isopropyl Alcohol, <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1076.pdf>, Trenton, 26 Nisan 2014.
- NJDHSS (New Jersey Department of Health and Senior Services) (2003) Hazardous Substance Fact Sheet, Ethane, <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0834.pdf>, Trenton, 25 Nisan 2014.
- SPRI (2014) Pentane, Scottish Environment Agency, <http://apps.sepa.org.uk/spripa/Pages/SubstanceInformation.aspx?pid=79>, 25 Nisan 2014.