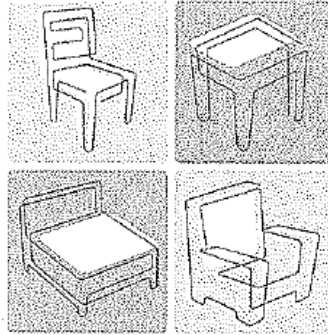
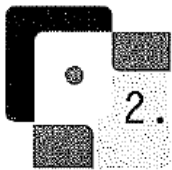


2. Ulusal Mobilya Kongresi Bildiri Kitabı



11-13
Nisan
2013



Pamukkale Üniversitesi
Denizli Teknik Bilimler
Meslek Yüksekokulu
Malzeme ve Malzeme İşleme
Teknolojileri Bölümü
Mobilya ve Dekorasyon Programı

MOBİLYA SEKTÖRÜNDE UÇUCU ORGANİK BİLEŞİK KONSANTRASYONU VE KONTROLÜ

Hülya KALAYCIOĞLU¹, Hüsnü YEL², Uğur ARAS¹ ve İlknur KUMAŞ¹

¹ KTÜ, Orman Fakültesi, OEM Bölümü, TRABZON,

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, OEM Böl., ARTVİN,

khulya@ktu.edu.tr, uaras@ktu.edu.tr, yel33@artvin.edu.tr

Özet

Sağlık araştırmaları; insanoğlunun zamanının %90 kadarının bina içerisinde, özellikle çocukların günde en az 6-8 saat sınıflarda geçtiğini vurgulayarak iç hava kalitesinin önemine dikkat çekmektedir. İç hava kirliliği uyku halinden kansere kadar pek çok hastalığın sebebi olabilir. Kirliliğe sebep olan Uçucu Organik Bileşikler (VOC) yüksek konsantrasyonlarda, merkezi sinir sistemi üzerinde narkotik bir etki yapar. VOC türü ve konsantrasyonu yanında maruz kalma süresi de önemli faktörlerden biridir. Maruziyet arttıkça gözler ve soluk borusunda tahriş meydana gelebilir. Özellikle alerji günümüzün önemli hastalıklarından birisidir. Çocuk sağlığı çalışmalarına göre; hava kirliliği çocukların akciğerlerine önemli ölçüde zarar vermektedir. Sadece ülkemizdeki astımlı çocuk sayısı 1,5 milyon, yetişkin ise 6 milyon dolayındadır. Mobilyacılık astıma neden olan bazı mesleklerden birisidir. Mobilyadaki VOC emisyonu; özellikle boya, yapıştırıcı, vernik, döşemelik, odun esaslı levhalar gibi hammaddelerden kaynaklanmaktadır. Genel kanunun aksine mobilyadan kaynaklanan uçucu organik bileşik (VOC) emisyonu sadece üretim esnasında değil, kullanım esnasında da meydana geldiğinden kullanıcılar için de bir risk oluşturmakta olup, iç hava kalitesini bozmaktadır. Bunlardan bir kısmı örneğin formaldehit oda sıcaklığında emisyon haline geçer. Ortam sıcaklığının 23°C'den 40°C'ye yükselmesiyle formaldehit maruziyeti faktörünün 5.2 kat arttığı belirtilmektedir.

Bu bildiride; Mobilyalar ve mobilya üretiminde kullanılan hammaddelerin uçucu organik bileşik emisyonuna etkisi, azaltılma yöntemleri ve korunma önlemleri ele alınacaktır.

Anahtar kelimeler: Mobilya, İç hava kalitesi, VOC, Sağlık

Abstract

Health researches call attention to the importance of indoor air quality by emphasizing that people spend %90 of their time in door. Especially children are in classrooms for at least 6-7 hours per day. Indoor air pollution may cause a lot of diseases from dormancy to cancer. Volatile organic compounds (VOC) caused indoor air pollution,

make narcotic effect on central-nervous-system at the high concentrations. Exposing time beside concentration and variety of VOC is one of major factors. The increasing exposure causes irritation at eyes and windpipe. Especially allergy is one of today's major diseases. According to child health researches, air pollution markedly damages children's lung. Only in Turkey, 1.5 and 6 million children and adults have asthmatic respectively. Furniture and decorative materials are one of the some occupations causing asthmatic disease. VOC emissions in furniture are emitted from raw materials such as lacquer, paints, adhesives, upholstery, wood and wood based panels. Contrary to general concept, because VOC emissions emitted from furniture arise not only during manufacturing process but also during in usage, they generate a risk for user, too and blight indoor air quality. Some of VOCs, for example formaldehyde, volatilizes at room temperature. It was reported that formaldehyde exposing factor increases 5.2 times by rising of ambience temperature from 23°C to 40°C.

In this study, effects of raw materials used in furniture and furniture manufacture on volatile organic emissions, VOC reduction methods and protection precaution will be discussed.

Keywords: Furniture, Indoor Air quality, VOCs, Health

1.GİRİŞ

İç hava kalitesinin insan sağlığı (özellikle çocuk, yaşlı ve hastalar) üzerinde çok farklı etkilerinin olduğu ve pek çok faktöre bağlı olarak değişim gösterdiği bilinmektedir. Kaliteyi etkileyen faktörlerin başında bina içerisinde kullanılan mobilyalar, yer ve tavan döşemeleri, kapı ve pencere doğramaları gelmektedir. Mobilyaların türü, kapladıkları hacim yanında mobilya imalatında kullanılan hammaddenin özellikleri iç hava kalitesine etki eden ana faktörlerdendir. Özellikle kışın ısıdan daha fazla yararlanabilmek için mekânlar yeterince havalandırılmadığı için iç hava kalitesi yaz aylarına göre daha kötü hale gelmektedir. Ayrıca, sıcaklığın artmasıyla uçucu organik bileşik (VOC) miktarı ve çeşitliliğinde çok büyük artış meydana gelmektedir. İç hava kalitesinin bozulmasına bağlı olarak; Hasta Bina Sendromu (Sick Building Syndrom-SBS- kapalı ortam havasının solunmasına bağlı olarak herhangi bir enfeksiyonu bulunmayan kişilerin hastalanmaları) veya bulunulan binanın kişiler üzerinde yarattığı olumsuz etkilerin değişik psikolojik tepkimelere yol açması olarak bilinen; Sıkıcı Bina Sendromu (Tight building syndrome-TBS) gibi sağlık problemleri ortaya çıkabilmektedir (Bas, 2004; Schramek, 1999).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO 1989), uçucu organik bileşikleri (VOC), kaynama noktası yaklaşık 50°C-260°C arasında olan organik bileşikler olarak tanımlamaktadır. Bu bileşikler tipik olarak hidrojen ile birlikte oksijen, nitrojen ve diğer elementleri de içerebilmektedir (Jensen vd., 2001). Yapılan çalışmalara göre; iç mekânlarda kullanılan odun esaslı malzemelerden kaynaklanan VOC emisyonları; çocuk ve yeni doğanlarda gelişme bozukluğu ve solunum yolları ile merkezi sinir sistemi üzerinde olumsuz etkilere hatta kansere neden olmaktadır. Bu etkiler; maruz kalınan süre ve kirliliğin dozu ile doğrudan ilişkilidir. Maruziyet arttıkça sağlık sorunları akut ve kronik hale gelebilmektedir.

2. MOBİLYA SEKTÖRÜNÜN DURUMU

Mobilya Sektörü Raporu'na göre (2012), dünya üretiminin yaklaşık %52'sini gelişmiş ülkeler, %48'ini ise, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler gerçekleştirmektedir. Dünyanın en büyük mobilya üreticileri; ABD, İtalya, Almanya, Japonya, Fransa, Kanada ve İngiltere olup, 131 milyar \$ civarında üretim yapıldığı bildirilmektedir (Anonim-3, 2012). Dünya üretiminde 2010'da 22. sırada yer alan ülkemizin genel büyüme politikasına göre 2023'e kadar Dünyanın 10. mobilya üreticisi olmak hedeflenmektedir.

Cizelge 1. Türkiye Mobilya Sektörü Verileri (Anonim-1, 2012)

Miktar (Milyon \$)	Yıllar					Dünya Sıralaması
	2007	2008	2009	2010	2011	
Üretim						14
Talep	6.600	7.500	8.500	10.000	11.000	14
İhracat	1.020	1.316	1.138	1.344	1.583	22
İthalat	657	696	518	655	825	30

3. MOBİLYADA KULLANILAN ODUN VE ODUN ESASLI LEVHALARDAN AÇIĞA ÇIKAN VOC EMİSYONLARI

Anadolu Ağaç Mamulleri ve Orman Ürünleri İhracatçıları Birliğinin (2011)'nin sanayi raporlarına göre; toplam 40 tesisin 24'ünün yonga, 16'sının lif levha ürettiği ve toplam üretim kapasitesinin yaklaşık 9 milyon m³, üretim miktarının ise 5,5 milyon m³ olduğu belirtilmiştir. Dünya kontrplak üretimi 2009'de 2008'e göre %4,6 artarak 80,3 milyon m³'e ulaşmıştır. Türkiye 126 ülke arasından 100 bin m³ ile 35. sırada yer almaktadır (Sakarya ve Canlı, 2011a).

Dünya kereste üretimi 2005-2009 yılları arasında azalma göstermiştir. 2005'de 437 milyon m³ olan üretim miktarı 2009'da 362 milyon m³'e düşmüştür. Türkiye de 5,8 milyon m³ ile 166 ülke arasından 13. sırada ve dünya üretiminden %1,6 oranında pay almıştır. (Sakarya ve Canlı, 2011b).

Dünya ahşap kapı-pencere ihracatı, 1996'da 2,2 milyar \$ olarak gerçekleşirken, 2000'de %3,8 oranında düşerek 2,1 milyar \$ olmuştur. 1996'da 8,9 milyon \$ olan Türkiye'nin ahşap kapı-pencere ihracatı 2001'de 5 milyon \$'a kadar düşmüştür. Doğrama ve inşaat kerestesi sektörünün kapasite kullanım oranı 1995'de %68,8 iken 2000'de %47,2'e kadar düşmüştür (Sakarya, 2003).

Günümüzde artan maliyet ve rekabetten dolayı, mobilya üretiminde hammadde olarak en çok yonga (sunta, suntalam, OSB) ve liflevha (MDF, MDFlam) kontrplak kullanılmasını neredeyse zorunlu hale getirmiştir. Levha üretiminde kullanılan odun hammaddesinin türü, kesimden sonra bekleme süresi ve koşulları, tutkal tür ve miktarı, ön işlemler (kurutma sıcaklığı ve süresi) gibi, pres koşulları, depolama şartları, yüzey kaplama vb gibi, birçok faktör bu ürünlerden ayrışacak VOC miktar ve çeşidini etkilemekte olup, miktar ve çeşidinin azaltılması her şeyden önce üretim şartlarına bağlıdır.

Que vd. (2007); Üre/Formaldehit-mol oranının 1.05'in altına düşmesiyle, formaldehit emisyon değerinin doğrusal olarak azaldığını, bu levhalar için depolama sıcaklık ve zamanın formaldehit emisyonu üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Levhalar 23°C'de ve %50 bağıl nemde 6 ay depolandıktan sonra, perforatör değerleri hemen hemen hiç değişmemişken 1.27'den daha yüksek mol oranında ise çok daha güçlü değişimler elde edilmiştir.

Birkeland vd. (2010), yongalevha üretimi esnasında açığa çıkan odun esaslı formaldehiti (desikatör metodu) tespit etmiş ve formaldehit seviyesinin, presleme sıcaklık ve süresiyle direkt ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bunun anlamı; formaldehitsiz tutkal kullanılsa veya tutkal kullanılsa bile yongalevhaların yüksek oranda doğal formaldehit ürettiğidir. Ayrıca soya esaslı tutkalların, doğal formaldehit emisyonunu baskıladığı ve kısa ve uzun dönemde düşük formaldehit emisyonu seviyesini sağladığı belirlenmiştir.

Liu vd. (2010), farklı üretim koşulları altında endüstriyel boyutlu yongalevhaların VOC bileşenlerini ve miktarını; VOC test kabini ve gas kromatografisi kütle spektroskopisi kullanılarak belirlemişlerdir. VOC konsantrasyonu ve emisyon hızı, pres sıcaklık ve süresine bağlı olarak önemli derecede etkilenmiştir. Süre ve pres sıcaklığının artması ile, hem toplam VOC'lerin hem miktarı hemde erken emisyon konsantrasyonu artmıştır. Ayrıca sıcaklık ve süreye bağlı olarak VOC'ların bileşimi, özellikle terpen, benzen ve türevlerinin çeşitliliği de etkilenmiş olup, VOC'lerin ana bileşenlerinin esterlerin mevcudiyet ve miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir.

Ohlmeyer (2007), ağaç malzemelerden uçucu organik emisyonlarında ağaç türü, kesim zamanı ve depolama süresinin de önemli etkisi olduğunu savunmuştur.

Carlson vd. (1994), kavaktan fenol formaldehit (FF) tutkalı ile laboratuvar şartlarında üretilmiş levhalarda pres değişkenlerinin VOC emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Formaldehit emisyonunun; presleme süresi, tutkal ve tutkaldaki serbest formaldehit miktarı, taslak rutubeti ve pres sıcaklığının artmasıyla arttığını, presleme esnasında hemiselülozların termal bozunmasıyla, furfurol, metanol, formik asit ve asetik asit emisyonlarının meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Pizzi (1983) tutkal türünün; tutkalın odunla etkileşimi ve levha üretim sırasında oluşan VOC emisyonları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, presleme sırasında yonga/liflerin tutkallar ile birbirlerine bağlanırken küçük oranda metanol ve serbest formaldehit açığa çıktığını dile getirmiştir.

Çizelge 2. Odun ve Odun Esaslı Ürünlerden Ayrışan VOC'ler (Jensen vd., 2001)

Materyal	S-değeri (0,4-2,2m ³ /m ³ yüklemeye konfor ve sağlık değerlendirmesi)			Ana Etki	Etkisine bağlı olarak uçucu maddeler
	3- 4 gün	9-11 gün	27-28 gün		
Dişbudak	0,2-1,3	0,2-1,0	0,03-0,2	Tahriş	Aseton
Meşe	0,2-1,2	0,2-1,5	0,1-0,4	Tahriş	Aseton
Kayın	0,1-0,6	0,2-0,8	0,04-0,2	Tahriş	Aseton
Ladin	0,4-2,4	0,3-1,8	0,1-0,7	Tahriş	α -pinen, limonen
Yongalevha (MUPF tutkalı)	1,4-8,0	1,4-8,2	0,5-2,8	Tahriş, alerji	Formaldehit, aseton
Yongalevha (UF tutkalı)	1,2-6,8	1,0-5,4	0,8-4,6	Tahriş, alerji	Formaldehit, aseton
Yongalevha (PU tutkalı)	1,5-8,3	0,9-5,0	0,2-1,2	Tahriş, alerji	Aseton, akrolein
Kontrplak (Fenolik tutkal)	0,3-1,9	0,2-1,0	0,1-0,8	Tahriş, alerji	Aseton
MDF (UF tutkalı)	0,9-5,1	0,9-5,0	0,8-2,6	Tahriş	Formaldehit
Kayın kaplamalı yongalevha (PVA tutkalı)	2,4-12,6	1,8-10,4	1,7-9,5	Tahriş	Benzil alkol
Kayın kaplamalı yongalevha (PVA tutkalı)	2,4-12,7	1,5-8,4	1,0-5,6	Tahriş, alerji	Formaldehit
Kuzey Finlandiya'dan çam öz odunu	>32->180	>28->152	16,1-88,4	Tahriş, alerji	α -pinen, limonen
Kuzey Finlandiya'dan çam diri odunu	>5->28	>3->6	3,6-19,5	Tahriş, alerji	α -pinen, 3-karen
Kuzey İsveç'den çam öz odunu	18,4-102	13-71,4	17,5-96,2	Tahriş, alerji	α -pinen, 3-karen
Kuzey İsveç'den çam diri odunu	>13,9->77	>18->98	9,8-54	Tahriş, alerji	α -pinen, 3-karen
Yönlendirilmiş yongalevha (OSB) (FF ile)	4,4-24,1	2,9-15,9	0,7-3,7	Tahriş, alerji	Furfural, akrolein
Kayın (alkid ve keten tohumu yağı ile işlem görmüş)	8,0-44,2	1,8-10,1	0,3-1,4	Tahriş, alerji	Vinil etil keton, C2-alkilbenzen
Kayın (reçine ve keten tohum yağı ile işlem görmüş)	0,7-3,7	0,4-2,2	0,2-1,3	Tahriş, alerji	Aseton, C2-alkilbenzen
Kayın kaplamalı yongalevha (nitroselüloz lak)	20,7-113,8	9,5-52,2	1,4-7,4	Tahriş	2-Oktenal, 2-Dekenal
Kayın kaplamalı yongalevha (UV sertleştirme lak)	0,1-0,7	0,1-0,6	0,1-0,7	Tahriş	Aseton
Kayın kaplamalı yongalevha (Asit sertleştirme lak)	8,5-46,7	5,0-27,5	3,7-21,3	Tahriş	Butanol, formaldehit
Kayın kaplamalı yongalevha (Su bazlı sertleştirme lak)	6,0-33,4	3,3-18,3	1,6-8,7	Tahriş	1-butoksi-2-propil asetat
Kayın kaplı YL (PU lak)	2,9-15,7	1,8-9,8	0,9-4,8	Tahriş	1-Metoksi-2-propil asetat

Not: MUPF: melamin üre fenol formaldehit, PU: poliüretan, MDF: orta yoğunlukta liflevha, PVA: polivinil asetat, UV: ultraviyole, UF: üre formaldehit, S-değeri: $\sum$ Maddenin standart oda konsantrasyonu (Ci)/Değerlendirmeye alınan maddenin en düşük konsantrasyonu (LCI).

*Eğer S değeri 1'den küçük olursa (S<1), hiçbir etkinin vuku bulması beklenmez.

Sundin vd. (1992) taze haldeki odundaki VOC emisyonlarının %80'inin monoterpenler ve sadece %1'inin serbest formaldehit olduğunu, yongalevhelerde ise monoterpen bileşiklerinin oranı %20-22, aldehitlerin ise %27-32 olduğunu belirlemişlerdir.

Jiang vd. (2002) FF ile üretilmiş yongalevhelerde açığa çıkan metanol'ü en yüksek orandaki VOC emisyonu olarak belirlenmiştir. Bu FF ile üretilmiş yongalevhelerde açığa çıkan toplam VOC emisyonunun %75'ini oluşturmaktadır. Bu emisyonların ise %95 oranda tutkal kullanımından kaynaklandığı belirtilmiştir. Fenolik tutkallarla üretilen yongalevhelerde daha düşük oranda bulunan formaldehit ve asetik asit emisyonları da tespit edilmiştir. PMDI tutkalının ÜF ve FF tutkalları ile üretilen levhalara nazaran çok daha düşük formaldehit emisyonuna sahip olduğu, sert odun yongaları ile üretilen yongalevhelerde ise metanol emisyonunun önemli derecede azaldığı saptanmıştır. İzosiyanat tutkalı ile üretilmiş yongalevhelerde açığa çıkan en yüksek orandaki VOC emisyonlarının asetik asit ve yüksek molekül ağırlıklı VOC emisyonları olduğu belirlenmiştir.

Jensen vd. (2001), mobilya, iç mekân yüzey kaplama ve yapı ürünlerinde yaygın bir şekilde kullanılmakta olan 23 farklı odun ve odun esaslı malzemelerin standart bir odanın iç hava kalitesine etkisini belirlemişlerdir, Çizelge 2.

4.VOC İLE İLGİLİ BAZI DÜZENLEMELER

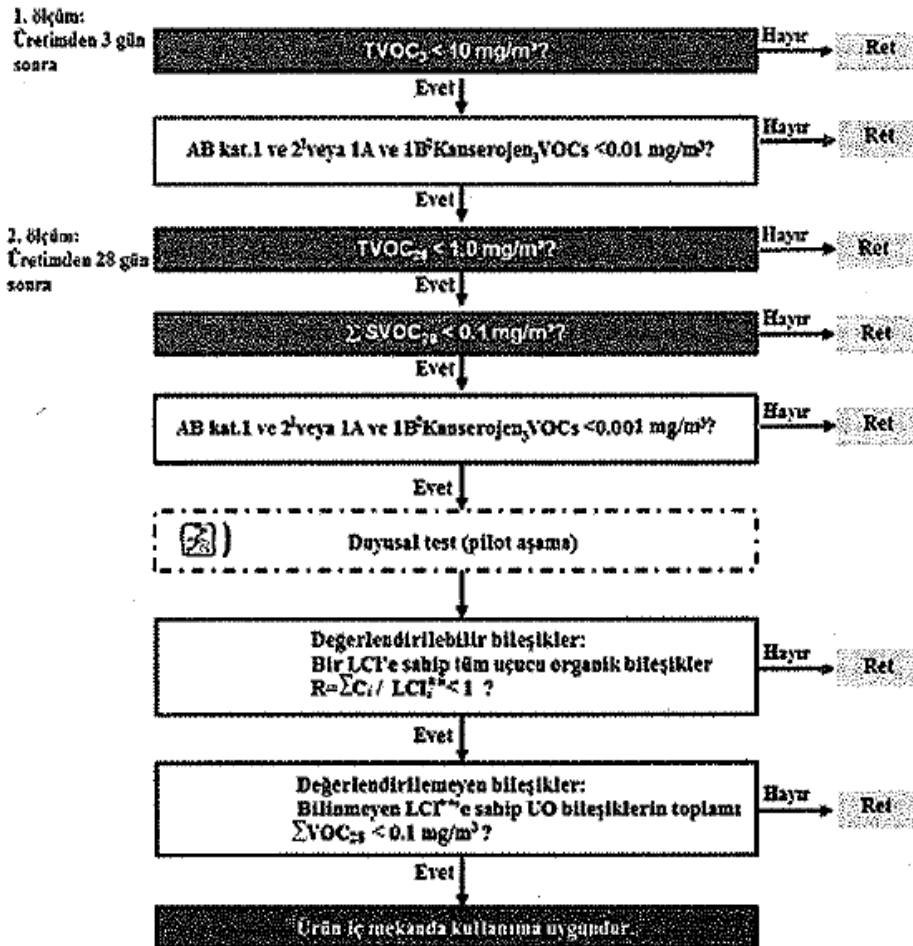
Avrupa'da organik çözücülerden kaynaklanan uçucu organik bileşik emisyonlarının çevre ve insan sağlığı üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin önlenmesini ya da azaltılmasını hedefleyen VOC Çözücü Emisyonları Direktifi (2008), bu bileşikler için emisyon limitleri belirleyerek, organik çözücü kullanan işletmelere bazı yükümlülükler getirmektedir. Düzenleme kapsamına giren ve toluen, metanol, linden gibi organik çözücü kullanılan endüstriyel faaliyetler arasında; mobilya sektörünü de ilgilendiren yapıştırıcılar, metal, plastik ve ahşap yüzeylerin kaplanması, yüzey temizleme, emprenye işlemleri, vernik, yapıştırıcı üretimi, ahşap ve plastik laminasyonu gibi işlemlerde yer almaktadır. Düzenleme, söz konusu işlemlerde yıllık çözücü tüketimi için eşikler belirlemekte ve bu tüketimden kaynaklanan VOC emisyonları için limitler getirilmektedir. Örneğin, ahşap yüzeylerin kaplanması işleminde yılda 15 ila 25ton arasında çözücü tüketiliyor ise, atık gazlardaki emisyon limit değerinin 100mgC/Nm^3 olması gerekmektedir (Anonim-2, 1999; Anonim-3, 2011).

İç mekanlardaki emisyon kaynaklarını kontrol altında tutmak ve emisyon oranlarını azaltmak amacıyla çeşitli ülkeler ve Avrupalı girişimciler bazı çalışmalar başlatmıştır. Şekil 1'de AgBB tarafından hazırlanan yapı ürünlerinden açığa çıkan VOC ve SVOC emisyonlarının değerlendirilmesinde kullanılan işlem şeması aşağıdaki gibidir.

Almanyadaki (AgBB- Committee for Health-related Evaluation of Building Products) 164, Fransa'daki (Health and Environmental Protection Agency AFSSET) 190 ve Kaliforniya'daki (CREL) ise 80 uçucu organik bileşiğin kapalı ortamda kabul edilebilir limit değerlerini belirlemişlerdir. Bazı uçucu organik

bileşiklere ait limit değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Tabloda her bileşiğin limit değerinin ülkeye göre farklılık gösterdiği ve bu değerler arasında büyük farklılıklar olduğu görülmektedir. Örneğin Almanya'da toluen için belirlenen limit değer $1900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olurken, Fransa'da bu değer $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde formaldehit için limit değer Almanya'da $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Fransa'da $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ve Kaliforniya'da $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak belirtilmiştir.

Avrupa Panel Federasyonu 01.01.2009'dan itibaren yürürlükte olacak şekilde maksimum emisyon miktarlarını; MDF için 5.0mg , yongalevha için ise 4.0mg olarak yeniden düzenlenmiştir. 2009'dan itibaren Japonya'da MDF ve yongalevhalar için alt limit 0.3ppm olarak düzenlenmiştir. Kanada da 2007 sonrasında formaldehit emisyon miktarlarının 2 aşamada azaltılması planlanmıştır. Birinci aşama (2009-2011) yongalevhalar için 0.18ppm , MDF için ise 0.21ppm ile sınırlandırılırken, ikinci aşamada (2011'den itibaren) yongalevha için 0.09ppm , MDF için ise 0.11ppm 'e indirilmesi planlanmıştır.



*VOC, TVOC: Tutunma aralığı C₆-C₁₄, SVOC: Tutunma aralığı C₁₅-C₂₂

**LCI: ilgili bileşiğin en düşük konsantrasyonu

Avrupa Emisyon Test Standards prEN ISO 16000-9,10,11

Şekil 1. Yapı Ürünlerinden Açığa Çıkan VOC ve SVOC Emisyonlarının Değerlendirilmesinde Kullanılan İşlem Seması (AgBB, 2012).

Çizelge 3. Bazı Ülkelerdeki Bazı Uçucu Organik Bileşiklerin Limit Değerleri (Oppl ve Neuhaus, 2008)

VOC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Almanya	Fransa	Kaliforniya
Toluen	1900	300	300
Ksilen	2200	200	700
n-Hekzan	72	700	7000
Terpenler (ör.: limonen, 3-karen vb)	1500	450	-
1-Butanol	3100	1500	-
2-Etoksietanol	19	70	70
Krotonaldehit	1	1	-
Formaldehit	120	10	33

Türkiye uluslararası platformlarda; 23 Mart 1983'de Uzun Menzilli Sınır Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi'ne, 20 Haziran 1990'da Ozon Tabakasının Korunmasına Dair Viyana Sözleşmesi'ne, 19 Aralık 1992'de Ozon Tabakasını İncelten Maddelere Dair Montreal Protokolü'ne ve protokol değişikliklerinin tamamına, 24 Mayıs 2004'de Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) ve 26 Ağustos 2009'da ise BMİDÇS Kyoto Protokolü'ne resmen taraf olmuştur. 03.07.2009 tarihli Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, organik çözücü kullanan tesislere kapasitelerine bağlı olarak emisyon izni alma yükümlülüğünü, endüstriyel tesislerden kaynaklanan emisyonlar için limitler belirleyen ve hava kalitesi sınır değerleri getirmektedir. Ancak hazırlanan yönetmelik AB mevzuatına uygun olmadığı ve VOC emisyonları için limit değerler ve emisyon azaltma çalışmalarını içermediğinden, düzenlemeye uyum için yeni hazırlanacak Uçucu Organik Bileşiklerden Kaynaklanan Kirliliğin Kontrolü yönetmeliği'nin 2013'de çıkarılması ve 2015 yılında uygulamaya konulması hedeflenmektedir(Anonim-4, 2011).

Çizelge 4. İç Hava Kalitesi Etkileyen Faktörler (Makowski ve Ohlmeyer, 2005)

Fiziksel	Kimyasal	Biyolojik	Fizyolojik
Sıcaklık	Parikül ve toz	Funguslar	Ruhsal Tahriş
Rutubet	Buhar ve Bağıl Nem	Bakteriler	
Hava değişim oranı	Koruyucular		
Ses	Airesoller	Polenler	
İyonlar	Koku	Dışkılar	
Aydınlatma			

5. İÇ MEKÂN HAVA KALİTESİNİN ARTIRILMASI

İç mekân hava kalitesinin artırmanın en etkili yolu; açığa çıkan VOC'ların kaynağını kontrol altına almaktır. Bu sebeple kirliliğin azaltılması için inşaat ve dekorasyon işlerinde daha az kirlletici olan malzememin kullanılması gerekir. Ekolojik tasarım ilkeleri, mimari anaplanı, kentsel mikro-iklim konusundaki

gelişmeler doğrultusunda, mimari tasarımda çevre bilimleri ve ekoloji ilkelerinden de yararlanarak sağlıklı, konforlu ve iç mekan hava kalitesini arttıracak tasarımlar yapmak gerekmektedir (Yuan ve Yu, 2010). Yeşil binaların teşvik edilmesini ve yeşil yapı malzemelerinin kullanılması iç hava kalitesine olumlu etki yapacaktır. Binaya "yeşil bina" unvanını; yer seçimi, tasarım, inovasyon binada kullanılan yapı malzemelerinin özellikleri, yapım tekniği, atık malzemelerin yeniden kullanımı konularındaki seçici yaklaşımlar vermektedir. ABD'de yapılan bir çalışma, "yeşil" veya "çevreci" olarak tabir edilen binaların enerji tüketiminde %24-50, CO₂ salınımında %33-39, su tüketiminde %40 ve atıklarda %70'e varan bir azalma sağlanacağını ortaya koymaktadır (Anonim-6, 2013). Hava kirleticileri kontrol altına almak için iki metot söz konusudur;

5.1. Adsorbsiyon:

Adsorbsiyon; fiziksel ve kimyasal adsorbsiyon olmak üzere ikiye ayrılır. Fiziksel adsorpsiyon VOC'lere yoğunlaştırma işlemi yapıldıktan sonra kirliliğin önlenmesi için doğrudan dış atmosfere atılmasıyla gerçekleşen tersinir bir süreçtir. Kimyasal adsorpsiyon ise, VOC'lerin içerisine uçucu olmayan absorbanların eklenmesi ile kimyasallar bağlar oluşturulması esasına dayanmaktadır. Genellikle esas absorban olarak karbon aktive edilir. Absorbentin absorban kapasitesi; sıcaklık, hava nem, absorban konsantrasyonu vb. gibi faktörlerden etkilenmektedir. Farklı absorbanlar için, aktif karbon adsorpsiyon kapasitesi de farklıdır. Genel olarak aromatik bileşiklerin adsorpsiyon kapasitesi aromatik olmayanlara göre daha fazladır. Adsorpsiyon dallanmış yapı gösteren hidrokarbonlarda düz yapı gösteren hidrokarbon bileşiklerine göre daha iyidir (Yuan ve Yu, 2010).

5.2. Fotokatalitik Oksidasyon:

Fotokatalitik oksidasyon; bileşiklerin belirli bir dalga boyu sağlamak için yeni tip nano-malzeme ile ışına maruz bırakılmasıdır. Böylece zararsız yüksek enerjili parçacıklar aşıl原因arak formaldehit, benzen, kükürt dioksit, hava içinde nitrojen oksitlerinin oksitleme-indirgenmesi ile oluşan CO₂, H₂O ve diğer maddeler toksik olmayan ve etkisiz hale getirilmektedir. Yaygın fotokatalistler özellikle en yaygın kullanılan TiO₂ olmakla birlikte TiO₂, ZnO, ZnS, WO₃ gibi metal oksitler veya sülfürlerdir. Fotokimyasal reaksiyon olarak UV ışınına maruz kalan TiO₂, sonuç olarak CO₂ ve H₂O organik maddelerine yıkımlanmaktadır (Jacoby, 1996; Yuan ve Yu, 2010).

6.ÖNERİLER

İç hava kirliliğinin azaltılması için inşaat ve dekorasyon işlerinde ve mobilyalarda daha az kirletici olan malzemelerin kullanılması gerekmektedir. Bunun için ise; Öncelikle uçucu organik madde bakımından fakir olan türler kullanılmalıdır. Ayrıca masif odunun kesim sonrası uygun depolama şartlarında uçucu organik madde miktarları azaltılacak şekilde depolanması da önemli bir faktördür. Mobilya üretiminde kullanılacak hammaddelerin VOC, özellikle formaldehit, içeriği bakımından minimum seviyede olanları tercih edilmeli ve yüzeyi kaplanmamış sentetik reçine bağlayıcılı levha kullanılmamalıdır. Mobilya, kapı ve pencere

doğramaları, parke, yer ve tavan döşemeleri, duvar kaplamaları, stis eşyaları üretiminde kullanılan vernik, boya ve yapıştırıcı gibi materyallerin VOC içeriğinin düşük ve standartlara uygun olmasına dikkat edilmelidir. Mobilyaların kapladığı hacmin, bulundukları odanın hacmine oranla mümkün olduğunca düşük tutulmaya özen gösterilmelidir. İç hava şartlarında sıcaklığın artmasıyla uçucu organik bileşik emisyonu ve çeşitliliğindeki çok büyük artışların olması sebebiyle, oda sıcaklığının 23°C ve bağıl nemin ise %70'in üzerine çıkmamasına dikkat edilmelidir. İç ortam düzenli bir şekilde havalandırılmalıdır. Hastane, okul ve hastası olan evlerde iç hava kalitesinin iyileştirilmesi için daha fazla özen gösterilmelidir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AgBB,(2012). Evaluation procedure for VOC emissions from building products, A contribution to the construction products Directive: Health-related Evaluation procedure for volatile organic compounds emissions (VOC and SVOC) from building products, committee for health-related evaluation of building products AgBB - June 2012 Updated List of LCI val. 2012 in Part 3,
- Anonim-1, (2012). Mobilya Sektörü Raporu, 2012, TC Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi Genel Müdürlüğü, Sektörel raporlar ve analizler serisi, 2012/1. <http://www.sanayi.gov.tr/Files/Documents/mobilya-sektoru-raporu-20-06042012151232>.
- Anonim-2, (1999). Bazı faaliyetlerde ve tesislerde organik çözücü kullanılması sonucu oluşan uçucu organik bileşen emisyonlarının sınırlandırılmasına ilişkin direktif, 1999/13/EC Council directive, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0013:19990329:EN:PDF>
- Anonim-3, (2011). Avrupa birliği'ne uyum sürecinde sektör rehberleri: Mobilya sanayi, 2011 İstanbul işletmeler ağı, İstanbul sanayi odası yayınları, İstanbul. http://www.aia-istanbul.org/files/mobilya_sanayi.pdf
- Anonim-4,(2013). Yeşil bina nedir, çevre dostu yeşil binalar örneği, <http://www.cedbik.org/sayfalar.asp?KatID=3&ID=24>
- Bas, E., 2004, Indoor air quality-A guide for facility managers, *The fairmont pres*, ISBN; 088173327X, Lilburn, Georgia.
- Birkeland,M.J., Lorenz,L., Wescott,J.M. ve Frihart,C. R.,(2010). Determination of native formaldehyde by the desiccator method in particleboards generated during panel production, *Holzforschung*, 64: 429-433.
- Broline,B.M., Holloway,T.C., ve Moriarty,C.J., (1995). Effect of selected variables on VOC emissions of UF bonded composite panels during hot pressing, In Proc. No. 7296, *Wood Adhesives* 1995,97-103.
- Carlson,F.E., Phillips,E.K., Tenhaeff,S.C., Detlefsen,W.D., (1994). A study of formaldehyde and other organic emissions from pressing of laboratory oriented strandboard, *Forest Products Journal*, Vol.45, No.3.

- Commission Directive, (2008). Entegre kirliliğin önlenmesi ve kontrolüne (EKÖK) ilişkin direktif, 2008/1/EC, *Official journal of the european union*. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:050:0>
- International agency for research on cancer (IARC), (2006). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxypropan-2-ol, summary of data reported and evaluation, Vol. 88, *IARC Press*, Lyon, France.
- Jacoby,W.A., Blake,D.M. ve Fennell, J.A., (1996). Heterogeneous photocatalysis for control of volatile organic compounds in indoor air. *Journal of the air & waste management association*. 46, 891-898.
- Jiang,T., Gardner,D.J., Baumann,M.G.D., (2002). Volatile organic compound emissions arising from hot-pressing of mixed-hardwood particleboard, *Forest Products Journal*, Vol 52(11/12); 66-77.
- Kim,S., (2010). The reduction of formaldehyde and VOCs emission from wood-based flooring by green adhesive using cashew nut shell liquid (CNSL), *Journal of Hazardous Materials* 182: 919-922.
- Liu,Y., Shen,J. ve Zhu,X.D., (2010). Influence of processing parameters on VOC emission from particleboards, *Environ Monit Assess*, 171:249-254.
- Makowski, M. ve Ohlmeyer, M, (2005). Emissions from wood-based materials, 2005, IWA, Wood based panels.
- Makowski,M. ve Ohlmeyer,M.,(2006). Impact of drying temperature and pressing time factor on VOC emissions from OSB made of Scots pine, *Holzforschung*, 60: 417-422.
- Makowski,M., Ohlmeyer, M. ve Meier,D., (2005). Long-term development of VOC emissions from OSB after hot-pressing, *Holzforschung*, 59, 519-523.
- Ohlmeyer, M., (2007). Testing and Evaluation of VOC-Emissions from wood products, Institute of Wood Science Conference, Edinburgh Castle 22nd November.
- Oppl,R. ve Neuhaus,T., (2008). Emission specifications in europe and the US – limit values (TVOC, LCI, CREL, ...) in critical discussion, *Indoor Air*, 17-22 August, Copenhagen, Denmark, Paper ID 953
- Pizzi, A., (1983).Wood adhesives: Chemistry and technology, Marcel Dekker, Inc., New York, Pp ix + 364, price SFr 174.00. ISBN 0814715799
- Que,Z., Furuno,T., KatohS. ve Nishino,Y.,(2007). Evaluation of three test methods in determination of formaldehyde emission from particleboard bonded with different mole ratio in the urea-formaldehyde resin, *Building and Environment* 42: 1242-1249.
- Sakarya, s. (2003). Ahşap kapı ve pencere doğrama sektörü değerlendirme raporu, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, Ankara.
- Sakarya, S. ve Canlı, Ş. (2011a). Levha sanayi raporu, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, Ankara.

- Sakarya, S. ve Canlı, Ş. (2011b). Kereste sanayi raporu, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, Ankara.
- Sanayi kaynaklı hava kirliliğinin kontrolü yönetmeliği (2009), Resmi Gazete Tarihi: 03.07.2009 Resmi Gazete Sayısı: 27277
- Schramek, E., (1999). Recknagel-sprenger schramek- ısıtma ve klima tekniği El Kitabı, TTMD, Ankara.
- Sundin,B., Risholm-Sundman,M., Edenholm,K., (1992). Emission of formaldehyde and other volatile organic compounds (VOC) sawdust and lumber, different wood-based panels and other building materials. A comparative study.In:26th *International particle/composite materials symposium*, Washington State University, Pullman, USA.
- World Health Organization, (1987). Indoor air quality: Organic pollutants. Copenhagen: EURO Reports and studies No.111, Berlin 23-27 August .
- Yuan,L, Yu.N, (2010). The Indoor volatile organic compounds (VOCs) pollution control methods - A Case study. *4th International conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering*.