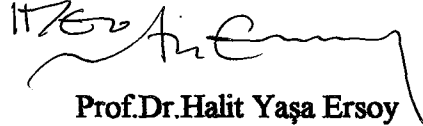


Hande Gültekin tarafından hazırlanan “Yapay Ahşap Malzeme ve Yapı İçi Havanın Niteliğine Etkisi Üzerine Bir Araştırma” adlı çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Halit Yaşa Ersoy
Yüksek Lisans Tezi Danışmanı

Bu çalışma Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği ve Malzeme Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

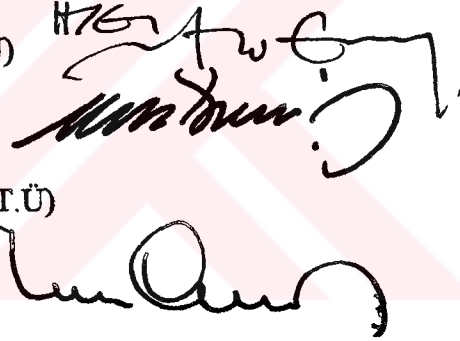
Asil üye : Prof. Dr. Halit Yaşa ERSOY (M.S.Ü)

Asil Üye : Prof. Dr. Murat ERİÇ (M.S.Ü)

Asil Üye : Yard. Doç. Dr. Leyla TANAÇAN (İ.T.Ü)

Yedek Üye : Dr. Ünver ANIL (M.S.Ü)

Yedek Üye : Prof. Nuran YENER (M.S.Ü)



**T.C.
MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ VE MALZEME YÜKSEK LİSANS TEZİ**

105812

**YAPAY AHŞAP MALZEME VE YAPI İÇİ HAVANIN
NİTELİĞİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Hande GÜLTEKİN (Mimar)

DANIŞMAN: Prof.Dr. Halit Yaşa ERSOY

İSTANBUL - TEMMUZ 2001

**T.C. YÜKSEK ÖĞRETİM KURULU
BİLİMSEL ARAŞTIRMA MERKEZİ**

105812

Değerli hocam Halit Yaşa Ersoy'a şükranla



İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
SUMMARY	III
ŞEKİL LİSTESİ	V
ÇİZELGE LİSTESİ	V
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç	2
1.2. Kapsam	2
1.3. Yöntem	3
BÖLÜM 2. YAPAY AHŞAP MALZEME	5
2.1. Kontrplaklar	6
2.1.1. Kaplama Levhaları	10
2.1.2. Odun Özlü Kontrplak	11
2.1.3. Karma Kontrplak	12
2.2. Aglomere Levhalar	12
2.2.1. Yonga Levha	13
2.2.1.1. Gelişigüzel Dağılı Yonga Levha	17
2.2.1.2. Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)	18
2.2.2. Lif Levha	19
2.2.2.1. Yumuşak Lif Levha (Yalıtım Levhası)	20
2.2.2.2. Orta Sert Lif Levha (MDF)	22
2.2.2.3. Sert Lif Levha	23
2.3. Yapay Ahşap Levhaların Yapısına Giren Malzemeler	25
2.3.1. Yapıştırıcılar	25
2.3.1.1. Ürefoformaldehit	26
2.3.1.2. Fenolformaldehit	27
2.3.1.3. Melaminformaldehit	27
2.3.1.4. Rezorsinolformaldehit	28
2.3.1.5. İzosiyanat	28
2.3.1.6. PVA (Polivinilasetat)	29
2.3.2. Katkı Maddeleri	29
2.3.2.1. Koruyucu Maddeler	30
2.3.2.2. Yanmayı Önleyici Maddeler	31
2.3.2.3. Hidrofobik Maddeler	31
2.3.2.4. Sertleştiriciler	32
2.3.3. Kaplama Malzemeleri	32
2.3.3.1. Plastik Laminatlar	34
2.3.3.2. PVC (Polivinilklorür)	35
2.3.4. Yüzey İşlem Malzemeleri	36
2.3.4.1. Selülozik Malzemeler	38
2.3.4.2. Asit Sertleştiricili Malzemeler	38
2.3.4.3. Polyester	38
2.3.4.4. Poliüretan	39

BÖLÜM 3. YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ	40
3.1. Havanın Fiziksel Özellikleri	42
3.1.1. Sıcaklık	42
3.1.2. Nem	44
3.1.3. Hava Hareketleri	46
3.2. Yapı İçi Hava Kirliliği	47
3.2.1. Kirleticiler	50
3.2.1.1. Gazlar ve Buharlar	51
3.2.1.2. Partiküller	57
3.2.1.3. Yapı İçi Havada Müsaade Edilen Konsantrasyonlar	60
3.2.2. Kirletici Kaynağı Olarak Yapı Malzemeleri	65
3.2.2.1. Yapı Malzemelerinden Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşikler	66
3.2.2.2. Yapı Malzemelerinden Kaynaklanan Biyolojik Kirleticiler	68
3.2.2.3. Yapı Malzemelerinin Emisyon Standartları	69
BÖLÜM 4. YAPAY AHŞAP MALZEME VE YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ	73
4.1. Yapay Ahşap Levhalardan Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler	73
4.1.1. Yapıştırıcılardan Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler	73
4.1.2. Koruyucu Maddelerden Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler	81
4.1.3. Yüzey İşlem Malzemelerinden Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler	84
4.1.4. PVC Kaplamalardan Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler	88
4.1.5. Yalıtıcı Malzemelerden Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler	90
4.1.6. Yapay Ahşap Levhalarda Emisyon Standartları	93
4.2. Yapay Ahşap Levhalardan Kaynaklanan Biyolojik Kirleticiler	95
4.2.1. <i>Serpula lacrymans</i>	97
4.2.2. <i>Coniophora puteana</i>	98
4.2.3. <i>Stachybotrys atra</i>	98
4.2.4. <i>Pleurotus ostreatus</i> (İstiridye Mantarı)	99
4.2.5. Küf Mantarları	99
4.3. Yapay Ahşap Levhalar ve Yapı İçi Hava Niteliğine İlişkin Sonuç ve Öneriler	100
BÖLÜM 5. SONUÇ	109
KAYNAKLAR	113

ÖZET

Doğal ahşaba alternatif olarak yapı içindeki kullanım alanı geçtiğimiz yüz yıldan beri oldukça genişleyen yapay ahşap malzemenin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri dikkate alındığında, yapı içi hava niteliği açısından önemli ölçüde kirleticilik potansiyeline sahip olduğu görülmektedir.

Bu araştırma öncelikle, polimer bağlayıcılı yapay ahşap levhalardan kaynaklanan kirleticilerin yapı içi havanın niteliğine nasıl etki ettiğinin anlaşılmasını amaçlamaktadır. Araştırmanın nihai hedefi, yapay ahşap levhaların tasarım ve uygulama sürecinde yapı içi hava niteliği açısından nasıl ele alınması gerektiğini ortaya koymaktır.

Araştırmanın amacı doğrultusunda, çalışma üç ana bölümden oluşmuştur. İlk bölümde yapay ahşap malzemelere kısaca değinilmiş, bunların içinde polimer bağlayıcılı levhalar günümüzdeki yaygın çeşitleri ve yapı içindeki kullanım alanları açısından sınıflandırılarak incelenmişlerdir. Bu bölümde ayrıca yapay ahşap levhaların yapısına giren ve ağırlıklı olarak kimyasal kirletici kaynağı olmalarına yol açan başlıca malzemeler incelenmiştir. İkinci bölümde yapı içi hava niteliği kapsamında kirleticiler ve kirletici kaynağı olan başlıca yapı malzemeleri tanıtılmıştır. Bu bölümde gelişmiş ülkelerdeki belli başı kuruluşlar tarafından saptanmış olan yapı içi havadaki kirletici eşik değerlerine ve yapı malzemelerinin emisyon standartlarına yer verilmiştir. Üçüncü bölümde yapay ahşap levhalarda kaynaklanan kimyasal ve biyolojik kirleticiler incelenmiş, yapay ahşap levhaların bu kirleticilere bağlı mevcut standartları yer almıştır.

Araştırmanın sonuçları, yapay ahşap malzemenin yapı içi hava niteliğine etkisi dolayısıyla önemle ele alınması gerektiğini ortaya koymuştur. Bunun için hem yapay ahşap levha teknolojisinde hem de yapı içi hava kirliliği konusunda daha çok araştırmaya ihtiyaç olmakla birlikte, eldeki olanaklarla ve bilgilerle bazı yaklaşımların geliştirilebileceği görülmüştür. Bu sonuç doğrultusunda yapay ahşap

levhaları tasarım ve uygulama sürecinde yapı içi hava niteliği açısından beş aşamalı bir yaklaşımla ele alan bir öneri sunulmuştur.

Sonuç bölümünde, yapay ahşap malzemenin, kullanıcı sağlığı hususunu da içine alan ekolojik mimarlığın yapı malzemesi olup olamayacağı hakkında bir yorum getirilmiştir.



SUMMARY

Once considered from a perspective of physical properties, chemical composition and susceptibility to biological attack, wood-based products, that has become a highly popular group of materials alternative to natural wood, can readily be classified within the major categories of pollution sources in indoor environments.

Main purpose of this study is to understand how contaminants released from wood-based products contribute to indoor air pollution and to develop a sound approach towards wood-based products in terms of design and installation process in relation to indoor air quality.

Study entitled “A Research on the Impact of Wood-Based Products to Indoor Air Quality” consists of three main sections. In the first section, brief information has been presented on pressed-wood products, while more detailed information has been given about synthetic resin-bonded panels. Considerable amount of information has also been collected about adhesives, wood preservatives, architectural coatings, coverings and caulks which make the product a high emission source, either being an integral part of panels or being parts of the installation process. In the second section, major contaminants and pollution sources of building materials have been discussed in relation to indoor air quality. Additionally, available indoor air quality standards, emission rates and emission standards have been presented in the second section. In the third section, synthetic resin-bonded panels have been discussed in terms of chemical and biological contaminants which are released from the board itself and from other involving materials. Available emission rates and standards of wood-based panels have also been presented in the third section.

It has been concluded that synthetic resin-bonded panels have a significant role in indoor air quality and should be evaluated with strict measures that require to be ascertained through future researches. Wood-based product technology should also be developed in order to produce both low emitting and economically feasible

materials. A five-step approach has also been presented to evaluate and select low impact materials in order to minimise occupant exposures to volatile organic compounds.

In Section 5, a comment has been made as to whether wood-based products can be determined as appropriate in ecological design comprising the issue of users' health.



ŞEKİL LİSTESİ

2.1. Sert odun kontrplakları	8
2.2. Kaplama levhaları	10
2.3. Lamine levha ve blok levha	12
2.4. Karma ve blok levhalı kapı panelleri	12
2.5. Yönlendirilmiş yonga levha, gelişigüzel dağılı yonga levha, MDF	19
2.6. Kağıt plastik laminat	34
3.1. Biyoklimatik grafik	43
3.2. Yapı içi hava niteliği açısından optimum bağıl nem düzeyleri	46
4.1. Sert ağaç kontrplaklarında formaldehit emisyonu	77
4.2. Yonga levhada ve lif levhada kenar bitişleri	79
4.3. Yapı içi kaplama panellerinde tecrit macunlu birleşim	92

ÇİZELGE LİSTESİ

3.1. Kirleticilerin tehlike derecesini etkileyen faktörler	40
3.2. Hasta bina sendromunun başlıca semptomları	42
3.3. Havanın doğal karışımı	47
3.4. Yapı içindeki başlıca kirleticilerin kaynakları	49
3.5. Kimyasal kirleticiler	50
3.6. Yapı içi havadaki başlıca uçucu organik bileşikler	54
3.7. Yapı içi havadaki kirleticilerin eşik değerleri	64
3.8. Yapı malzemelerinin emisyonlarını etkileyen faktörler	67
3.9. Yapı malzemelerinden kaynaklanan başlıca kirleticiler ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri	67
3.10. Yapı malzemelerinde toplam uçucu organik bileşiklerin emisyon düzeyleri	72
4.1. Sentetik reçine bazlı yapıştırıcılar	74
4.2. Koruyucu maddeler	82
4.3. Yüzey işlem malzemelerinden kaynaklanan kirleticiler	85
4.4. Yalıtıcı malzemeler	91
4.5. Yapay ahşap levhalarda formaldehit ve diğer kirleticiler için emisyon düzeyleri ve standartları	94
4.6. Genel rutubet seviyeleri ve tehlike sınıflarına göre kontrplak, yonga levha ve lif levhalardaki biyolojik tahribat derecelerinin özeti	96

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Gelişmiş ülkelerde kullanıcıların artan konfor şikayetleri ve sağlık sorunlarına bağlı olarak, yapı içi havanın niteliği konusundaki çalışmalar son yıllarda büyük bir hız kazanmıştır. Nitelikli hava; sıcaklık, nem, basınç, hava hareketleri ve atmosferden geçen ışınlar açısından insanın kendini konfor içinde hissettiği, O₂, N₂, CO₂ ve soy gazların nispeten sabit düzeylerdeki bir karışımı olan havadır. Günümüzde yapı içi havanın niteliği söz konusu olduğunda, kirlilik sorunu ağırlık kazanmaktadır. Yapı içi hava kirliliğinin başlıca nedenlerinden biri, kimyasal ve biyolojik kirleticiler kaynağı olan yapı malzemeleridir. Özellikle, uçucu organik bileşik¹⁾ kaynağı olan yapı malzemeleri kirleticiler yapı malzemeleri arasında önemli bir grubu teşkil etmektedir. Teknik ve dekoratif özellikleriyle birlikte, artan çeşitleriyle yaygın bir kullanım alanı bulan polimer bağlayıcı yapay ahşap levhalarda da uçucu organik bileşiklerin kirleticilikleri ön plana çıkmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin emisyonları öncelikle bu levhaların yapıştırıcılarından kaynaklanmaktadır. Yapay reçineler yapıştırıcı olarak levhanın bir bileşeni olmanın ötesinde, yüzey işlem ve kaplama malzemelerinin de temel maddesidirler. Yapay ahşap levhalardan kaynaklanan en önemli uçucu organik bileşik, yapı içi levhalarında teknik, estetik ve maliyete bağlı nedenlerle en çok tercih edilen ürefoormaldehit yapıştırıcısından kaynaklanan formaldehittir.

Pek çok ülkede, endüstri dışı ortamlardaki hava niteliği standartlarına ve malzeme emisyon standartlarına mevcut olduğu kadarıyla dahi pek çok yapı tipinde uyma zorunluluğunun olmayışı (standartların yönlendirici nitelikte oluşu), iyi havalandırılmayan, küçük mekanlarda gerek mobilyada, gerekse panel olarak çok miktarda yapay ahşap malzeme kullanılmasına karşın ilgili yönetmeliklerin bulunmaması, bu araştırmanın yapılmasında başlıca etkidir.

¹⁾ İng. volatile organic compound (VOC)

1.1. AMAÇ

Bu çalışmanın amacı; öncelikle yapı içindeki havanın niteliğine ve insan sağlığına olumsuz etkide bulunan polimer bağlayıcı yapay ahşap levhaların incelenmesidir. Bu incelemenin doğrultusunda, hava niteliği ve malzeme emisyon standartlarını, yapı yönetmeliklerini esas alarak, yapı içi hava niteliği açısından malzeme seçiminin ve detay tasarımının gereğini vurgulamaktır. Yapı içi hava kirliliği konusunda sürdürülen araştırmalardan alınan sonuçların standartlara ve yönetmeliklere yansması zaman almaktadır. Çalışmanın diğer bir amacı, çeşitli ülkelerde oluşturulan standartlarda ve uygulamada geline nokta hakkında bilgi vererek, düşük emisyon etkili yapı malzemesi elde etmeye yönelik yaklaşımları araştırmak ve pek çok kirlitici yayan yapay ahşap malzemeyi bu yaklaşımlara göre değerlendirmeye tabi tutmak olmuştur.

1.2. KAPSAM

Çalışmada, yapay ahşap malzeme ve yapı içi hava niteliği ilişkisinden yola çıkılarak, polimer bağlayıcı levhaların yapı içindeki havanın niteliğine etkisi incelenmiştir. Havanın niteliği, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlıdır. Havanın fiziksel özelliklerine giren sıcaklık, nem ve hava hareketleri yapı içindeki biyoklimatik konforun başlıca koşulları olmakla birlikte, hem yapı malzemelerinden kaynaklanan emisyonların miktarını, hem de kirleticilerin sağlık üzerindeki etki derecelerini belirlediklerinden, öncelikle kirleticilerin açığa çıkmasında ve etkinliğindeki rolleri açısından incelenmişlerdir. Havanın kimyasal özellikleri, bir gaz karışımı olarak havanın doğal karışımına giren gazlara ve hem gaz hem partikül şeklinde yapısında bulunabilen kirleticilerle bağlı özellikleridir. Bu çalışmanın kapsamında yapı içi hava niteliğinin kirlilik boyutunun araştırılması esas alınmıştır.

Polimer bağlayıcı levhalar yapı içi hava niteliğine etkilerinde, kimyasal ve biyolojik kirlitici kaynağı olarak incelenmişlerdir. Bu levhaların kapsamında, tabakalı levha ve

aglomere levhaların başlıca çeşitleri incelenerek, yapılarına giren yapıştırıcılar, başlıca kaplama malzemeleri, yüzey işlem malzemeleri ve koruyucu maddeler araştırılmıştır. Bu malzemeler levhaların kimyasal kirleticiler kaynağı olmalarına yol açtığı gibi, kaplamalar ve yüzey işlem malzemeleri iç kısımlarda gerçekleşen emisyonlara da bariyer oluşturabilmektedirler. Bu malzemelerdeki biyolojik tahribat hususu araştırmanın dışında tutulmuştur.

Malzemenin üretildiği ortamdaki sağlık sorunları (iş güvenliği ve işçi sağlığıyla ilgili hususlar), yapının kullanım periyodu içinde gerçekleştirilecek onarım ve bakım faaliyetlerine bağlı riskler, yangın güvenliği (yanma durumunda malzemenin yayacağı zehirli gazlar) ve malzemeyi yapıdan söküp, uzaklaştırma işlemleriyle ilgili güvenlik hususları da bu çalışmanın kapsamının dışında bırakılmıştır.

1.3. YÖNTEM

Çalışmanın ikinci bölümünde, belli başlı yapay ahşap malzemelere kısaca değinilmiş, polimer bağlayıcılı levhalar ve bu levhalarda kimyasal kirleticiler kaynağı olan yapıştırıcılar, katkı maddeleri, kaplama malzemeleri, yüzey işlem malzemeleri sınıflandırılarak incelenmiştir. Yapay ahşap levhalarda biyolojik bozulma ve mikroorganizma gelişimi, doğal ahşap üzerinde yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında daha az çalışılmış bir konu olarak görünmektedir. Buna karşın, yapı içindeki biyolojik kirleticiler ve kullanıcı sağlığına etkisi üzerindeki çalışmalar yapı içi hava kirliliği çalışmaları içinde ağırlıklı bir yer tutmaktadır.

Üçüncü bölümde, yapı içi hava niteliği kavramı içinde, havanın fiziksel özellikleri ve yapı içi hava kirliliği konusu incelenmiştir. Yapı içi hava kirliliği kapsamında, kirleticiler tipleri tanımlanmış, kirleticiler kaynağı olarak yapı malzemesi üzerinde durulmuştur. Kirleticiler fiziksel formlarına göre sınıflandırılarak, partiküller içinde mantarlar, uçucu organik bileşikler içinde formaldehit, yapay ahşap levhalardan kaynaklanan en önemli iki kirleticiler oldukları için ayrı bölümler olarak incelenmişlerdir. Bu bölüm kapsamında ayrıca, hava niteliğine bağlı standart kavramı

üzerinde durulmuştur. Uluslararası standartlar ve bu konuda çalışan belli başlı kuruluşlar tanıtılmıştır. Bu kuruluşlara ait yapı içi hava sınır değerleri, mevcut olduğu ve derlenebildiği kadarıyla çizelge halinde sunulmuştur. Yapı malzemelerinde uçucu organik bileşiklerin emisyon standartları da mevcut olduğu ve derlenebildiği kadarıyla bu bölümün sonunda yer almıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde yapay ahşap levhalardan kaynaklanan kimyasal ve biyolojik kirleticiler incelenmiştir. Malzemelerde ve yapı içi hava ilişkisine bağlı olarak malzeme seçiminde dikkat edilecek noktalar, çözüm ve önlem amacıyla geliştirilebilecek veya özellikle sakınılması gereken detaylar araştırılmıştır. Yapay ahşap levhalarda emisyon standartları mevcut olduğu ve derlenebildiği kadarıyla bu bölümde yer almıştır.

Çalışmanın sonuç bölümünde, düşük emisyon etkili yapay ahşap malzeme elde etmeyi sağlayabilecek beş aşamalı bir yaklaşım oluşturulmuştur.

BÖLÜM 2. YAPAY AHŞAP MALZEMELER

Ahşap, iyi bir yapı malzemesi olmasına karşın dezavantajları olan bir malzemedir. Anizotrop oluşu, mukavemetini azaltan doğal kusurları, ağaçtan elde edilebilecek büyük boyutlu malzemelerin kurutulmasının zor oluşu, bunun yanı sıra tomruğun tamamının istenen boyutta malzeme sağlayamayışı bu dezavantajlar arasındadır [Jackson-Dhir,1996].

Ahşabın yapısal ve mekanik özelliklerinin yeterli olmadığı haller için, günümüzün teknik olanaklarıyla nispeten homojen ve izotrop sayılabilecek bir malzeme olarak yapay ahşap geliştirilmiştir. Boyut ve nitelik bakımından yapıda kullanılmaya elverişli olmayan ağaç ve diğer bitkilerin lignoselülozik malzemeleri yapay ahşabın yapımında kullanılırlar. Böylelikle değerli ağaçlardan maksimum yarar sağlanması mümkün olabilmekte, yapay ahşap malzemenin üretiminin fabrika kontrollü oluşu da daha emniyetli detaylar sağlayabilmektedir.

Ahşaptan üretilmiş bu çeşit malzemeler yapım metotlarına göre üç gruba ayrılmaktadır [Eriç,1972; Tok,1999]:

- Tabakalı ahşap malzemeler (kontrplak, kontrtabla, lamine kiriş vb.)
- Aglomere levhalar (talaş levha, yonga levha ve lif levha)
- Niteliği iyileştirilmiş masif ahşap (yoğunlaştırılmış veya emprenye edilmiş prese ahşap)

Yapay ahşaptan hem dekoratif malzeme, hem de strüktürel işlevi olan elemanlar üretilmektedir. Lamine ve laminat parkeleri, lif ve yonga levhalardan üretilen lambrileri küçük boyutlu yapay ahşap levhalar olarak değerlendirmek mümkündür. Yapay ahşap levhalar içinde strüktürel kullanımı en yaygın olan levha türü kontrplaktır. Genellikle karkas sistemlerde dikmeler arasında veya kutu kiriş ve kutu döşeme panellerinde diğer ahşap elemanlara kaplanarak kullanılmaktadır. Yapay

ahşap malzemeden üretilmiş diğer strüktürel elemanlar lamine kirişler ve lamine döşeme panelleri olmak üzere iki çeşittir. Lamine ahşap modüllerin birbirine eklenmesi yoluyla çeşitli uzunluk ve genişliklerde üretilebilirler [Watson,1978].

Bu çalışmanın kapsamına polimer bağlayıcılı kontrplaklar, yonga levha ve lif levhalar alınmıştır.

Kontrplak, yonga levha ve lif levha; dış cephe kaplama paneli, yapı içi kaplama paneli olarak, duvar, döşeme ve tavanlarda akustik amaçlı ve ısı tutucu olarak kullanılan, ayrıca mobilya, bölücü vb. yapıdaki diğer marangozluk işlerinde geniş bir kullanım alanı olan levha malzemelerdir. Yonga ve lif levhalar, üzerlerine gelecek rulo ya da ince plaka halindeki bir döşeme kaplamasına da uygun bir altlık oluşturmaktadırlar. Ayrıca sandviç panolarda yalnızca yüz malzemesi olarak veya hem yüz hem dolgu malzemesi olarak yer alabilirler [Toydemir ve diğerleri,2000].

2.1. KONTRPLAKLAR

Kontrplak, tomruklardan soyma metoduyla elde edilen kaplama levhaların, birbirlerine veya başka bir levha malzemeye yapıştırılması yoluyla elde edilen yapay ahşap levhadır [Bozkurt-Göker,1986].

Kontrplaklarda birim hacim ağırlığı, yonga levhalarda olduğu gibi kullanılan ağacın cinsine ve tutkalın yapıştırma kabiliyetine bağlıdır. Kontrplaklarda yapışma dayanımını çeşitli faktörler etkilemektedir. Kaplamaların elde edildiği ağaç malzemedeki ilkbahar ve yaz odunu oranı, birim hacim ağırlık ve rutubet içeriği, bir yapıştırıcı tarafından ıslanabilme özelliği gibi oduna bağlı özellikler yapışma dayanımını etkiler. Soyma kaplamaların yüzey düzgünlüğü, yüzeydeki yabancı maddeler ve küf mantarları diğer etkenlerdir. Kontrplak yapıştırıcılarının içine katılan sertleştiriciler rutubet absorbe etme özelliğinde oldukları takdirde levhadaki rutubet miktarını artırır. Kaplama levhasının sentetik reçinelerle emprenye edilmesi

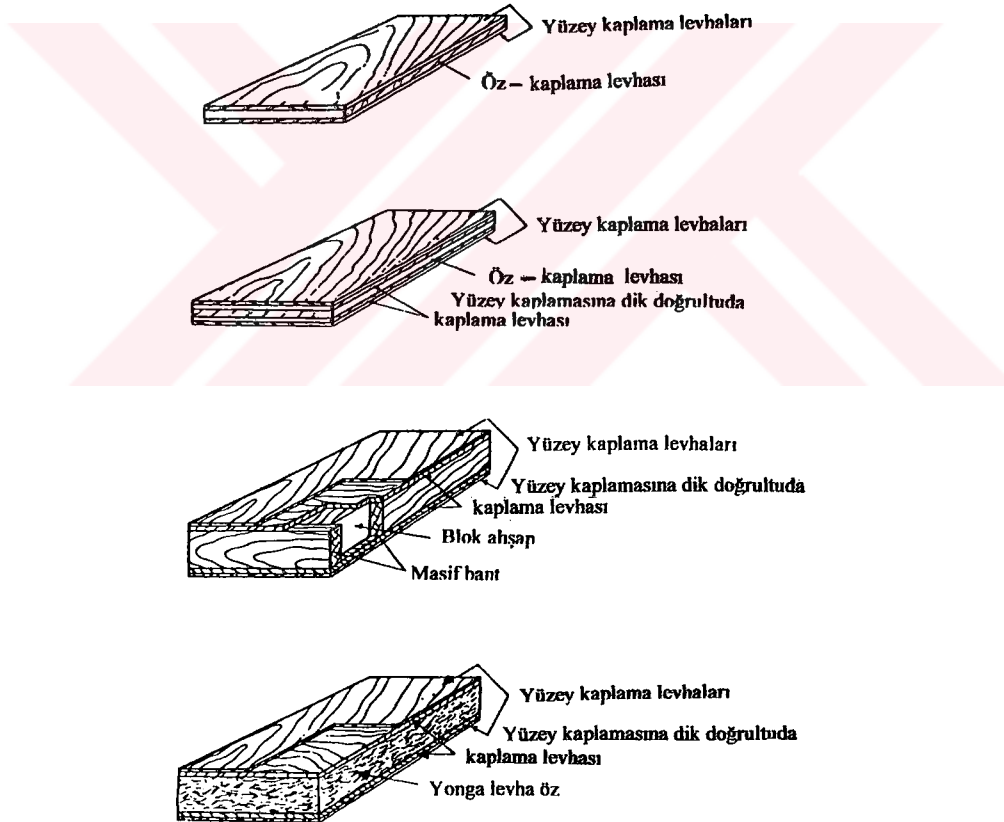
boyutsal stabilite sağlar. Kontrplaklarda boyutsal stabilite sağlamak için, yüzey işlemleri ve kaplamalar yoluyla da rutubet etkisi ortadan kaldırılmaya çalışılır. Bunun için iki veya üç kat boya, vernik, lake uygulanması, polietilenglikol ile muamele, film (sentetik reçine), folyo ve laminatlarla kaplama yollarına gidilir. Film tabakalarının yüzeyinde dekoratif amaçla tekstür (çentikli, fırçalanmış, makineyle desen yapılmış vb.) oluşturmak mümkündür. Yangın ve aşınma dayanımlarını artırmak için metal veya plastik kaplamalar tercih edilmektedir. Bunun için, levhanın iç ve dış tabakalarının kimyasalla işleme sokulması veya yangına dayanımlı laminatlar kullanılması yollarına da gidilmektedir. Tamamen su geçirimsiz yapıştırıcılar kullanılarak ve bütün tabakaların kimyasal maddelerle işleminden geçirilmesi yoluyla, biyolojik tahribata oldukça dayanımlı kontrplaklar üretilmektedir [Callender,1974; Bozkurt-Göker,1986].

Kontrplaklar; ahşabın elde edildiği ağacın cinsine, üretim yöntemine, kullanım yerine, açık hava etkilerine dayanımlarına, tabaka sayısına, yüzey durumlarına ve konstrüksiyon şekline göre tiplere ayrılabilir [Callender,1974; Bozkurt-Göker,1986; TS 4520,1985; DPT,1995; Jackson-Dhir,1996; TS 1303 EN 313-1,1998].

Kontrplaklar kullanılan ağaç cinsine göre; sert odun (geniş yapraklı ağaç cinsinden elde edilen odun) ve yumuşak odun (iğne yapraklı ağaçtan cinsinden elde edilen odun) kontrplakları olarak ikiye ayrılmaktadır. Sert odun kontrplağı, yalnızca yüzey kaplama levhaları veya bütün levhaları sert ağaçtan olan kontrplaktır. Bu özelliği nedeniyle daha çok dekoratif amaçla yapı içinde kullanılmaktadır. Yumuşak odun kontrplağı, bütün levhaları yumuşak odundan olan kontrplaktır. Kullanılan yapıştırıcının özelliklerine göre iç yapı ve dış yapı kontrplağı olarak iki tiptir. Dıştaki ahşap kaplamaların yüzey ve görünüş özelliklerine göre sınıflara ayrılabilir [Callender,1974].

Sert odun kontrplaklarını öz malzemesine göre üç gruba ayırmak mümkündür:

- **Kaplama levhalı sert odun kontrplağı:** Dış tabakaları sert odundan, orta tabakaları sert odun veya yumuşak odundan meydana gelen tamamı kaplama levhalarından oluşan kontrplaklara denir.
- **Blok sert odun kontrplağı:** Ortadaki ahşap blok kısım sert veya yumuşak odundan meydana gelen, her iki yüzü sert odun levhayla kaplı kontrplaklara denir.
- **Karma sert odun kontrplağı:** Orta tabakası yonga levha, plastik köpük, emprenyeli kağıt gibi dolgu malzemesinden meydana gelen, her iki yüzü sert odun levhayla kaplı kontrplaklara denir.



Şekil 2.1. Sert odun kontrplakları [Callender,1974]

Kontrplaklar üretim sistemine göre yaş sistemle üretilen kontrplaklar ve kuru sistemle üretilen kontrplaklar olarak ikiye ayrılmaktadır. Yaş sistemde, kaplamalar

herhangi bir kurutma işlemine tabi tutulmazlar. Kuru sistemde, soyulan levhalar kurutulduktan sonra tutkalanırlar [DPT,1995].

Kullanım yerine göre kontrplak tipleri [TS 4520,1985]:

- Açıkta Kullanılan Yapı Kontrplağı: Yapıların açık hava tesirlerine maruz kalan kısımlarında kullanılmak üzere imal edilmiş kontrplaktır.
- Kapalı Yerlerde Kullanılan Yapı Kontrplağı: Yapıların açık hava tesirlerine maruz kalmayan kısımlarında kullanılmak üzere imal edilmiş kontrplaktır.

Dayanımlarına göre yapı kontrplağı tipleri [TS 4520,1985]:

- Yapışma dayanımı açık hava tesirleri karşısında yetersiz olanlar (YK-20)
- Yapışma dayanımı açık hava tesirleri karşısında yetersiz olanlar, fakat yangına karşı dayanıklı olanlar (YK-20 Y)
- Yapışma dayanımı açık hava tesirleri karşısında yeterli olanlar (YK-100)
- Açık hava tesirine ve yangına karşı dayanıklı olanlar (YK-100 K)

Yapı kontrplaklarından YK-20 ve YK-20 Y tipleri üreformataldehit, YK-100 ve YK-100 K tipleri fenol ve rezorsinolformaldehit veya aynı özellikteki diğer tutkallar ile yapıştırılmış olmalıdır.

Dayanım özellikleri, eğilme dayanımı, yapışma dayanımı, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı dayanıklılık (YK-100 K tipi için), yangına karşı dayanıklılık (YK-20 Y ve YK-100 K tipleri için koruyucu tedbirler alınmış olmalıdır) ve rutubet miktarı olarak belirtilmiştir. Rutubet miktarı, %5-%15 arasındadır.

Tabaka sayısına göre yapı kontrplağı çeşitleri [TS 4520,1985]:

- 3 tabakalı
- 5 tabakalı
- 7 tabakalı
- 9 ve daha çok tabakalı

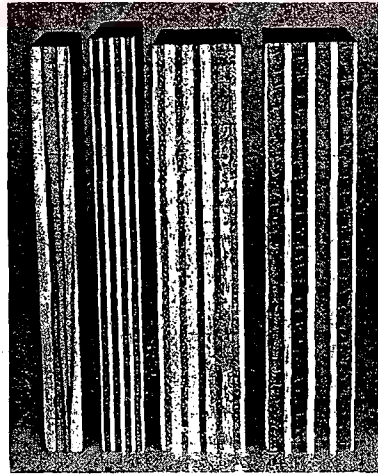
Yüzey durumlarına göre kontrplak tipleri [TS 1303 EN 313-1,1998]:

- Kumsuz levha
- Kumlu levha
- Önceden bitirilmiş (cilalanmış) levha
- Kaplanmış levha (Dekoratif kaplama, film, emprenye edilmiş kağıt vb.)

Kontrplaklar konstrüksiyon tipine göre, kaplama levhaları (kaplama kontrplak), odun özlü ve karma kontrplak olarak üç çeşittir [TS 3103 EN 313-1,1998].

2.1.1. Kaplama Levhaları

En az üç adet kaplama levhasının, liflerin doğrultuları birbirine dik gelecek şekilde yapıştırılmasıyla oluşturulmuş levhalardır. Kaplama levhalarının kalınlığına ve tabaka sayısına bağlı olarak levhanın kalınlığı da değişir. Fabrikadan ön işlemleri çıkmayan levhalarda dış tabakaların yüzeyleri genel olarak tesviyesiz olup, dış kaplama levhasının kalınlığı tesviye işlemi için daha kalın tutulur.



Şekil 2.2. Kaplama levhaları [Jackson-Dhir,1996]

En yaygın olarak kullanılan tutkallar ürefoformaldehit ve fenolformaldehit tutkallarıdır. Soya, kazein tutkalları mikroorganizmalara karşı dayanıksız oldukları için tercih

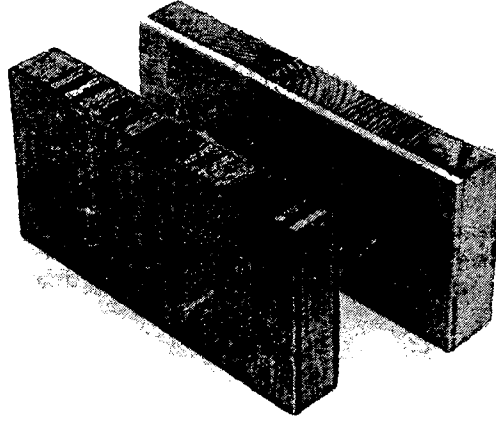
edilmemekle birlikte, küf engelleyici maddeler katılarak kullanılabilirler. Eğer gerekiyorsa tek tek kaplama levhalarına veya bitmiş haldeki levhaya uygun ahşap koruyucu tatbik edilir

Kaplama levhaları, kullanılan yapıştırıcının tipine bağlı olarak, yapı içi ve yapı dışı kontrplağı olarak iki tiptir. Yapı içinde kullanılan kontrplaklarda üreformataldehit tutkalı, yapı dışında kullanılan kontrplaklarda fenolformataldehit tutkalı tercih edilmektedir. Her iki kontrplak tipi de görünüş özelliklerine (dıştaki kaplama levhasının ve yüzey işleminin niteliğine bağlı olarak), kullanım yerine, durabilitesine ve tutkal performansına göre sınıflara ayrılır [Jackson-Dhir,1996].

2.1.2. Odun Özlü Kontrplak

Her iki yüzünde lifler birbirine dik doğrultuda gelecek şekilde en az birer kaplama levhasıyla kaplı, orta kısmını birbirine tutkallı ahşap parçalarının oluşturduğu levhalardır. Ahşap parçalarının boyutlarına göre blok ya da lamine levha olarak iki çeşittir. Üretim işlemleri kaplama levhalarına benzerdir. En yaygın olarak üreformataldehit tutkalı kullanılmaktadır.

Odun özlü levhaların yaygın kullanımı yapı içinde olup, genellikle bölücülerde ve kapı konstrüksiyonlarında kullanılmaktadırlar. Dekoratif amaçla yüzeyin vernikli olarak kullanılacağı durumlarda, odunun estetik değerini tam olarak ortaya koyacak tekniklerle, genellikle kesme yöntemiyle üretilmiş kaplama levhaları kullanılır [Jackson-Dhir,1996].



Şekil 2.3. Lamine levha ve blok levha [Jackson-Dhir,1996]

1.2.3. Karma Kontrplak

Her iki yüzünde lifler birbirine dik doğrultuda gelecek şekilde en az birer kaplama levhasıyla kaplı, orta kısmında yonga levha, plastik köpük, reçine emprenyeli kağıt, ahşap ve lif levha parçaları vb. bulunan levhalardır [Callender,1974].



Şekil 2.4. Karma ve blok levhalı kapı panelleri [Chiara ve diğerleri,1991]

2.2. AGLOMERE LEVHALAR

Küçük ahşap parçalarına (yonga, talaş, testere talaşı, rende talaşı vb.) veya lignoselülozik parçalara (keten iplikleri, kenevir iplikleri, susuz şeker kamışı kırıkları vb.) sıcaklık ve basınç altında yapıştırıcılar eklenmesi suretiyle, talaş levha, yonga levha ve lif levha olarak başlıca üç çeşit olarak üretilen ahşap esaslı levhalara prese aglomere levha adı verilmektedir [TS EN 335-3,1997].

Yumuşak dokulu, parçacıkların gevşekçe bağlandığı ve dayanımın düşük olduğu levhaları tutucu olarak ve akustik amaçla kullanılmaktadır. Daha yoğun ve sert

olanlar, su geçirimsizlik ve alev almazlık özellikleri nedeniyle tercih edilirler. Yalıtım amacı dışında, altlık ya da yüzey kaplama malzemesi olarak veya strüktürel elemanların arasında kullanılabilirler [Eriç,1972; Watson,1978].

2.2.1. Yonga Levha

Yonga levha, odun yongası, testere talaşı, keten lifleri gibi odun veya diğer lignoselülozik malzemenin bir tutkal ilavesi veya tutkalsız olarak (hidrolik yapışma) şekillendirilmesiyle oluşan levhadır. Yakacak odun dahil olmak üzere, yapacak maksatlı odun dışında kalan tüm odun hammaddesi, yonga levha yapımında kullanılabilir. Orijinal lif yapısının özellikleri ve doğal kusurlar ortadan kaldırılmak yoluyla nispeten üniform bir malzeme elde edilir [Jackson-Dhir,1996; Bozkurt-Göker,1985].

Yonga levha, pahalı olmayışı ve düzgün konstrüksiyon teknikleri uygulandığı takdirde dönme yapmayacağı için tercih edilir. Fonksiyon ve maliyetin estetikten daha önemli olmadığı durumlar dışında, kaplamasız olarak kullanılmamaktadır. Dolayısıyla tek başına bir bitiş malzemesi değildir. Yonga levha yaygın olarak yüksek basınç plastik laminatları ve ahşap kaplamalar için altlık oluşturmak suretiyle kaplama paneli, bölücü, tezgah olarak ve mobilya, kapı vb. yapımında kullanılır. Kenarlar, gene yüksek basınç plastik laminatlarıyla, metal veya ahşap bantlarla veya ahşap kaplamalarla kaplanabilir. Vernik, boya ve lake uygulanabilir. İşlem görmemiş kenarlar kesinlikle neme ve aşınmaya maruz bırakılmamalıdır [Callender,1974; Hays ve diğerleri,1995].

Yonga levhalarda birim hacim ağırlığı kullanılan ağaç malzemenin cinsine ve tutkalın yapıştırma kabiliyetine bağlıdır. En uygun ağaç türleri; çam, ladin, köknar, ardıç, sedir gibi iğne yapraklı ağaçlardır. Yapraklı ağaç odunlarının karışıma sokulması halinde, kullanılacak sentetik reçine tutkallarının miktarında artış olmaktadır. Birim hacim ağırlığı düşük olan odun pahalı bir madde olan tutkalı fazla emmesi dolayısıyla maliyeti artırmaktadır. Yongaları ne kadar iyi yapıştırırsa,

tutkaldan o kadar tasarruf sağlanmaktadır. Böylelikle daha düşük birim hacim ağırlığında ve daha ucuz levhalar üretilmiş olmaktadır. Parafinle beraber kullanıldığında, fenolformaldehit ile yapıştırılmış levhalarda birim hacim ağırlığı daha yüksek olmaktadır. Yonga levhalarda su ve nem etkisine bağlı şekil değiştirme özellikleri, içindeki yapıştırıcı ve hidrofobik maddelere, yonga geometrisine bağlıdır. Boyuna yönde şişme, yongaların yeknesak dağılımı ve tutkalın uygun miktarda kullanılmasıyla nispeten düşük bir düzeyde kalmaktadır. Şişme, çanaklaşma, çarpılmaya karşı, hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. Boyut stabilizasyonunun sağlanması açısından da kullanılan hidrofobik maddelerin başında parafin gelmektedir. Parafin tutkalla karışık olarak veya ayrı bir şekilde yongalara püskürtülerek kullanılır. Tutkalla karıştırıldığı durumlarda, fenolformaldehit levhaları, üreformaldehit levhalarına göre daha fazla su emmektedir. Yonganın denge rutubeti; levhanın yapımı sırasında kullanılan tutkalın yüzdesi ile değişiklik göstermektedir. Yonga levhalarda sonuç rutubeti, %67 bağıl nemde, %9±3 kadar olmaktadır.

Yangına dayanıklılık ahşabın diğer bir fiziksel özelliği olup, yapay ahşap levhalarda kullanılan katkı maddelerinin bir grubu yanmayı önleyici maddeleri oluşturmaktadır. Yonga levhalarda mantar ve böceklerle karşı korumayı sağlamak amacıyla emprenye maddeleri kullanılmaktadır. Formaldehitli reçineler de levhaya koruma sağlamakta olup, koruyuculukta tutkal miktarı rol oynamaktadır. Mantar ve böceklerle karşı ve yanmaya karşı koruyucu maddelerin miktarı tutkalın pH değerini etkileyerek, sertleşme ve presleme süresini uzatarak, yapışma direncini, fiziksel ve mekanik özellikleri olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Koruyucu emprenye maddesi olarak sodyumpentaklorfenol kullanıldığında, bu maddenin oranı arttıkça levhanın yüzeye dik yönde çekme dayanımında önemli oranda azalma meydana gelmektedir. Çinko, arsenik, bakır tuzları, boraks, borikasit ve borat ihtiva eden maddeler levha üretimi sırasında tutkala veya yongalara katılarak veya üretimden sonra sudaki eriyikleri basınç altında levhaya emprenye edilerek, yanmaya dayanım sağlanmaktadır. Emprenye maddesi tutkala toz halde ilave edildiğinde, viskoziteyi sağlamak için tutkal miktarı artırılmak zorunda kalınmaktadır. Yanmayı önleyici polimerik

maddeler sıvı halde katıldığından bu sorun ortadan kalkmaktadır. Bu durumda da meydana gelen yüksek rutubet miktarı ayrı bir kurutma işlemini gerektirmektedir. Maddenin cinsi formaldehit reçinesinin sertleşmesini engelleyebilir. Avrupa ülkelerinde üreformataldehyt tutkalı kullanılan levhalarda, amonyumsülfat, fenolformaldehit kullanılanlarda ise amonyumfosfat uygun bulunmaktadır. Fosfat ihtiva eden yanmayı önleyici boyaları levha üzerine kalın bir tabaka halinde sürmek suretiyle de bir dereceye kadar yanmanın azaltılması mümkün olabilmektedir [Bozkurt-Göker,1985].

Yonga levhalar yongaların dağılışı şekline, kullanılan yapıştırıcının tipine, açık hava etkilerine ve yangına dayanımlarına, yüzey durumlarına ve akustik özelliklerine, içerdikleri serbest formaldehit miktarına, tabakalılık durumlarına göre tip ve sınıflara ayrılabilirler [Callender,1974; TS 4947,1986; TS 3482,1988; TS 1617,1988; TS EN 312-1,1999].

Dik yongalı levha, odun ve odunlaşmış bitkilerden üretilen yongaların tutkallandıktan sonra sıcak preslenmesiyle elde edilen, yongaları genellikle yüzeye dik olan levhalardır [TS 3482,1988]. Yatık yongalı levhalarda, yongalar yüzeye paraleldir. Hem dik yongalı, hem yatık yongalı levhalarda yongaların dağılışı şekli gelişmiş güzeldir. Yönlendirilmiş yonga levhalarda yongalar belli doğrultulardaki gruplar halinde yer alırlar.

Yonga levhalar, üreformataldehyt bağlayıcılı ve fenolik reçine bağlayıcılı olmak üzere iki tiptir. Fenolik reçine bağlayıcılar durabilite, yüksek sıcaklık ve nem dayanımı sağlamaktadır. Her iki tipin yüksek, orta ve düşük yoğunluklu sınıfları vardır. Bunlar da kendi içinde mukavemet sınıflarına ayrılabilir [Callender,1974].

Açık hava tesirlerine ve yangına dayanımlarına göre yonga levha tipleri [TS 3482,1988 TS 1617,1988]:

- Açık hava tesirlerine karşı dayanıklı olmayanlar

- Açık hava tesirlerine karşı dayanıklı olmayan, fakat yangına karşı dayanıklı olanlar
- Açık hava tesirlerine karşı dayanıklı olanlar
- Açık hava tesirlerine ve yangına karşı dayanıklı olanlar

Açık hava tesirlerine karşı dayanıklı olan levhalar fenoplastik (fenolik reçineler), dayanıklı olmayanlar ise aminoplastik (üre ve melamin reçineleri) veya benzeri yapıştırıcılarla yapıştırılmış olmalıdır.

Yüzey durumlarına ve akustik özelliklerine göre yonga levha tipleri [TS 4967,1986]:

- Yüzeyleri kaplanmış, verniklenmiş, ve boyanmış olan veya olmayan, ses absorpsiyon değeri yüksek, yatık yongalı hafif levhalar
- Yüzeyleri kaplanmış, verniklenmiş ve boyanmış olan veya olmayan, yüzeyi profilli ve ses absorpsiyonu değeri yüksek olan dik yongalı, delikli levhalar
- Yüzeyleri kaplanmış, verniklenmiş ve boyanmış olan veya olmayan, yüzeyi profilli ve ses absorpsiyon değeri yüksek olan dik yongalı levhalar
- Yüzeyleri kaplanmış, verniklenmiş, ve boyanmış olan veya olmayan, yüzeyi profilsiz ve ses absorpsiyon değeri yüksek olan dik yongalı delikli levhalar

Yüzeylerinin zımparalı veya zımparasız oluşlarına göre de yonga levhalar iki tipe ayrılabilir [TS 1617,1988].

Tabakalılık durumlarına göre yonga levha tipleri [TS 1617,1988]:

- Tabakalı
- Tabakasız
- Tabakaları belirsiz

Serbest formaldehit miktarına göre yonga levha sınıfları (100 g tam kuru levhada, mg olarak ekstrakte edilebilen formaldehit miktarı) [TS EN 312-1,1999]:

- Sınıf I levhada formaldehit miktarı $\leq 8 \text{ mg/100 g}$
- Sınıf II levhada formaldehit miktarı $> 8 \text{ mg/100 g} - \leq 30 \text{ mg/100 g}$

Açık hava etkilerine ve yangına karşı dayanıklı olması gereken levhalarda, kuru yonga ağırlığının $\%2 \pm \%0.5$ oranında suda çözünebilen ve insan sağlığı için zararlı olmayan emprenye maddeleri ile emprenye edilerek koruyucu tedbirler alınmış olmalıdır. [TS 3482,1988; TS 1617,1988].

Yonga levhaların TS 312-2 ve TS 312-7 standartlarına uygun olarak işaretlenmesi gerekmektedir. TS EN 312-2 standardına göre, işaretleme aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- Firma adı, ticari marka ve işareti
- Bu standardın numarası TS EN 312-2 şeklinde
- Anma kalınlığı
- Formaldehit sınıfı
- Harman numarası veya üretim haftası ve yılı

Son yıllarda, daha uzun ve geniş yongalara sahip ve yongaların aynı doğrultuda yönlendirilmeleriyle üretilen levhalar yaygınlık kazanmıştır. Yönlendirilmiş yonga levhalar olarak isimlendirilebilecek bu levhalar ve gelişigüzel dağılı levhalarla beraber, yonga levhalar iki grupta incelenecektir.

2.2.1.1. Gelişigüzel Dağılı Yonga Levha

Tomruk ve kereste elde edilirken kesme, biçme ve rendeleme gibi işlemlerden arta kalan ahşap parçaları ya da tomruğun kendisi istenen büyüklük ve şekilde daha küçük olarak parçalanır. Tomruk ya da kütükler genellikle kabuğu soyulmuş tercih edilmektedir. Daha sonra kurutulan yongalar istenen boyutun üstündeki yongalardan ve toz denebilecek küçüklükteki ince malzemedan ayrılır. Ayrılan yongalar, levhanın iç kısmında daha iri, yüzey kısmında daha ince olan yongaların tercih edildiği

levhalar (tabakalı yonga levhalar) için iki gruba ayrılır. Miktarı dikkatlice ayarlanan ve genel olarak ürefoformaldehit olmak üzere bir reçineyle karıştırılan yongalar, levha kalıbına gelişigüzel yayılır. Pürüzsüz yüzey elde edilmek istenen durumlarda, ortaya kalın yongalı karışım, alta ve üste ince yongalı karışım gelecek şekilde dökülen malzeme, daha sonra yüksek sıcaklık altında istenen kalınlığa preslenir. Yüzey kısmın kaba yongalı, iç kısmın ince yongalı olduğu levhalar da üretilmektedir.

Strüktürel amaçlı levhalar, kutu kirişlerde ve panellerde kontrplağın yerini alabilmekte, I kirişlerde kullanılabilmektedir [Jackson-Dhir,1996].

2.2.1.2. Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB)¹⁾

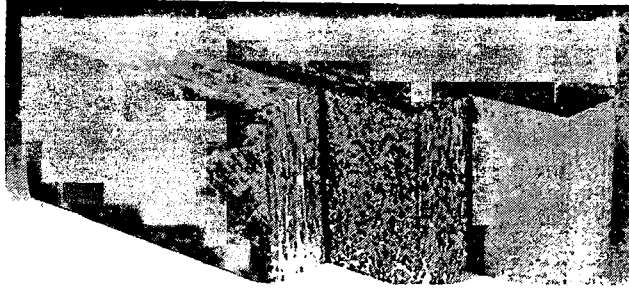
Küçük yuvarlak odunlardan ya da kontrplak kaplama levhalarının soyulmasından sonra tomruklarda geriye kalan yuvarlak odunlardan kesilen, kalınlığı 1 mm'den az yongalardan

üretilir. Yongaların biçimi dikdörtgene yakın olup, uzunlukları 75 mm ve katları kadardır. Yönlendirilmiş yonga levhanın diğer bir tipinde, iç kısımdaki yongaların dağılımı yine gelişigüzel olmakta, her iki yüzey bölgesindeki yongalar yönlendirilmiş olarak yerleştirilmektedir²⁾. Üretim aşamaları gelişigüzel yonga levhaların üretim aşamalarına benzer olup, kesilmiş parçalar, kurutulduktan sonra balmumuyla spreyleneir. Daha sonra toz halinde fenolformaldehit veya başka bir reçine bu parçalarla karıştırılarak, reçinenin balmumuna yapışması sağlanır. Elde edilen karışım levha halinde serilerek yüksek sıcaklıkta preslenir.

Strüktürel amaçlı olanlar gerilmenin çok fazla olmadığı noktalarda kontrplağın yerini alabilmektedirler [Jackson-Dhir,1996].

¹⁾ İng. oriented strand board

²⁾ İng. waferboard



Şekil 2.5. Yönlendirilmiş yonga levha, gelişigüzel dağılı yonga levha, MDF
[Jackson-Dhir,1996]

2.2.2. Lif Levha

Ahşap dokusunun liflerine kadar ayrıştırılması sonucunda, kusurların ve anizotropinin azami ölçüde giderildiği levha türüdür. Lif levhalar, üretim yöntemine, birim hacim ağırlığına ve içerdikleri serbest formaldehit miktarına göre sınıf ve tiplere ayrılabilir [DPT,1995; TS 641 EN 622-1,1999].

Lif levhalar, ıslak yöntem, yarı kuru yöntem ve kuru yöntem olmak üzere üç ayrı yöntemle üretilirler. Yöntemleri birbirinden ayıran en önemli faktör, liflerin transportunu ve levha taslağının oluşumunu sağlayan ortamdır. Islak yöntemde bu amaçla su kullanılırken, yarı kuru ve kuru yöntemde pnömatik veya mekanik yollardan yararlanılır. Kuru ve yarı kuru sistemlerde bağlayıcı madde olarak sentetik (polimer) tutkal kullanma zorunluluğuna karşılık, ıslak sistemde odundaki mevcut bağlayıcı maddeler yeterli olmaktadır. Kuru işlemde lifler kurutma fırını içine konarak, üreformatdehit veya başka bir sentetik reçineyle karıştırılır. Daha sonra kesilerek ısıtılıp, preslenir. Islak yöntemle üretilen levhaların yalnızca bir yüzü düzdür, diğer yüzünde ele izleri bulunmaktadır. Kuru yöntemle üretilmiş lif levhaların iki yüzü de düzdür [DPT,1999; Jackson-Dhir,1996].

Lif levhalar birim hacim ağırlıklarına göre sert, orta sert ve yumuşak lif levhalar olmak üzere üç tiptir. Yumuşak ve sert levhalar genellikle ıslak işlemle üretilmektedir. Sert lif levhada, lifler ıslatıldıktan sonra çelik hasır üzerine tabaka şeklinde yayılıp, suyu süzdürülür. Suyu süzüldükten sonra tekrar hasır bir kalıba

konup, kalan su akıtıldıktan sonra levha taslağı ısıtılarak, ligninin lifleri bağlaması sağlanır. Yumuşak levhalarda, ıslak haldeki levha doğrudan kurutma fırınına sokularak nemi alınır ve liflerin birbirine yapışması sağlanır [DPT,1999; TS 641 EN 622-1,1999; Jackson-Dhir,1996].

TS 4894 EN 120 perforatör testiyle belirlenmiş formaldehit potansiyeline göre, % 6.5 rutubete sahip lif levhalar A ve B sınıfı olarak ikiye ayrılmıştır. Buna göre perforatör değerleri (100 g levhada mg olarak serbest formaldehit miktarı) aşağıdaki gibidir [TS 641 EN 622-1,1999]:

- A sınıfı lif levhada formaldehit potansiyeli ≤ 9 mg/100 g
- B sınıfı lif levhada formaldehit potansiyeli ≤ 40 mg/100 g

2.2.2.1. Yumuşak Lif Levha (Yalıtım Levhası)

Yumuşak lif levha veya yalıtım levhaları, yoğunlukları 350 kg/m^3 'ten düşük olan lif levhalardır. Yumuşak lif levhalara presleme işlemi uygulanmaz. Levha taslağı kurutma kanallarında kurutularak üretim tamamlanmış olur [DPT,1999].

Yumuşak yalıtım levhalarının yüzeylerine vernik uygulanabilir. Fabrikada veya sonradan yüzey dolgusu ve macunu yapılarak yerinde boya uygulanabilir. Akustik özelliklerini artırmak için yüzeyde delikler açılabilir. Yumuşak lif levhalarda rutubet miktarı %4-%9 arasında belirlenmiştir. Neme, küfe, termitlere ve yangına dayanım açısından üretim sırasında katkı maddeleri ilave edilir veya sonradan emprenye işlemi uygulanır. Yoğunluk, ısı iletkenliği, mukavemet özellikleri, su emicilik, doğrusal genleşme özelliklerinin yanı sıra, yapı içinde kullanılan levhalar için, yüzey bitişlerinin yangına dayanımlarına göre standartlar saptanır [Callender,1974].

Strüktürel özelliklerini geliştirmek için, özellikle kaplama altına konan yalıtım levhalarının ve kalıplık levhaların yoğunlukları artırılır veya laminasyon yoluna

gidilir. Bu lamine levhalar sandviç panellerde dolgu paneli olarak da kullanılabilir. Esasta ısı tutucu olarak üretilen yumuşak lif levhalarının cephe kaplama levhası, cephe yalıtım levhası, yapı içi kaplama levhası, akustik levha, çatı levhası, çatı yalıtım levhası, döşeme yalıtım levhası olmak üzere çeşitli tipleri üretilmektedir [Callender,1974].

Cephe kaplama paneli

Yüksek yoğunlukta, suya dayanımlı levhalardır. Düşey derzler V şeklinde, yarım geçme ya da baskı binisiyle oluşturulabilir. Levhalar yukarıdan aşağıya doğru üst üste bindirilerek suyu kaydırılabilecek şekilde detaylandırılabilir.

Cephede kullanılan yalıtım levhası

Yapı dışı kaplama levhalarının altında, çatı ve duvarlarda yalıtım amacıyla kullanılan levhalardır. Katkı maddesi katılarak, emprenye edilerek, bitümlü kağıtla ya da asfaltla kaplanarak suya dayanıklı hale getirilirler. Normal ve yüksek yoğunluklu olarak üretilirler. Yüksek yoğunluklu tuğla kaplama, sıva ve kaplama levhası altında kullanılırlar.

Yapı içi kaplama paneli (Yapı levhası)

Yapı levhası, yapı içinde dekoratif amaçla, duvar ve tavan bitirme malzemesi olarak kullanılmaktadır. Standart kalınlıkları olduğu gibi, levhalar lamine edilerek daha kalın levha üretilmektedir. Panellerin birleştirilmesinde açık, gizli ve çatalı olmak üzere pek çok birleştirme tekniği kullanılmaktadır. Levhalar doğrudan birbirlerine yapıştırılarak da birleştirilebilmektedirler. Yüzey işlemsiz olarak veya boyaya hazır hale getirilmiş olarak üretilmektedirler. Birleşim yerlerini tamamen örtecek şekilde duvar kağıdıyla, kanvasla veya diğer kaplamalarla kaplanabilmektedirler.

Akustik levha

Akustik amaçla delikli veya tekstürlü olarak üretilen yüzeylere aynı zamanda boya, vernik, reçine filmi veya yangına dayanım işlemi uygulanmış olabilir. Vidalama, asma veya yapıştırma yoluyla tespit edilebilirler.

Çatı levhası

Çatı konstrüksiyonunun üzerine yerleştirilen ve taşıyıcı elemanlarla birlikte içerden görünen dekoratif özellikteki levhalardır. Ayrıca akustik amaçlı yüzey işlemleri uygulanmış olabilir. Birleşim yerleri genellikle geçme olmaktadır. Duvarla birleşim yerindeki kenarlar su buharına karşı yalıtılmalıdır. Üst kısmı asfalt emprenyeli bir tabaka, arada buhar kesici olacak şekilde üç katmanlı levha olarak da üretilebilirler.

Çatı yalıtım levhası

Genellikle yapı levhasıyla aynı yoğunlukta üretilirler. Çatı kaplamasının altında yer alırlar. Aynı zamanda yalıtım membranını koruyucu işlev görürler. Yüzeyleri asfaltla kaplı ya da sade olabilir. Asfaltla emprenye edilmiş tipleri de üretilmektedir.

Döşeme kaplaması altında kullanılan yalıtım levhası

Halı, seramik ve parke kaplamaya altlık oluşturmak, ses ve ısı yalıtımı sağlamak amacıyla ahşap veya beton döşemenin üzerine uygulanır. Beton döşeme üzeri için katkı maddeli veya asfalt emprenyeli levhalar kullanılır. Soğuk veya sıcak asfalt mastikle ya da üreticinin tavsiye ettiği başka bir yapıştırıcıyla döşemeye yapıştırılır.

2.2.2.2. Orta Sert Lif Levha (MDF)¹⁾

Orta sert lif levhaları üretim yöntemine göre iki grupta incelemek mümkündür. Islak yöntemle ve tek tabakalı olarak üretilen orta sert lif levhalarda birim hacim ağırlığı 400-800 kg/m³ arasında değişmekte, levha kalınlığı 6-12 mm olmaktadır. Bu levhalar genellikle inşaat sektöründe kullanılmaktadır. Kuru yöntemle üretilen tek veya çok tabakalı levhalarda birim hacim ağırlığı 600-850 kg/m³, levha kalınlığı 10-19 mm olmaktadır. Yerli ve yabancı kaynakların bazılarında yalnızca kuru işlemli orta sert lif levhalar MDF olarak adlandırılmaktadır. Bu levhalar genellikle mobilya

¹⁾ İng. medium density fiberboard

endüstrisinde kullanılmaktadır. Değişen fiziksel koşullara göre stabil bir özellik göstermektedir. Kuru işlemli orta sert lif levhalarda rutubet miktarı %4-%11 olarak belirlenmiştir. Standart tipin yanı sıra neme dayanımlı tipi de üretilmekte olup, yapı içinde bitiş ve yalıtım malzemesi olarak kullanımı giderek artmaktadır. Yüzey işlemleri için kusursuz bir yüzey niteliğine sahiptir. Pürüzsüz yüzeyi nedeniyle beton kalıbı olarak da doğal ahşabın yerini alabilmektedir [DPT,1999; Jackson-Dhir,1996; TS 64-1 EN 622-1,1999].

2.2.2.3. Sert Lif Levha

Sert lif levhaların birim hacim ağırlığı 800 kg/m^3 'ün üzerinde olup, ıslak ve kuru yöntemle üretilenler [DPT,1999].

Sert levhalar için rutubet miktarı %4-%9 olarak belirlenmiştir. Rijitlik, sertlik, mukavemet, suya ve aşınmaya dayanıklılık gibi özelliklerin geliştirilmesi için değişik malzeme ve üretim işlemleri kullanılır. Bu işlemlerden en önemlisi tempere işlemidir. Özellikle kuru koşullarda kullanılmak üzere üretilen kutu kirişler ve paneller için tempere sert lif levhalar üretilmektedir [Callender,1974; Jackson-Dhir,1996].

Sert lif levhalar yüzey durumlarına ve kullanım yerlerine göre sınıflandırılabilir (Callender,1974].

Sert levhalar fabrikadan üç çeşit yüzey kalitesinde çıkar:

1. Kısmi ve tam nitelikte ön işlemler: Tam bitmiş olanlar koruyucu bir madde uygulanmış ve daha fazla bir işlem istenmeyen yüzeylerdir. Kısmi işlem görmüş olanlar, dolgu ve astarı yapılmış olan, sonradan özellikle yağlı boya, emaye boya, lateks boya uygulanacak yüzeylerdir.

2. Makineyle oluşturulmuş desenler: Fabrikada, sentetik reçine yüzeyler üzerine, sepet örgüsü, ahşap görünüm, boya bantları, pütürlü ve çentikli desenler oluşturulur.

3. Kaplamalı yüzeyler: Fabrikada yüzey bir folyo ya da laminatla kaplanır. Bu kaplamalarda ahşap taklidi vb. desenler oluşturulabilir.

Kullanım yerine göre sert lif levhalar; adi sert levha, yapı içi kaplama paneli ve cephe kaplama paneli olarak başlıca üç tipte üretilmektedir.

Adi sert levha

Standart, tempere, servis tipi ve endüstriyel amaçlı olarak sınıflara ayrılmaktadır. Her bir sınıf kendi içinde işlem metoduna bağlı olarak yüzey bitiş sınıflarına ayrılmaktadır. Kalınlık, çekme ve kırılma mukavemeti, su emme oranı levha sınıfına göre değişmektedir.

Standart sınıf, linolyum, asfalt, plastik ve benzeri döşeme kaplama karolarının altında altlık olarak kullanılır. Karma levhalı, binisiz kapılarda yüzey paneli olarak kullanımı çok fazladır. Akustik veya başka amaçlarla kullanılmak üzere delikli olarak üretilmiş tipleri mevcuttur. Yapıştırma yoluyla, çivi, vida vb. bağlantı elemanlarıyla tespit edilirler.

Tempere sert lif levhalar yaygın olarak beton kalıbı yapımında kullanılmaktadırlar.

Yapı içi kaplama paneli

Standart ve tempere sert levhalara neme, aşınmaya, kimyasal maddelere dayanım ve alev almazlık gibi özelliklere göre sınıflara ayrılan dekoratif bitişler uygulanarak, yapı içinde kullanılmak üzere kaplama panelleri üretilmektedir. Dekoratif bitişli levhalar olarak da adlandırılmaktadırlar. Akustik veya başka amaçlarla kullanılmak üzere delikli olarak da üretilirler. Yapıştırma yoluyla, çivi, vida veya bağlantı elemanlarıyla duvar ve tavanlara tutturulurlar.

Cephe kaplama paneli

Geçmeli veya düz kenarlı olarak tempere levhalardan üretilen kaplama panelleridir. Yüzey işlemsiz olarak veya daha sonra boyanmak üzere yüzeyi ve kenarları işleminden geçmiş olarak iki çeşidi vardır. Cepheye altlıklı veya altlıksız olarak tutturulurlar.

2.3. YAPAY AHŞAP LEVHALARIN YAPISINA GİREN MALZEMELER

Kontrplak, yonga levha ve lif levhaların yapısına giren malzemeler yapıştırıcılar, katkı maddeleri, kaplama malzemeleri ve yüzey işlem malzemeleri olarak dört grupta incelenebilir. Katkı maddeleri genellikle yapıştırıcıların içine katılmakla birlikte, kaplamaların ve yüzey işlem malzemelerinin yapısında da katkı maddeleri bulunur.

2.3.1. Yapıştırıcılar

Kontrplak, yonga levha ve lif levhalarda kullanılan yapıştırıcılar organik bağlayıcılar grubuna giren yapay reçinelerden veya polimerlerden elde edilmektedir. Polimerler; petrol, doğal gaz, kömür, odun ya da bitki liflerinden üretilen ve monomer adı verilen küçük organik molekül bireylerinin polimerizasyonu ile oluşan maddelerdir. Bunlara plastikler veya reçinler de denmektedir [Watson,1978; Onaran,1985].

Yapay polimerler; termosetler, termoplastikler ve elastikler olarak üç gruba ayrılmaktadır. Belli başlı termoset ve termoplastik polimerler yapıştırıcı formülasyonlarında uygulama bulmaktadır. En bilinen termosetler; epoksi ve polyester, en bilinen termoplastikler ise; akrilik ve polivinilasetat (PVA) reçineleridir [Özdemir,1997; Hall,1981]. Termoset yapıştırıcılardan olan fenolik (fenolformaldehit, rezorsinolformaldehit) ve amino (üreformaldehit, melaminformaldehit) reçineler basınçla ve sıcaklıkla kürlenerek yapışırlar.

Termoset ve termoplastik reçineler kuruma ve yapışma şekillerine göre beş grupta toplanmaktadır [Hall,1981]:

- Likit fazın kaybıyla yapışan su veya organik likitler içinde dağılan termoplastik emülsiyonlar
- Solvent kaybıyla yapışan termoplastik solüsyonlar
- Solventsiz termoplastikler (hot-melt)
- Kimyasal reaksiyonla bağ kuran termosetler
- Yerinde polimerize olan monomerler

Günümüzde belli başlı Avrupa ürünü MDF'lerde, doğal kaplama yapıştırılmasında E1 sınıfı (reçine formülünde, formaldehitin üreye oranı düşük olan) formaldehit reçineleri kullanılmaktadır. Bu ürünlerin kaplamalı, masif, PVC, polyester ve laminatlı kenarları için poliüretan yapıştırıcı (yerli piyasadaki kontakt tutkalı) kullanılmaktadır. Yine kaplama ve dekor kağıdında, solventsiz termoplastik (etilvinilasetat-EVA, poliüretan) yapıştırıcılar, PVC folyolarda emülsiyon (etilvinilasetat-EVA, polivinilasetat-PVA) yapıştırıcılar tercih edilmektedir [EGGER,2000].

Kontrplak, yonga levha ve lif levhalarda kullanılan sentetik reçineler; üreformaldehit, fenolformaldehit, melaminformaldehit, rezorsinolformaldehit reçineleri, izosiyanat ve PVA tutkalarıdır [Bozkurt-Göker,1985; Bozkurt-Göker,1986].

2.3.1.1. Üreformaldehit

Üreformaldehit reçinesi, sulu bir ortamda dağılmış üre ve formaldehitin yüksek moleküllü ağır polimeridir. Amino reçineler grubuna girmektedir. Özellikle yüzey düzgünlüğü ve boyutsal stabilitenin önemli olduğu yonga levhalarda ve MDF'de tercih edilmektedir. Reçine formülasyonunda üre ile formaldehit arasındaki molar oran genellikle 1,4-2,0 arasında verilmektedir. Daha düşük oranlar levhalarda formaldehitin açığa çıkmasını azaltır. Ancak reçinenin sertleşme hızı da yavaşlar.

Hızlı bir sertleşme için katalizörlere ihtiyaç vardır. Katalizör olarak amonyumsülfat ve amonyumklorür ilave edilmektedir. Ağaç türünün pH'sı da sertleşme üzerinde etkili olmaktadır. Tutkalın viskozitesini ayarlamak ve ucuzlatmak amacıyla katkı maddeleri ilave edilmektedir. Bunlar patates nişastası, çavdar unu gibi maddelerdir. Üreformaldehit tutkalının suya dayanıklı tiplerinde sertleştirici olarak melamin tuzları ve rezorsinol kullanılmaktadır.

Formaldehit uzun zaman periyotlarında yavaş yavaş serbest kalmaktadır. Bu durum sıcak ve rutubetli şartlar altında artış göstermektedir. Formaldehitin olumsuz etkisi, üzerine herhangi bir madde sürülmemiş veya kaplanmamış levhalar bulunan küçük odalarda önemli sorunlar ortaya çıkarmaktadır [Bozkurt-Göker,1985; Bozkurt-Göker,1986].

2.3.1.2. Fenolformaldehit

Formaldehitin ve fenolün alkali bir katalizör yardımıyla reaksiyona girmesi sonucunda elde edilmektedir. Fenolik reçineler üre reçinelerinden daha yavaş olarak ve daha yüksek pres sıcaklığında sertleşirler.

Asidik bir sertleştiriciyle sertleşen tip ve sıcaklık etkisiyle sertleşen tip olmak üzere iki tipi bulunmaktadır. Asit ve alkali katalizörler presleme süresini hızlandırır. Reçine sertleştikten sonra ısıya ve kimyasal maddelere karşı direnç kazanır. Sıcaklık etkisiyle sertleşme mükemmel bir boyutsal stabilite sağlamaktadır [Bozkurt-Göker,1985].

2.3.1.3. Melaminformaldehit

Genellikle toz halinde, renksiz, amino reçineler grubuna giren bir yapıştırıcıdır. Diğer reçinelere göre pahalıdır. Melamin reçinesi herhangi bir sertleştirici katılmadan sertleşebilmektedir. Bir sertleştiriciye gerek olup olmaması presleme süresine bağlıdır. Hava etkilerine, kaynar suya ve mikroorganizmalara karşı dayanıklı

bulunmaktadır. Dış koşullarda kullanım açısından üre reçinelerinden daha etkili, fenollü reçinelerden ise daha az etkilidir [Bozkurt-Göker,1985; Bozkurt-Göker,1986].

2.3.1.4. Rezorsinolformaldehit

Fenol ile formaldehitin baz katalizörlü tepkime ürünü olan rezol reçinesidir. Bu işlemde yeterli miktarda formaldehit ilavesi ile termoset bir reçine elde edilir [DPT,1994].

Piyasada rezorsinolformaldehit adı verilen yapıştırıcıların çoğu fenolformaldehit reçinesi ile karıştırılmış veya kondanse edilmiştir. Rezorsinolformaldehit, kontrplakların yapıştırılmasında kullanılan tutkallar arasındadır. Sertleştirici madde olarak genellikle paraformaldehit kullanılır. Levha yüzeyindeki yarıkları doldurma özelliği çok yüksektir. Şiddetli dış tesirlere ve kaynar suya karşı son derece dayanıklıdır [Bozkurt-Göker,1986].

2.3.1.5. İzosiyanat

Daha çok yönlendirilmiş yonga levhalarda MDI (diphenylmethane di-isocyanate) olarak tercih edilmektedir. Bu yapıştırıcının faydası sistemde su içermemesidir. Tutkalın tümü bir yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır.

Suya, sulandırılmış asitlere karşı iyi bir dirence sahiptir. Üretanli bir madde olduğu için hidrofobiktir. Suya karşı dayanıklılığından dolayı dış hava koşullarında kullanılmaya elverişlidir. Olumsuz yanları fiyatının yüksek oluşu ve üretimi esnasında sağlık sorunlarına yol açmasıdır [Bozkurt-Göker,1985].

2.3.1.6. PVA (Polivinilasetat)

PVA tutkalı, vinilasetat monomerlerinin sulu ortamdaki polimerizasyonu ile elde edilen polivinilasetatla, bazı katkı maddeleri içeren sulu emülsiyonlardır. Plastik tutkal, beyaz tutkal, soğuk tutkal, dispersiyon tutkalı gibi çeşitli isimlerle tanınır. Termoplastik bir yapıştırıcıdır. Fiziksel olaylar sonunda kurur. Sertleşmesi için sertleştirici veya katalizör ilavesine gerek yoktur. Sertleşmesi likit kısmın buharlaşmasına bağlıdır. Bu özelliğinden dolayı nemli ortamlarda bünyesine nem çeker. Aldığı su ile yumuşar. Verniklerin eritici sıvıları da plastik tutkalı etkiler. Polyester vernik, plastik tutkalla yapıştırılan işlerde kusurlu bir film tabakası oluşturur. Yağlı boya, lake benzeri örtücü boyalarda plastik tutkal kullanılabilir. Normal plastik tutkalla (katkı gereçleriyle özelliği geliştirilmemiş) kaplama yapıştırmanın bazı sakıncaları vardır. Özellikle tutkalın gözeneklerden çıkması halinde sakınca artar. Böyle bir yüzeyde su boyaları tutmaz, düzgün ve dengeli bir renklenme sağlanamaz. [Akkılıç,1998; Bozkurt-Göker,1985; Şanıvar,1991]. Bu özelliklerinden dolayı kullanımı sınırlı olmakla birlikte, polivinilasetat tutkalının uygulamada soğuk olarak kullanılma, kolay sürülme, hızlı sertleşme, kokusuz ve yanmaz olma, ahşabı boyamama gibi avantajları vardır.

PVA tutkalının suya karşı dayanıklılığını artırmak için tutkala bir miktar etilenglikol katılmaktadır [Akkılıç,1998]. Glikoller cila, reçine, vernik, boya endüstrisinde kullanılmakta olup sağlık açısından üretim ortamındaki konsantrasyonları sınırlandırılmıştır.

2.3.2. Katkı Maddeleri

Yapay ahşap levhalara katılan katkı maddeleri, koruyucu (emprenye), sertleştirici, hidrofobik ve yanmayı önleyici maddeler olmak üzere başlıca dört gruba ayrılmaktadır. Koruyucu maddelerin, yanmayı önleyici maddelerin ve levha içindeki formaldehiti tutucu katkı maddelerinin levhaların yapıştırıcıya bağlı durabilitesini azaltma sakıncaları olabilmektedir.

2.3.2.1. Koruyucu Maddeler

Yapay ahşap levhalarda, biyolojik tahribat karşısında mücadele ve iyileştirme söz konusu değildir. Mantar veya böcek istilasına uğramış olan malzemenin değiştirilmesi gerekmektedir [Hilditch,1994].

Yonga levhalarda kullanılan başlıca koruyucu maddeler, tutkala katılan pentaklorfenol, sodyumpentaklorfenol, bakırpentaklorfenol, sodyumflorür, kromlu bakırarsenat, amonyaklı bakırarsenat maddeleridir [Bozkurt-Göker,1985].

Kontrplak ve kontrtablalarda ahşap malzemenin emprenye edilmesi yoluna gidilmektedir. Lyctus böceklerine karşı bor veya borflorür karışımları, mavi renk mantarları ve küf mantarlarına karşı sodyumpentaklorfenat, böceklerle karşı banzenhegzaklorür kullanılmaktadır. Yine mantarlara karşı, tri-bütil-tinoksit, pentaklorfenol ve naftenatlar kullanılmaktadır. Son yıllarda gelişmiş ülkelerde yapı içinde daha güvenli olmaları açısından Celcure-A ve Tanalith-C ticari adları altındaki maddeler kullanılmaktadır. Yine gelişmiş ülkelerde sodyumpentaklorfenat yerine; captafol, folpet, bakır 8-kinolinat, TCMTB maddeleri tercih edilmektedir.

Emprenye işleminde sonra solventin buharlaşması için yeterli süre beklenmelidir. Aksi takdirde yağlı boya kabarmaları söz konusu olacaktır [Bozkurt ve diğerleri,1993].

Pentaklorfenol (PCP), İngiltere’de artık kullanılmamaktadır. Tribütiltinoksit (TBTO) kıta Avrupası’nda tamamen yasaklanmıştır. Bakır/krom/arsenik (CCA), ahşaba tamamen yayılmasına karşın, arsenik içeriği açısından araştırma altındadır. Gelişmiş ülkelerde alternatif arayışlar arasında biyokontrol araştırmaları da yoğunluk kazanmıştır. Ağaç, anatomik yapısına müdahale edilmek suretiyle mikroorganizma gelişimine elverişsiz hale getirilmektedir [Jackson-Dhir,1996].

2.3.2.2. Yanmayı Önleyici Maddeler

Yangına dayanım açısından yonga levhalara çinko, arsenik, bakır tuzları, boraks, borikasit ve borat ihtiva eden maddeler katılmaktadır. Avrupa ülkelerinde üreformataldehyt tutkalı kullanılmış levhalarda amonyumsülfat, fenolformaldehit kullanılanlarda ise amonyumfosfat yanmayı önleyici madde olarak kullanılmaktadır [Bozkurt-Göker,1985].

Kontrplak ve kontrtablalarda yüzeye, alev karşısında köpük yapan emprenye maddeleri sürülmektedir. Bu maddeler amonyumsülfat ve amonyumfosfat yanı sıra diğer suda çözünen tuzlar, borakslı diamonyumfosfat ve formaldehit emülsiyon karışımları, üreformataldehyt, titanyumdioksit gibi organik bileşiklerdir. Yangın esnasında yüzeyde köpük tabakası oluşumunu engellediği için, bu koruyucu maddelerin üzerine boya sürülmemesi gerekmektedir. Kontrplak kaplama levhalarının emprenye işleminden sonra yapıştırılmasında bazı sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Yapışma yerlerinden ayrılma gibi olumsuz etkiler görülebildiğinden, emprenye işleminden sonra yüzeyler kurutulmalı ve tutkallamadan önce yüzeylerdeki tuzlar temizlenmelidir. Yanmayı önleyici madde ile emprenye edilmiş ağaç malzemede rutubet miktarının artması ve yüzeyde tuzların bulunması boya tabakasını da etkilemektedir [Bozkurt ve diğerleri,1993].

2.3.2.3. Hidrofobik Maddeler

Yapay ahşap levhalarda boyut stabilizasyonu sağlamak, şişme, çanaklaşma ve çarpılmanın önlenmesi amacıyla hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. Kontrplaklarda, levha hidrofobik maddelerin içine daldırılır. Bu maddeler genellikle doğal reçineler, parafin gibi mumlu maddeler, pentaklorfenol gibi zehir etkisi olan maddelerdir. Yonga levhalarda ise daha çok parafin karıştırılması yoluna gidilir [Bozkurt-Göker,1985; Bozkurt ve diğerleri,1993].

2.3.2.4. Sertleştiriciler

Sertleştirici maddeler diğer bir katkı maddesi grubu olup, tutkalın sertleşme süresini kısaltmak için kullanılan maddelerdir. Amonyumklorür ve hegzametilentetraamin, üreformaldehit tutkallarının hızlı sertleşmesi için kullanılmaktadır.

Yonga levhalarda, üreformaldehit tutkalı içine nişadır-amonyak-su karışımı sertleştiriciler de katılmaktadır. Bazı sertleştiricilerin içine amonyumsülfat ilave edilebilmektedir. Fenolformaldehit tutkalları alkali ortamda sertleştiği için sertleştiriciye gerek bulunmamaktadır [Bozkurt-Göker,1985].

Kontrplaklarda, üreformaldehit tutkalına sertleştirici olarak çeşitli sertleştirici madde çözeltileri katılmaktadır. Bu karışımlarda ana maddeler amonyumklorür ve amonyak çözeltisidir [Bozkurt-Göker,1986].

2.3.3. Kaplama Malzemeleri

Kaplama malzemeleri yapılarına ve levha yüzeyine yapışma şekillerine göre sınıflandırılabilir [Bozkurt-Göker,1985].

Yapay ahşap levhaların kaplanmasında en yaygın olarak kullanılan malzemeler yapılarına göre; tek tabakalı folyo, çok tabakalı lamine levhalar ve reçine filmleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadırlar.

Kağıt folyolar genellikle melamin olmak üzere aminoplastik reçine emprenye edilmiş, piyasada mobilya kağıdı olarak bilinen, dekor kağıdı veya dekoratif kağıt olarak da adlandırılan kaplamalardır. Folyolar hem ısıyla levha yüzeyine preslenebilmekte hem de yaygın olarak üreformaldehit reçinesiyle levhaya yapıştırılmaktadırlar. Levha yüzeyine tutkalla yapıştırılan diğer folyolar PVC, alüminyum ve ahşap kaplamalardır. Lamine levhalarda bir veya daha fazla sayıda

levhanın üzerine genellikle melamin reçine emdirilmiş dekor kağıdı gelmektedir. Bu çok tabakalı lamine levhalar, yapay ahşap levhanın üzerine yapıştırıcıyla kaplanmakta ve genel olarak plastik laminat olarak adlandırılmaktadırlar. Dekoratif lamine levhalar (kağıt plastik laminat) ve yapay reçine plakalı laminat (formika) olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Bir diğer kaplama türü reçine filmleri olup, son zamanlarda kontrplaklarda çok yaygınlaşmıştır. Reçine filmleri levha yüzeyine kendi kendilerine yapışırlar. Fenolik film ve polyester filmi en yaygın tipleridir [Watson,1978; TS 1947,1993; Zorlu,1995].

Kaplamalar, levha üzerine yapışma şekillerine göre iki gruba ayrılırlar [Bozkurt-Göker,1985; Zorlu 1995]:

-Levha üzerine kendi kendine yapışanlar:

- Reçine (melamin, diallil ftalat , fenol, melamin-üre, polyester vb.) emprenye edilmiş dekor kağıtları
- Sertleştirilmiş polyester astar

-Tek tabakalı folyolar dahil tutkalla yapıştırılan lamine levhalar:

- Dekor kağıtları
- Melamin ile emprenye edilmiş ahşap kaplama (Astar folyolar)
- Melamin ile emprenye edilmiş PVC (polivinilklorür) folyo
- Melamin ile emprenye edilmiş alüminyum folyo
- Vinileks+kontrplak (Kontrtabla üzerine)
- Linolyum+kontrplak (Kontrtabla üzerine)
- Kağıt plastik laminat (Dekoratif lamine levha)
- Yapay reçine plakalı plastik laminat (Formika)

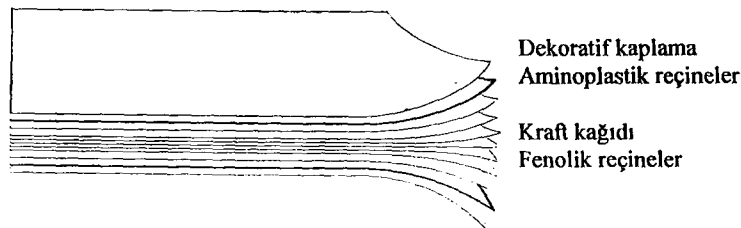
Emisyon, emicilik ve geçirgenlik gibi özellikler açısından, yapay ahşap levhalarda kullanılan kaplama malzemeleri arasında en önemlileri plastik laminat ve PVC (polivinilklorür) kaplamalardır.

2.3.3.1. Plastik Laminatlar

Yapay reçine emdirilmiş kraft kağıtlarının ve yapay reçine plakalarının, en üstte amino plastik reçine emdirilmiş bir dekor kağıdıyla birlikte yüksek sıcaklıkta ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen levhalardır. Formica, Micarta, Panelyte, Wilson Art gibi ticari adlarla üretilen laminatlar, en az 1000 psi basınç altında kürlendirilen yüksek basınç laminatlarıdır. Pek çok plastik laminat çeşidi bükülebilir ve değişik şekillere sokulabilir. Plastik laminatlar son derece dayanıklı yüzeyler oluşturup, kaynar suya ve 135 °C'ye kadar sıcaklıklara dayanıklıdır. Alev almaz özellikte plastik laminatlar da üretilebilmektedir [Watson,1978].

Plastik laminatlar; kağıt plastik laminatlar ve yapay reçine plakalı plastik laminatlar (formika) olmak üzere iki çeşittir.

Mimari konstrüksiyonlarda yaygın olarak kullanılan kağıt plastik laminatlar; fenolik reçineyle emprenye edilmiş birkaç kat kraft kağıdının üzerine amino plastik reçine emdirilmiş dekor kağıdının gelmesiyle oluşan lamine levhalardır. Tüm katmanlar 149 °C üzerinde sıcaklığa tabi tutularak prese yerleştirilirler. Kalınlığı 0.8-3.2 mm arasında değişen bu malzeme yapay ahşap levhaların yüzeyine yapıştırıcılarla uygulanır [Watson,1978].



Şekil 2.6. Kağıt plastik laminat [ARPA,2000]

Formika ticari adıyla bilinen suni reçine plakaları, fenol ve melamin reçinesi emdirilmiş ince selüloz levhaların üst üste konup yüksek sıcaklıkta ve basınç altında

preslenmesiyle elde edilen levhalardır. Plakaların yüz kısmına renk ve desen tabakası konmuş, dayanıklılığını artırmak için de yüzeyi şeffaf bir suni reçine tabakasıyla kaplanmıştır. Kalınlıkları 1.2-1.5 mm arasında değişir. Sert ve kırılgan bir malzemedir. Rutubete, alkol, benzin, benzol, tiner, ispirto, klor, etilen, eter ve aseton gibi inceltici ve eritici maddelere, ateşe dayanıklıdır. Sıcaklık etkisiyle uzayıp kısalması dışında başka bir çalışma yapmaz. Kontrplak, kontrtabla, daha yaygın olarak yonga ve talaş levha üzerine yapıştırılarak kullanılır. Kontakt veya PVA tutkalıyla yapıştırmak gerekir [Zorlu,1995].

2.3.3.2. PVC (Polivinilklorür)

PVC, bir polimer cinsi olup, VC (vinilklorid) monomerlerinden, ftalat esterleri gibi plastikleştiricilerden, kurşun, çinko gibi ısı stabilizatörleri ve yağlayıcılardan oluşur. Bu gibi katkı maddeleri, PVC plastiklerin % 60'ını oluşturabilmektedir. PVC en yaygın kullanım alanı yapı sektörü olup, döşeme ve duvar kaplama malzemesi, pencere çerçevesi, jaluzi malzemesi olarak, ayrıca su ve elektrik tesisatında kullanılmaktadır [WHO,1999].

Plastiklerin fiziksel özellikleri kullanılan monomerlere, her birinin bitmiş plastik içindeki oranlarına, üretim yöntemine, dolgu maddesine, plastikleştirici, yangın geciktirici, ultra viyole emici, renk verici vb. diğer kimyasal katkı maddelerine bağlıdır [Watson,1978].

Plastikleştirici madde oranının % 10'un altında olduğu PVC rijit PVC'dir. K sayısı PVC'nin rijitlik derecesini gösterir ve buna göre kullanım yerleri sınıflandırılır. Kaplamalar, K 66-68 arasındaki rijit PVC sınıfına girmektedir. Esnek PVC genellikle döşeme kaplaması olarak kullanılmakla birlikte, geniş bir yapı içi kullanım alanı vardır. Yapısında reaksiyona girmemiş, serbest veya artık VC monomeri bulunur. Bunun sonucunda PVC'den VC emisyonu gerçekleşir. VC monomeri dışında PVC'de emisyonu gerçekleşen diğer önemli madde grubu esnekliği sağlayan plastikleştiricilerdir. PVC'de kristallik derecesi arttıkça yumuşama noktası

(işlenebilme sıcaklığı) ve mekanik özellikler de yükselir, geçirgenlik (su ve gaz permeabilitesi) azalır. Atmosferik gazlar düşük çözünürlük özelliğine sahip olmakla birlikte, katı polimerlerin amorf bölgelerinden kolayca geçerler. Organik maddelerin buharlarının geçişleri polimer zincirleriyle güçlü etkileşimler olması dolayısıyla daha yavaş gerçekleşebilir. Gaz ve su geçirgenliği düşük, yüksek bariyer özelliğindeki polimerlerin en önemlileri, PVC, PUR (poliüretan), EP (epoksi reçine), akrilonitril-stiren kopolimerleri ve belli başlı elastomerlerdir. Polivinil alkol de kuruduğu zaman iyi bir gaz bariyeri özelliği gösterir [Onaran,1985; Hall,1981; Curwell-March,1986].

PVC, düşük molekül ağırlığına sahip tüm klorlu çözücülere karşı mükemmel kimyasal dayanıma sahiptir. Yapay polimer malzemeler mikrobiyal organizmaların saldırısına karşı genellikle çok iyi direnç gösterirler. PVC' nin kendisinden çok, içindeki plastikleştirici madde mikroorganizma saldırısına maruz kalmaktadır [Hall,1981; Erdeşir ve diğerleri,1999].

2.3.4. Yüzey İşlem Malzemeleri

Polimer bazlı vernik ve boyalar, yapay ahşap levhalara uygulanan başlıca yüzey işlem malzemeleridir. Boyalar, bağlayıcı (film yapıcı madde) maddelerin, pigmentlerin, dolgu ve katkı maddelerinin eritici bir sıvı veya su içindeki karışımlarıdır. Vernikler, basit olarak pigmentsiz boyalardır. Boya endüstrisi en eski endüstrilerden biri olup, ilk zamanlarda vernik ve boyaların üretiminde doğal yağlar, doğal reçineler ve mineral pigmentler kullanılmaktaydı. Günümüzde doğal malzemeler boya formülasyonlarında çok az miktarda yer almakta olup, boya endüstrisi sentetik polimerlere, sentetik pigmentlere ve bir dizi katkı maddesine dayalıdır.

Vernik ve boyalar kuruma (bağlayıcı maddelerinin film oluşturma) mekanizmalarına göre başlıca iki gruba ayrılırlar [Hall,1981]:

1- Solvent veya su içinde eriyik veya emülsiyon halinde olup, sıvının buharlaşması sonucu kuruyanlar (Fiziksel yolla kuruyanlar)

- Organik bir eritici (solvent) içinde eriyik halinde olanlar:

- Nitro selüloz CN (butilasetat gibi solventler içinde)
- Klorine lastik (hidrokarbon solventler içinde)
- Polimetilmetakrilat PMMA ve diğer poli akrilik esterler

- Organik bir eritici veya su içinde emülsiyon halinde olanlar (lateks boyalar):

- Polistirenkobutadien, polivinilasetat PVA, polimetilmetakrilat PMMA emülsiyonları (su içinde)
- Poliviniklorür PVC emülsiyonu (ketonlar içinde)

2- Bir miktar eritici katılmakla birlikte, bu maddenin buharlaşmasının yanı sıra, temel olarak havanın oksijeni ve film yapıcı kısmın bileşenleri arasındaki kimyasal reaksiyonlar sonucu sertleşenler (Kimyasal yolla kuruyanlar)

- Oksijen reaksiyonuyla kuruyanlar

- Yağlı reçineler
- Alkidlerin bazıları

-Film yapıcı kısmın bileşenlerinin reaksiyonu sonucu kuruyanlar

- Polyester
- Poliüretan
- Asit sertleştiricili
- Üre ve melamin formaldehit

Yapay ahşap levhalarda yaygın olarak asit sertleştiricili vernik kullanılmaktadır. Boya olarak, özellikle MDF üzerinde akrilik boya, selüloz nitrat lake, poliüretan lake, polyester lake uygulamaları yapılmaktadır. Bağlayıcı maddenin levha tarafında emilmesini ve lakenin çatlamasını önlemek için levha kenarlarında yüzey gözeneklerini tamamen kapatacak şekilde yalıtıcı astar veya pigmentsiz lake uygulaması yapılmalıdır.

Mobilya endüstrisinde çoğunlukla polyester vernik, selülozik ve polyester lake sistemleri kullanılmaktadır.

2.3.4.1. Selülozik Malzemeler

Nitro-selüloz veya selüloz nitrat, selülozik verniğin temel gerecidir. Ayrıca esnekliği, parlaklığı ve sertliği etkileyen alkid yapay reçinesi katılır. Yumuşatıcı olarak, pantalasit esterleri, adipinasit esterleri, çinkostearat, eritici sıvı olarak; ester, keton, glükol-eter, metanol, inceltici olarak; benzin, benzol, toluol gibi sıvılar kullanılır.

Eritici ve inceltici sıvıların bir bölümü vernik yüzeye sürüldüğü zaman hemen buharlaşır. Diğer bölümü daha yavaş buharlaşır. Selülozik vernik filminin sertleşmesi için eritici, inceltici sıvıların tamamen buharlaşması ve geride katman yapan gereçlerin kalması gerekir. Vernik filmleri çeşitli ortam sıcaklarında değişen sürelerde kururlar. Bu kuruma süresi ½ saatle 4 saat arasında değişir [Şanivar,1991].

2.3.4.2. Asit Sertleştiricili Malzemeler

Kimyasal yolla üretilen üre, melamin ve fenol yapay reçinelerinin formaldehitli reçineler olarak buharlaşıcı sıvılarla (solvent) yaptıkları eriyiklerdir. Tuz asidi, fosforikasit gibi sertleştiriciler yoluyla malzeme yüzeyinde film tabakası oluşturmaktadırlar. Kimyasal ve mekanik etkilere oldukça dayanıklı oldukları halde, havanın bozucu etkilerine karşı dayanıklılıkları sınırlıdır. Asit sertleştiricili vernik filmi ancak haftalar süren kurumadan sonra tam sertliğe ulaşır [Şanivar,1991].

2.3.4.3. Polyester

Polyester (alkid) yapay reçinesinin stiroil içindeki eriyiğidir. Organik peroksit veya hidroperoksit sertleştirici kullanılır. Vernik filminin kuruması kendini meydana getiren elemanların kimyasal tepkimelerine bağlıdır. Polyester verniğin eritici sıvısı olan stiroil, diğer eriticili verniklerde olduğu gibi kuruma sırasında buharlaşıp katmandan ayrılmaz, katmana katılma özelliği gösterir. Stabilizatör olarak çok az miktarda fenol bileşiklerinden yararlanılır. Hızlandırıcı olarak kobaltaktoat ve

kobaltnaftenat gibi ağır metal bileşiklerinden yararlanılır. Ayrıca esneklik veren katkı gereçlerinden de yararlanılır.

Polyester verniğin önemli bir üstünlüğü, bir defa sürüldüğünde yeterli kalınlıkta bir katmana olanak vermesidir. Bu nedenle, lake mobilya üretiminde giderek daha çok polyester vernikten yararlanılmaktadır.

Polyester vernik geçirimsizdir. Yüzey nemliyse, nem buharlaşıp polyester filminden çıkamaz [Şanıvar,1991].

2.3.4.4. Poliüretan

Polyester (alkid) reçinesinin poliüretan tineri içindeki eriyiğidir. Kimyasal tepkimeli vernikler grubundandır. Eritici, inceltici sıvısı buharlaşırken, elemanları kimyasal tepkimeye girer. Sertleştirici olarak izosiyanat ve toluoldan oluşan bir sıvı kullanılır. Buharları zehirlidir. Bu sakınca daha sonra poliizosiyanat ile giderilmiştir. Poliizosiyanat yavaş buharlaşır. Buharları zehirsizdir. Eritici sıvı buharlaştıktan sonra poliüretan film oluşur. Film oluştuktan sonra bir süre daha kimyasal tepkime devam eder. Film dış etkilere dayanımını, kimyasal tepkime tamamlandıktan ve tam sertliğe ulaştıktan sonra kazanır. Poliüretan vernik, vernik filminin sert, aşınmaya, kimyasal etkilere dayanıklı olmasının istendiği yerlerde kullanılır [Şanıvar,1991].

BÖLÜM 3. YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ

Sağlıklı bir iç ortam, kullanıcıların konforunu, sağlığını ve hoşnutluğunu temin eden bir ortamdır. Böyle bir ortamda sıcaklık, nem ve hava hareketlerinin konfor bölgesi içinde bulunması, solunan havanın normal konsantrasyonunda olması, elektromanyetik kirlilik göstermemesi beklenir. Aydınlik ve ses düzeyi, mekanın ve donatıların biçimsel, boyutsal ve ergonomik özellikleri de yapı içi ortamın niteliğinde önemli rol oynar. Yapı içi havanın sıcaklık, nem, hava hareketleri vb. fiziksel özellikleri, gaz ve partikül konsantrasyonuyla ilgili kimyasal özellikleri niteliğini belirleyen başlıca faktörlerdir. Bununla birlikte, günümüzde yapı içi hava niteliğine bağlı sağlık sorunları söz konusu olduğunda havanın kimyasal özellikleri ve kirlilik sorunu ön plana çıkmaktadır. Diğer taraftan, kirletici kaynaklarının etkinliğine, dolayısıyla kirlilik düzeyine ve kirleticilerin insan sağlığını etkileme derecelerine etki eden faktörlerin başında havanın fiziksel özellikleri gelmektedir. Ayrıca özellikle sıcaklık ve neme bağlı bazı rahatsızlıklarla, kirleticilere bağlı bazı rahatsızlıkların semptomları aynı olabilmekte, buna bağlı olarak yapı içi hava kirliliğinin etkisini ayırt etmek de zorlaşabilmektedir.

Çizelge 3.1. Kirleticilerin tehlike derecesini etkileyen faktörler [Hays ve diğerleri,1995]

Kirleticiye Bağlı Faktörler:	Ortam Faktörleri:
Kimyasal özellikleri	Sıcaklık
Fiziksel özellikleri	Nem
Toksiklik, allerjenlik vb.	Aydınlık ve gürültü düzeyi
	Basınç farklılıkları
	Diğer kirleticiler
Doza Bağlı Faktörler:	Kullanıcıya Bağlı Faktörler:
Konsantrasyon	Genetik Özellikler
Maruz kalma süresi	Cinsiyet
Vücutla temas şekli	Kişisel alışkanlıklar
	Yemek yeme alışkanlıkları
	Yaş
	Sağlık durumu

Çizelge 3.1.'de görüldüğü gibi, fiziksel ortam faktörlerinin yanı sıra, kullanıcıların özellikleri, kirletici maddenin kendi özellikleri ve doza bağlı faktörler, kirleticilerin

tehlike derecesine etki eden diğer faktörlerdir. Kendi içlerinde sürekli değişmekte olan bu faktörlerin birbirleriyle de karmaşık bir şekilde etkileşimi söz konusudur.

Dış havadan, başta yapı malzemeleri ve ekipmanları olmak üzere yapının kendisinden kaynaklanan yüzlerce kirletici yapı içi hava kirliliğine yol açmaktadır. Kirletici maddelerin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri dört kategoride incelenmektedir [Meyer,1986; Banks-Weissman,1994]:

- Akut etkiler (Zehirlenme ve enfeksiyonlar)
- Kronik tahriş
- Sensitizasyon¹⁾ (Astım, rinit²⁾ gibi allerjik durumlar, hasta bina sendromu³⁾ gibi sistemik reaksiyonlar)
- Mutajen⁴⁾, teratojen⁵⁾, kanserojen etkiler

Son on beş yıl zarfında, gelişmiş ülkelerde yapı içi hava niteliği üzerindeki çalışmalar büyük bir hız kazanmıştır. Bunun nedeni, hasta bina sendromu ve binaya bağlı hastalıklardaki⁶⁾ artıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) saptamasına göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde mevcut yapıların %40'ı orta derecede, %20'si ciddi derecede hava kirliliği sorununa sahiptir. Yapı içi hava kirliliğine bağlı başlıca semptomlar, gözlerde yanma ve kaşıntı, mukoza tahrişi, baş ağrısı, baş dönmesi, solunum güçlüğü ve yorgunluk gibi şikayetlerdir. Semptomların meydana geldiği ortamdan ayrıldıktan sonra tamamen ortadan kalkmaktadırlar. Hasta bina sendromunda ise semptomlar iki haftayı aşkın bir süre devam etmekte ve hastalığın kaynağı tanımlanamamaktadır. Hastalık kaynağının saptandığı ve semptomların sebebinin bilindiği aşamada binaya bağlı hastalık kavramı ortaya çıkmaktadır [Hays ve diğerleri,1995].

¹⁾ Vücutta, antijen niteliğindeki maddeye karşı ikinci defa girişinde şiddetli reaksiyona sebep olacak şekilde reaksiyon oluşması; sensibilizasyon

²⁾ Burun mukozasının iltihabı; nezle

³⁾ İng. sick building syndrome (SBS)

⁴⁾ Hücre kromozomlarında değişikliğe neden olan madde

⁵⁾ Organ veya dokularda değişikliğe neden olan madde

⁶⁾ İng. building related illness (BRI)

Çizelge 3.2. Hasta bina sendromunun başlıca semptomları [Hays ve diğerleri,1995]

Gözlerde kuruma, kaşınma, yanma, puslu görme
Burun tıkanıklığı ve akıntısı, sinüs tıkanıklığı, hapşırma
Boğazda acıma, kuruluk, ses kısılması
Ciltte kuruluk
Baş ağrısı, baş dönmesi
Göğüste sıkışma ve ses, nefes açlığı
Bitkinlik
Üşüme, ürperti, ateş
Kas ve eklem ağrıları, uyuşma
Nörolojik semptomlar, konsantrasyon bozukluğu, depresyon, gerginlik

3.1. HAVANIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

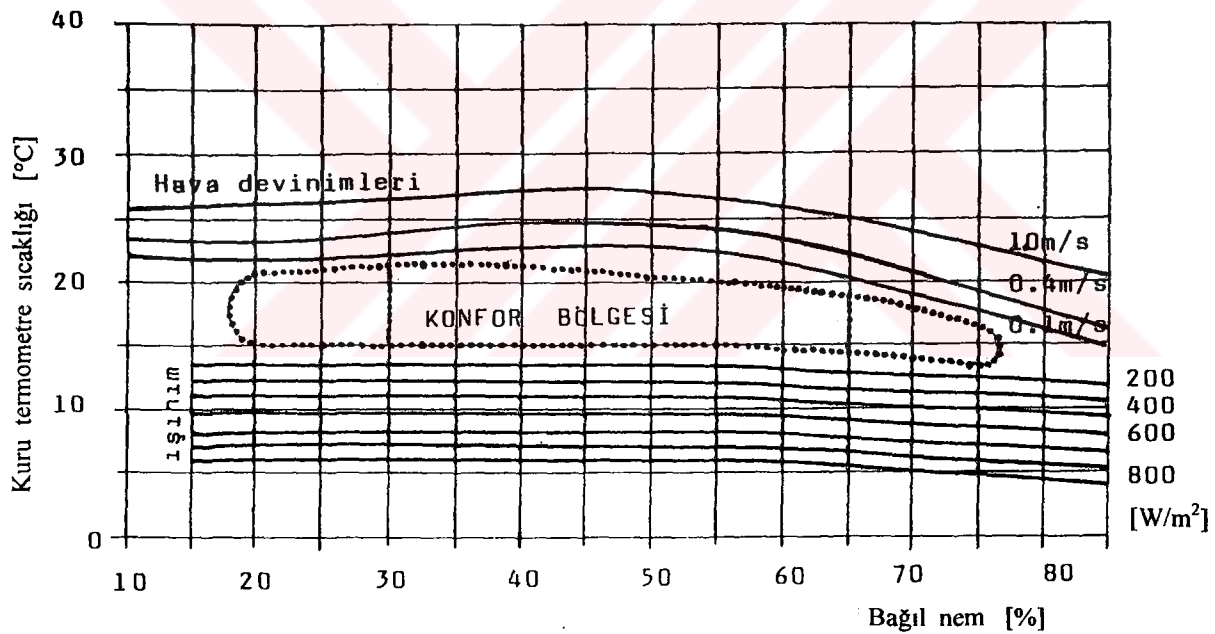
Havanın başlıca fiziksel özellikleri, sıcaklık, nem, hava hareketleri, basınç ve atmosferden geçen ışınlarla ilgili özelliklerdir. Yapı içi hava niteliği açısından, sıcaklık, nem ve hava hareketleri önem kazanmaktadır.

3.1.1. Sıcaklık

Yaşam için çok önemli olan hava sıcaklığı enlemlere, yüksekliğe, neme ve hava akımlarına bağlı olarak değişen bir iklim ögesidir [Önel,1978].

Yapı içerisinde, özellikle ofis binalarında, yüksek sıcaklık kaynağı olan bilgisayar alanları, fotokopi makineleri ve diğer ekipmanlar, aydınlatma ve elektrik armatürlerinin yoğunluğu, sıcaklık ve sıcaklığın etki ettiği diğer ortam koşullarıyla ilgili şikayetlere neden olabilmektedir.

İç ortamda 20-26°C arasındaki sıcaklık dereceleri çoğu insan için konfor sınırları içinde kalmaktadır. Bununla birlikte, 22°C'nin üzerinde binaya bağlı hastalık şikayetleri artmaktadır. Zira 20-26°C arası sıcaklıklarda yapı malzemelerinde uçucu organik bileşiklerin emisyonu artmaktadır. ASHRAE¹⁾ 55-1992 "İnsan İkameti İçin Termal Çevresel Koşullar" standardına göre, sıcaklık, nem ve hava hareketine bağlı konfor düzeyleri saptanırken kullanıcı eylemleri ve giyinme niteliği esas alınmıştır. Bu standarda göre, yaz ve kış için kabul edilen sıcaklık değerleri 23-28 °C ve 20-25 °C arasındadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde termal standartlar nüfusun %80'i için saptanmış olsa da, allerji ve astıma eğilimi olan nüfus grubu için bu standartlar geçerli olmamaktadır [Hays ve diğerleri,1995; Woods-Arora,1994].



Şekil 3.1. Biyoklimatik grafik [Hiçsönmez,1990]

Sıcaklık, nem ve hava hareketleri ortam havasındaki kirliliği de önemli ölçüde etkilemektedir. Yapı içindeki kirleticiler arasında geniş bir kategoriye oluşturan uçucu organik bileşiklerin yapı malzemelerinde açığa çıkma, emisyon (yayılma) ve

¹⁾ İng. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers

kullanıcı sağlığına etki etme durumları çeşitli sıcaklık, nem ve hava hareketi düzeylerinde değişiklik göstermektedir [Wolkoff,1998].

3.1.2. Nem

Havanın nemi, 1 m³ havada bulunan su buharının ağırlığı (g) veya bu su buharının yapacağı basınç (mm Hg) şeklinde ifade edilir. Su buharı, doğal havanın karışımında %3-5 oranında bulunur. Yüksek sıcaklığa dayanma gücünü azaltır. Klimatolojik rahatlık duyuları nem-sıcaklık kombinasyonuna bağlıdır. Bu nedenle; 1) nemli-sıcak, 2) nemli-soğuk , 3) kuru-sıcak, 4) kuru-soğuk durumlarından söz edilebilir. Su buharı atmosfere moleküler difüzyonla ve rüzgarla yayılır. Havanın içindeki su buharı miktarıyla ilgili olan maksimal nem, mutlak nem, bağıl nem, doyma açığı, yoğuşma noktası kavramları hijyen bakımından önem taşımaktadır [Önel,1978; Velicangil,1985].

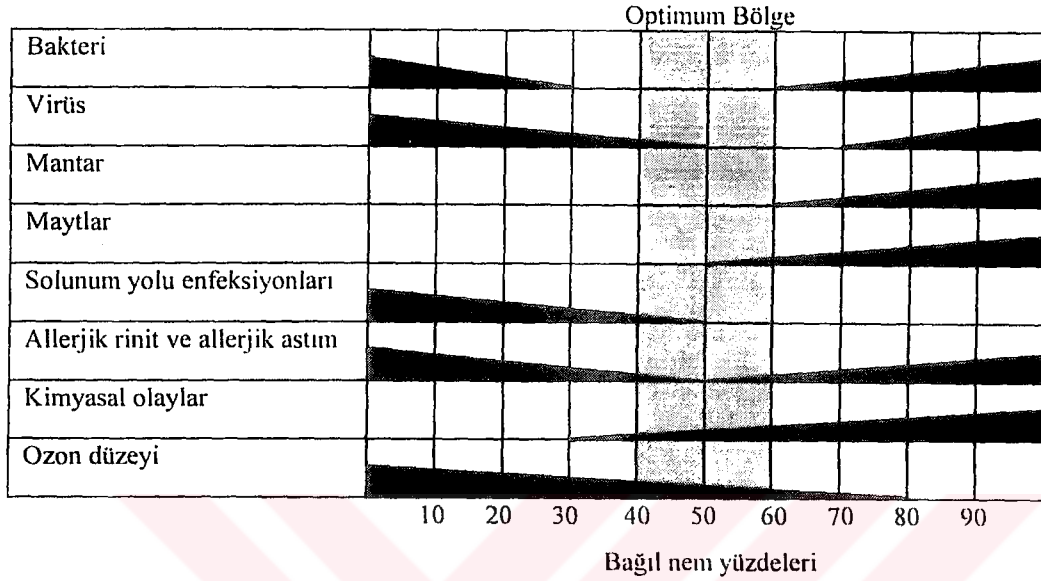
Maksimal nem (havanın en çok tutabileceği su buharı miktarı), 760 mm Hg hava basıncında hemen hemen sadece havanın sıcaklığına bağlı olarak değişir. Sıcaklığın yükselmesiyle artar ve her sıcaklık derecesi için sabittir. Mutlak nem (salt nem), hava içinde belirli bir anda bulunan mutlak su buharı miktarıdır. Yukarıda da belirtildiği gibi, g/m³ veya mm Hg şeklinde belirtilir. Hijyen bakımından maksimal nem ile mutlak nem arasındaki fark çok önemlidir. Bu fark, 1) bağıl nem, 2) doyma açığı, 3) yoğuşma noktası olarak üç şekilde belirlenmektedir. Bağıl nem, belli bir anda mevcut olan nemin (salt nemin) maksimal nemin yüzdesi olarak ifade şeklidir. Doyma açığı, belli bir sıcaklık derecesinde maksimal ve salt nem arasındaki farkın çapını, dolayısıyla havanın o sıcaklık derecesinde daha ne kadar su buharı alabileceğini gösterir. Yoğuşma noktası, hijyen bakımından daha az önemlidir. Belli bir anda mevcut bulunan su buharının doymuş bir hale geçebileceği hava sıcaklığı derecesidir [Velicangil,1985].

Terleme yoluyla ya da terin buharlaşması yoluyla vücutta ısı kaybı artar. Nem oranının fazla olması halinde buharlaşma yavaşlar ve sıkıntılı bir ortam oluşur.

Yüksek rutubet düzeylerinde mikrobiyal gelişme artmakta, küf, mantar ve maytlar için uygun yüzey koşulları oluşmaktadır. Düşük nem düzeylerinde ise, deride, dudaklarda ve burun mukozasında kuruluk, boğaz sızlaması ve burun kanamaları olmaktadır. Nem, allerjik bünyeli kişilere de olumsuz yönde etki etmektedir. ASHRAE 55-1992, sürekli kullanılan mekanlarda bağıl nemi %30-60 arasında tavsiye etmektedir Buhar veya yoğunlaşmış haldeki suyun, problemli olarak saptanan yapıların %30'unda tek başına rahatsızlık yaratan bir faktör olduğu görülmüştür. Yapı içindeki su buharının başlıca kaynağı dış havadır. Sıcak nemli hava yapıya havalandırma ya da sızıntı havasıyla girer. Yapı içindeki nem kaynakları, yıkama, yıkanma, pişirme aktiviteleri ve metabolik faaliyetleri dolayısıyla kullanıcıların kendileri, ahşap kökenli malzemeler dahil, nemi emerek tutan ve daha sonra veren malzemelerdir [Woods-Arora,1994; Hays ve diğerleri,1995].

Yüksek nemlilik, bazı yapıştırıcıların kür süresini uzatmakta, buna bağlı olarak uçucu organik bileşiklerin emisyon süresi uzamaktadır. Sıcaklık artışında olduğu gibi, bağıl nemdeki artış da yüksek emisyon hızına neden olur. Örneğin, yapılan bazı araştırmalarda 7 °C'lik bir sıcaklık artışının veya 22 °C'de %30'dan %70'e çıkan bağıl nemin formaldehit emisyonunu iki katına çıkardığı saptanmıştır. Yükselen sıcaklık ve nem bazı malzemelerde ikincil kirleticilerin (reaktif maddelerden açığa çıkan kirleticiler) açığa çıkmasını da hızlandırır. Diğer taraftan, çok düşük bağıl nem düzeylerinde havada ozon üretimi meydana gelmesiyle, ozonla reaksiyona giren yapı malzemelerinden de ikincil uçucu organik bileşikler açığa çıkmaktadır. Nemin malzemedan açığa çıkan kirleticilerle diğer bir ilişkisi, su buharının malzeme yüzeyinden iç havaya polar madde taşınması şeklinde gerçekleşmektedir [Wolkoff,1998;Salthammer ve diğerleri,1999].

Şekil 3.2. Yapı içi hava niteliği açısından optimum bağıl nem değerleri [Hays ve diğerleri,1995]



3.1.3. Hava Hareketleri

Rüzgarlar hava basıncı ve sıcaklık farklılıklarından ileri gelir. Sağlık bakımından hava hareketlerinin önemi büyüktür. Rüzgarlar atmosfere karışan zararlı maddeleri, fena kokuları, toz ve dumanları zararsız derecelere kadar seyreltir ve uzaklara götürür. Hava hareketleri atmosferin nem ve sıcaklık koşullarına etki eder ve vücut ısının düzenlenmesinde önemli bir rol oynar. Vücuttan konveksiyon yoluyla ısı kaybı ve terin buharlaşması hava hareketlerine sıkıca bağlıdır [Velicangil,1985].

Yapı içinde konfor ortamının yaratılabilmesi için hava akımlarının şekli ve yönü önemli olup, üniform bir hava dağılımı, yeterli düzeyde hava değişimi ve akış hızı sağlanmalıdır [Hays ve diğerleri,1995]. ASHRAE 62-1989 standardına göre maksimum hava hızı kış için 0.15 m/sn, yaz için 0.25 m/sn'dir.

Yüksek hava akış hızı, belli koşullar altında yüksek düzeyde uçucu organik bileşik emisyonuna neden olmaktadır. Çoğu yapı malzemesinde birincil uçucu organik bileşik emisyonunun ortamın hali hazırdaki uçucu organik bileşik

konsantrasyonundan ve hava akış hızından bağımsız olduğu görülmekle birlikte, yapı malzemesinin yüzeyi oksitlenme özelliğindeyse, yüksek hava akışı yüksek oranda ikincil uçucu organik bileşik emisyonlarına yol açmaktadır [Knudsen ve diğerleri,1999].

3.2. YAPI İÇİ HAVA KİRLİLİĞİ

Hava, yer çekimi sebebiyle yeryüzünden uzaklaştıkça yoğunluğu artan ve bileşimi değişen renksiz, kokusuz, tatsız bir gaz karışımıdır. Yer yüzeyine yakın yerlerde hava; O₂, N₂, CO₂ ve soy gazların (argon, neon, helyum, ksenon ve kripton) meydana getirdiği bir karışım olup, nispeten sabit bir bileşimi vardır. Duman ve diğer gazların havaya devamlı karışması sonucu, karbon monoksit, hidrojen sülfür, kükürt dioksit ve amonyak gibi gazlar da havada bulunur. Su buharı değişen oranlarda daima havada mevcuttur. Ozon ise az miktarda, şimşek çakmaları sırasında meydana gelir. Bakteriler, polenler ve sporlar da daima havada mevcuttur [Özdemir,1981].

1 m³ (1292,1 g) kuru havanın 0 °C'de ve 760 mm Hg basıncındaki karışımı aşağıdaki çizelgede gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.3. Havanın doğal karışımı [Joseph-Salvato,1982; Velicangil,1985]

Gazlar	%	p.p.m. - Hacim
Azot	78.09	780,900
Oksijen	20.94	209,400
Argon	0.93	9,300
Karbon dioksit	0.0318	318
Neon	0.0018	18
Helyum	0.00052	5.2
Kripton	0.0001	1
Ksenon	0.000008	0.08
Hidrojen	0.00005	0.5
Metan	0.00015	1.5

Hava kirliliği, katı, sıvı ve gazların insanlara, hayvanlara, bitkilere ve fiziksel ortama zararlı ve tehlikeli olacak miktarlarda havada bulunmasıdır. Kirli havanın etkileri kirleticinin tipine, havadaki miktarına, rüzgarın hızına ve yönüne, topoğrafyaya,

güneş ışığına, hava sıcaklığına, fotokimyasal reaksiyonlara, kirletici kaynağının konumuna, kişilerin ve malzemelerin belli bir kirleticiden etkilenme özelliklerine bağlı olarak gerçekleşmektedir. Azot, argon, helyum, neon, kripton ve ksenon sağlık bakımından genellikle önemli değildir. Oksijenin miktarı %11'den aşağı düşerse, solunum güçlükleri başlar, %7'nin altında hayat tehlikeye girer. CO₂'nin, havadaki miktarı %1-3'ü geçince zararlı etkiler görülmeye başlar. %3-6 düzeyinde baş ağrısı, dispne (nefes darlığı hissi), terleme, % 6-10 düzeyinde tremor (titreme), görme bozukluğu ve şuurun çekilmesi görülür. %10'un üstünde ölüm meydana gelir [Velicangil,1985].

Yapı içindeki kirleticilerin kaynaklarını dış hava, yapının kendisi ve insan eylemleri olarak üç grupta incelemek mümkündür [Öztürk,1995]:

- 1- Dış hava (Toprak, su, flora, fauna gibi doğal kaynaklar, insan eylemlerine bağlı olarak tarım, endüstri, ulaşım, binalar vb.)
- 2- Yapının kendisi (Malzemeler, servisler vb.)
- 3- İnsan eylemleri (Organizmanın biyolojik faaliyetleri, yemek pişirme, yıkanma, temizlik, evcil hayvanlar ve bitkiler, sigara içme, hobiler, ofis aktiviteleri vb.)

Yapının kendisinden ve insan eylemlerinden kaynaklanan kirleticiler birincil ve ikincil kirleticiler olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil kirleticiler, kirletici kaynaktan havaya karışan kirleticilerdir. İkincil kirleticiler ise iki ya da daha çok birincil kirleticinin etkileşimi sonucu oluşurlar. Yapı içi ortamda özellikle O₂, O₃, NO₂ gibi oksidanlar hava içindeki uçucu organik bileşiklerle ve monomerlerle reaksiyona girerek ikincil emisyon ürünlerini oluşturmaktadırlar. Reaktif maddeler içeren yapı malzemeleri de hava içindeki oksidanların, nemin, sıcaklığın ve ışığın etkisiyle yapılarında ayrılan uçucu organik bileşikleri yaymaktadırlar. Bunlar da ikincil emisyon ürünlerine girmektedirler [Salthammer ve diğerleri,1999].

Çizelge 3.4'de yapı içi havadaki başlıca kirleticiler ve kaynakları özetlenmiştir.

Çizelge 3.4. Yapı içindeki kirleticilerin kaynakları [Bardana,1994; Jones,1999]

Kaynaklar	Kirleticiler		
Dış hava	Kükürt dioksit Partikül Karbon monoksit	Ozon Azot oksitler	VOCl _{er} Kurşun
Su	Halojene hidrokarbonlar (1,1,1-trikloroetan, kloroform, trikloroetan) Formaldehit		
Yapı malzemeleri	Uçucu organik bileşikler Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, n-dodekan, hegzan, heptan, n-hegzan, n-heptan) Aromatik hidrokarbonlar (toluen, stiren, etilbenzen) Halojene hidrokarbonlar (vinil klorid, metilen klorid, propilen diklorid) Alkolller Ketonlar (aseton, butanon, metil etil keton) Aldehitler (formaldehit) Esterler (üretan, etilasetat, vinil asetat) Eterler (metil eter, etil eter, butil eter) Aminler		
Döşemelikler ve dokumalar	Uçucu organik bileşikler Aromatik hidrokarbonlar (stiren, brominli aromatikler) Halojene hidrokarbonlar (vinil klorid) Aldehitler (formaldehit) Eterler Esterler		
Yanma ürünleri	Uçucu organik bileşikler Alifatik hidrokarbonlar (propan, butan, izobutan) Aldehitler (asetaldehit, akrolein)		
Sigara dumanı	Gazlar ve Uçucu organik bileşikler Karbon dioksit Karbon monoksit Azot oksitler Benzen Partiküller Anilin Benzoik asit Benzopiren Toluen Amonyak Hidrojen siyanid Formaldehit Kadmium Laktik asit Akrolein Asetik asit Aseton Metil klorid Nikotin Fenol Partikül		
Biyolojik kirleticiler Alg Bakteri Polen Mayt Mantar Tür Alternia Aspergillus Cladosporium	Allerjenler Alt a Asp f Cla h Uçucu organik bileşikler, endotoksin, $\beta_{1,3}$ -glukan		

3.2.1. Kirleticiler

Kirleticileri kimyasal ve biyolojik kirleticiler olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Kimyasal kirleticiler ise organik ve inorganik olarak ikiye ayrılmaktadır. Kirleticiler fiziksel formlarına göre; 1) gazlar ve buharlar 2) partiküller (asılı parçacıklar) olarak incelenmektedirler [Velicangil,1985]. Biyolojik kirleticiler daha çok (polen, spor vb.) partikül formunda olmakla birlikte, son yıllarda yapılan yapı içi hava kirliliği araştırmalarında mantarlardan kaynaklanan gazların, havadaki uçucu organik bileşik konsantrasyonuna katkısı olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.5. Kimyasal kirleticiler [Velicangil,1985]

Gazlar ve Buharlar		Partiküller			
İnorganik	Organik	Çeşitli kaba tozlar	Dumanların organik bileşikleri	Diğer ayrosoller	
				İnorganik	Organik
Kükürt oksitleri	Alifatik ve aromatik hidrokarbonlar, ozonitler ve hidrokarbonların peroksitleri	Silis	Antrasen	Alkali metal bileşikleri	Sıvı yağ görünüşlü ve katı organik maddeler. Heterosiklik bileşikler, proteinler ve diğer yüksek molekül ağırlıklı organik maddeler.
Kükürt hidrojen		Alüminyum oksit	Fenantren	Ağır metaller ve bazı inorganik oksitler,	
Azot oksitleri		Kil ve balçık tozları	Piren, benzantrasen ve fluoranten serilerinin kanserojen aromatik polisiklik hidrokarbonları	karbonatlar, klorürler, florürler, nitratlar ve sülfatlar.	
Nitrik asit		İnce (uçucu) küller			
Amonyak	Atmosferde geçen fotokimyasal reaksiyonların sonucu olarak meydana gelen organik bileşikler.	Demir oksitler			
Hidroflorik asit		Kalsiyum karbonat			
Uçucu florürler	Aldehitler, ketonlar, alkoller, asitler, eterler, esterler ve oksitler.	Alçı vb.			
Klor					
Hidroklorik asit					
Karbon dioksit	Organik halojenitler, nitro bileşikleri, sülfonik asitler ve fenoller.				
Karbon monoksit					
Ozon	Aminler ve çeşitli diğer uçucu maddeler.				

3.2.1.1. Gazlar ve Buharlar

Bir maddenin çok düşük yoğunluk ve viskozitede olduğu haline gaz hali denir. Basınç artışı ve düşük sıcaklık derecesinin kombine etkisiyle bir gaz sıvı veya katı hale geçebilir. Yanma sonucu açığa çıkan kükürt oksitler, azot oksitler ve hava kirliliğinde ilk akla gelen karbon monoksit ve ozon birer gazdır. Normal şartlarda (oda sıcaklığı ve basıncında) katı ve sıvı halde olan maddelerin gaz hallerine ise buhar denir. Bir buhar, yalnızca basıncın artırılması veya sıcaklığın düşürülmesiyle katı veya sıvı hale geçebilir [Hays ve diğerleri,1995]. Gaz molekülleri toplanmaya doğru bir eğilim göstermezler ve de çökmezler. Difüzyon yetenekleri yüksektir. Duman ve is içerisinde partikül olarak bulunan organik maddelerden bazıları atmosferde buhar haline geçmekte ve uçucu organik bileşik olarak nitelendirilmektedirler [Velicangil,1985].

Gaz ve buharların havadaki konsantrasyonları ağırlık ve hacim olarak ifade edilmektedir.

- Ağırlık olarak mg/m^3
- Hacim olarak ppm (cm^3/m^3 - 25 °C sıcaklıkta ve 760 mm Hg basınçta 1 m³ havada bulunan gaz haldeki kimyasal maddelerin cm³ olarak miktarı)
 pphm (100 milyonda bir-100 m³ havada)
 ppb (milyarda bir-1000 m³ havada)

Yapı içi havadaki kimyasal kirleticilerin içinde en ağırlıklı yeri tuttuğu için, gaz ve buharlar kapsamında yalnızca yarı uçucu organik bileşikler ve uçucu organik bileşikler incelenmiştir.

A- Yarı uçucu organik bileşikler

Yarı uçucu organik bileşiklerin başlıca kaynakları; böcek ve mantar zehirleri, bitki ilaçları, odun, tütün ve kerosin yanması sonucu açığa çıkan klorine hidrokarbonlar ve polisiklik bileşikleri de içeren maddelerdir. Buna bağlı olarak, yarı uçucu organik bileşiklerin kaynakları; yanma ürünleri ve biyolojik zararlılara karşı kullanılan maddeler olarak başlıca iki grupta incelenmiştir [Caldas-Fox,1992].

Yanma sonucu oluşan emisyonların kaynaklar; doğal gaz, fueloil, odun, kömür, kerosin, likit propan gazı yakıtlarla çalışan pişiriciler, su ısıtıcıları, çamaşır kurutma makineleri, soba ve şöminelerdir. Yarı uçucu gazların yanı sıra bunlardan açığa çıkan diğer önemli gazlar; karbon monoksit, azot dioksit ve kükürt dioksittir. Hatalı tesisat ve bağlantılar, bacalardaki tıkanıklık kirleticilerin iç ortama yayılmasına neden olmaktadır. Sigaradan da önemli ölçüde yanma ürünleri açığa çıkmaktadır. Sigara ve odun dumanının kimyasal yapısı son derece kompleks olup, pek çok gaz, buhar ve partikül içermektedir. Yapı içindeki kaynakların yanı sıra, yanma ürünleriyle kirlenmiş dış hava da, mekanla bitişik garajlardan, araçlardan salınan gazlara ve diğer yanma kaynaklarına yakın olarak alçak seviyede yerleştirilen taze hava giriş açıklıklarından yapı içine alınabilmektedir [Lambert-Samet,1994; Hays ve diğerleri,1995].

Yarı uçucu bileşiklerin diğer önemli kaynağı; böcek, termit, bitki zararlıları, mantar ve bakterilerle mücadelede kullanılan kimyasal maddelerdir. Bu maddeler kullanım talimatları dikkate alınarak uygulanmadığında, hem kullanım sırasında hem de uygulandıktan sonra sağlık sorunlarına yol açmaktadırlar. Bu maddelerin ağız yoluyla alınması akut zehirlenmelere yol açmakta, deriyle temas halinde tahribat yapmakta, solunum yoluyla da akut zehirlenmelere yol açabilmektedir. Zaman içinde düşük dozlarda, solunum yolu rahatsızlıklarına, kansere, karaciğer, böbrek, dolaşım ve sinir sistemi rahatsızlıklarına neden oldukları saptanmıştır. Bu maddelerin uygulanması sırasında vücudu koruyucu önlemler almak ve ortamı havalandırmak zorunludur. İşlemden sonra da kullanım veya güvenlik belgelerinde belirtilen süreden önce

mekanı kullanmamak gerekmektedir. Düşük miktarlarda uzun süreli olarak maruz kalma, karaciğer, böbrek ve sinir sistemi tahribatına yol açmaktadır [Hays ve diğerleri,1995].

B- Uçucu organik bileşikler

Organik kimyasallarla yapılmış pek çok temizlik-bakım maddesinden ve yapı malzemesinden buharlaşan bileşiklerdir. Yapılan araştırmalarda, yapı içi havada 900 çeşit uçucu organik bileşik bulunmuştur. Bu bileşikler yapı malzemelerinin ve mobilyaların yapısında, böcek ilaçlarının ve sıvı yakıtların yanı sıra, suda da bulunmakta, kullanım sırasında musluktan akan sudan iç havaya karışabilmektedirler. Metilenklorid, boya ve çözücülerin %78' inde mevcuttur. Diğer uçucu organik bileşiklerden bazıları, sigara dumanında bulunan benzen, stiren, etilbenzen gibi aromatikler, otomobil egzozundan, plastik ve ahşap malzeme işlemlerinden açığa çıkan diğer aromatikleridir [Hays ve diğerleri,1995].

Mantarların sağlığa zararlı maddeleri arasında allerjik olanlardan ayrı olarak, mikotoksinler, uçucu organik bileşikler ve $\beta_{1,3}$ glukanlar mevcuttur. Mantarların hüfleri tarafından üretilen mikotoksinlerin bir kısmı son derece toksik, bir kısmı da kanserojendir. Mantarların uçucu organik bileşikleri yapı içi havada küf kokusu şeklinde kendini belli etmektedir. Hasta bina sendromu çerçevesinde, başta mukoza tahrişine yol açan tahriş edici madde¹⁾ grubuna girmektedirler. Bakteri ve mantarlar tarafından üretilen uçucu organik bileşik karışımları; alkol, aldehit ve ketonları, aromatikleri, aminleri, terpenleri, klorine hidrokarbonları ve sülfürlü bileşikleri içermektedirler [Horner ve diğerleri, 1994; Batterman,1995].

¹⁾ iritan

Çizelge 3.6. Yapı içi havadaki başlıca uçucu organik bileşikler [Batterman,1995]

1,1,1-Trikloretan	Metiletilketon*
1,2-Dikloretan	Metilenklorid
1,2-Dibrometan (etilen dibromit)	p-Diklorbenzen
Aseton*	Stiren
Benzen	Terpenler* (limonen ve a-pinen)
Karbontetraklorid	Tetrakloretilen
Kloroform	Toluen*
Formaldehit	Trikloretilen
m,o ve p-Ksilen	Vinilidenklorid

* Aynı zamanda mikroorganizmalar tarafından yayılanlar

Yapı içindeki kirletici kaynaklarının çoğunun yapısında bulunması ve yüksek buhar basıncı dolayısıyla, uçucu organik bileşiklerin içinde en kayda değer olanı formaldehittir.

Formaldehit

Formaldehit molekülü (HCHO), iki hidrojen atomuyla bağlanmış bir karbonil grubundan oluşmuştur. Formaldehitin standart atmosfer basıncında kaynama noktası -19 °C'dir. Dolayısıyla oda sıcaklığında gaz formunda bulunur. Karbon dioksit molekülünden daha küçük olup, çok reaktif bir kimyasaldır ve pek çok organik molekülle bağ kurar. Formaldehit yanıcı, renksiz bir gaz olup, karakteristik bir kokusu vardır. Ortam sıcaklığında hemen polimerize olabilen, alev alabilir bir maddedir. Suda, alkolde ve diğer polar solventlerde çözünebilir. Güneş ışığında hemen karbon dioksite foto-okside olur. Endüstride fenol, üre ve melaminle reaksiyona girerek katı reçine oluşturma özelliğinden faydalanılır [Stenton-Hendrick,1994; Hays ve diğerleri,1995; WHO,1989].

Üreformaldehit reçineler kompleks karışımlar olup, sürekli kimyasal değişim geçirirler. Reçineden yapı içi havaya karışan formaldehitin en önemli bir kısmı, reçine içinde reaksiyona girmemiş, suya bağlı haldeki fazla formaldehittir. Özellikle, polimer yeterince kürlenmemişse, 1-3 yıl arasında hızlı bir formaldehit emisyonu olmaktadır. Daha sonra, yüksek nem ve sıcaklığın reçine metilol gruplarının hidrolizine yol açmasıyla, reçine polimeri uzun zaman boyunca düşük emisyonunda

formaldehit kaynağı olmaya devam etmektedir. Üreformaldehit reçineler fenol ve melaminformaldehit reçinelerden daha az stabil olup, daha fazla serbest buhar üretmektedirler [Stenton-Hendrick,1994].

Formaldehit doğal ortamda bulunan bir maddedir. Dış havadaki konsantrasyonu coğrafi bölgelere göre değişmekte, dağlık alanlarda ve deniz kıyısında farklılık göstermektedir. Ayrıca endüstriyel olarak büyük miktarlarda üretilir ve dış havaya karışır. Formaldehit konsantrasyonunun fazla olduğu bir çevrede bulunan yapılar için dış hava önemli bir kirletici kaynağıdır. Dış havada formaldehit kirliliğine yol açan en önemli iki endüstri, otomotiv ve formaldehit içeren malzeme endüstrisidir. Formaldehit kullanım alanı çok geniş olan bir maddedir. Gıda ve kozmetiklerde koruyucu madde olarak kullanılır. Hastanelerde sterilizasyon maddesi olarak kullanılmakta olup, ev temizlik maddelerinin içinde de bulunmaktadır. Konutlardaki başlıca formaldehit kaynakları MDF, yonga levha ve sert odun kontrplaklardır. Bütün bu prese ahşap ürünleri, ahşap parçacıklarının çoğunlukla üreformaldehitli reçinelerle karıştırılarak preslenmesi yoluyla üretilmektedirler. Diğer önemli kaynaklar; üreformaldehit köpükler ve formaldehit reçine bağlayıcılı cam yünü yalıtım malzemeleridir. Linolyum ve plastik döşeme kaplamalarının ve halıların yapıştırıcıları, mobilya kumaşlarının yangın geciktirici maddeleri ve boyaları formaldehit içermektedir. Laminatların, boyaların,emprenye maddelerinin, mantar ve böcek ilaçlarının yapısında bulunmaktadır. Formaldehit ayrıca, lake ve verniklerin sertleşmesini kontrol eden reçinelerin (üreformaldehit, melaminformaldehit, fenolformaldehit, bensoguanomineformaldehit ve diğer bazı polimerler) yapısında da bulunmaktadır. Bu maddelerin yapısındaki serbest formaldehit uygulama sırasında ortama yayılmaktadır. Sigara dumanı, şömine, ocak-fırın gibi aygıtlar yapı içindeki diğer formaldehit kaynaklarıdır. Kullanıcıların sigara alışkanlığı da yapı içi havadaki formaldehit konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilemektedir.[WHO,1989; Hays ve diğerleri,1995].

Çeşitli ülkelerde, yapı içi havada formaldehit ölçümleri yapılmıştır. Yapı içi havadaki konsantrasyonunun yapı malzemelerinin yaşına, konstrüksiyon tipine,

havalandırmaya, nem ve sıcaklık düzeyine bağlı olduğu görülmüştür. Okullarda, çocuk yuvalarında, kontrplak ve yonga levhanın bolca kullanıldığı Amerika Birleşik Devletleri'ndeki mobil evlerde formaldehit kontrolüne son derece önem verilmektedir [Hays ve diğerleri,1995].

Dünyadaki belli başlı kuruluşların çeşitli yıllarda, yapı içi havadaki formaldehit konsantrasyonuna kısa süreli maruz kalma durumu için saptamış oldukları eşik değerler aşağıda verilmiştir.

WHO (Dünya Sağlık Örgütü) [WHO,1989]

- Koku açısından hassas kişiler için 0.1-0.3 mg/m³
- Solunum yolu tahrişi 1 mg/m³
- Allerjik açıdan çok hassas kişiler için 0.01 mg/m³

Diğer bazı kuruluşların kabul edilebilir eşik değerleri [Hays ve diğerleri,1995]

- Göz tahrişi 0.05-0.5 ppm (National Research Council-1981)
- Endişe verici eşik değer 0.1 ppm (ASHRAE standard 62-1989)

NCTR (National Centre for Toxicological Research-1984) [Hays ve diğerleri,1995]

- %50 popülasyon için koku sınırı 0.06-1.2 mg/m³
- Boğaz tahrişi 0.1-3.1 mg/m³
- Ciğerlerde uzun süreli tahriş 5-6.7 mg/m³
- Solunum zorluğu, hayati tehlike 37-60 mg/m³

Formaldehit önemli bir tahriş edici madde olup, doza ve maruz kalma süresine göre tahrişin şiddeti değişmektedir. Düşük dozlarda üst solunum yollarında etkilenme olmakta, burun yanması, boğaz kuruluğu ve sızlaması görülmektedir. Yüksek dozlarda alt solunum yolları ve akciğerler etkilenmekte, öksürük, göğüste sıkışma ve ses saptanmaktadır. Burun kanaması ve akması, burun kanallarında şişme, baş ağrısı, hafıza ve konsantrasyon sorunu, baş dönmesi, yorgunluk ve nefes darlığı da görülebilmektedir. Tahriş etkisi genel olarak 0.1-3 ppm arası konsantrasyonlarda

ortaya çıkmakla birlikte, astım hastaları da dahil olmak üzere, duyarlı kişilerde daha düşük dozlar rahatsızlığa yol açabilmektedir Astım benzeri etkiler için herhangi bir eşik değer saptanamamıştır, fakat düşük seviyelere sürekli maruz kalma halinde, devam eden astım semptomları görülmüştür. Amerika Birleşik Devletleri'nde CPSC (Consumer Products Safety Commission), yukarıda belirtilen sağlık etkilerinin hepsini göz önüne alarak, havadaki konsantrasyon düzeyini en az 0.05 ppm (hedeflenen eşik değer), en fazla 0.10 ppm (endişe verici eşik değer) olarak kabul etmiştir. Formaldehitin kanserojenliği üzerindeki araştırmalar 1980'lerden beri devam etmektedir. Kesin bir sonuç elde edilmemiş olmakla birlikte, kanserojenlik olasılığı kabul edilmiştir [Hays ve diğerleri,1995].

3.2.1.2. Partiküller

Partiküller havada katı ve sıvı halde (kaba dispersler veya ayrosoller) dağılmış maddelerdir. Partiküller asılı oldukları bölgeden çökme, difüzyon ve buharlaşma gibi nedenlerle uzaklaşabilirler. Polen, spor vb. biyolojik partiküllere biyoayrosol denmektedir [Velicangil,1985].

Partiküllerin havadaki konsantrasyonları ağırlık ve sayı olarak ifade edilmektedir.

- Ağırlık olarak mg/m^3
- Sayı olarak sayı/m^3
 mpp/m^3 (1 m^3 havada bulunan katı haldeki kimyasal maddenin 10^6 parçacık olarak miktarı)

A- Kimyasal partiküller

Havada katı ve sıvı halde dağılı olan, büyüklükleri 0.002-500 μm arasında değişen parçacıklara kimyasal partikül veya ayrosol denir. İnce partiküllerin veya tozlar 100

μm 'den küçüktür. Kaba tozlar 100-500 μm arası büyüklükte olup, kaynak çevresinde etkilidirler. Ayrosoller ise, 0.01-100 arası büyüklükte sıvı veya katı parçacıklardır. 5 μm 'ye kadar olan ayrosoller uzun süre havada kalabilirler. Daha büyük olan parçacıklar ise havaya karıştıktan bir süre sonra düşerler [Velicangil,1985; Günay,1994]. Çapı 10 μm 'den küçük partiküller solunabilirler. Eğer partikülün biçimi dairesel değilse, bu rakam boyuna büyüklüğü ifade eder.

Yapı içi havanın kirliliğinde en önemli partikül kaynağı asbest içeren yapı malzemeleridir. Yanma ürünleri diğer partikül kaynaklarıdır. Solunabilir odun dumanı partikülleri içinde nitratlar ve sülfatlar, emilmiş vaziyette polisiklik hidrokarbonlar bulunabilmektedir. Tar, nikotin, piren gibi maddeler, sigara dumanı partikülleri arasındadır. Sigara dumanı içindeki partiküller özellikle tehlikelidir. Bunlar solunabilir büyüklükte olup (0.1-1.0 μm) saatlerce havada asılı kalabilirler. Ayrıca radondan ayrılmış maddeleri çekerler [Hays ve diğerleri,1995].

B- Biyoayrosoller

Biyoayrosol şeklindeki partiküllerin büyüklükleri çok geniş bir yelpazede olup, 0.01 μm büyüklüğündeki virüsten, 0.1 mm üzerindeki polenlere kadar geniş bir biyolojik partikül grubunu kapsamaktadırlar. Virüs, bakteri, mantar sporu gibi gelişme gösteren partiküllere canlı biyoayrosol denmektedir. Polen gibi yalnızca bitkilerin genetik maddelerini taşıyan partiküller, fare, böcek gibi daha büyük organizmaların metabolik ürünleri, atıkları ve kalıntıları cansız biyoayrosol grubuna girmektedir.

Canlı partiküllerin havaya karışmadan önce gelişip, çoğaldıkları zeminin pH'sı ve besleyici özellikleri, su, sıcaklık, ışık ve havadaki kimyasal kirleticilerin varlığı gelişmeyi etkileyen faktörlerdir. Biyoayrosollerin havaya karışmasına da değişik faktörler etki eder. Bazı organizmaların iklimik ve çevresel faktörlerin etkisiyle partikül deşarj eden mekanizmaları vardır. Diğerleri mekanik etkilerle ortama partikül vermektedirler. Sıcaklık, ışık, nem gibi çevre faktörleri, hava hareketi, yağmur damlacıkları ve diğer mekanik faktörler partikül yayılmasını etkilemektedir.

Bunun yanı sıra sporlar kendi ağırlıklarıyla da yüzeylerden düşmekte ve buradan yine çevre faktörlerinin etkisiyle havaya karışabilmektedirler [Muilenberg,1995].

Yapay ahşap levhalardan kaynaklanan en önemli biyoayrosol mantardır.

Mantar

Mantarlar genel olarak, çekirdekleri olan, spor üreten, klorofilsiz, seksüel ve aseksüel üreyen, çoğunlukla filamentli (ipliksi), dallı yapıda, tipik olarak selüloz veya kitin ya da her ikisini de içeren bir çeperle sarılmış organizmalar olarak tanımlanan bitkisel canlılardır. Mantarların hücre duvarları kitin veya selüloz fibrillerinden, polisakkarit, protein ve lipitlerden oluşur. Üzerinde en çok çalışılmış polisakkaritler β -glukanlardır (glukoz polimerleri). Mantarlar yüksek bitkilerde tohumla benzer fonksiyona sahip olan sporları sayesinde çoğalıp hayatta kalırlar. Uygun bir substrat üzerinde bulunan sporlar elverişli koşullarda bir veya daha fazla tüpler çıkarırlar. Bunlara germ tüpleri denmektedir. Her bir tüp ipliksi organlar uzatmaya başlar. Mantarların beslenmelerini ve gelişmelerini sağlayan bu organlara hüf, koloni halindeki hüf kitlesine ise miselyum adı verilir. Çoğu mantar sporları havada dağılma özelliğine sahiptir. Havada yayılı sporlar, mantarın ortama yayılması için en temel araçlardır. Yaşama koşulları ortadan kalktığında mantarlar, beslenme hüflerinin dönüşmesiyle gelişmiş kalın duvarlı sporlar oluştururlar. Bunlar normalde havaya dağılmaz, fakat tutunmuş oldukları hüf çürüyüp dağılırsa serbest kalıp ortama yayılabilirler [Davis ve diğerleri,1973].

Sporlar çevresel etkilerle, mantarın deşarj mekanizmalarıyla veya büyüdükleri özel torbaların nemden şişerek patlamasıyla havaya karışırlar. Mantarların spor üretme ve havaya yayma mekanizmaları genel olarak ortamın sıcaklık ve bağıl nemine bağlı olarak günün belli zamanlarında ve belli mevsimlerde çalışmaktadır. Bazı mantar türlerinde ise böyle bir ilişkiye rastlanmamıştır. Mantarların sporlar dışında havaya karışan diğer parçaları hüf fragmanlarıdır.

Mantar partiküllerinin solunum yoluyla yol açtığı hastalıklardan en bilinenleri allerjik hastalıklardır. Enfeksiyonlara yol açan ya da kanserojen olan mantar toksinlerinin (mikotoksinler, $\beta_{1,3}$ glukanlar) havada bulunuşlarının spor ve hüflerle ilgisi olduğu gibi, solunabilir büyüklükte diğer ortam partiküllerine, özellikle toz partiküllerine emilmiş olarak da vücuda girebilirler. Mantar allerjenleri glikoproteinler olarak tanımlanmış olup, mantarda strüktürel ve metabolik role sahiptirler. Misellerde ve sporlarda, hücre duvarında, plazma membranında yerleşmiş durumdadırlar. Hücre dışı enzimler de antijenik özelliktedir [Levetin,1995].

3.2.1.3. Yapı İçi Havada Müsaade Edilen Konsantrasyonlar

Kirleticilerin havadaki müsaade edilen konsantrasyonlarının ne anlama geldiği ve ne şekilde uygulanabileceği hakkında iki değişik görüş vardır. Bu iki görüşten biri “müsaade edilen azami konsantrasyonlar (MAC)¹⁾”, diğeri “eşik-sınır değerler (TLV)²⁾” yaklaşımıdır. MAC değerleri önce American Standards Association, daha sonra Sovyet Rusya Sağlık idaresi tarafından saptanmıştır. İş ve işçi sağlığı ya da endüstriyel sağlığa yönelik değerlerdir. Çalışma ortamının havasında bulunan zararlı bir maddenin MAC değerinden anlaşılan, bu maddeye bütün çalışma hayatı boyunca günde 8 saat maruz kalınmasına rağmen, ne çalışma esnasında, ne de daha sonra, normal sağlık halinden sapmalara veya hastalıklara sebep olmayacak konsantrasyondur. MAC, sınır değerin geçilmemesini gösterir. MAC değerinin saptanmasındaki amaç, sınır değeri ne olursa olsun, toksik maddenin konsantrasyonunun sıfır olmasıdır.

Eşik-sınır değeri (TLV), çalışma ortamındaki havada bulunan maddelerin belli bir konsantrasyonu olup, bu değerlerin altında, hemen bütün işçilerin birçok defalar maruz kalmalarına rağmen arzu edilmeyen bir etkinin görülmeyeceği değerlerdir. Eşik değerler sağlığa zararlı durumların kontrolünde rehber olarak kullanılır.

¹⁾ İng. maximum allowable concentration

²⁾ İng. threshold limit value

Tehlikeli ve zararsız konsantrasyonlar arasında bir sınır değildir. Kişisel duyarlılığın çek değişik olması nedeniyle, bu sınırlarda, hatta daha altında bile ileri derecede duyarlı kişilerde rahatsızlık, mevcut bir hastalığın ayrışması ve bir hastalığın meydana gelebileceği bilinmelidir. Tanımlamadan anlaşıldığı üzere TLV, aşırı duyarlılığı olmayan bir toplumda, ters bir etkinin meydana gelmeyeceği ortalama değerlerdir. TLV değerleri, her yıl, ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) tarafından yayınlanmaktadır. Müsaade edilebilir sınır değerlerin belirlenmesinde önemli bir husus, bu değerlerin periyodik olarak gözden geçirilmesi ve yenilenmesidir. Bu, yalnız endüstriye yeni kimyasal maddelerin girmesi nedeniyle değil, değerlerin saptanmasındaki anlayışlarda zamanla değişiklikler olmasındandır [Akbulut,1993].

İç ortamda eşik değerlerin kabulünden kısa bir süre sonra “zaman içinde ortalamalar (TWA)¹⁾” kavramı ortaya atılmıştır. Bunun ortaya atılmasının nedeni, kapalı bir ortamda, kısa bir süre için konsantrasyonun eşik değerlerin altına veya üstüne çıkabileceği, sonuçta ortalama bir etki oluşabilecek olmasıdır. Böylece TLV genellikle TWA şeklinde kullanılmaktadır. TLV, sekiz saatlik bir iş gününde müsaade edilebilecek ortalama konsantrasyonlara dönüşmüştür. Bundan başka TWA limitini tamamlayan “kısa süreli maruz kalma limiti (STEL)²⁾” ve “tavan (C)³⁾” limitleri de diğer rehber amaçlı maruz kalma limitleri olarak ACGIH tarafından tanımlanmışlardır [Hays ve diğerleri,1995]:

- 1- Eşik Limit Değer-Zaman Ağırlıklı Ortalama (TLV-TWA): Günde 8 saat ve haftada 40 saat için her gün üst üste maruz kalındığı halde sağlık etkisi görülmeyen zaman ağırlıklı ortalama konsantrasyon düzeyi.
- 2- Eşik Limit Değer-Kısa Süreli Maruz Kalma Limiti (TLV-STEL): Tek başına kullanılmayıp, TWA'yı destekleyici olarak kullanılan bir değerdir. Temel olarak kronik toksik etkiye sahip olan, aynı zamanla akut etkisi fark edilmiş maddeler için kullanılır.

¹⁾ İng. time weighted average

²⁾ İng. short term exposure limit

³⁾ İng. ceiling

3- Eşik Limit Değeri-Tavan (TLV-C): Herhangi bir zamanda kesinlikle aşılmaması gereken değer.

Sınır değerler için gerek MAC, gerek TLV'nin avantajları vakalara göre değişir. 1963'de Paris'de düzenlenen "Endüstride toksik maddeler için kabul edilebilir sınır değerler" hakkındaki ikinci uluslararası kollokyumda bu konu özetle aşağıdaki şekilde gösterilmiştir [Akbulut,1993]:

- a) Tavan değeri (C) ve müsaade edilebilen azami konsantrasyonlar (MAC) değerleri, tahriş edici, sensibilizan ve akut zehirlenme yapabilen maddeler için kullanılmalıdır.
- b) Eşik değerler (TLV) ve zaman içinde ortalama konsantrasyonlar (TWA), kümülatif etkisi olan maddeler için uygundur.

Amerika Birleşik Devletleri'nde resmi hükümet kuruluşu olmayan ACGIH dışında, ondan aldığı değerleri kullanarak veya kendi sınır değerlerini oluşturarak yönetmelik ve standart haline dönüştüren OSHA (Occupational Safety and Health Administration) görev yapmaktadır. OSHA işvereni bağlayıcı iş yeri sağlık ve güvenlik standartlarını oluşturmak ve yayınlamakla yükümlü bir hükümet kuruluşudur. OSHA üç tür limit oluşturmuştur: Müsaade edilebilir maruz kalma limiti (PEL)¹⁾, tavan limiti (CL)²⁾, endişe verici eşik değer (AL)³⁾. AL değeri, PEL'den daha düşük olup, belli periyotlarla aşıldığı takdirde, harekete geçilmesi gereken limittir (endişe verici eşik değer) [Hays ve diğerleri,1995].

- 1- Müsaade edilebilir maruz kalma limiti (PEL): Havadaki maddenin en yüksek 8 saatlik ağırlık ortalamalı (TWA) konsantrasyon düzeyi.
- 2- Tavan limiti (CL): 8 saatlik süre içersinde daha üst bir değerine maruz kalınması beklenmeyen konsantrasyon düzeyi.

¹⁾ İng. permissible exposure limit

²⁾ İng. ceiling limit

³⁾ İng. action level

3- Endişe verici eşik değer (AL)

TLV değerlerinin yanı sıra, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından hazırlanan rehber niteliğinde değerler (GV)¹⁾ mevcuttur [WHO,1994].

Günümüzde yapı içi havanın niteliği söz konusu olduğunda, en yaygın olarak başvurulanan standart ASHRAE 62-1989 standardıdır. Bu standardın oluşturulmasında, mekanın işlevi, kullanıcı aktiviteleri ve kirleticilerin yapı içi havasındaki eşik değerleri esas alınmıştır. Çeşitli yapı tiplerinde ve bu yapılardaki çeşitli mekanlarda, kişi başına düşen taze hava ihtiyacı saptanmıştır. Buna göre, kamu binalarında düşük kirletici düzeyli mekanlarda minimum 15 cfm/kişi taze havaya ihtiyaç vardır. ASHRAE 62-1989 standardı kirletici düzeylerinin düşürülmesini ve bu değerin daha da aşağı çekilmesini önermektedir. Bu amaçla, EPA (Environmental Protection Agency) ve ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) gibi kuruluşlar tarafından tavsiye edilen eşik değerlerin altında kalacak şekilde, kirleticilerin havadaki eşik değerlerini içeren bir liste oluşturulup standarda eklenmiştir. ASHRAE, endüstri dışı yapılarda (okul, ofis, konut vb.), standartların henüz oluşturulmadığı kirleticiler için eşik değerin 1/10 TLV olarak alınmasını önermektedir. Duyarlılık derecesi yüksek olan çocuklar, yaşlılar ve kirleticiye karşı daha önceden ortaya çıkmış bir duyarlılığa sahip, rahatsızlıklarının tekrar etme riski olan kişiler için belli güvenlik katsayıları hesaba katılarak farklı limitler oluşturulmaktadır. Sürekli uçucu organik bileşik emisyonunun gerçekleştiği bir ortamda, solunum yolları tahrişi açısından özellikle hassas kişiler için eşik değeri 1/40 TLV olarak önerilmektedir [Meyer,1986; Hays ve diğerleri,1995; Knudsen ve diğerleri,1999].

Listelerde gazların ve buharların konsantrasyonları ağırlık ($\mu\text{g}/\text{m}^3$, mg/m^3 vb.) ya da hacim olarak (ppm, pphm, ppb), partiküllerin konsantrasyonları ise ağırlık ya da sayı ($\text{sayı}/\text{m}^3$ veya mpp/m^3) olarak gösterilir. Havada bulunan mikroorganizmaların konsantrasyonu koloni sayılarıyla hesaplanır. Mikroorganizmalar havada birbirleriyle

¹⁾ İng. guidance value

veya toz zerrecileriyle birleşmiş gruplar halinde bulunurlar. Her bir gruba koloni (CFU) denmektedir. Mikroorganizma konsantrasyonu CFU/m³ olarak gösterilir. Günümüzde bir çok ülkede formaldehit için endüstriyel güvenlik limiti 1 ppm, yapı içi sınır değerler 0.1 ppm (AL-endişe verici eşik değer) ve 0.05 ppm (TL-hedeflenen eşik değer) olarak kabul edilmektedir. ACGIH'in kabulüne göre herhangi bir mikrop türünün konsantrasyonu 500 CFU/m³ 'ü geçtiğinde binada bir problem olduğu kabul edilir [Akbulut,1993; Önel,1978; Yayla,1999].

Çizelge 3.7'de yapı içi havadaki kirleticilerin mevcut eşik değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7. Yapı içi havadaki bazı kirleticilerin eşik (sınır) değerleri [Hays ve diğerleri,1995; Johns,1999; Knudsen ve diğerleri,1999; Wolkoff,1998]

Kirletici	Yapı içi havadaki eşik (sınır) değerler
Aldehitler	
Formaldehit	120 µg/m ³ (0.1 ppm)(F) ¹⁾ (Kansorejenlik için AL değeri) 60 µg/m ³ (0.05 ppm)(F) (Kansorejenlik için TL değeri) 100 µg/m ³ (WHO)(GV) 30 dak.için (IT) 0.3 ppm (ACGIH)(TLV-C)
Akrolein	50 µg/m ³ (0.2 ppm)(F) 50 µg/m ³ (WHO)(GV) 30 dak.için (IT)
Asetaldehit	9000 µg/m ³ (5.0 ppm)(F)
Hegzanol	31 mg/m ³ (IT)
Aromatik Hidrokarbon	
Toluen	100 µg/m ³ (WHO)(GV) 30 dak.için (OT)
Stiren	70 µg/m ³ (WHO)(GV) 30 dak.için
Alifatik Hidrokarbon	
n-Hegzan	79000 µg/m ³ (OT)
Toplam uçucu organik bileşik	0.3 mg/m ³ (ECA) ²⁾ (GV)
Karbon dioksit (CO ₂)	≤6300 mg/m ³ (≤3500 ppm)(F)(ALTER)
Karbon monoksit (CO)	≤11 ppm (F)(ASTER-8 saat için) ≤25 ppm (F)(ASTER-1 saat için) ≤9 ppm (ASHRAE-62-1989) (8 saat için) 35 ppm (WHO)(1 saat için)
Azot dioksit (NO ₂)	≤100 µg/m ³ (≤0.05 ppm)(F)(ALTER) ≤480 µg/m ³ (≤0.25 ppm)(F)(ASTER-1 saat için) 0.1-0.17 ppm (WHO)(1 saat için)

¹⁾ http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/ehd/catalogue/bch_pubs/pdf/air_quality/tr-156.pdf

²⁾ <http://www.cal-iaq.org>

Çizelge 3.7.(Devam) Yapı içi havadaki bazı kirleticilerin eşik (sınır) değerleri

Kükürt dioksit (SO ₂)	≤50 µg/m ³ (≤0.019 ppm)(F)(ALTER) ≤1000 µg/m ³ (≤0.38 ppm)(F)(ASTER-5 dak. için)
Ozon (O ₃)	≤240 µg/m ³ (≤0.12 ppm)(F)(ASTER-1 saat için) 6 ppbm (WHO)(1 saat için)
Partikül PM _{2.5}	≤40 µg/m ³ (F)(ALTER) ≤100 µg/m ³ (F)(ASTER-1 saat için)
PM ₁₀	50 µg/m ³ (ASHRAE 62-1989) (yıllık) 150 µg/m ³ (ASHRAE 62-1989) (24 saat için)
Biyoayrosoller Bakteri Mantar	500 CFU/m ³ 500 CFU/m ³

Not (İng.): F=Federal Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health-Kanada, ECA=European Collaborative Action, AL=Action Level (Endişe verici eşik değer), TL=Target Level (Hedeflenen eşik değer), OT=Odour Treshold (Koku eşiği), IT=Irritation Treshold (Tahriş eşiği), TLV-C=Treshold Level-Ceiling (Tavan eşik değeri), GV=Guidance Value (Rehber amaçlı değer), ASTER=Acceptable Short Term Exposure Range (Kısa süreli maruz kalma durumunda kabul edilebilir değer), ALTER=Acceptable Long Term Exposure Range (Uzun süreli maruz kalma durumunda kabul edilebilir değer), PM_{2.5}=Çapı 2.5 µm'den küçük olan partiküller, PM₁₀=Çapı 10 µm'den küçük olan partiküller

3.2.2. Kirletici Kaynağı Olarak Yapı Malzemeleri

Yapı malzemelerinden kaynaklanan kirleticiler; uçucu organik bileşikler, biyolojik kirleticiler ve asbest, kurşun, sentetik lif, mineral yünü, cam yünü vb. içeren malzemelerden havaya karışan kimyasal partiküller olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Uçucu organik bileşikler en yaygın ve tehlikeli kirletici grubunu oluşturduğu için, genellikle uçucu organik bileşik emisyonları yüksek olan yapı malzemeleri, yapı içindeki kirletici kaynaklarının içinde önemli bir kategori olarak kabul edilmektedir. Kirletici kaynağı olan iç yapı malzemelerini üç grupta incelemek mümkündür:

- Yapıştırıcılar, yüzey işlem malzemeleri ve yalıtıcı maddeler:

Bunlar yapı içinde ıslak olarak uygulanan ve kurumaları da yapı içinde gerçekleşen malzemelerdir. Temel olarak yapılarındaki organik solventin kuruma esnasında yaydığı uçucu organik bileşikler nedeniyle kirletici kaynağı niteliğini taşırlar.

- **Kaplama malzemeleri:**

Halı, PVC, duvar kağıdı vb. duvar ve döşeme kaplama malzemeleridir. Halılar hem uçucu organik bileşik hem de sentetik tüylü olmaları halinde kimyasal partikül yayarlar. PVC kaplamalar; vinilklorid monomeri ve plastikleştirici maddeler dolayısıyla uçucu organik bileşik kaynağıdır. Duvar kağıtlarının selüloz, plastik ve kumaş esaslı olmak üzere bütün çeşitleri uçucu organik bileşik kaynağıdır. Selüloz ve kumaş olanların yaydıkları en önemli kirletici, yapılarındaki bağlayıcı ve koruyucu maddelere bağlı olarak formaldehittir. Halılar ve selüloz esaslı duvar kağıtları mantar ve maytlara bağlı olarak ayrıca önemli birer biyolojik kirletici kaynağıdır.

- **Asma tavan panelleri, kaplama panelleri, hareketli bölücüler ve mobilyalar:**

Bu grubun temel malzemesi yapay ahşap levhalardır. Bunlar yapıştırıcılarının yanı sıra, çoğunlukla yüzey işlem ve kaplama malzemelerini de içererek, diğer grupları da kapsayan bir kirletici kaynağı niteliğini kazanırlar. Asma tavan panellerinde yaygın olarak havaya partikül yayan mineral yünü ve cam lifi de kullanılmaktadır.

3.2.2.1. Yapı Malzemelerinden Kaynaklanan Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik bileşikler esas olarak yapı malzemesinin üretim ve montaj aşamasında açığa çıkarlar. Malzemeden uçucu organik bileşik çıkışı kimyasal maddenin hava içindeki konsantrasyonunu dengelemek için uyguladığı buhar basıncı yoluyla olur. Buharlaşma yoluyla malzemede uçucu organik bileşik azaldıkça, sürekli azalan miktarlarda uçucu organik bileşik havaya karışmaya başlar. Yapı malzemesi havaya açık olduğu sürece emisyon hızı zamana bağlı olarak düşecektir. Emisyona etki eden diğer bir önemli faktör, havanın halihazırdaki uçucu organik bileşik konsantrasyonudur. Bunun nedeni malzeme yüzeyiyle hava arasındaki kısmi basınç farkıdır. Malzemenin kendisine ve ortam havasının koşullarına bağlı olarak emisyon etki eden faktörler Çizelge 3.8’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.8. Yapı malzemelerinin emisyonlarını etkileyen faktörler [Knudsen ve diğerleri,1999]¹⁾:

Ortam faktörleri	Malzemeye bağlı faktörler
Sıcaklık Bağıl nem Hava hareketleri Hava değişim miktarı Aydınlık düzeyi Ozon, NO _x vb. gibi oksidanlar ve havadaki oksidasyon olayları Uçucu organik bileşik konsantrasyonu pH	Yaş Rutubet miktarı pH Porozite Emicilik Kimyasal ayrışmışlık Durabilite ve kullanım yerinde yüke maruz kalma

Çizelge 3.9'da yapı malzemelerinden kaynaklanan başlıca kirleticiler ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri özetlenmiştir.

Çizelge 3.9. Yapı malzemelerinden kaynaklanan başlıca kirleticiler ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri [Hays ve diğerleri,1995]

Malzeme	Kirletici	Sağlığa Etki
Yapay ahşap levhalar Köpük ve fiberglas yalıtım malzemeleri Laminatlar Döşeme kaplamaları.(halı, linolyum, PVC) Boya Fungisit	Formaldehit	Göz ve solunum yolu tahrişi, akciğerlerde yanma, ödem, solunum zorluğu, kanserojenlik olasılığı, çeşitli hafif düzeyde semptomlar
Plastik ve lastik solventleri Boya Cila Vernik Dolgu malzemeleri	Benzen	Kanserojenlik, solunum yolu tahrişi
Yapıştırıcılar Yalıtıcı malzemeler Lake boya Vernik Reçine solventleri Pestisit	Ksilen	Narkotik etki tahriş, kalp, karaciğer, böbrek ve sinir sisteminde tahribat
Solventler Stirenli malzemeler	Etil benzen	Solunum yollarında ve gözde ağır tahriş, merkezi sinir sistemine etki
Plastikler Sentetik lastikler Boya Reçineler	Stiren	Narkotik etki, merkezi sinir sistemine etki, kanserojenlik olasılığı

¹⁾ <http://www.hb2000.org>

Çizelge 3.9. (Devam) Yapı malzemelerinden kaynaklanan başlıca kirleticiler ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri

Boya solventleri Vernik	Trikloretilen	Hayvanlarda kanserojenlik, merkezi sinir sistemine etki
Akustik bölücüler	Metilen klorid	Narkotik etki, merkezi sinir sistemine etki, kanserojenlik olasılığı
Butil benzil phthalate plastikleştirici içeren PVC karolar	Benzil klorid Benzal klorid	Merkezi sinir sistemine etki, böbrek ve karaciğer tahribi, göz ve solunum yolu tahrişi
Yonga levha Lif levha Yalıtıcı malzemeler Döşeme, duvar kaplamaları	2-Butanon	Tahriş, merkezi sinir sistemine etki

3.2.2.2. Yapı Malzemelerinden Kaynaklanan Biyolojik Kirleticiler

Yapı malzemelerinde biyolojik tahribat gerçekleştiren mikroorganizmaların başında mantarlar gelmektedir. Yapı içindeki pek çok mantar türünün kaynağı dış havadır. Belli bir bölgede dış havadaki mantar konsantrasyonu ölçülebildiğinden, yapı içi konsantrasyonun dış ortamdan daha yüksek olması durumunda ve tipik yapı içi mantar türlerinin ayırt edilebilmesi sayesinde, sorunun yapı kökenli olup olmadığını ortaya çıkarmak mümkündür.

Yapı içi mantarın gelişmesi için gereken çevresel faktörler, oksijen, uygun sıcaklık, besin-subtrat ve rutubettir. Saprofit mantar (cansız organik malzemeye arız olan mantar türü), ortalama yapı içi sıcaklıklarında (20-25 °C) kolaylıkla gelişebilir. %65'in üzerinde bağıl nem ve yüzey kondansasyonu sonucu su emmiş veya doğrudan suyla ıslanmış olan higroskopik malzeme, mantar için uygun çoğalma ortamını hazırlar. Alçı levha, duvar kağıdı gibi malzemelerin çoğu %80'in üstünde bağıl neme maruz kaldıklarında *Aspergillus fumigatus*, *Stachybotrys atra* gibi toksik mantarların bu malzemelerde gelişebilme olasılığı artmaktadır. Mantar sporu yapı içinde özellikle nemli ve organik bir malzemeye rastlarsa tüplerini oluşturup gelişmeye başlar. Hücre ve hüf parçaları, uçucu organik bileşikler ve yeni sporlar yayarak önemli bir kirletici kaynağı haline gelir. Mantar gelişimi incelenirken,

periyodik olarak ıslanmakta olan subtrat rutubetiyle, havanın bağıl nemi ve yüzey kondansasyonu arasındaki ilişki beraber dikkate alınmaktadır.

60 kadar mantar türü allerjik olarak saptanmıştır. Bunların çoğu yapı içi mantar türleridir. *Penicillium* ve *Aspergillus* en sık rastlanan yapı içi mantarlarıdır. Bunları *Cladosporium* ve *Alternaria* türleri izler. Allerjik rahatsızlıklar açısından en önemli mantarlardan birisi *Aspergillus fumigatus* olup, toksik etkileri de oldukça güçlüdür. Toksiklik açısından en çok üzerinde çalışılmış mantarlardan birisi de *Stachybotrys atra*'dır. Çatıdan sızan suyla ıslanmış lif levha tavan panellerinde rastlanmıştır. Hem malzemeden alınan örnekte, hem de havadan alınan sporlarda toksin saptanmıştır. Genel olarak 100-500 CFU/m³ partikül (spor) konsantrasyonunun sağlıklı insanlarda olumsuz bir etkide bulunmadığı kabul edilmiştir [Horner ve diğerleri,1994].

Mantarlarla mücadelede klasik metot, kimyasal kullanımıdır. Kimyasallar son yıllarda sağlık otoriteleri ve çevreciler için endişe teşkil etmektedir. Doğru kullanılmadığı takdirde hedef organizmalarda zamanla kimyasala karşı direnç oluşmaktadır. Dikkatsiz kullanım sonucunda tarihi değeri olan yapılardaki dekoratif bitişlerde telafi edilemez hasarlar oluşabilmektedir [Hays ve diğerleri,1995].

3.2.2.3. Yapı Malzemelerinin Emisyon Standartları

Düşük emisyonlu yapı malzemesinin üretilmesi, yapıda kullanılmak üzere seçilmesi ve malzemenin montajından önce, montajı sırasında ve yapı içinde yer aldığı sürece emisyonunu minimum düzeye indirecek çözümler geliştirilmesi, yapı içi hava niteliği çalışmalarının kaynak kontrolü bölümünü oluşturmaktadır. Kirletici kaynağı olarak yapı malzemesinin emisyon düzeyi, bu aşamada malzemeyle ilgili başvurulacak ilk bilgi olmaktadır. Ürün standartları genellikle zorlayıcı olmayıp, yol gösterici niteliktedir. Standartların işlerlik kazanması, yapı yönetmeliklerinde standartlara atıfta bulunulmasıyla mümkün olabilmektedir. Malzemenin emisyon düzeyini bilmek ve buna bağlı olarak tasarım standardı geliştirmek yapı içi kirletici düzeyini belirlemenin temel yoludur. Bununla birlikte malzeme emisyon testi değerleri,

kullanılan malzemenin miktarı, mekandaki havalandırma düzeyi, sıcaklık, nem ve kullanıcı aktiviteleri ile ilişkilendirilerek kullanılmalıdır. Mimarlar ve yapı sektöründeki diğer kişilerin ürün standartları hakkında bilgi sahibi olmalarının ve bunları kullanmadaki deneyimlerin artmasının yapı içi hava kirliliğine bağlı kullanıcı şikayetlerinde hızlı bir azalma sağlayacağı tahmin edilmektedir [Meyer-Hermanss-1986; ITC,1987].

Yapı malzemelerinde emisyonlarla ilgili olarak iki kavram mevcuttur (Hays ve diğerleri,1995]:

- Emisyon düzeyi: Belli miktarda bir kirleticici kaynağından belli bir sürede yayılan kirleticinin miktarı olup, genellikle $\text{mg/m}^2 \text{ h}$ olarak ifade edilir.
- Emisyon standardı: Belli bir kirleticici kaynağından yayılan maksimum emisyon düzeyi (havadaki maksimum konsantrasyon) olup, genellikle ppm olarak ifade edilir.

Yapı malzemelerinin uçucu organik bileşik emisyon düzeylerini ve standartlarını saptamak için standart test metotları henüz mevcut değildir. Formaldehit için, perforatör testi, gaz analizi testi ve hava odaları testleri olmak üzere başlıca üç test metodu kullanılmaktadır. Bunların içinde uluslararası geçerliliği en fazla olan metot hava odaları metodudur. 1974' de Japonya tarafından yonga levhalarda formaldehit emisyonunu ölçen ilk test metodu bulunmuştur. Daha sonra EN 120-1982 perforatör metodu uygulanmaya başlamıştır. Bunu, gaz analizi metotları ve hava odaları testleri izlemiştir. Test odalarında bütün levha çeşitlerinin yanı sıra laminat parkeler ve mobilya parçaları da test edilebilmektedir. Test edilecek levhalar kaplama malzemeleriyle ilgili bir araştırma yapılmayacaksa yüzeyleri bitişsiz olarak tercih edilmektedir. Testler daha çok üretilen formaldehit reçineli yonga levhalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Perforatör testi, lif levhalar için de uygulanabilmekte olup, kontrplaklarda uygulanmamaktadır. Kontrplaklarda EN 1084 gaz analizi metodu kullanılmaktadır. Perforatör değerleri, levha içindeki serbest formaldehit miktarını veren değerler olup, malzemenin emisyon potansiyelini saptamak için daha uygun

olan yol, gaz analizi ve test odası gibi metotlarla elde edilen malzeme emisyon değerlerinin perforatör değerleriyle ilişkilendirilmesidir.

Perforatör, gaz analizi ve test odaları metotlarından bazıları [Gustafsson,1985; Newton ve diğerleri,1985; Romeis,1985]:

1- Perforatör metodu (Avrupa Standardı CEN EN 120): Bu metot, 2 x 2 cm x levha kalınlığı halinde kübik numunelerin toluen içersine konulmasıyla, ekstrakte edilebilir formaldehit miktarını ölçen metottur. Sonuç, HCHO mg/100 g olarak ifade edilir. (Formaldehitin mg olarak miktarının, levhanın g olarak miktarına oranı)

2- Gaz analiz metodu (CEN Situation Method N 76 E): 23°C'de ve %55 bağıl nemde, 9 x 50 cm x levha kalınlığı halindeki numunelerden, belli bir sürede litre olarak akan nitrojen gazı yoluyla ekstrakte edilebilen formaldehit miktarını ölçen metottur. Sonuç, HCHO µg/nitrojen lt olarak ifade edilir.

3- Test odaları metodu: Bu metotta, formaldehiti geçirmeyen ve formaldehitte reaksiyona girmeyecek nitelikte alüminyum vb. bir malzemedan yapılmış bir test odasına yerleştirilen belli miktardaki levhaların emisyon miktarı ölçülür. Bunun için odada belli bir sıcaklık, bağıl nem, taze hava ve hava hareketi temin edilir. Formaldehitin havadaki konsantrasyonu sabit bir noktaya eriştikten sonra ölçüm yapılır. Sonuç, levhanın emisyon standardı olarak, ppm şeklinde ifade edilir.

Malzemelerin uçucu organik bileşik emisyonlarıyla ilgili test raporlarında mimarların araması tavsiye edilen noktalar şunlardır [Hays ve diğerleri,1995]:

1- Malzemenin tanımı, bileşenleri hakkında bilgi, spesifik emisyonları, yapılan testin tipi (perforatör testi, gaz analizi metodu, test odaları vb.).

- 2- Test protokolünün açıklaması; kullanılan ekipman, testin yapıldığı fiziksel koşullar (sıcaklık, bağıl nem, hava değişim sayısı vb.), test süresi, gözlem teknikleri ve numune alma protokolleri.
- 3- Analitik ölçümler ve metodoloji hakkında bilgi.
- 4- Söz konusu malzemeler için doğru testin yapıldığının, test edilen malzemeyle rapor verilen malzemenin aynı malzeme olduğunun garantisi.
- 5- Malzemelerin emisyon düzeyleri ve buna bağlı olarak havada oluşacak konsantrasyonlarla ilgili hesaplar.
- 6- Test sonuçlarının standart ve yönetmeliklerle karşılaştırılması.
- 7- Verilerin ve bulguların özeti ve değerlendirilmesi.

Çizelge 3.10'da çeşitli yapı malzemelerinde ve ekipmanlarında toplam uçucu organik bileşik emisyonu için standartlar özetlenmiştir.

Çizelge 3.10. Yapı malzemelerinde toplam uçucu organik bileşiklerin¹⁾ emisyon düzeyleri [BEPAC,1995²⁾; USEPA,2001³⁾]

Yapıştırıcı	20 g/l (litre'de g olarak reaktif uçucu organik bileşik miktarı)
Boya	250 g/l (su bazlı) 380 g/l (solvent bazlı)
Vernik	250 g/l (su bazlı)
Yalıtıcı madde (tecrit macunu)	20 g/l
Döşeme kaplama malzemeleri Döşemelerde boya, vernik vb.	0.6 mg/m ² h (m ² 'den mg olarak belli bir sürede yayılan uçucu organik bileşik miktarı) 0.6 mg/m ² h
Duvar kaplama malzemeleri Duvarlarda boya, vernik vb.	0.4 mg/m ² h 0.4 mg/m ² h
Hareketli bölücüler	0.4 mg/m ² h
Ofis mobilyaları	2.5 mg/h (açık ofis sisteminde her bir çalışma birimi için)

¹⁾ İng. total volatile organic compound (TVOC)

²⁾ İng. Ontario Building Environmental Performance Assessment Criteria
<http://www.cal-iaq.org>

³⁾ İng. United States Environmental Protection Agency
[http:// www.aqs.com/usepa_guide.htm](http://www.aqs.com/usepa_guide.htm)

BÖLÜM 4. YAPAY AHŞAP MALZEME VE YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİ

Yapı içi ortamda kirlетici kaynağı olan yapı malzemeleri arasında en önemli gruplardan birini yapay ahşap levhalar oluşturmaktadır. Yapı içi levhalarında yapıştırıcı olarak en çok kullanılmakta olan ürefoimaldehit reçinesinden kaynaklanan formaldehit, yapı içi hava kirliliğı açısından en büyük sorunu teşkil eden kirlетici durumundadır. Yapay ahşap levhaların yapısına giren ve montajlarında kullanılan malzemelerden de pek çok uçucu organik bileşik yapı içi havasına karışmaktadır. Bu kirlетicilerin emisyonları tek başlarına düşük düzeylerde olsa da, toplu olarak yapı içi havaya yüksek düzeyde bir kirlетici yükü getirmektedirler. Kimyasal kirlетicilerin yanı sıra, biyolojik kirlетiciler de, biyolojik tahribata açık oluşları ve özellikle mantarların olmak üzere mikroorganizmaların gelişmesine elverişli bir zemin oluşturmalarının sonucunda, yapay ahşap levhalardan yapı içi havaya karışmaktadır.

4.1. YAPAY AHŞAP LEVHALARDAN KAYNAKLANAN KİMYASAL KİRLETİCİLER

Yapay ahşap levhalarda kimyasal kirlетicilik, yapılarına giren yapıştırıcılarda, katkı maddelerinde, kaplama malzemelerinde ve yüzey işlem malzemelerinde gerçekleşen uçucu organik bileşik emisyonları dolayısıyla meydana gelmektedir.

4.1.1. Yapıştırıcılardan Kaynaklanan Kimyasal Kirlетiciler

Yapıştırıcılar, bir yüzeyi diğer bir yüzeye bağlamak için kullanılan ve yapay ahşap levhalarda olduğu gibi onların bir bileşeni de olabilen malzemelerdir. Yapıştırıcıların birincil özelliğı likit veya viskoz halde uygulanmaları, sonra daha katı bir hale doğru kürlenmeleridir. Günümüzde yapı malzemesi piyasasındaki yapıştırıcıların çoğunluğu özellikle uygulama ve kürlenme sırasında tehdit oluşturan uçucu organik bileşikler yayarlar.

Çizelge 4.1. Sentetik reçine (polimer) bazlı yapıştırıcılar [Hays ve diğerleri,1995]

Reçine	Özellikler	Emisyon
Katı polimer/Katı lastik Stiren butadien lastik SBR Neopren lastik Nitril lastik Butil lastik Doğal lastik Polivinil klorid PVC Poliüretan PUR	Kolay sürülebilmesi için çok miktarda solvante ihtiyaç vardır. Dolgu ve katkı maddeleri de solvent içerebilir. Solvent buharlaşması yoluyla kurur.	Yüksek miktarda uçucu organik bileşik emisyonu
Likit polimer Epoksi EP Poliüretan Amino (üreformaldehit UF, melaminformaldehit MF) Fenolikler Polivinil alkol PVOH Nitril Silikon	Su veya solvent buharlaşmadan, kimyasal reaksiyon yoluyla kütlenme olur. Bazı katkı maddeleri solvent içerebilir. Kütlenme sırasında uçucu organik bileşik yayabilir.	Daha düşük düzeyde uçucu organik bileşik emisyonu
Emülsiyonlar Lateks akrilik Polivinil asetat PVA Stiren butadien lateks Neopren lateks Doğal lastik lateks	(Su bazlı lateksler ve bazı poliviniller.) Kuruma, suyun buharlaşmasıyla gerçekleşir. Uçucu organik bileşik emisyonu, dolgu ve katkı maddelerinden kaynaklanır.	Daha düşük düzeyde uçucu organik bileşik emisyonu
Hot melt Etilen vinil asetat EVA	Isıtılarak likit hale gelir ve daha sonra katılaşır.	Düşük düzeyde uçucu organik bileşik emisyonu
Basınca duyarlı Doğal lastik Stiren butadien lastik	Solvent bazlıysa düşük düzeyde emisyon gerçekleşir.	Düşük düzeyde uçucu organik bileşik emisyonu

Yapı içi hava kirliliğine etkisi açısından bir yapıştırıcıyı nitelendirmenin ilk yolu yapıştırıcının temel maddesi olan reçinenin tipini ortaya çıkarmaktır. Reçine aynı zamanda yapıştırıcının katı bileşenidir. Reçinenin tipi ve yüzdesi solvent ve diğer modifiye edici malzemelerin tipini ve miktarını belirler. Likit polimerler (epoksi, poliüretan, fenolik-rezorsinol, üreformaldehit, melaminformaldehit, silikon vb.) ve su bazlı emülsiyonlar katı polimerlerden ve lastiklerden daha düşük emisyon yaparlar. Bunun nedeni, organik solvent içermemeleridir. Doğal reçine bazlı yapıştırıcıların daha düşük emisyon potansiyelleri vardır. Çünkü çok az organik solvent gereksinirler veya hiç gereksinmezler. Oksidasyon yoluyla veya bitümlü ve EVA (hot melt)

yapıştırıcılarda olduğu gibi soğudukları zaman kurumuş olurlar [Hays ve diğerleri,1995].

Ürefoormaldehit reçinesi, yonga levha üretiminde en yaygın olarak kullanılan yapıştırıcı türüdür. Sert odun kontrplaklarında ve yapı içinde kullanılan yumuşak odun kontrplaklarında ürefoormaldehit yapıştırıcı kullanılmaktadır. Son yıllarda kontrplağın yapı içinde panel olarak kullanımının artması potansiyel tehlikeyi artırmıştır. İzosiyanatlı levhalar düşük emisyonlu olmakla beraber, levhanın üretim prosedürü yanı sıra reçinenin kendisi de pahalıdır. Kontrplaklarda ve yonga levhalara kaplama yapıştırılmasında kullanılan PVA tutkallının da dezavantajı pahalı olmasıdır. En az emisyon fenolik levhalarda gerçekleşmektedir. Fenolik levhaların düşük emisyonlu olmasının nedenleri; levha içinde çok az reaksiyona girmemiş formaldehit kalması, reçine formülünde formaldehit-fenol molar oranının düşük olması, formaldehitin fenolle reaksiyonunun geri dönüşsüz olması, kürlenme sırasında reaksiyona girmemiş formaldehitin daha sonra fenolle reaksiyona devam etmesi gibi nedenlerdir. En sert koşullarda bile fenolformaldehit reçine ayrışmaya uğramamaktadır. Dış koşullarda ve yüksek nemde bir ortam söz konusu olduğunda fenolformaldehit yapıştırıcılı levhaların tercih edilmesinin nedeni budur. Fenolik reçinelerin toksikliği içerdikleri reaksiyona girmemiş fenol miktarı ile belirlenmektedir. Fenol, zehirli ve tehlikeli bir madde olmakla birlikte reçine kürlendikten sonra fenolün kayda değer bir toksik etkisi kalmamaktadır. Çapraz bağlı fenolik reçineler toksik olmayan malzemeler sınıfında değerlendirilmektedir. Almanya’da %5 fenol içeriğinden fazlası çok tehlikeli ve toksik olarak değerlendirilmektedir. Yapılan çalışmalarda fenolik levhalardan kaynaklanan formaldehitin havadaki konsantrasyonu 0.1 ppm’ nin altında bulunmuştur [Meyer-Hermanns,1985; Emery,1985; Çiçek-Pişkin,1999].

Yapay ahşap levhalarda formaldehit emisyonu

Ürefoormaldehit reçineli levhalarda formaldehit emisyonu sorunu, 1943’de Fahrni tarafından araştırılmaya başlanmıştır. 1962’de Wittman, yapı içindeki konsantrasyon değerlerinin endüstriyel sınır değerlere eriştiğini fark etmiştir. Ayrıca bu düzeylerin

yüksek F:U (formaldehitin üreye molar oranı) oranıyla, sıcaklık ve nemle arttığını, pres süresi ve sıcaklığının artışıyla, amonyak ve üre ilavesiyle düştüğünü saptamıştır. Formaldehit reçineli levhalardaki fazla formaldehit, kürlenmiş reçine içindeki polimerik formaldehit dışında kalan formaldehittir. Levha içinde dört kimyasal durumda bulunmaktadır [Myers,1985; Romeis,1985]:

- 1- Formaldehit levha içinde serbest haldedir ve emisyonu bilinen fizik kanunları yoluyla gerçekleşmektedir. (Boşluklardaki monomerik formaldehit)
- 2- Formaldehit levha içindeki ahşapla kombine durumdadır ve su gibi maddelerle yer değiştirebilir. Levhaya su ilave edilmesi formaldehit emisyonuna yol açacaktır. (Oduna hidrojen bağlarıyla bağlı monomerik formaldehit)
- 3- Formaldehit ahşap hücre duvarlarındaki suya absorbe olmuş haldedir. Hidroliz sonucu levhadan buharlaşan su yoluyla ortama yayılır. (Nem tarafından metilenglikol olarak alı konan formaldehit)
- 4- Formaldehit kürlenmiş reçinenin kimyasal bir parçasıdır. Reçinenin hidrolizi yoluyla ortama yayılır. (Kürlenmiş reçine içinde, gevşek olarak bağlanmış metilol grupları halinde bulunan formaldehit)

Formaldehit emisyonunu etkileyen faktörler

Yapay ahşap levhalarda formaldehit emisyonunu etkileyen faktörleri levhaya bağlı faktörler ve ortama bağlı faktörler olarak iki grupta incelemek mümkündür.

Levhaya bağlı faktörler:

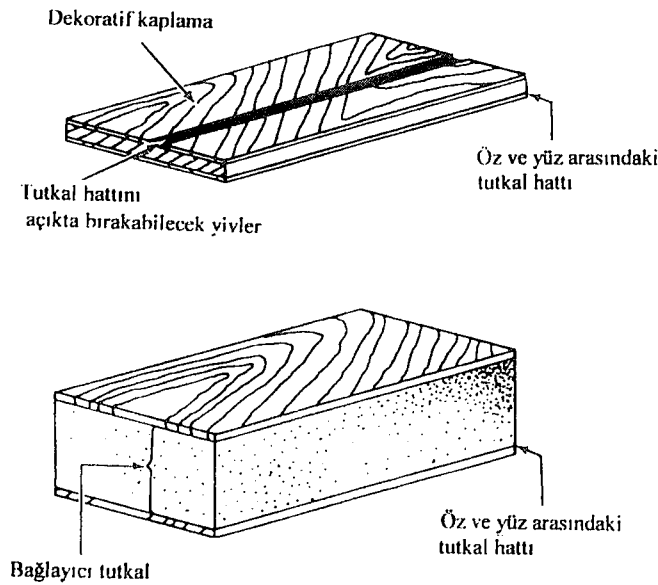
- Yapıştırıcıda kullanılan reçine tipi
- Yapıştırıcı formülasyonu
- Odun cinsi
- Kürlenme koşulları (Pres süresi, pres sıcaklığı, prestan önce ve sonra odun rutubeti vb.)
- Levhanın porozitesi
- Levhanın konstrüksiyon tipi

- Levhanın kullanım yeri veya nihai kullanım ürünü olarak niteliği (Kaplanmış olup olmadığı, başka bir malzemenin arkasında yer alıp almadığı vb.)
- Levhanın yaşı
- Levhanın kullanım miktarı

Ortama bağlı faktörler:

- Sıcaklık
- Bağıl nem
- Hava hareketleri
- Havalandırma düzeyi

Üreformaldehitli levhalarda formaldehit emisyonu, öncelikle reçine formülasyonuna ve kurlenme koşullarına bağlıdır. Reçine formülasyonu açısından üre ve formaldehit oranını molar olarak ifade eden F:U oranı ne kadar düşükse, malzeme o derece düşük emisyonlu olmaktadır. Yüksek yoğunlukta ve düşük poroziteli levhalarda emisyon daha düşüktür. Emisyon, levha kenarlarında yüzeydekenden daha fazla gerçekleşmektedir. Yüzeyde dekoratif amaçla açılan yivler ise emisyonu %30-40 artırabilmektedir. Yonga levha ve lif levha özlü kontrplaklar tipik olarak 3 katlı olup, formaldehit emisyonu hem öz kısmındaki bağlayıcı tutkaldan, hem de sert ağaç kaplamayı öz kısmına yapıştıran tutkaldan kaynaklanmaktadır.



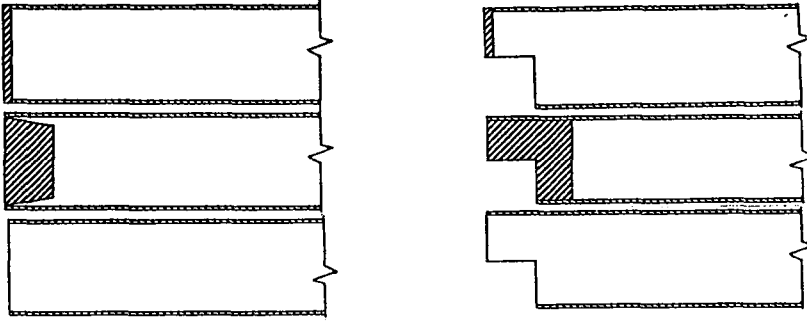
Şekil 4.1. Sert ağaç kontrplaklarında formaldehit emisyonu [Groah,1985]

Kontrplaklarda tabaka sayısı arttıkça tutkal miktarı artacağına, levhanın emisyon potansiyeli az tabakalı bir malzemeye göre yüksek olacaktır. Levhanın yapı içindeki kullanım amacı kullanılacak reçine tipine bağlı olarak formaldehit emisyon potansiyelini belirlemektedir. Örneğin, sert ağaç kontrplakları, ön yüzleri kaliteli, sert ağaçtan bir kaplamayla kaplanarak dekoratif amaçla kullanılırlar. Ön yüz kaplaması dekoratif ve ince olduğundan, kaplamada renk bozulması olmaması için renksiz bir tutkal tercih edilir. PVA tutkalı pahalı oluşu, fenolik tutkal ise koyu renkli oluşu nedeniyle tercih edilmediğinden dolayı, diğerlerine göre formaldehit emisyonu yüksek olmasına karşın üreformatdehit yapıştırıcı kullanılmaktadır. Yüzey kaplama malzemeleri ve yüzey işlem maddelerinin difüzyon bariyeri olarak işlevi üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Örneğin, 2 mm kalınlığında PVC kaplamanın levhadan kaynaklanan emisyonu %90-95 azalttığı görülmüştür. Diğer taraftan lateks boyaların, alkid boyalara göre iki kat daha fazla gaz geçirgenliğine sahip olduğu saptanmıştır. Belli bir mekanda kullanılan levha miktarı veya emisyonun kaynaklandığı toplam levha yüzey alanı, mekanın büyüklüğü ve havalandırma düzeyi havadaki konsantrasyon düzeyine etki eden diğer faktörlerdir. Yapılan bazı araştırmalarda, bağül nemin sıcak su kullanımı ve pişirme eylemlerine bağlı olarak ani yükselmeleriyle, banyo, mutfak gibi mekanlarda kullanılan düşük emisyonlu levhalarda iki kat emisyon artışı saptanmıştır [Groah,1985; Romeis,1985; Meyer-Hermanns,1985; Hanetho,1985; Hays ve diğerleri,1995].

Levha üretiminde dikkate alınması gereken noktalar:

- Reçine formülasyonunda F:U (formaldehitin üreye molar oranı) oranını düşürmek.
- Üretim sonrasında levha yüzeylerini formaldehiti bağlayıcı özellikte, uçucu organik bileşik kaynağı olmayan maddelerle işleme tabi tutmak
- Yüzeydeki yivleri en aza indirmek veya hiç yapmamak
- Yüzeyleri ve kenarları uçucu organik bileşik kaynağı olmayan laminat veya boyayla yalıtımak
- Kenarlarda lamba-zıvana bitişleri tercih etmemek, edildiği takdirde bu kısımları da düz bitişlerde olduğu gibi tamamen yalıtımak

- Akustik amaçlı deliklerin iç yüzeylerini yalıtımak



Şekil 4.2. Yonga levhada ve lif levhada kenar bitişleri [Chiara ve diğerleri,1991]

Levha içindeki serbest formaldehiti istenen düzeye düşürmek oldukça zor ve pahalıdır. Oda sıcaklığında ve % 50 bağıl nemde ahşap levha yaklaşık % 9.2 nem içermektedir. Buna bağlı olarak serbest formaldehit nem tarafından metilenglikol olarak alıkonmaktadır. Yeterince kürlenmemiş inalzemedde serbest formaldehit miktarı daha da fazla olmakta, birkaç yıl boyunca hızlı bir formaldehit emisyonu gerçekleşmektedir. Diğer taraftan, pres ve sertleşme süresini ve buna bağlı olarak üretim sürecini kısaltmak malzemeyi ucuza mal etmenin başlıca yollarından birisi olduğundan, sertleşme süresini kısaltan yüksek formaldehit oranlı üretilen formaldehit reçineleri kullanmak yaygın bir eğilimdir. Tutkal sertleşme süresinin kısaltılmasının sakıncasına karşılık, aşırı kürlenmiş veya presten sıcak alınarak depolanmış malzemede metilol gruplarına bağlı olarak çok güçlü bir üretilen formaldehit hidrolizi olmaktadır. Formaldehitin levha içinde bulunduğu hallerden birisi olan zayıf reçine zincirlerindeki metilol grupları, uzun zaman boyunca hidroliz yoluyla serbest kalmaktadır. Bu durumda levhadaki yapışma direnci zayıflamaktadır. Sürekli reçine hidrolizi malzemenin reçineye bağlı durabilitesini giderek azaltmaktadır. Metilol gruplarının yüksek olduğu malzeme aynı zamanda higroskopik olması da daha yüksek oranda emisyon potansiyeline yol açmaktadır. Hem hidroliz yoluyla açığa çıkan formaldehitin, hem de serbest formaldehitin emisyonlarına çözüm olarak, serbest formaldehiti bağlayacak maddeler ve sürekli hidrolizi engelleyecek

stabilizatör maddeler ilave edilmesi gerekmektedir. Yonga levhalarda yüzeyin amonyak tuzuyla işlem görmesinden sonra iki-üç kat daha az emisyon gerçekleşmektedir [Bozkurt-Göker,1985; Meyer-Hermanns,1985; Meyer-Hermanns,1985].

Yapıştırıcılarla ilgili olarak dikkat edilmesi gereken noktalar [Romeis,1985; Hays ve diğerleri,1995]:

- Levhanın emisyon standardı, nihai kullanım ürünü olarak, kullanılacağı mekanın koşullarına göre belirlenmiş olmalıdır. Ortalama koşulların, belli miktarda bir emisyon için elverişli koşullar olduğu dikkate alınır, farklı fiziksel koşullara sahip mekan kategorilerine göre çeşitli sınıflarda levhalar üretilmelidir.
- Malzemeyi seçen veya satın alanlar, bir birinin muadili olan levhalar içinde en düşük emisyonlu olanı araştırmalıdır. Bu araştırmada öncelikle ürünle ilgili olarak hazırlanmış güvenlik belgesi türünde bir veri belgesi ve malzemenin emisyon standardı dikkate alınmalıdır. Veri belgelerinde, malzemenin içerdiği maddeler, bu maddelerin malzeme içindeki oranları, PEL ve TLV gibi değerleri, buharlaşma-kuruma hızı (buna bağlı olarak havalandırmayla ilgili bilgiler) gibi fiziksel özellikleri, vücuda giriş ve etki ediş şekilleri, sağlık açısından risk dereceleri, kanserojenlik durumu belirtilmelidir. Depolama ve uygulamayla ilgili uyarılar da bulunmalıdır
- İçerdiği yapıştırıcılarda, hem reçineden hem de solventten kaynaklanan emisyonların minimum olduğu levhalar tercih edilmelidir.
- Genel olarak belli bir hacim dahilinde çok miktarda yapay ahşap levha kullanmaktan kaçınılmalıdır. Eğer bu mümkün olmuyorsa emisyon miktarı düşünceye kadar hacmin havalandırma kapasitesi artırılmalıdır.

- Alternatif yapıştırıcılar geliştirilirken, yangın dayanımı vb. özellikleri geliştirmek için ayrıca katkı maddeleri kullanılmaktadır. Ürünü değerlendirirken bu maddelerin ayrıca sorun teşkil edip etmedikleri araştırılmalıdır.
- Mümkün olan her yerde bitişsiz levha yalıtılmalıdır. Yalıtıcı kaplamanın veya yüzey işlem maddesinin uçucu organik bileşik emisyonu ve buhar geçirgenliği kontrol edilmelidir. Formaldehiti tutucu maddeler içeren yüzey işlem maddeleri havadaki konsantrasyonun azalmasında önemli bir etken olmakla birlikte, kendileri fazladan formaldehit kaynağı olabilirler. Üre ve melamin reçine emdirilmiş kağıt folyolar bariyer görevi görmelerine karşın, levha yüzeyine üreli yapıştırıcılarla yapıştırıldıklarından en azından bir süre için levhanın emisyon potansiyelini artırır. Lake boya da çok etkin bir bariyer olmasına karşın, asitle kürlenmiş lakeler formaldehit içerdikleri için, levhanın emisyon potansiyelini artırmaktadırlar.

4.1.2. Koruyucu Maddelerden Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler

Ahşap koruyucu maddeler üç ana grupta toplanmaktadır:

- 1) Yağlı emprenye maddeleri
- 2) Organik çözücülü emprenye maddeleri
- 3) Suda çözünen emprenye maddeleri

Yağlı emprenye maddelerinin başında kreozot, maden kömürü ve odun katranı yağları gelmektedir. Gerek yapay ahşap malzemede, gerekse yüksek uçuculuk, koku ve zehirleyicilik gibi özelliklere sahip oldukları için yapı içinde kullanılmazlar. Kaplama levhalarda, kontrplaklarda ve yonga levhalarda koruyucu olarak, organik çözücülü ve suda çözünen maddeler kullanılmaktadır.

Böcek ve mantarlara karşı geliştirilmiş çok sayıda kimyasal vardır. Solunum yoluyla risk oluşturması açısından bunları uçucu olmayan ya da çok az uçucu olan grup ve

yüksek uçuculuk özelliği taşıyan grup olarak iki grupta incelemek mümkündür. İlk grupta bakır, arsenik gibi inorganik maddeler yer alır. Bunlar ahşabın içinde kimyasal olarak bağlanırlar ve çevreye bir kimyasal çıkışı gerçekleşmez. Bu durumda yalnızca koruyucu madde içeren ahşap talaşının solunması tehlikeli olmaktadır. Pentaklorfenol, benzenhegzaklorid ve dieldrin gibi maddeler ise uçucu özellikte olup ahşabın içinden ömrü boyunca yavaş yavaş atmosfere geçerler. Ayrıca vücutta birikerek (kümülatif etki) yüksek konsantrasyonlara varırlar. Günümüzde pentaklorfenol ve benzenhegzaklorid için endüstriyel sınır değer 0.5 mg/m^3 kabul edilmektedir. Yapı içindeki limit, bunun 1/10 değeri olan 0.05 mg/m^3 kabul edilebilir

Çizelge 4.2. Koruyucu maddeler [Bozkurt ve diğerleri,1993]

Koruyucu madde	Bileşikteki maddeler	Özellikleri	Alternatif madde
Tribütülin oksit (TBTO)	Petrol yağı	<u>Organik çözücülük.</u> Kokulu ve zehirleyici	Tanalith, Boliden, Celcure ticari adları altındaki CCA maddeleri ve diğer suda çözünen maddeler
Bakır 8-kinolinat	Alifatik ve aromatik hidro karbon çözücüler (hegzan, heptan, toluen, ksilen)		
Klorlu hirokarbonlar (Klordan, Lindan, Dieldrin)	Petrollü çözücüler		
Pentaklorfenol (PCP) ve türevleri (Sodyum pentaklorfenat, bakır pentaklorfenat)	Petrol gazı, alkol, ester, keton, glikol ve glikol türevleri		
ACA (Amonyaklı Bakır Arsenik)	Amonyak	<u>Su çözücülük.</u> Amonyak, fenol gibi. katkı maddeleri bulunmayanların kokusu ve zehirleyici özelliği yok. Yapı içinde kullanımı uygun olmakla birlikte, çevresel atık olarak memelilere zararlı	CCA (Bakır/Krom/Arsenik)
ACZA (Amonyaklı Bakır Çinko Arsenik)	Amonyak		ACC (Asit Bakır romat)
FCAP (Flor/Krom/Arsenik /Fenol)	Fenol, sodyum pentaklorfenat		CCB (Bakır/Krom/Bor) ve Bor bileşikler

Koruyucu maddeler açısından dikkat edilmesi gereken noktalar [Curwell-March,1986; Bozkurt ve diğeri,1993]:

- Nemli yapı malzemesi biyolojik kirleticiler için barınak oluşturacağından malzeme nemden korunmalıdır.
- Tasarım ve konstrüksiyon tekniklerindeki gelişmeler yapıya dışardan zararlı girişini önleyecektir. Yapıda iyi bir bakım ve işletim sağlanması da zararlı gelişimini engelleyecektir.
- Son yıllarda piyasaya sunulan düşük emisyonlu veya düşük konsantrasyonlarda kullanılan maddeler tercih edilmelidir.
- Yapı içinde kullanılan kontrplaklar için en güvenli maddeler kokusuz olan ve suda çözünen, Tanalith-C ve Celcure-A gibi ticari adlar altında satılan bakır/krom/arsenik (CCA) tuzlarıdır.
- Son yıllarda gelişmiş ülkelerde araştırmalar yapılarak, zehirli kabul edilen sodyumpentaklorfenat ve pentaklorfenol (PCP) yerine, tribütil-tin oksit (TBTO), bakır-8-kinolinolat, TCMTB emprenye maddeleri bulunmuştur. Bu maddeler pentaklorfenole göre daha az zehirleyici olmakla birlikte, seçilen organik çözücüye dikkat edilmelidir.
- Boya ve kaplamalar koruyucu maddelerin emisyonunu büyük ölçüde azaltırlar.

4.1.3. Yüzey İşlem Malzemelerinden Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler

Koruyucu yüzey maddeleri, korozyona, aşınmaya, hasara karşı yüzeyleri korumak için yapı dışında ve içinde kullanılan vernik, renkli vernik, boya gibi malzemelerdir. Aynı zamanda dekoratif işlevleri vardır.

Film oluşturmak amacıyla reçine ve yağlar, su veya organik solventlerle birlikte koruyucu yüzey malzemelerini meydana getirirler. Katı maddenin oranı potansiyel uçucu organik bileşik emisyonunu belirler. Düşük katı maddeli, yüksek oranda solvent içeren malzemenin emisyon düzeyi yüksektir. Genellikle su bazlı malzemeler düşük, organik solvent bazlı olanlar yüksek emisyonludur.

Günümüzde solvent bazlı boyaların yerini su bazlı boyalar almaya başlamıştır. Bununla beraber bazı su bazlı boyalar tehlikeli maddeler içerirler. Suda çözünen akrilik reçineler, polivinil asetat, stiren-butadien maddeleri arasında stiren-butadien'in önemli derecede toksik olduğu bilinmektedir. Diğer su bazlı boyalardan alkid ve akrilik reçineli boyalar bir miktar organik solvent (T4MDD vb.) içerebilirler. Bu durumda ürünün uçucu organik bileşik emisyonu artar. Bunun yanı sıra su bazlı boyalar fungusit olarak arsenikdisülfid, fenol, bakır, formaldehit veya bazı amonyum bileşikler içerirler. Bu katkı maddeleri de tehlikeli kabul edilmektedir. Organik solventli boyalardaki tehlikeli maddelerin başlıcaları; alifatik hidrokarbonlar, aromatik ve naftionik hidrokarbonlar, ketonlar, terpenler, esterler ve asetatlar, parlaklık ve sertlik sağlayan katkı maddeleri (stiren, viniltoluen, metil etil ketoksim, formaldehit vb.) olarak saptanmıştır. Pigmentler de zehirli bileşikler içermekte olup bunların toksik etkisi zımparalama gibi işlemler ve yanma sırasında kendini gösterir. Yapıştırıcılarda ve yalıtım maddelerinde olduğu gibi boya ve verniklerde başlıca uçucu organik bileşik emisyonu, uygulama ve kuruma sırasında olur. Bunun yanı sıra, limonen , α -pinen gibi terpenler, akrilat ve diizosiyanat gibi monomerler, aylar, hatta yıllar süreyle, yapı içi havadaki ozon, azot dioksit ve hidroksillerle reaksiyona girerek, tahrişe ve hasta bina semptomlarına katkıda bulunan ikincil kirleticileri açığa çıkarabilmektedirler [Hays ve diğerleri,1995].

Organik solventli ve su bazlı yüzey işlem malzemelerinin yapısında bulunan başlıca kirletici kaynakları ve bunlardan açığa çıkan kirleticiler aşağıda ve Çizelge 4.3'de özetlenmiştir.

- 2,3,7,9-tetrametil-5-disin-4,7-diol (T4MDD) (Su bazlı lakelerde kullanılan solvent)
- Ftalat esterleri (Plastikleştirici maddeler)
- Yağ asitleri (Doğal reçinelerin ve alkid reçinelerinin yapısında bulunan maddeler)
- Terpenler (Solventlerin yapısında bulunan maddeler)
- UV (ultra viyole) kürlü sistemlerde, polimerizasyonu başlatan maddeler
- Akrilik esterler (akrilatlar), stiren gibi akrilik olmayan monomerler (UV kürlü lakelerin çoğunda, viskozite sağlayan ve sertleşmede kullanılan maddeler)
- Diizosiyanatlar

Çizelge 4.3. Yüzey işlem malzemelerinden kaynaklanan kirleticiler [Salthammer ve diğerleri, 1999]

Yüzey işlem malzemesi	Başlıca uçucu ve reaktif maddeler	İkincil uçucu organik bileşik
Nitro-selüloz (NC)	Reçine (alkid veya doğal reçine) <u>Yağ asitleri</u> Oleik asit Linoleik asit Linolenik asit Plastikleştirici DEHP (di-2-etilhegzil-ftalat)	<u>Alifatik aldehytler</u> Heptanal, oktanal, nonanal, dekanal vb. Hegzanal vb. 2,4-heptadienal vb. 2-etil-hegzanol, 2-etil-1-hegzen
Poliüretan (PUR)	Diizosiyanatlar MDI (4,4'-difenilmeten-diizosiyanat) HDI (hegzameten-diizosiyanat) HDI-Biuret İzosiyanurat	Aminler, üretanlar

Çizelge 4.3. (Devam) Yüzey işlem malzemelerinden kaynaklanan kirleticiler

UV kürlü malzemeler Polieter akrilat (PEA) Polyester akrilat (PA), su bazlı Satürasyonsuz polyester (UPE), su bazlı	Polimerizasyon maddeleri (Fotoinisiatörler) DPAP (2,2-dimetoksi-2-fenil-asetofenon) DAP (2,2-dietoksi-asetofenon) HMEPP (2-hidroksi-2-metil-1-(4-(1-metiletil)-fenil)-1-propanon) TBDPO (2,4,6-trimetil-benzoil-difenil-fosfin-oksit) HCPK (1-hidroksi-siklohegzil-fenon) PHMP (1-fenil-2-hidroksi-2-metil-propan-1-on) Viskozite ve sertleşme süreci maddeleri (Likit monomer akrilik esterler-akrilatlar) MMA (metil-metakrilat) BA (butilakrilat) EHA(2-etil-hegzil-akrilat) HDDA (1,6-hegzandiol-diakrilat) TPGDA (tripropilenglikol-diakrilat)	Benzaldehit, asetofenon, metilbenzoat, 1-fenil-1,2-propan-dion Benzaldehit, 1-fenil-2-etoksi-etan-1-on, etilformat 4-(1-Metil-etil)-benzaldehit, 4-(1-Metil-etil)-asetofenon 2,4,6-Trimetil-benzaldehit Benzaldehit, benzil, siklohegzanon Benzaldehit, benzil, aseton, 1-fenil-2-metil-1,2-propandiol, pinakol
Satürasyonsuz polyester (UPE), UV kürlü, su bazlı	Kopolimerizasyon maddeleri Stiren	Formaldehit, Benzaldehit
Üretan akrilat (UA), su bazlı	Solvent T4MDD (2,4,7,9-tetrametil-5-disin-4,7-diol)	MIBK (4-metil-2-pentanon), 3,5-dimetil-hegzan-3-ol
Eko-lake	Solvent (turpentin balzamu) Karvon (p-menta-6,8-dien-2-on) Terpenler (limonen, α -pinen vb.)	Karvon 4-asetil-1-metilsiklohegzan, formaldehit

Ftalat esterlerinin, yüzey işlem malzemelerinin içinde plastikleştirici olarak kullanımları oldukça yaygındır. Di-2-etilhegzil ftalat (DEHP), lake üretiminde kullanılan en önemli ftalat esterlerinden birisidir. Renksiz, kokusuz, termal stabilitesi yüksek bir madde olmasına karşın, kimyasal stabilitesi düşüktür. Suyula hidrolizinden, birçok yapı malzemesinden yayıldığı bilinen 2-etil-hegzanol alkolü açığa çıkmaktadır.

Alkid ve doğal reçinelerin yapısındaki yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda, pekçok uçucu aldehit meydana gelmektedir. Monoterpenlerin, havadaki hidroksil ve ozon gibi oksitleyicilere karşı son derece reaktif olduğu bilinmektedir. Havadaki akrilatların tahriş etkisi, deri, mukoza ve gözlerde olmak üzere çok geniştir. Kirlenmiş katmanda bulunan akrilat monomerleri ise, temas halinde deride yanıklara yol açabilmektedir. Bazı akrilatların kokusu çok şiddetli olup, düşük miktarları dahi yapı içi hava kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. İsoziyanatlar, hidroksil gruplarıyla, su ve alkollere kolayca reaksiyona girerler. Diizosiyanat monomerlerinin gözlerde, mukozada ve deride tahrişe, solunum yollarında sensitizasyona yol açtıkları bilinmektedir. Yüzey işlem maddeleri, reaktif yapı malzemelerinin arasında önemli bir yer tutmaktadır. Yapılan araştırmalarda, bazı mobilyaların yüzeylerindeki koruyucu tabakalarda beş yıl kadar bir süre sonra oluşan çatlaklardan oksijenin girmesi sonucunda aldehit emisyonu gerçekleştiği saptanmıştır [Salthammer ve diğerleri,1999].

Artan yapı içi hava kirliliği şikayetleri üzerine malzeme piyasasına bazı alternatifler sunulmaktadır. Bunlar, yüksek oranda katı boyalar, doğal boyalar, hipo-allerjik boyalar gibi düşük emisyonlu boyalardır. Yüksek oranda katı içeren boyalarda organik solvent miktarı düşürülmüş, katı içerik miktarı artırılmıştır. Bu boyalarda en az %60 oranında katı kısım bulunmalıdır. (Ticari boyalarda bu oran 15-40 arasındadır.) Buna karşılık performansları geleneksel boyalar kadar iyi değildir. Renk seçeneği sınırlıdır. Hem daha çok kat sürmek gerekmekte hem de kuruma süresi uzamaktadır. Bu durum uçucu organik bileşik emisyonunun artmasına yol açabilir. Doğal boyalar doğal bitki reçinelerinden, bitkisel ve eterli yağlardan, mineral

dolgulardan ve pigmentlerden oluşmaktadır. Solvent olarak bir tür terpen olan d,l-limonen maddesi kullanılmaktadır. Hypo-allerjik boyalar su bazlı sentetik boyalardır. Hiçbir koruyucu ve fungusit içermezler. Bu nedenle raf ömürleri kısadır. Beyaz ve kemik renginde üretilirler. Uygulama yerinde renklendirme yapılabilir. Diğer bir düşük emisyonlu boya, toz halinde olan ve uygulama yerinde suyla karıştırılan boyalardır. Su oranı arttıkça boya transparanlaşır [Hays ve diğerleri,1995].

Yüzey işlem malzemeleri açısından dikkat edilmesi gereken noktalar [Crowther,1992; Hays ve diğerleri,1995]:

- Güvenlik veri belgeleri olmadığı takdirde, en azından uçucu organik bileşik emisyon düzeylerini gösteren etiketlerin bulunduğu boyalar tercih edilmelidir.
- Bitki reçinelerinden yapılmış boyalar pahalı olmakla birlikte allerjik açıdan en sakıncasız ürünlerdir. Su bazlı lateks boyalar pek çok insan açısından daha sakıncasız olmakla birlikte, kullanım ömrü boyunca havaya toz halinde yayılabilmektedirler.
- Kuruma süresi ve havalandırma önlemleri vb. hususlar açısından güvenlik belgelerine göre uygulama yapılmalıdır.

4.1.4. PVC (Polivinilklorür) Kaplamalardan Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler

Vinilklorid (VC) doğal olarak oluşmayan, klorine hidrokarbonların degradasyonu sonucunda ya da değişik işlemlerle endüstriyel olarak üretilen bir monomerdir. Dünyada VC üretiminin % 95'i PVC'ye yöneliktir.

PVC reçineler ve diğer ürünler içersinde, polimerizasyona girmemiş artık, serbest VC monomerleri kalmaktadır. Pek çok ülkede 1970'lerden beri PVC içersindeki serbest VC kontrol altına alınmaya çalışılmaktadır. Dolayısıyla termal degradasyona uğramış PVC'den kaynaklanan VC emisyonu günümüzde ölçülemeyecek kadar düşük düzeylerde dir. VC normal çevre koşullarında kolaylıkla biyolojik bozulmaya uğramaz. Bununla birlikte aylar veya yıllar zarfında degradasyon oluşabilmektedir. Son araştırmalar daha çok PVC içinde plastikleştirici maddelerin biyolojik bozulmaya uğradığını göstermiştir. Yapılan deneyler sırasında fotokimyasal bozulma sonunda klorasetaldehit, formaldehit gibi gazlar açığa çıktığı gözlenmiştir. Yapı içi hava kirliliğine yol açan başlıca VC kaynakları, vinilklorid, vinilasetat, etilen içeren lateks boyalar, ayrosol sprey şeklinde haşere ilaçları, mobilya cilaları ve diğer ev malzemeleridir.

Yapı içinde kaplama olarak kullanılan PVC malzemelerde plastikleştirici olarak kullanılan 2,2,4-trimetil-1,3-pentaandiol-diizobütirat (TXIB) maddesinin yıllar boyunca düşük miktarlarda uçucu organik bileşik yaydığı saptanmıştır. Diğer bir kirlletici kaynağı, karo şeklinde PVC kaplamaları yapıştırmakta kullanılan yüksek emisyonlu yapıştırıcılardır [Curwell-March, 1986; WHO,1999].

PVC için vinilklorid ve başlıca plastikleştirici olarak di-oktil ftalat esterinin havadaki eşik değeri esas alınabilir. VC için endüstriyel limit 3 ppm'dir. Yapı içinde havada VC konsantrasyonu en fazla 0.3 ppm olabilir. Di-oktil ftalat için endüstriyel limit 5 mg/m³ olup, yapı içi havada kabul edilebilir düzey 0.5 mg/m³ olmaktadır [Curwell-March,1986].

PVC kaplamalarda dikkat edilmesi gereken noktalar [Crowther,1992; Hays ve diğerleri,1995]:

- PVC kaplamalar yapı içinde pek çok yerde kullanıldığı için yeterli havalandırma sağlanmadan döşenmeleri sakıncalıdır. Yüksek uçucu organik bileşik konsantrasyonu ilk 24 saat içinde gerçekleşse de, düşük emisyon devam eder.
- Plastikleştirici maddeler ana kirletici olduğu için, daha az plastik yani daha rijit PVC tercih edilmelidir. Karo PVC, rulo PVC malzemeye göre daha rijittir. Karo PVC’de derzler yoluyla yapıştırıcıdan uçucu organik bileşik emisyonu gerçekleşeceği için malzemeyi yapıştırmak için düşük emisyonlu yapıştırıcı tercih edilmelidir.
- Linolyum kaplamaların, PVC kaplamalara göre allerjilere yol açma riski daha düşüktür. PVC kaplamalardaki toksik emisyonlara önlem olarak, bu kaplamalara emisyon engelleyici, toksik olmayan yüzey maddeleri tatbik edilebilir.
- Düşük emisyon ve yüksek bariyer özelliğine sahip olmaları açısından, kristallik derecesi yüksek sert plastik kaplamalar esnek plastik kaplamalara tercih edilmelidir.
- Güvenlik belgelerine göre uygulama yapılmalıdır.

4.1.5. Yalıtıcı Malzemelerden Kaynaklanan Kimyasal Kirleticiler

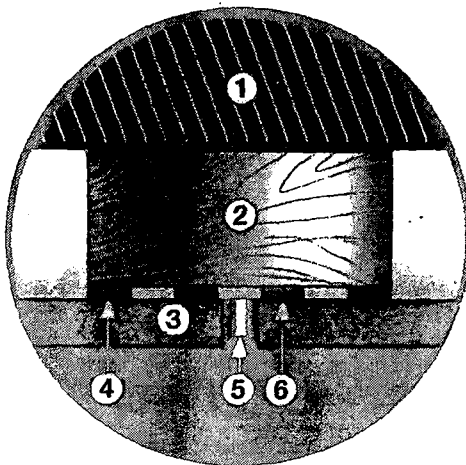
Likit, hava ve gaz penetrasyonunu önlemek için, birleşim yerlerinde, boşluklarda kullanılan maddelere yalıtıcı madde (tecrit macunu) denir. Esneklik derecelerine göre düşük, orta ve yüksek hareketli olarak üç gruba ayrılırlar. Düşük hareketliler genellikle doğal reçine bazlı olup, yapı içi hava kirliliği açısından az risk taşırlar. Yüksek hareketli olanlar çoğunlukla organik solventlidirler. Yalıtıcı maddelerin tehlikeli etkileri ağırlıklı olarak uygulama ve kirlenme sırasında ortaya çıkar.

Çizelge 4.4. Yalıtıcı Malzemeler [Hays ve diğerleri,1995]

Yalıtıcı Malzemeler	Özellikler	Uçucu Organik Bileşik Emisyonu
Yapı İçinde Kullanılabilir		
Asfaltik yalıtıcı maddeler	Bitüm esaslı. Su bazlı veya soğuyunca katı hale geçecek şekilde (hot melt) olabilir. Kuruma süresi: 4500 saat	petrol hidrokarbonları
Yağ reçineleri	Boyadan önce, çatlakları doldurmak için kullanılır. Son yıllarda yerini lateks ve vinil ürünlere bırakmıştır. Kuruma süresi: 2000 saat	Düşük düzeyde alifatik hidrokarbonlar
Akrilik emülsiyon lateksler	Yapı içi kullanımı çok yaygın olan su bazlı yalıtıcı madde. Kuruma süresi: Islak kalır.	Toplam uçucu organik bileşik
Polistüfidler	Ticari yapılarda cam detaylarında çok kullanılır. Kimyasallara yüksek, ozona ve ultra viyole ışınlarına düşük dayanımlı. Kuruma süresi: 4900 saat.	Düşük düzeyde Toluen
Poliüretanlar	Aşınmaya ve yırtılmaya karşı çok dayanıklı. Her tip yapıda kullanılmakla birlikte, özellikle beton çatlaklarında, radon sızıntısını önlemek için tavsiye edilmektedirler. Kuruma süresi: 8300 saat	Düşük düzeyde ksilen
Silikonlar	Ekstrem sıcaklıklara son derece dayanıklı Kuruma süresi: 480 saat	Düşük düzeyde ksilen
Yapı İçinde Sınırlı Olarak Kullanılabilir		
Solvent bazlı akrilik lateksler	Akrilik emülsiyonlardan daha dayanıklı ve daha iyi performansla sahip. Sağlık açısından gerekli önlemler alınmalıdır. Kuruma süresi: 1000 saat	ksilen
Bütıl lastik	Yüksek yapıştırma yeteneği olan, solvent bazlı, ucuz bir malzeme. Uygulama sırasında sağlık açısından gerekli önlemler alınmalıdır. Kuruma süresi: 430 saat	alifatik hidrokarbonlar
Yapı İçinde Kullanılamaz		
Stiren butadien lastik (SBR)	Solvent bazlı, uygulaması kolay, ozona ve ultra viyole ışınlarına dayanımı az. Kuruma süresi: 100-250 saat	alifatik hidrokarbonlar, toluen, ksilen, hegzan

Yalıtıcı malzemeler açısından dikkat edilmesi gereken noktalar [Hays ve diğerleri,1995]:

- Malzemeyi seçen veya satın alanlar toksiklik yönünü iyi anlamalı, en az toksik malzemeyi tercih etmelidirler. Su bazlı vinil ve akrilik lateks en iyi tercih olabilir.
- Ürün seçimi yapılırken malzemenin kullanıldığı yer, kullanılacak miktar, kürlenme süresi, genel inşaat takvimi (diğer malzemelere göre uygulama sırası) göz önünde bulundurulmalıdır.
- Farklı konstrüksiyon teknikleri ve detayların geliştirilmesiyle, yalıtıcı maddelerin yapı içinde kullanımının azaltılması bir amaç olmalıdır.
- Güvenlik belgelerine göre uygulama yapılmalıdır.



1. Tuğla duvar
2. Ahşap veya alüminyum çerçeve
3. Kaplama paneli
4. Yapıştırıcı
5. Tecrit macunu
6. Yapıştırıcı

Şekil 4.3. Yapı içi kaplama panellerinde tecrit macunlu birleşim [ARPA,2000]

4.1.6. Yapay Ahşap Levhalarda Emisyon Standartları

Amerika Birleşik Devletleri'nde ve Avrupa Birliği ülkelerinde ithal ürünler formaldehit emisyon standardını gösteren etiket taşımak zorundadırlar. Fransa'da, levhanın öz malzemesi veya ağaç cinsi, kaplamalı olup olmadığı, kaplamalıysa, ağaç cinsi, kullanılan diğer kaplama malzemeleri (laminat, folyo, lake vb.) etikette yer almalıdır [ITC,1990].

Dünyada hükümet tarafından yapay ahşap levhalarla ilgili olarak ilk kanunlaştırılmış standart, Amerika Birleşik Devletleri'nde 1984'de HUD (Department of Housing and Urban Development) tarafından hazırlanan 24CFR3280 numaralı standarttır [Newton,1985; Groah,1985]. Amerika Birleşik Devletleri'nde formaldehit emisyonu açısından tavsiye edilen diğer ürünler ANSI (American National Standards Institute) etiketlerini taşıyan yonga levha, MDF ve sert odun kontrplaklarıdır.

Alman standartlarında 100 g levhada mg olarak formaldehit miktarına göre E1, E2, E3 veya I, II sınıflarında yapay ahşap levhalar üretilmektedir.

Finlandiya'da yapı içi hava kalitesi birliğinin (The Finnish Society of Indoor Air Quality) emisyon standartları 1 m² levhadan 1 saatte yayılan formaldehit, toplam uçucu organik bileşik, amonyak ve kanserojen maddelerin miktarı olarak saptamıştır. Bu standartlara göre M1, M2, M3 sınıflarında levhalar üretilmektedir.

Çizelge 4.5 Yapay ahşap levhalarda formaldehit ve diğer kirleticiler için emisyon düzeyleri ve standartları¹⁾

Standartlar	Levha Tipleri				
	Kontrplak panel	Yonga levha panel	Yonga levha döşeme	Lif levha	Bütün levha tipleri
HUD Formaldehit	0.2 ppm		0.3 ppm		
ANSI 208.1 Formaldehit		0.3 ppm	0.2 ppm (kaplama)		
ANSI 208.2 Formaldehit				0.3 ppm (MDF)	
Alman Formaldehit Tüzüğü		0-10mg/g E1 10-20mg/g E2 20-30mg/g E3			
Alman Kimyasal Tüzüğü Formaldehit		8mg/g I 8-30mg/g II			
TS EN 312-1 Formaldehit		8mg/g I 8-30mg/g II			
TS 64-1 EN 622-1 Formaldehit				9mg/g A 9-40mg/g B	
Finlandiya M1 standardı Formaldehit Toplam uçucu organik Kanserojen maddeler Amonyak					0.05mg/m ² h 0.2mg/m ² h 0.005mg/m ² h 0.03mg/m ² h

Alman düşük emisyonlu malzemeler tüzüğüne göre (RAL-UZ 76 German Blue Angel Labels) kaplanmış veya kaplanmamış haldeki yonga levha, MDF, blok levha ve kaplama levha kontrplaklarda bazı sınırlandırmalar getirilmiştir²⁾.

- Formaldehitli bağlayıcı içeren levha malzemeden kaynaklanan formaldehitin test odasındaki konsantrasyonu 0.05 ppm'den fazla olmamalıdır.
- Bağlayıcı olarak fenolformaldehit, PMDI (polimer difenilmetan-4,4-diizosiyanat) reçine (monomer emisyonu olmaması koşuluyla), taninli yapıştırıcılar ve aminoplastik reçineler kabul edilebilir.
- Fenolik levhadan test odasında oluşan fenol konsantrasyonu 14 µg/m³'ü aşmamalıdır.

¹⁾ <http://www.cpsc.gov/cpscpub/pubs/725.html>

<http://www.cal.iaq.org>

²⁾ <http://www.blauer-engel.de/Englisch/index.htm>

- Levhalarda veya yüzey işlem maddelerinde mantarlara, böceklerle ve yangına karşı herhangi bir koruyucu madde veya halojene organik bileşik kullanılmış olmamalıdır.

4.2. YAPAY AHŞAP LEVHALARDAN KAYNAKLANAN BİYOLOJİK KİRLETİCİLER

Yapı içi hava kirliliği açısından yapay ahşap levhalarda tahribata yol açan organizmalar içinde en önemlisi mantarlardır. Yapay ahşap levhalarda nem oranı düşüktür. Doğal ahşabın higroskopiklik özelliği ve buna bağlı olarak ortam nemiyle etkileşim yapay ahşap malzemelerde önemli ölçüde giderilmiş olmasına karşın biyolojik tahribat gerçekleşebilmektedir. Bunu başlıca nedeni malzeme yüzeyindeki kondansasyon olarak görülmektedir. Yapılan bazı araştırmalarda en sık gözlenen diğer nedenler; ıslak hacimlerde malzeme üzerine sürekli su sıçraması, tesisat kaçakları, en az bir kere meydana gelmiş çatı akması ve strüktürel hasarlardır. Yapılarında bulunan sentetik reçineler ve özellikle mikroorganizmalar için ilave edilen katkı maddeleri, biyolojik bozulma açısından yapay ahşap levhaları doğal ahşaba göre avantajlı hale getiren diğer önemli özelliklerdir. Yüzey kaplamaları ve yüzey işlem maddeleri de mikroorganizmalara karşı önemli derecede bariyer teşkil etmekle birlikte, mantarların gelişmesi için elverişli bir zemin oluşturabilirler [Batterman,1995; Hays ve diğerleri,1995].

Yapay ahşap levhalarda tahribat yapan mantarları, zararlı ahşap mantarları (çürüklük yapan mantarlar) ve ahşap yüzeyinde çirkin görüntüler oluşturan mantarlar olarak iki ana grupta incelemek mümkündür. Bu iki grup kendi içlerinde alt gruplara ayrılmaktadır [TS EN 335-1,1999; Bozkurt ve diğerleri,1993].

1-Zararlı ahşap mantarları

a- Ahşap Çürütücü Mantarlar

Ahşapta beyaz ve kahverengi çürüklüklere neden olan Basidiomycetes mantarlarıdır.

Kahverengi çürüklük mantarları; kuru çürüklük ve ıslak çürüklük mantarları olarak ikiye ayrılır.

b- Yumuşak Çürüklük Mantarları

Ahşap yüzeyinde yumuşama şeklinde çürüklüğe neden olan Ascomycetes mantarlarıdır. Ahşap içersinde Basidiomycetes'lerden daha fazla rutubete ihtiyaç duyarlar.

2- Ahşap Yüzeyinde Çirkin Görüntüler Oluşturan Mantarlar (Renk ve küf mantarları)

a- Mavi çürüklük mantarları

Bazı ahşapların öz odunu içersinde, farklı derinlikte ve farklı tonlarda mavi, siyah lekeler oluşmasına ve renk tonlarının değişmesine neden olan mantarlardır. Üst yüzey estetiğinin ve kaplamanın dekoratif özelliğinin bozulmasına yol açan mantarlardır.

b- Küf mantarları

Islak ahşap yüzeylerinde ve bağıl nem oranının yüksek olması veya kondansasyonun sonucu olarak rutubet oranı % 20'nin üzerinde olan yüzeylerde, farklı renklerde lekeler oluşturan mantarlardır. Yüzey bozukluklarının istenmediği durumlarda önem taşır.

Çizelge 4.6. Genel rutubet seviyeleri ve tehlike sınıflarına göre kontrplak, yonga levha ve lif levha üzerindeki biyolojik tahribat derecelerinin özeti
[TS EN 335-1,1999; TS EN 335-3,1997]

Levha	Tehlike Sınıfı	Biyolojik Etkilerin Oluşumu				
		Beyaz ve Kahverengi Çürüklük	Yumuşak Çürüklük Mantarları	Mavi Çürüklük Mantarları	Kanatlı Böcekler Mantarları	Termitler
Kontrplak	1	-	-	-	U	L
	2	U	-	U	U	L
Yonga levha	1	-	-	-	-	L
	2	U	-	U	-	L
Lif levha	1	-	-	-	-	L
	2	U	-	U	-	L

TEHLİKE SINIFI 1: Ahşap ve ahşap esaslı ürünlerin rutubete maruz kalmadığı ve açık hava tesirlerine karşı tamamının kaplanarak korunduğu kullanım ortamlarıdır.

TEHLİKE SINIFI 2: Ahşap ve ahşap esaslı ürünlerin açık hava tesirlerine karşı tamamının kaplanarak korunduğu, çevredeki rutubet oranının arasıra yükseldiği, fakat sürekli olmadığı kullanım ortamlarıdır.

U: Avrupanın her yerinde yaygın olarak mevcuttur. L: Avrupanın bazı bölgelerinde mevcuttur.

Yapay ahşap levhalardaki kimyasal maddelerden kaynaklanan uçucu organik bileşik emisyonlarıyla levhada gelişme ortamı bulan mantar arasında yakın bir ilişki vardır. Malzeme yüzeyindeki mantar kolonilerinin emisyonu artırıcı etkileri:

- 1) Malzemeye penetre olmuş mantar hüflerinin uçucu organik bileşik çıkışını artıracak mikro kanallar açması.
- 2) Bu mikro kanallar yoluyla malzemenin diğer malzemelerden kaynaklanan uçucu organik bileşikleri emerek daha sonra ortama vermek üzere depolaması.
- 3) Aynı uçucu organik bileşiğin mantar tarafından salgılanıyor olması.

Diğer taraftan mantar kolonizasyonunun emisyonu azaltıcı etkileri şunlardır:

- 1) Yüzeyi kaplayan mantar kolonilerinin bir difüzyon bariyeri oluşturması.
- 2) Mantar kolonilerinin giderek artan yüzeyleriyle havanın buharını alarak, uçucu organik bileşik konsantrasyonunu azaltması [Batterman,1995].

Yapı içinde ve yapay ahşap levhalarda en tahrip edici mantar türleri; *serpula lacrymans* ve *coniophora puteana* mantarlarıdır.

4.2.1. *Serpula lacrymans*

Genellikle hakiki kuru çürüklük mantarı olarak anılmaktadır. Ev mantarı olarak da bilinir. Yapı içi ortam koşullarına çok kısa sürede adaptasyon gösterir. Giderilmesi en zor olan çürüklük mantarıdır. Sabit nemli koşullar gelişimi için uygun olmakla birlikte, değişken koşullara da son derece toleranslıdır [Singh,1994].

Kuru çürüklük mantarının strüktürel olmayan etkileri de yıkıcı ve tahrip edici olabilir. Süpürgeleklerde, panel kaplamalarda, bezemelerde ve diğer bitişlerde tahribat ve görünüş bozukluğu yapar. Strüktürel olmayan çürüme dönme, çarpılma ve ayrılma şeklinde kendini gösterir [Singh-Douglas,1995]

Özellikle eski binalarda, zemin katlarında yerleşir. Optimum rutubet isteği % 30-40 arasındadır. Bağlı nemin devamlı % 70'in üzerinde olduğu, optimum 23 °C ortam sıcaklığında en iyi şekilde gelişmektedir. Hakiki ev mantarı uygun rutubette gelişmeye başladıktan sonra daha uzaktaki kuru oduna da arız olabilmekte, kendisi odunu rutubetlendirebilmektedir. Ayrıca, ihtiyacı olan su ile besin maddelerini, miseller yardımıyla uzun mesafelere taşıyabildiği saptanmıştır. Bina içersinde kuru bir ağaç malzeme tahrip olmuşsa, mantar, rutubeti başka noktalardan, bazen birkaç metre uzaktan sağlamış demektir [Bozkurt ve diğerleri,1993].

4.2.2. *Coniophora puteana*

Islak çürüklük mantarı grubuna girer. Kiler mantarı olarak da anılmaktadır. Ev mantarları gibi selülozu tahrip ederek esmer çürüklük oluşturur. Binalarda görülen mantarlar içinde en hızlı gelişenidir. Bu mantarın yaptığı zararın hakiki ev mantarınıniki kadar, hatta daha fazla olduğu bilinmektedir. Yeterli miktarda kurutulmamış ağaç malzemeye rutubet kaybını engelleyen boya ve cila sürüldüğünde veya böyle bir malzeme halıyla örtüldüğünde çürüme hızla ilerlemektedir. Daha çok yeni binalarda görülmekte, eski binalarda daha az rastlanmaktadır.

Binaların su akan ve su buharının yoğunlaştığı kısımlarında tahribat yapmaktadır. Uygun gelişme koşulları için ortam sıcaklığının optimum 26 °C, ağaç malzemenin rutubetinin en az % 24 olması gerekmektedir [Bozkurt ve diğerleri,1993].

4.2.3. *Stachybotrys atra* (S. atra)

En az % 55 nemde gelişen, 0-40 °C arsında sıcaklık değişimlerine maruz kalan, saz-kamış, lif levha gibi yüksek selüloz ve düşük azot içeren yapı malzemeleri S.atra gelişimi ve toksin üretimi için ideal substratı oluşturmaktadır. Hatalı su tesisatı, akan çatılar ve sızıntı yapan buhar kesiciler S.atra için uygun bir ortam yaratmaktadır.

Kullanıcılardan gelen sürekli soğuk algınlığı ve grip semptomları, boğaz tahrişi, baş ağrısı, bitkinlik, diare gibi sağlık şikayetleri üzerine araştırma yapılan bir konutta, çatıdan ve tesisattan su kaçağı sonucu sürekli ıslanan lif levha tavan panellerinde S. atra gelişimi görülmüştür. Malzemeden örnek alınıp incelendiğinde sayısız sporun yanı sıra kimyasal toksinler saptanmıştır. Konut, S. atra'ya maruz kalmış malzemeden tamamen temizlenip, tavan ve yalıtım malzemeleri değiştirildikten sonra, yeniden evlerinde yaşamaya başlayan kullanıcılarda eski semptomlar ortaya çıkmamıştır [Croft ve diğerleri,1985].

S. atra, akciğerlerin bağışıklık tepkilerini etkileyecek mikotoksinler de taşıyabilir [Lacey,1994].

4.2.4. Pleurotus ostreatus (İstiridye Mantarı)

Pleurotus mantarı daha çok istiridye mantarı olarak anılmaktadır. Malzemeyi kapladığında halı parçası gibi bir görüntü oluşturur.

Bu organizmanın istilasına uğramış yapay ahşap panellerde renk açılması olur. Yonga levhalarda yongalar ayrılma eğiliminde olduğu gözlenmiştir [Singh,1994].

Pleurotus, allerjenik mantarlar arasındadır [Levetin,1995].

4.2.5. Küf Mantarları

Yapı içinde bulunan küf mantarlarının büyük çoğunluğu Hyphomycetes sınıfının Deuteromycotina alt bölümüne mensuptur. En yaygın türler; Cladosporium spp., Penicillium spp., Aspergillus spp., Trichoderma viride, Alternaria spp., Aureobasidium spp. türleridir.

Yalıtım ve akustik amaçlı lif levhaların renklerini soldururlar. Küf mantarları çürüklük yapmadıkları için, mukavemet değerleri üzerindeki etkileri kayda değer

değildir. Bununla beraber poroziteyi artırdıkları için, malzemenin ıslanmaya bağlı olarak çürüklük mantarları tarafından istila edilme olasılığı artmış olur.

Küf mantarları allerjik reaksiyonlara yol açabilirler [Singh,1995].

4.3. YAPAY AHŞAP LEVHALAR VE YAPI İÇİ HAVA NİTELİĞİNE İLİŞKİN SONUÇ VE ÖNERİLER

Son on beş yıl zarfında gelişmiş ülkelerde yapı içi hava niteliği sorunları hakkında hızlı bir bilinçlenme sürecine girilmiştir. Yapı içi ortamla ilgili artan konfor şikayetleri ve sağlık sorunlarına karşılık yapılan araştırmalarda, yapı malzemelerinin yapı içi ortamdaki başlıca kirletici kaynaklarından olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmanın sonunda da, yapay ahşap malzemelerin kirletici kaynağı olan yapı malzemeleri arasında ağırlıklı bir kategoriye oluşturduğu sonucu çıkmıştır. Polimer bağlayıcı ahşap levhaların bir bileşeni olan sentetik reçinelerin, çağdaş yapıların iç mekanlarında halı, duvar kağıdı, boya, vernik vb. bitiş malzemelerinin yapısına girerek özellikle uçucu organik bileşikler açısından yapı içi hava kirliliği araştırmalarının odak noktasını oluşturduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalar sırasında da yapay ahşap levhalardaki başlıca kimyasal kirletici kaynaklarının, başta levha yapısında bulunan yapıştırıcılar olmak üzere, koruyucu maddeler, kaplamalar, yüzey işlem malzemeleri ve montajlarında kullanılan yalıtıcı maddeler olduğu saptanmıştır. Biyolojik kirleticiler ise, daha çok uygun koşullarda levhalara arız olan mantarlardan kaynaklanmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde, yapı içi ortamdaki kirleticiler ve insan sağlığına olumsuz etkileri üzerine çalışmalar devam ederken, önlem ve çözüm yollarıyla ilgili araştırmalar da yoğunluk kazanmıştır. Yapı içi hava kirliliğinde önlem ve çözümler kirli havanın kontrolü (konsantrasyon kontrolü) ve kirletici kaynağının kontrolü (emisyon kontrolü) üzere iki yolla gerçekleştirilmektedir:

1- Kirli havanın kontrolü (konsantrasyon kontrolü)

Kirli havanın kontrolü, kirleticilerin havadaki eşik değerlerine bağlı yapı içi hava niteliği standartlarına uygun bir havalandırma sağlayarak gerçekleşebilmektedir. Böyle bir havalandırmanın sağlanabilmesi, havadaki konsantrasyonların doğru ölçülmesine bağlıdır. Uçucu organik bileşiklerin ölçümünde henüz standart test metotları geliştirilmemiştir. Ayrıca, yapı içi havadaki kirleticilerin çoğunun eşik değeri henüz belli değildir.

2- Kirletici kaynağının kontrolü (emisyon kontrolü):

Yapı malzemesinin kimyasal kirletici ve özellikle uçucu organik bileşik kaynağı olması durumunda emisyon kontrolü iki şekilde gerçekleşmektedir:

- A- Yapı malzemelerinin yapı yönetmeliklerinde aranan diğer standartları da sağlamak üzere, düşük emisyonlu olarak üretilmesi ve yapı içinde kullanılmak üzere bu düşük emisyonlu malzemelerin seçimi.
- B- Malzemenin montajından önce, montajı sırasında ve yapı içinde yer aldığı süreçte emisyonunu minimum düzeye indirecek çözümler geliştirilmesi.

Biyolojik kirleticiler açısından benzer şekilde, biyolojik tahribata uğrama riski düşük malzeme seçimi ve malzemeyi bulunduğu ortamda biyolojik tahribata uğramayacak şekilde kontrol etmek gerekmektedir. Malzemelerin biyolojik bozulmaya maruz kalmalarının ve yüzeylerinin mikroorganizma kolonilerine zemin oluşturmasının ana nedeni su ve nem sorunlarıdır. Bu sorunlara yol açacak yapı hasarlarının vakit geçirmeden giderilmesi ve kondansasyonun önlenmesi gerekmektedir. Mantar kolonilerinin arız olduğu yüzeyler dezenfektan maddelerle temizlenmeli, biyolojik tahribata uğramış olan malzeme yeni malzemeyle değiştirilmelidir.

Düşük emisyonlu yapay levha üretiminde bazı sorunlar mevcuttur. Bunlara yönelik olarak yapay ahşap levha teknolojisinde gelişmelere ihtiyaç vardır.

1- Yapıştırıcıya bağlı sorunların çözülmesi.

- Formaldehit oranının düşürülmesiyle ilgili sorunlar

Yapay ahşap levhalarda uçucu organik bileşik emisyonuyla ilgili en önemli sorun, üreformatdehit reçinedeki formaldehit oranını düşürmektir. Uzayan kürlenme süresi ve bunla ilgili olarak levhanın reçineye bağlı durabilite sorunlarının çözülmesi gerekmektedir. Yine levhanın dayanımını olumsuz yönde etkileyen sertleştiricilere alternatif olabilecek maddeler ve kürleme yöntemleri geliştirilmelidir.

- Alternatif teknolojilerin geliştirilmesi

Ucuza temin edilebilecek ve pahalı bir üretim teknolojisine yol açmayacak, teknik ve estetik yönlerden üreformatdehit reçinenin yerini tutabilecek yapıştırıcıların geliştirilmesi. Tutkalsız veya daha az tutkal gerektiren üretim sistemlerinin (lif levhalarda kullanılan ıslak yöntem vb.) geliştirilerek bütün levha tiplerine yaygınlaştırılabilmesi. Levhanın bu yönteme bağlı dezavantajlarının giderilmesi (levhanın tek yüzünün düz olması, diğer yüzünde elek izleri bulunması vb.). Daha kısa süreli olan ve daha düşük rutubet seviyeleri (formaldehit ahşabın hücre duvarlarındaki suya absorbe olmuş şekilde de levha içinde kalabileceğinden) sağlayabilecek kürleme yöntemlerinin geliştirilmesi.

- Levha konstrüksiyonu ve mikrostrüktürüyle ilgili gelişmeler

Fazla yapıştırıcı gerektirmeyecek konstrüksiyonların geliştirilmesi. Örneğin, daha yüksek dayanımda daha az tabakalı kontrplak üretimi. Emisyon bariyeri teşkil edecek kaplama ve yüzey işlem malzemeleri açısından daha uygun kenar ve yüzey bitişlerine sahip (fazla girinti, çıkıntı vb. bitişleri gerektirmeyecek) konstrüksiyonların geliştirilmesi. Gözeneksiz, boşluksuz olmakla birlikte, hafif ve düşük maliyetli levhaların geliştirilmesi.

2- Yapay ahşap levhaların yapısına giren malzemelerle ilgili gelişmeler

Örneğin, levhanın dayanımlarını azaltmayacak nitelikte düşük emisyonlu koruyucu malzemelerin geliştirilmesi. Daha düşük emisyonlu, daha yüksek bariyer özelliğinde PVC kaplamaların geliştirilmesi. Daha az reaktif madde içeren, daha dayanıklı; çatlamayan yüzey işlem malzemelerinin üretilmesi.

Gelişmiş ülkelerdeki üretici firmalar, düşük emisyonlu yapı malzemesi üretimi için bünyelerinde test laboratuvarları ve kalite kontrol merkezleri oluşturmaya başlamışlardır. Üretici firmaların gerçekleştirdikleri testlerin amacı, mevcut standartlara uygun, düşük emisyonlu malzeme üretmek ve daha düşük emisyonlu malzemeler geliştirmektir. Yeni standartlara göre malzemelerin üzerindeki işaretlemeler zararlı maddeleri ve malzemenin bu maddelere bağlı emisyon standardını göstermek zorundadır. İşaretleme bilgilerinin dışında, güvenlik veri belgesi türünde bir belgenin, emisyon testi raporlarının, malzemenin üretimiyle ilgili daha ayrıntılı bilgi verebilecek olan bazı katalog veya broşürlerin üreticiler tarafından sağlanması beklenmektedir. Yapı malzemelerine ait güvenlik veri belgeleri; malzemenin içerdiği kimyasal maddelerin listesini, tehlikeli bileşenleri, bunların malzeme içindeki oranlarını, buharlaşma-kuruma hızı gibi fiziksel özelliklerinin yanı sıra, vücuda giriş veya etki ediş şekillerini, risk derecelerini, müsaade edilen konsantrasyonlarını (havadaki eşik değerleri) vb. belirtmelidir. Depolama ve uygulama süreciyle ilgili uyarılar, ürünün emisyon düzeyine bağlı olarak havalandırma düzeyiyle ilgili bilgiler de verilmiş olmalıdır. Malzemede gerçekleşen tek tek veya toplam kirletici (uçucu organik bileşik) emisyonunu saptayabilmek için henüz standart bir test ve rapor metodu mevcut değildir. Test edilen malzemelerin yaş ve durumları, ortam faktörleri (havalandırma, hava hareketleri, sıcaklık, nem vb.) emisyon testlerinin sonuçlarını etkileyebilmektedir. Uygulaması yapılacak malzemenin emisyonları, test edilen numunelerinden farklı olabilir. Bu ancak, uygulama yerinde gelişmiş güzel seçilmiş bir kaç parçada test yapılmasıyla anlaşılabilir. Emisyon test sonuçlarını kullanarak, belli bir mekanda kullanılacak malzemenin havadaki konsantrasyonunu öğrenebilmek için bazı hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu şekilde yapılan hesaplar da malzeme ve ortam koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Emisyon test sonuçlarına bağlı olarak doğru bir tahmin yapmak mümkün olsa da, endüstri dışı ortamlardaki kirleticilerin çoğu için eşik değerler henüz mevcut olmadığından, bu defa da konsantrasyonla ilgili bilgileri değerlendirmek zor olmaktadır. Bu zorluklardan dolayı, yapı içi hava niteliği çalışmalarının günümüzde gelinen aşamasında, minimum düzeylerde emisyonu açacak yapı malzemesini seçerken, havadaki konsantrasyonları hesaplama

yöntemlerinden çok, malzemenin düşük emisyon özelliğini, yani çeşitli kirleticilere veya toplam uçucu organik bileşiklere bağlı emisyon standartlarını ve güvenlik veri belgelerindeki bilgileri dikkate almak ön planda gelmektedir. Yine de, yapay ahşap levhalar da dahil olmak üzere çoğu yapı malzemesinin toplam uçucu organik bileşiklere bağlı emisyon standartları ve toplam uçucu bileşiklerin eşik değerleri mevcut olduğundan, tahmini toplam uçucu organik bileşik konsantrasyonu hesaplarının yapılması gereklidir.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda, kaynakçada belirtilen internet sitelerinden ve diğer kaynaklardan faydalanılarak, özellikle uçucu organik bileşikleri hedef almak suretiyle yapay ahşap levhalardan kaynaklanan kirleticilere maruz kalma düzeyini minimuma indirebilmeye yönelik beş aşamalı bir yöntem oluşturulmuştur.

1.Adım: Düşük uçucu organik bileşik düzeyi sağlayabilecek yapay ahşap levhanın araştırılması ve seçimi.

Düşük uçucu organik bileşik düzeyini sağlayabilecek malzeme; yapı içinde uygulandıktan sonra kullanıcıların minimum uçucu organik bileşik düzeyine maruz kaldığı malzemedir. Bu özellikte bir yapay ahşap levha sağlayabilmek için, fonksiyonel ve dekoratif açıdan birbirinin muadili olan malzemeler arasında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapılmalıdır.

Birinci adımda, levhanın ne miktarda uygulanacağı, kullanıcıların yoğun olarak bulunduğu ve uzun zaman geçirdikleri mekanlara göre konumu belirlenmeli, seçenekleri oluşturan ürünlerin porozite ve emicilik gibi emisyon düzeyine etki eden mikrostrüktürel özellikleri, yüksek uçucu organik bileşik emisyonuna sahip olup olmadıkları araştırılmalıdır. Seçilecek levhanın montaj şekli de seçim açısından önemli bir ölçüt olup, yapıştırma söz konusuysa kullanılacak yapıştırıcı dikkatle seçilmelidir. Birleşim yerlerinde kullanılabilecek tecrit macunu veya yalıtıcı malzemelerin de yapı içinde

kullanımı kesinlikle tavsiye edilmeyen stiren-butadien lastik (SBR) gibi ürünlerden olmamasına dikkat edilmelidir.

İkinci adımda, uçucu organik bileşik açısından daha detaylı bilgilerin toplanması, içerikteki kimyasal maddeleri, bu maddeler içinde özellikle reaktif olanları, bunların sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini vb. içeren güvenlik veri belgelerinin, emisyon test sonuçlarının ve daha detaylı ürün spesifikasyonlarının temin edilmesi gerekmektedir.

Üçüncü adım, güvenlik veri belgelerine ve emisyon düzeylerine dayanarak yapay ahşap levhaların değerlendirilmesi ve kabul edilebilir olanın seçilmesidir. Bu seçilen malzemeye göre tahmini konsantrasyonlar hesaplanarak, gerekiyorsa malzeme miktarı da azaltılabilir.

Bu adımların sonunda kabul edilebilir bir malzeme temin edilemediği takdirde, temin edilebilen en uygun malzemenin emisyonunu düşürme yollarına gidilebilir. Bunlar sırasıyla; uygulamadan önce yapı malzemesinin bekletilmesi, diğer malzemelere göre uygulama sırasının değiştirilmesi ve emisyon bariyeri oluşacak şekilde yalıtılmasıdır. Havalandırma ve mekanın kullanımının havadaki uçucu organik bileşik konsantrasyonu yeterince düşürülünceye kadar ertelenmesi başvurulacak diğer yollardır.

2.Adım: Uygulamadan önce yapay ahşap levhanın bekletilmesi.

Bu metotta, yapay ahşap levha iyi havalandırılan, kuru bir ortamda, emisyon miktarı belli bir düzeye düşünceye kadar bekletilir. Bu amaçla işleme sokulan çeşitli malzemeler için gereken minimum süreler henüz saptanmamış olmakla birlikte, bunlar zaten yaklaşık veriler olacağından, havadaki konsantrasyonlar eşik değerlere düşünceye kadar bekletme yapılması daha güvenlidir.

3.Adım: Yapay ahşap levhanın uygulama sırasının, uçucu organik bileşik emisyonlarının ortadan kalkma sürelerini dikkate alarak, diğer malzemelerin uygulama sıralarına göre saptanması.

Yapay ahşap malzemelerin uygulamaları, gözenekli yapıları ve emicilik özellikleri dikkate alınarak özellikle boya, yapıştırıcı gibi ıslak malzemelerden sonra yapılmalıdır. Bu malzemelerin yapılarındaki kimyasal maddeler, başta solventler olmak üzere, uygulamadan birkaç saat veya bir kaç gün sonra havaya karışmış olduğundan,. bunlar ilk başta çok yüksek, sonraları düşük emisyon özelliği gösteren malzemelerdir. Bu yolla, özellikle ıslak malzemeler tarafından yayılan uçucu organik bileşiklerin yapay ahşap levha tarafından emilmesi ve sonradan ortama tekrar salınması en az düzeye indirilmiş olur.

4.Adım: Yapay ahşap levhanın emisyon bariyeri özelliğinde malzemelerle yalıtılması.

Yapay ahşap levhanın başka bir malzemeyle kaplanarak veya işleminden geçirilerek yalıtılması yoluyla emisyonu azaltmada en etkili metotlardan biridir. Emisyonun azaltılmasındaki başarı öncelikle yalıtımda kullanılacak malzemenin geçirimsizliğine bağlıdır. Diğer taraftan bu malzemenin kendisinin kirlетici bir malzeme olmaması gerekmektedir. Yapay ahşap levhanın seçiminde olduğu gibi, emisyon bariyeri özelliği taşıyacak kaplama ve yüzey işlem malzemelerinin seçiminde de levha seçiminde izlenen adımlara uyulmalıdır. Bu malzemelerle ilgili olarak dikkat edilmesi gereken noktalar, bu çalışmanın içinde incelendikleri bölümlerde belirtilmiştir.

5.Adım: Yapay ahşap levhanın montajı esnasında ve sonrasında havalandırma.

Uçucu organik bileşik emisyonları genellikle montaj veya uygulamanın ilk günlerinde en yüksek düzeyde gerçekleşmekte, sonraki günlerde emisyonlar

azalarak devam etmektedir. Boya, vernik, yapıştırıcı, tecrit macunu vb. malzemelerin kuruma sürelerine bağlı olarak bu süre değişmektedir. Uygulama ve montaj süresi için bir havalandırma standardı saptanmış olmamakla birlikte genel olarak bu süre boyunca mekana maksimum düzeyde taze hava sağlanması tavsiye edilmektedir. Yeni monte edilmiş yapay ahşap levhalar için yüksek emisyon dönemi genellikle 30 gün olarak kabul edilmektedir. Bu dönem zarfında bina kullanılmaya başlandığı takdirde formaldehit için hedeflenen 0.05 ppm eşik değeri sağlayacak havalandırma düzeyi hesaplanabilmektedir. Bu düzey, montajdan sonra en azından bir hafta süreyle havalandırma sisteminin maksimum kapasitesinde çalıştırılması suretiyle sonraki günler için daha aşağı çekilebilir. Bunun için iki yöntem geliştirilmiştir:

- 1- Havalandırma sisteminin belli bir süre 24 saat sürekli olacak şekilde maksimum kapasitesinde çalıştırılması. Tecrübeler bu sürenin en az bir hafta olması gerektiğine işaret etmektedir.
- 2- Sıcaklığa bağlı olarak uçucu organik bileşiklerin emisyon hızı arttığı için, yapı içi ortamın 24 saat boyunca 30-35 °C’de tutulması. Bu süre sonunda havalandırma sistemi normal kapasitesinde 12-24 saat çalıştırıldıktan sonra ısıtma işlemi yine 24 saat olacak şekilde tekrarlanır. Daha sonra normal havalandırmaya devam edilir.

Her iki yöntemin de dezavantajı, yoğun taze havanın ve sıcaklığın bitiş malzemelerinde hasara yol açma riskidir.

Öncelikle malzeme spesifikasyonlarını ve emisyon standartlarını değerlendirerek gerçekleştirilecek benzeri yöntemlerde, diğer malzeme standartlarını ve yönetmelikleri göz ardı etmemek gerekmektedir. Emisyon standartlarının yapı yönetmeliklerinde yer alması daha yaygın ve doğru bir uygulama sağlayacaktır. Araştırmaların henüz sonuçlanmadığı bir malzeme ve yapı tipi söz konusu

olduğunda, diğer malzemeler ve yapılar hakkındaki bilgiler mevcut koşullara uyarlanmalıdır. Özellikle mimarlar tarafından hem düşük emisyonlu malzeme teknolojisindeki hem de yapı içi hava niteliği hususlarındaki gelişmeler yakından izlenmeli, henüz standartlara ve yönetmeliklere yansımamış araştırma sonuçları dikkatle değerlendirilmelidir.



BÖLÜM 5. SONUÇ

Yapay ahşap malzemenin yapı içi havanın niteliğine etkisi hakkında nesnel sonuçlar ve önerilerle oluşturulan 4.3 bölümüne ek olarak, bu çalışmayı gerçekleştiren mimarın yapay ahşap malzemenin ekolojik mimarlık açısından uygun bir malzeme olarak kabul edilip edilemeyeceğiyle ilgili değerlendirmesinin bu sonuç bölümünü oluşturması uygun görülmüştür. Bu yorum, tasarım, teknoloji ve ekoloji çerçevesinde yapılırken, sağlıklı yapı ve yapı malzemesini ekolojik mimarlığın kapsamına alan bakış açısı benimsenmiştir.

Yapı malzemelerini ekolojik açıdan değerlendirme kriterlerini, ekolojinin başlıca iki alanı olan enerji sorunu ve insan-çevre sağlığı sorunu açısından iki grup oluşturacak şekilde sıralamak mümkündür.

Enerji tasarrufu açısından malzemeyi değerlendirme kriterleri:

- 1- Hammaddenin yerel kaynaklardan sağlanabilirliği
- 2- Merkezi ve büyük tesisler dışında uygulama olanakları
- 3- Üretim sırasında gereksinim duyulan enerji miktarı
- 4- Malzemenin durabilitesi veya uzun ömürlülüğü
- 5- Tekrar kullanılabilirliği
- 6- Geri dönüşebilirliği
- 7- Tamir ve bakımının kolay ve az maliyetli olması
- 8- Birden fazla fonksiyonu karşılayabilmesi
- 9- Isı iletkenliğinin düşük olması

Çevre ve insan sağlığı açısından malzemeyi değerlendirme kriterleri:

- 1- Hammadde temininin çevreye zararlı nitelik taşımaması
- 2- Üretim aşamasında atık madde veya yan ürün olarak zararlı maddelerin çıkmaması
- 3- Malzemenin, kullanıcı sağlığı ve ortamı konforu açısından olumsuz etki taşımaması

Yukarıdaki kriterler çerçevesinde yapılan değerlendirmede, özellikle doğal malzemeler olumlu özellikleri ile öne çıkmaktadır. Malzeme ne kadar ileri teknoloji ürünüyse veya daha doğru bir ifadeyle, ne kadar büyük ölçekli ve merkezi bir endüstrinin ürünüyse o oranda olumsuz olarak nitelenebilecek gruba kaymaktadır. Bu grubun başlıca malzemeleri sentetik veya plastik malzemelerdir. Diğer taraftan, çevreye zararı tamamen giderilememiş bir endüstriyel üretimin merkezi ölçekte kalmasının çevre açısından daha az risk getireceğini ileri süren çevreciler de mevcuttur. Bu durumda plastik malzemelerin bu günkü halleriyle geleceğin ademi merkezi yaşama birimlerinin endüstri tesislerinde hiç üretilmemesinin daha uygun olacağı söylenebilir. Bununla birlikte, bazı ekoloji ütopyalarında toprak ve suyla temas halinde biyolojik olarak ayrışabilir plastik gibi malzemeler üretebilen, ileri teknoloji olarak nitelendirilebilecek ekoteknolojilerin önemli bir yer tuttuğu görülmektedir.

Ekolojik kriterlerin hemen hemen tamamı açısından uygun özellikler gösteren doğal malzemelerin içinde en uygun malzemenin ise ahşap olduğu görülmektedir. Yapay ahşap levhalar ise genel olarak, yapı içi kullanımları da dahil olmak üzere ekolojik kriterler açısından değerlendirildiğinde olumlu olarak nitelendirilmektedirler. Bununla birlikte, bu noktada, yapılarına sentetik malzemeler giren yapay ahşap levhaların, çalışmanın sonunda edinilen, yapay ahşap malzeme ve yapı içi hava niteliği ilişkisi hususundaki bilgiler doğrultusunda, ekolojik kriterler açısından aşağıdaki şekilde detaylı olarak irdelenmesi gerekmektedir.

- 1- Yapay ahşap malzeme ağırlıklı hammaddesi olan ahşabın yerel kaynaklardan temin edilmesi mümkün olan bir malzemedir. Bu özellik, taşıma ve depolamaya ilişkin enerji tasarrufu ve ekonomiklik sağlamanın yanı sıra, merkezi ve büyük ölçekli tesisler dışında üretim ve uygulama olanağı sağlayabilir. Hammaddesi yerel kaynaklardan elde edilmese bile, yapay ahşap, üretiminin doğal ahşap artıklarını değerlendirmeye dayalı bir üretim olması nedeniyle temelde ekolojik bir malzemedir.

- 2- Yapısına giren diğer malzemeler merkezi endüstrinin ürünü olan sentetik malzemeler olmakla birlikte, yapay ahşap malzemeler büyük ölçüde yerel olarak üretilirler.
- 3- Yapay ahşap malzemenin üretimi, fazla miktarda enerji sarfiyatına yol açan, çok aşamalı ve uzun bir süreçtir.
- 4- Dayanıklı ve uzun ömürlü bir malzemedir.
- 5- Modüler, takılıp sökülebilir, tekrar kullanılabilir bir malzemedir.
- 6- Geri dönüşümü mümkün olmakla birlikte, ahşap kısmın diğer malzemelerden ayrıştırılması zor ve pahalı yöntemler gerektirebilir. Ayrışmamış halde değerlendirilmesi ayrı bir teknolojinin konusu olabilir.
- 7- Tamir ve bakımı kolay ve düşük maliyetlidir.
- 8- Birden çok fonksiyonu karşılayabilir. Strüktür, örtü ve bitiş, ısı tutucu ve akustik malzeme vb. olarak kullanımları mevcuttur.
- 9- Isı iletkenliğinin düşük oluşu nedeniyle, enerji tasarruflu yapı tasarımına uygun malzeme özelliği gösterir.
- 10- Hammadde temini çevreye zarar vermez; fosil kaynaklara bağlı olmayıp, tersine, sürekli ağaç yetiştirilmesini de teşvik eder.
- 11- Üretim aşamasında atık madde veya yan ürün olarak zararlı madde çıkarır. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde yapay ahşap endüstrisi tesislerinin emisyonlarına sınırlandırmalar getirilmiştir.
- 12- Kullanıcı sağlığı ve ortam konforu açısından olumsuz özellikler taşır. Başta en yaygın olarak kullanılan üre formaldehit reçineye bağlı olarak, özellikle zehirleyici, tahrip ve tahriş edici etkileri vardır. Ortam konforu açısından değerlendirildiğinde, sıcaklık açısından konfora katkısı olan bir malzemedir. Düşük ısı iletkenliği dolayısıyla yüzey sıcaklığıyla ortam sıcaklığı arasındaki fark çok azdır. Nem açısından doğal ahşap gibi konfor sağlayıcı bir malzeme değildir. Doğal ahşaba göre avantajı büyük ölçüde higroskopikliğinin giderilmiş olmasına bağlı olduğundan, ortam nemini dengeleme özelliği taşımaz.

Yapay ahşap levhalar kendi teknik ve estetik özelliklerine sahip ve bu özelliklerinde gelişmeye devam etmekte olan, modern yapıların ihtiyaçlarını birden çok fonksiyonla

birlikte, doğal ahşabı da aşarak karşılayabilen endüstriyel yapı malzemeleridir. Ekolojik kriterler açısından incelendiğinde 12 kriter içersinde yalnızca iki kriter açısından tamamen (3. ve 11. kriterler), üç kriter açısından da kısmen (2., 6. ve 12. kriterler) olumsuz özellik taşıdığı görülmektedir. Bu olumsuz yönlerin de, yapay ahşap teknolojisinin gelişmeye devam etmesiyle giderilebilmesi (Bu noktada hem yerleşik endüstriyel üretimi dönüştürmek rasyonel olmayacağından, hem de performans yönünden aşılmış malzemeler olmaları dolayısıyla kan, kazein, soya vb. geleneksel tutkallara ve diğer katkı maddelerine dönüş bir çözüm olarak görülmemektedir.), halihazırda çeşitli çevre kuruluşları ve sağlık örgütleri tarafından getirilmekte olan sınırlamalarla kontrol altında tutulabilmesi mümkündür. Bununla birlikte, günümüzde yapı içindeki dekoratif amaçlı kullanımı oldukça yüksek düzeye varmış olan yapay ahşap malzeme kullanımının sınırlandırılması gerekmektedir. Her ne kadar boya gibi sıvı kaplama malzemeleriyle karşılaştırıldığında tamir, bakım ve yenileme gerektirmemek gibi önemli bir avantaj sağlasa da, özellikle ofis benzeri yapıların iç mekanlarında kaplama paneli kullanımı azaltılmalıdır.

Yapı içi hava niteliği ve kullanıcı sağlığı açısından getirilmiş sınırlamalar doğrultusunda sunulmuş olan 4.3 bölümündeki öneriler de bu noktada değerlendirilecek olursa, öncelikle enerji tasarruflu yapı esas alınarak, yapay ahşap levhalardan kaynaklanan kirleticilerin kontrolünde, havalandırmadan ziyade kaynak kontrolüne gidilmesi ön koşul halini almaktadır. Kaynak kontrolünde ise, malzemenin bariyer özelliğinde malzemelerle yalıtılması (Malzemenin yalıtılmasında kullanılacak kaplama malzemeleri içinde en uygun olanın, ucuzluğu ve üretim sonrasında emisyonsuz oluşu dolayısıyla laminatlar olduğuna karar verilmiştir.) ve uygulamadan önce bekletilmesi (Belli bir düzeyde ısıtılmış ve havalandırılmış depolama mekanlarının bu amaçla kullanılması en uygun yol olarak görünmektedir.) en kolay, en ucuz ve en sakıncasız çözümler olarak öne çıkmaktadır.

Yapı içi hava niteliği ve ekolojik kriterler açısından yapılan bu değerlendirmenin sonucunda, yapay ahşap malzeme, mimarların öncelikle tercih edebilecekleri malzemeler arasında kabul edilebilir.

KAYNAKLAR

Akbulut, T. (Aralık 1995), “İç Ortam Hava Kalitesi ve Alınması Gerekli Tedbirler Hakkında Rapor”, *Çevre Görüşü ve Çevre Çalışmaları*, İSO Çevre Şubesi, İstanbul.

Akkılıç, H. (1998), *Farklı Yüzey Malzemeleriyle Kaplanmış Yonga Levhalarda Teknolojik Özelliklerin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İÜ Orman Fakültesi, İstanbul.

ARPA (2000), *High pressure laminates*.

Banks D.E and Weissman D.N. (1994), “Indoor Air Pollution”, *Immunology and Allergy Clinics of North America*, cilt 14: 483-699, W.B Saunders Company.

Bardana, E.J. (1994), “Air pollution in the Home”, *The Journal of Respiratory Diseases*, cilt 15: 612-618.

Batterman, S.A. (1995), “Sampling And Analysis of Volatile Organic Compounds”, *Bioaerosols*, 249-268, H.A. Burge (ed.), Lewis Publishers.

Bozkurt, Y. ve Göker, Y. (1985), *Yonga Levha Endüstrisi*, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Bozkurt, Y. ve Göker Y. (1986), *Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi*, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Bozkurt, Y., Göker, Y. ve Erdin, N. (1993), *Emprenye Tekniği*, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Bozkurt, Y., Erdin, N. ve Ünlügil, H. (1995), *Odun Patolojisi*, İÜ Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Caldas, E.F. and Fox, R.W. (1992), “Environmental Control of Indoor Air Pollution”, *The Medical Clinics of North America, Clinical Allergy*, cilt 76: 935-952, R. K. Bush (ed.), W.B. Saunders.

Callender, J.H. (1974), *Time Saver Standards for Architectural Design Data*, McGraw Hill.

Chiara, J., Panero, J. and Zelnik, M. (1991), *Time Saver Standards for Interior Design and Space Planning*, McGraw Hill.

Croft, A.W., Jaarvis, B.B. and Yatawara, C.S. (1985), “Airborne Outbreak of Trichothecene Toxicosis”, *Atmospheric Environment*, cilt 20: 549-552.

Crowther, R.L. (1992), *Ecologic Architecture*, Butterworth Architecture.

Curwell, S.R. and March, C.G. (1986), *Hazardous Building Materials*, E&FN SPON.

Çiçek, H.ve Pişkin, E. (1999), “Fenolik Reçineler”, *Polimerler II*: 67-81, E. Pişkin (derl.), Pagev Yayınları, İstanbul.

Davis, B.D., Dulbecco, R., Eisen, H.N., Ginsberg, H.S. and Barrywood, W. (1973), *Microbiology*, Harper & Row Publishers.

DPT Özel İhtisas Komisyonu (1994), *Plastik*, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.

DPT Özel İhtisas Komisyonu (1995), *Orman Ürünleri Sanayii*, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.

EGGER (2000), *Formline-Technical Guideline*.

Emery, J.A. (1985), “Formaldehyde Release from Wood Panel Products Bonded with Phenol Formaldehyde Adhesives”, *Formaldehyde Release from Wood Products*, 26-39, B. Meyer, B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Erdeşir, A., Erbay, E., Taşkıran, İ., Yayıcı, M., Cöbek, M. ve Bilgiç, T.(1999), *Polimerler I*, Pagev Yayınları, İstanbul.

Eriç, M. (1972), *Dünün ve Bugünün Ahşap ve Ahşaptan Üretilmiş Malzemesinin Türkiye Şartları İçinde Yapıda Rasyonel Kullanılma İmkânlarının Araştırılması*, Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi Baskı Atölyesi, İstanbul

Groah, W.J. (1985), “Formaldehyde Emissions: Hardwood Plywood and Certain Wood-Based Panel Products”, *Formaldehyde Release from Wood Products*, 17-25, B. Meyer; B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Gustafsson, H.N.(1985), “Measurement of Formaldehyde from Building Materials in A Ventilated Test Chamber”, *Formaldehyde Release from Wood Products*, 145-153, B. Meyer; B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Günay, E. (1994), *Yapay Hava Düzenleme Sistemleri İçin Bir Yöntem*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Hall, C. (1981), *Polymer Materials*, McMillan.

Hanetho, P. (1985), “Effect of Diffusion Barriers on Formaldehyde Emissions from Particleboard”, *Formaldehyde Release from Wood Products*, 202-208, B. Meyer; B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Hays, S.M., Gobbell, R.V. and Ganick, N.R., (1995), *Indoor Air Quality*, Mc Graw-Hill.

Hiçsönmez, T. (1990), *Yapı Kabuğunun Kesit Olarak Biçimlenişinin Isısal Konfor ve Yoğuşma Yönünden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Hilditch, E.A. (1994), "Chemical Control of Fungal Decay in Buildings", *Building Mycology*, 212-238, J. Singh (ed.), E & FN SPON.

Horner, W.E., Lehrer, S.B., Salvaggio, J.E. (1994), "Fungi", *Immunology and Allergy Clinics of North America, Indoor Air Pollution*, cilt 144: 551-566, D.E. Banks and D.N. Weissman (eds.), W.B Saunders Company.

[http:// www.aqs.com/usepa_guide.htm](http://www.aqs.com/usepa_guide.htm)

<http://www.blauer-engel.de/Englisch/index.htm>

<http://www.cal-iaq.org>

<http://www.cpsc.gov/cpscpub/pubs/725.html>

<http://www.hb2000.org>

http://www.rts.fi/M1_classified.htm

ITC (1987), *Market Study-Wood Based Panels-A Study of Major Markets*, International Trade Centre, Geneva.

ITC (1990), *Wooden Household Furniture-A Study of Major Markets*, International Trade Centre, Geneva.

Jackson, N.and Dhir, R.K. (1996), *Civil Engineering Materials*, McMillan.

Johns, A.P. (1999), "Indoor Air Quality and Health", *Atmospheric Environment*, cilt 33: 4535-4564.

Joseph A.and Salvato P.E. (1982), *Environmental Engineering and Sanitation*, John Wiley & Sons.

Knudsen, H.N., Kjaer, U.D., Nielsen P.A. and Wolkoff, P. (1999), "Sensory and Chemical Characterization of VOC Emissions from Building Products: Impact of Concentration and Air Velocity", *Atmospheric Environment*, cilt 33: 1217-1327.

Lacey, C. (1994), "Indoor Aerobiology and Health", *Building Mycology*, 77-129, J. Singh (ed.), E & FN SPON.

Lambert, W. and Samet, J. (1994), "Combustion Products", *Immunology and Allergy Clinics of North America, Indoor Air Pollution*, 607-619, D.E. Banks; D.N. Weissman (eds.), W.B Saunders Company.

Levetin, E. (1995), "Fungi", *Bioaerosols*, 87-120, H.A. Burge (ed.), Lewis Publishers.

Meyer, B. (1985), "Occupational and Indoor Air Formaldehyde Exposure: Regulations and Guidelines", *Formaldehyde Release from Wood Products*, 217-230, B. Meyer, B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Meyer, B. and Hermanns, K. (1985), "Formaldehyde Release from Wood Products: An Overview", *Formaldehyde Release from Wood Products*, 1-16, B. Meyer, B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Muilenberg, M.L. (1995), "The Outdoor Aerosol", *Bioaerosols*, 163-204, H.A. Burge (ed.), Lewis Publishers.

Myers, G.E. (1985), "Mechanism of Formaldehyde Release from Bonded Wood Products", *Formaldehyde Release from Wood Products*, 87-106, B. Meyer, B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Newton, L.R., Anderson, W.H., Lagroon, H.S. and Stephens, K.A. (1985), "Large-Scale Test Chamber Methodology for Urea-Formaldehyde Bonded Wood Products", *Formaldehyde Release from Wood Products*, 154-187, B. Meyer, B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

NPA (1993), *Particleboard ANSI A208.1-1993*.

Onaran, K. (1985), *Malzeme Bilimi*, İTÜ, İstanbul.

Önel, H. (1978), *Yapılarda Alınacak Önlemlerle Hava Kirliliğinin Azaltılması Üzerine Bir İnceleme*,. Doçentlik Tezi, İ.D.M.M.A, İstanbul.

Özdemir, İ. (1981), *Genel Anorganik ve Teknik Kimya*, İTÜ, İstanbul.

Özdemir, G. (1997), *Yapıdaki Ayrışmış Taşların Tamamlanmasında Uygun Bağlayıcı Seçimi*, Yüksek Lisans Tezi, MSÜ, İstanbul.

Öztürk, A. (1995), *The Architectural Design Process and Indoor Air Quality*, Doktora Tezi, University of Strathclyde, Glasgow.

Romeis, M. (1985), "Predicting Real Life Formaldehyde Release by Measurement in the Laboratory", *Formaldehyde Release from Wood Products*, 188-197, B. Meyer, B.A. Andrews and R.M. Reinhardt (eds.), American Chemical Society, Washington.

Salthammer, T., Schwarz, A. and Fuhrmann, F. (1999), "Emission of Reactive Compounds and Secondary Products from Wood-Based Furniture Coatings", *Atmospheric Environment*, cilt 33: 75-84.

Singh, J. (1994), "Nature and Extent of Deterioration in Buildings Due to Fungi", *Building Mycology*, 34-54, J. Singh (ed.), E&FN. SPON.

Singh, J. and Douglas, J. (1995), Investigating Dry Rot in Buildings, *BRI*, cilt 23, 345-352, E&FN. SPON.

Stenton, S.C. and Hendrick, D.J. (1994), "Formaldehyde", *Immunology and Allergy Clinics of North America, Indoor Air Pollution*, 635-657, D.E. Banks and D.N. Weissman (eds.), W.B Saunders Company.

Şanıvar, N. (1991), *Ağaç İşleri Üstyüzey İşlemleri*, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Matbaası, Ankara..

Tok, İ. (1999), *Ahşap, Metal, Polimer Mobilya Malzemeleri ve Mobilya Üretim Teknolojileri*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

Toydemir, N., Gürdal, E. ve Tanaçan, L. (2000), *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*, Literatür Yayınları, İstanbul.

TSE (1985), *TS 4520, Kontrplak-Yapıda Kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1986), *TS 4947, Yonga Levhalar-Binada Özel Amaçlar İçin Kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1988), *TS 3482, Yonga Levhalar-Dik Yongalı-Binada Kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1988), *TS 1617, Yonga Levhalar-Yatık Yongalı-Binada Kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1993), *TS 1947, Dekoratif Lamine Levhalar-Yüksek Basıncıta Sıkıştırılmış-Termoset Reçine Esaslı*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1994), *TS 11357, Lambri-Yonga ve Orta Yoğunlukta Lif Levhadan İmal Edilmiş*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1997), *TS EN 335-3, Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemenin Dayanıklılığı; Biyolojik Tahribat Derecesine Ait Tehlike Sınıflarının Tarifi, Bölüm 3: Ahşap ve Ahşap Esaslı Levhalara Uygulanması*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1998), *TS 3103 EN 313-1, Kontrplak-Sınıflandırma ve Terimler-Bölüm 1:Sınıflandırma*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1999), *TS 641 EN 622-1, Lif Levhalar-Özellikler-Bölüm 1:Genel Özellikler*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1999), *TS EN 312-1, Yonga Levhalar-Özellikler-Bölüm 1: Bütün Levha Tipleri İçin Genel Özellikler*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1999), *TS EN 312-2, Yonga Levhalar-Özellikler-Bölüm 2: Kuru Şartlarda Kullanılan Genel Amaçlı Levhalar İçin Şartlar*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TSE (1999), *TS EN 335-1, Ahşap ve Ahşap Esaslı Malzemelerin Dayanıklılığı; Biyolojik Tahribat Derecesine Ait Tehlike Sınıflarının Tanımı, Bölüm 1: Genel*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Velicangil, S. (1985), *Halk Sağlığı Bilimi*, Cilt I, İÜ Eczacılık Fakültesi Halk Sağlığı Dersleri, İstanbul.

Watson, D.A. (1978), *Construction Materials and Process*, Mc Graw-Hill.

WHO (1989), *Formaldehyde*, Environmental Health Criteria 89, Geneva.

WHO (1994), *Assesing Human Health Risks of Chemicals*, Environmental Health Criteria 170, Geneva.

WHO (1999), *Viniyl Chloride*, International Programme on Chemical Safety, Geneva.

Wolkoff, P. (1998), "Impact of Air Velocity, Temperature, Humidity, and Air on Long-Term VOC Emissions from Building Products", *Atmospheric Environment*, cilt 32: 2659-2668.

Woods, J. and Arora, S. (1994), "Indoor Air Quality-Engineering Considerations", *Immunology and Allergy Clinics of North America, Indoor Air Pollution*, 495-519, D.E. Banks and D.N. Weissman (eds.), W.B Saunders Company.

Yayla M. (1999), *Odun İşleyen Fabrikalarda Ayrosoller ve Hava Kirliliği Üzerine Etkileri*, Bitirme Ödevi, İÜ Orman Fakültesi, İstanbul.

Zorlu, İ. (1995), *Ağaç İşleri Konstrüksiyon Bilgisi*, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul.