
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

KOMPOZİT MOBİLYA ELEMANLARININ VOC EMİSYONUNUN BELİRLENMESİ VE EMİSYONU AZALTICI İŞLEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Ahmet TEKİN

DOKTORA TEZİ
ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEMMUZ 2015

Ahmet TEKİN tarafından hazırlanan "KOMPOZİT MOBİLYA ELEMANLARININ VOC EMİSYONUNUN BELİRLENMESİ VE EMİSYONU AZALTICI İŞLEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Hakan KESKİN

Ağaçişleri End. Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……..

Başkan : Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

Ağaçişleri End. Müh. Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ……

Üye : Doç. Dr. Abdullah TOGAY

Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı, G.Ü.

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……...

Üye : Doç. Dr. Mehmet Hakan AKYILDIZ

Orman End. Müh. Anabilim Dalı, Kastamonu Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……

Üye : Doç. Dr. Süleyman KORKUT

Orman End. Müh. Anabilim Dalı, Düzce Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum. ...……

Tez Savunma Tarihi: 01/07 /2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

……

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ahmet TEKİN
01/07/2015

KOMPOZİT MOBİLYA ELEMANLARININ VOC EMİSYONUNUN BELİRLENMESİ VE EMİSYONU AZALTICI İŞLEMLERİN GELİŞTİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Ahmet TEKİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2015

ÖZET

Bu çalışma, kompozit mobilya elemanlarından kaynaklanan VOC (formaldehit) emisyon miktarına, ülkemiz mobilya üretim sektöründe uygulanan çeşitli işlemlerin (tutkallama, vernikleme vb.) ve kullanım ortamlarının etkisini belirlemek ve emisyonu azaltıcı işlemlerin geliştirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu maksatla, mobilya üretim endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ahşap esaslı levhalar (yongalevha, liflevha, kontrplak, suntalam, MDFlam), ağaç malzemeler (Doğu kayını, Sarıçam), tutkallar (Fenol formaldehit, Üre formaldehit) ve selülozik vernik ile işlem yapılmış çeşitli kompozit mobilya deney örnekleri kullanılmıştır. Deney örneklerinin hazırlanmasında TS 2470 ve EN 326-1 standartlarına uyulmuştur. Hazırlanan deney örnekleri, sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi % 65±5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Deneyler, 1. ortam (10 ºC Sıcaklık - % 95 Nem); 2. ortam (20 ºC Sıcaklık - % 65 Nem) ve 3. ortam (40 ºC Sıcaklık - % 35 Nem) olmak üzere 3 farklı ortamda TS EN 717-1 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, lamine masif ağaç malzemede, ağaç türü bakımından en yüksek formaldehit emisyonu sarıçamda (450,4 ppb), en düşük Doğu kayınında (414,3 ppb) bulunmuştur. Deney ortamına göre en yüksek değer 3. ortamda (481,9 ppb), en düşük değer ise 1. ortamda (390,1 ppb) ölçülmüştür. Tabakalı ağaç malzemede yongalevha 3. ortamda en yüksek formaldehit emisyonu değerini verirken (1725 ppb), en düşük formaldehit emisyonu değerini (392,5 ppb) ise kayın kontrplak 1. deney ortamında vermiştir. Kenarları kaplanmış suntalam ve MDFlam örneklerden kenarları açık MDFlam ve suntalam örneklere göre daha az formaldehit emisyonu yayılmıştır. Bu sonuçlara göre, lamine masif ağaç malzemede kullanılan tutkal çeşidinin ve vernik işleminin; ortama yayılan formaldehit emisyonunu etkilediği; tabakalı ağaç malzeme kullanımında kenarların kaplamalı olmasının formaldehit emisyonunu azalttığı, sıcaklığın yüksek olduğu yerlerde tabakalı ağaç malzemenin kullanılmasının ortam formaldehit emisyonunu artırdığı söylenebilir.

Bilim Kodu : 705.3.014

Anahtar Kelimeler : VOC (formaldehit) Emisyonu, Ahşap Esaslı Malzeme, Vernik, Tutkal

Sayfa Adedi : 119

Danışman : Prof. Dr. Hakan KESKİN

DETERMINATION OF VOC EMISSIONS IN COMPOSITE COMPONENTS FURNITURE AND DEVELOPMENT OF EMISSIONS REDUCTION PROCESSES

(Ph.D. Thesis)

Ahmet TEKİN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2015

ABSTRACT

This study was performed to determine the impact of VOC (formaldehyde) emission amount, in which, variety process (agglutination, varnishing, etc.) applied in furniture production sector in our country, and effect of using settings to formaldehyde emission amount; and develop to process of reducing emission. Therefore the wood-based panels (particleboard, fiberboard, plywood, chipboard, MDFlam), the laminated wood materials (oriental beech, scotchpine) and glues (Phenol-formaldehyde, Urea-formaldehyde) and cellulosic varnish processed variety furniture samples, commonly used in furniture industry, were used. In the preparation of test samples, TS 2470 and EN 326-1 standards was used. The samples were conditioned at 20±2 °C and at 65±5 % relative humidity until their weights became stable in the conditional room. The tests were realized according to the TS EN 717-1 principles in 3 different environments as the 1st environment (10 degrees temperature - 95 % humidity); 2nd environment (20 degrees temperature - 65 % humidity) and 3rd environment (40 degrees temparature - 35 % humidity). As a consequence, recording to different species in laminated wood material, the highest formaldehyde emission (450,4 ppb) was found in scotchpine, and the lowest (414,3 ppb) was found oriental beech. According to experimental outcomes, the highest value was measured in the third environment (481,9 ppb), and the lowest value was measured in the first environment (390,1 ppb). With the wood-based panels, particleboard gave the highest formaldehyde emission value in the third environment (1725 ppb), whereas the beech plywood gave the lowest formaldehyde emission value (392,5 ppb) in the first environment. Less emission was diffused with edge lining MDFlam and chipboard than open edged samples. According to these results, type of glue, varnishing in laminated wood material effects the formaldhyde emission and edge lining process in wood-based material reduces the emission. It can be also said that in places with high temperature and using wood-based material incerase formaldehyde emission.

Science Code : 705.3.014
Key Words : VOC (formaldehyde) emission, wood-based material, varnish, glue
Page Number : 119
Supervisor : Prof. Dr. Hakan KESKİN

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimim boyunca her türlü desteğini esirgemeyen çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Hakan KESKİN'e; tez izleme komitesindeki hocalarım Sayın Prof. Dr. Mustafa ALTINOK'a ve Sayın Doç Dr. Abdullah TOGAY'a;

Lisans eğitimimin başından beri öğrenimimin her aşamasında desteklerini esirgemeyen hocam Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Musa ATAR'a, yardımlarını esirgemeyen hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL'e

Doktora öğrenimime ve tez çalışmalarıma, 2211 Yurtiçi Doktora Burs Programı ve 1002 Hızlı Destek Projesi (Proje No: 112O410) kapsamında verdiği destekten dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'na teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xiii

RESİMLERİN LİSTESİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR xvi

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 8

2.1. Ağaç Malzeme 8

2.1.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) 9

2.1.2. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) 10

2.2. Lamine Masif Ağaç Malzemeler 11

2.2.1. Laminasyon tekniği 12

2.2.2. Laminasyonun avantajları ve dezavantajları 12

2.2.3. Yapışma teorisi 13

2.3. Tabakalı Ağaç Malzemeler 14

2.3.1. Yongalevha 14

2.3.2. Liflevha 17

2.3.3. Suntalam 19

2.3.4. MDFlam 19

2.3.5. Kontrplak 19

Sayfa

2.4. Tutkallar 20
2.5. Vernik 22
2.6. Formaldehit Reçinesi 23
2.7. Uçucu Organik Bileşik (VOC) 24
2.8. Formaldehit Emisyonu 25
2.8.1. Formaldehit emisyonuna etki eden faktörler 28
2.8.2. Formaldehit emisyonu ölçüm yöntemleri 30
3. LİTERATÜR ÖZETİ 36
4. MATERYAL VE METOT 48
4.1. Materyal 48
4.1.1. Ağaç malzeme 48
4.1.2. Lamine masif ağaç malzemeler 48
4.1.3. Tabakalı ağaç malzemeler 49
4.1.4. Tutkallar 49
4.1.5. Vernik 49
4.2. Metot 49
4.2.1. Ağaç malzemelerin yoğunlukları 50
4.2.2. Deney örneklerinin hazırlanması 50
4.2.3. Deney örneklerinin verniklenmesi 53
4.2.4. Vernik katı madde miktarı tayini 53
4.2.5. Kuru film kalınlığı tayini 54
4.2.6. Deney ortamlarının tayini 55
4.2.7. Formaldehit emisyonu tayini 57
4.2.8. Verilerin değerlendirilmesi 59

Sayfa

5. ARAŞTIRMA BULGULARI 61

5.1. Hava Kurusu Yoğunluk 61

5.2. Vernik Katı Madde Miktarı 61

5.3. Kuru Film Kalınlığı 62

5.4. Formaldehit Emisyonu 62

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 92

KAYNAKLAR 109

ÖZGEÇMİŞ 119

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 1.1. Yıllara göre işyerlerinde maksimum maruz kalınabilecek formaldehit emisyonu seviyeleri (ppm) 2

Çizelge 1.2. Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler ve kullanıcı sağlığına etkileri 3

Çizelge 1.3. Bazı ülkelerdeki yaşam alanlarında maruz kalınabilecek maksimum formaldehit emisyon seviyesi 4

Çizelge 1.4. Formaldehit koku, tahriş ve dayanabilirlik sınırları 4

Çizelge 2.1. Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri 9

Çizelge 2.2. Doğu kayını odununun bazı teknolojik özellikleri 11

Çizelge 2.3. Fenol formaldehit tutkalının bazı teknik özellikleri (Polisan, 2013) 21

Çizelge 2.4. Üre formaldehit tutkalın bazı teknik özellikleri (Polisan, 2014) 21

Çizelge 2.5. Selülozik parlak verniğe ait bazı teknik özellikler (Polisan, 2012) 22

Çizelge 2.6. Selülozik dolgu verniğine ait bazı teknik özellikler (Polisan, 2012) 23

Çizelge 2.7. İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve kaynakları 24

Çizelge 2.8. Avrupa'da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri 26

Çizelge 2.9. Formaldehitin akut sağlık etkileri 27

Çizelge 4.1. Lamine masif ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları 51

Çizelge 4.2. Tabakalı ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları 52

Çizelge 5.1. Hava kurusu yoğunluğa ait istatistiksel değerler (g/cm³) 61

Çizelge 5.2. Vernik katı madde miktarına ait istatistiksel değerler (Ağırlıkça %) 61

Çizelge 5.3. Vernik kuru film kalınlığına ait istatistiksel değerler (µm) 62

Çizelge 5.4. Lamine sarıçam panel örneklerine ait formaldehit emisyonu istatistiksel değerleri (ppb) 63

Çizelge 5.5. Lamine Doğu kayını panel örneklerine ait formaldehit emisyonu istatistiksel değerleri (ppb) 64

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.6. Lamine masif ağaç panel örneklerine ait çoklu varyans analizi sonuçları 65

Çizelge 5.7. Ağaç türüne göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 66

Çizelge 5.8. Tutkal çeşidine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 66

Çizelge 5.9. Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 67

Çizelge 5.10. Vernikleme işlemine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 68

Çizelge 5.11. Ağaç türü ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 69

Çizelge 5.12. Tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 70

Çizelge 5.13. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 72

Çizelge 5.14. Deney ortamına göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 73

Çizelge 5.15. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 74

Çizelge 5.16. Tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 75

Çizelge 5.17. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 77

Çizelge 5.18. Vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 78

Çizelge 5.19. Ağaç türü, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 80

Çizelge 5.20. Tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 82

Çizelge 5.21. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 84

Çizelge 5.22. Tabakalı ağaç malzeme örneklerine ait formaldehit emisyonu istatistiksel değerleri (ppb) 86

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.23. Tabakalı ağaç malzeme örneklerine ait çoklu varyans analizi sonuçları 87

Çizelge 5.24. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 87

Çizelge 5. 25. Deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 88

Çizelge 5.26. Tabakalı ağaç malzeme türüne ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb) 89

Çizelge 6.1. Malzeme türüne göre formaldehit emisyonu değerleri (ppb)..... 103

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. En ve boy düz birleştirme (Keskin, 2001) 12

Şekil 2.2. Tutkal katman yapısı (Keskin, 2001) 14

Şekil 2.3. Formeldehitin kimyasal yapısı 24

Şekil 2.4. Formaldehit emisyonu çıkış yönleri (Çolak, 2002) 28

Şekil 2.5. Perferatör yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010) 31

Şekil 2.6. Gaz analizi yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010) 32

Şekil 2.7. Kabin yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010) 33

Şekil 2.8. WKI-Şişe yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010) 34

Şekil 2.9. Desikatör yöntemi (Kim ve diğerleri, 2010) 34

Şekil 2.10. FLEC yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010) 35

Şekil 2.11. El tipi formaldehit (HCHO) gaz dedektörü çalışma prensibi (Hue ve diğerleri, 2010) 43

Şekil 4.1. Lamine masif deney örneği (ölçüler mm'dir) 49

Şekil 4.2. Kuru film kalınlığı tayini 55

Şekil 4.4. Türkiye'deki uzun yıllar maksimum sıcaklık değerleri 57

Şekil 4.5. Gaz dedektörü ölçüm süreci 59

Şekil 5.1. Ağaç türüne göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 66

Şekil 5.2. Tutkal çeşidine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 67

Şekil 5.3. Ağaç türü ve tutkal etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 68

Şekil 5.4. Vernikleme işlemine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 69

Şekil 5.5. Ağaç türü ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 70

Şekil 5.6. Tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 71

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.7. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 73

Şekil 5.8. Deney ortamına göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 74

Şekil 5.9. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği..... 75

Şekil 5.10. Tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 76

Şekil 5.11. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 78

Şekil 5.12. Vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği..... 79

Şekil 5.13. Ağaç türü, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 81

Şekil 5.14. Tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 83

Şekil 5.15. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği..... 85

Şekil 5.16. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 88

Şekil 5.17. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri 89

Şekil 5.18. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği 91

Şekil 6.1. Formaldehit emisyon değerleri (mg) 97

Şekil 6.2. Yüzey pürüzlüğü formaldehit emisyonu ilişkisi..... 102

Şekil 6.3. Malzeme türüne göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği..... 103

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 4.1. Deney örnekleri 51

Resim 4.2. Test kabini 56

Resim 4.3. Test kabini iç görünümü 56

Resim 4.4. Gaz dedektörü 57

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda verilmiştir.

Simgeler	**Açıklamalar**
Ss	Standart sapma
v	Varyasyon katsayısı
x	Aritmetik ortalama
N	Örnek sayısı
LSD	En küçük önemli fark

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
Ç	Sarıçam
FF	Fenol formaldehit tutkal
HG	Homojenlik grupları
K	Doğu kayını
Kkv	Kavak kontrplak
KMDF	MDFlam
KMDFk	Kenarları kaplanmış MDFlam
KYLk	Kenarları kaplanmış Suntalam
KYL	Suntalam
Kyk	Kayın kontrplak
MDF	Liflevha
O1	1.ortam (10 ºC Sıcaklık - % 95 Nem)
O2	2.ortam (20 ºC Sıcaklık - % 65 Nem)
O3	3.ortam (40 ºC Sıcaklık - % 35 Nem)
ppm	Parts per million (Milyonda bir tanecik)

Kısaltmalar	Açıklamalar
ppb	Parts per billion (Milyarda bir tanecik)
UF	Üre formaldehit tutkal
VL	Vernikleme yapılmış
VZ	Vernikleme yapılmamış
YL	Yongalevha

1. GİRİŞ

Günümüzde teknolojik imkânların gelişmesiyle, ahşap malzemenin kullanım alanları genişlemiş, maliyetlerin düşmesi ve üretim sürelerinin kısalması ile ahşap ve türevi ürünlere ulaşılabilirlik artmıştır. İlk dönemlerde ahşap malzeme doğada bulunduğu ham halde kullanılırken son yıllarda artan ihtiyaç miktarı ve çeşitliliğine cevap verebilmek için ahşap esaslı levha kullanımı ön plana çıkmıştır.

Ağacın hammadde kaynağı olarak kullanıldığı ve çeşitli üretim teknikleri ile fabrika şartlarında oluşturulan ahşap esaslı levhalar (yongalevha, liflevha, kontrplak, kontrtabla, suntalam, MDFlam, vb.) boyut serbestliği, stabilite, yüksek mukavemet, anizotrop ve higroskopik sınırların genişliği ve ekonomikliği gibi özelliklerinden dolayı önemli tüketim oranlarına sahiptir.

Mobilya sektöründeki gelişim neticesinde üretimde kullanılan yeni malzeme ve kimyasalların sağlığa olumsuz etkileri olduğu; özellikle formaldehit ve yangın geciktirici maddelerin evlerde ve iş yerlerinde toksik etkisinin söz konusu olduğu ifade edilmiştir (Aksakal, Vaizoğlu ve Güler, 2005).

Bu levhaların üretiminde ve kullanımı esnasında odun türü, reçine miktarı ve tipi, ilave maddeler (sertleştirici ve tutkallar) sebebiyle formaldehit emisyonu gibi ortaya büyük bir sorun çıkmıştır (Çolakoğlu, 1993).

Yongalevha, liflevha, kontrplak, suntalam gibi ahşap esaslı levhaların üretiminde, ekonomikliği ve uygulama kolaylığı nedeniyle bağlayıcı olarak kullanılan üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkallar formaldehit emisyonunun kaynağını oluşturmaktadır (Boran, 2010).

Dünyada 2000 yılında 85 milyon m^3 yongalevha üretimi, 2008 yılında 103,4 milyon m^3'e kadar yükselmiştir (Zengin, 2010). Ahşap esaslı levha kullanımının son yıllarda hızla artması, levha üretiminde ağaç yongaları dışında, yapıya katılan madde çeşitliliğinin ve kullanım oranlarının yükselmesi, daha önceleri dikkate alınmayan ve standartlarda incelenmeyen formaldehitin insan sağlığı üzerine etkilerine dikkatleri çekmiş ve bu konuda çeşitli araştırmalar yapılarak sonuçlar ortaya konulmuştur. Bazı ülkelerde 1976, 1985 ve

1999 yıllarına göre işyerlerinde maruz kalınabilecek maksimum formaldehit emisyonu seviyeleri Çizelge 1.1'de verilmiştir (Athanassiadou, 2000). Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler ve bunların kullanıcı sağlığına etkileri ise Çizelge 1.2'de verilmiştir (Taygun ve Balanlı, 2005).

Çizelge 1.1. Yıllara göre işyerlerinde maksimum maruz kalınabilecek formaldehit emisyonu seviyeleri (ppm)

Ülkeler	Yıllar		
	1976	1985	1999
ABD	5	3	0,75
Danimarka	5	1	0,30
Finlandiya	5	1	0,50
Norveç	-	1	0,50
İsveç	-	1	0,50
Avusturya	-	-	0,50
Almanya	5	1	0,50
İsviçre	-	1	0,50
İngiltere	10	2	2
Belçika	-	2	1
Fransa	-	-	2
Yunanistan	-	-	1
Avustralya	-	-	1
Kanada	-	-	0,30-0,20

Mobiler mobilya sistemleri, kişiye, isteğe ve mekâna özel tasarım uygulamaları ile seri üretim şartları ve online satış-pazarlama koşullarının gelişmesi neticesinde tüketicinin mobilya ürünlerine ulaşımı kolaylaşmıştır. Tüketiciler, portatif ayakkabılık, kitaplık vb. ürünleri ev ortamında kullanıma hazır hale getirebilmek için yarı mamul ürününü, VOC emisyon çıkış noktaları (menteşeler, kenar bantlar, vida delikleri, kapaklar vb.) ile ilgili herhangi bir önlem almadan kullanmaktadır. Birleştirmeyi sağlayan ilave elamanlar kullanarak mobilyayı kararlı hale getirmekte ve bu elemanlar çoğunlukla üre formaldehit tutkal kullanılarak oluşan liflevha ve yongalevhadan üretilmiş mobilyadan ilave emisyon yayılım noktaları oluşturmaktadır. TSE'ye göre kullanım öncesi alınması gereken birçok önlem bulunmaktadır. Kapalı alanlarda kullanımı yaygın olan levha mobilyalar için yaydıkları emisyon miktarı ile ilgili zorunlu bir standart uygulaması yoktur.

Çizelge 1.2. Bazı yapı ürünlerinden kaynaklanan kirleticiler ve kullanıcı sağlığına etkileri

Kirletici		Kirleticinin Bulunduğu Yapı Ürünü	Kullanıcı Sağlığına Etkileri
VOC	Benzen	Mobilyalar, boyalar, kaplamalar	Kanser
	Formaldehit	Kontrplak, halı ve laminat yapıştırıcıları, boyalar, yalıtım ürünleri	Göz yanması ve yaşarması
	Toluen	Yapıştırıcılar, döşeme kaplamaları, boyalar	Bitkinlik, koordinasyon bozukluğu, uykusuzluk, göz rahatsızlıkları
Asbest		Yalıtım ürünleri, bazı döşeme ve tavan kaplamaları, eski sıvalar	Asbestosis, akciğer kanseri, mezotelyoma, plevra tümörü
Radon		Beton, tuğla, granit, alçı, agrega	Akciğer kanseri
Polivinilklorür (PVC)		Doğrama profilleri, kaplama, çatı örtüsü, duvar kâğıdı, boru oluk, elektrik döşemesi	Baş dönmesi, bitkinlik, baygınlık, baş ağrısı, bulantı, gözlerde yanma, uyku düzensizliği, bellek yitimi, işitme bozuklukları, sinirlilik, deride kalınlaşma, parmak ucu kemiklerde değişiklikler, parmaklarda kan dolaşımının bozulması, çarpıntı, kalp krizi, bağışıklık sistemi zayıflığı, üreme organları bozukluğu, karaciğer, akciğer, mide, beyin, kan ve lenf kanseri

Küresel enerji sarfiyatının artması sonucu zorunlu olarak alınan tasarruf tedbirlerinden biri olan bina mantolama yöntemleri, iç–dış mekân hava sirkülâsyonunu azaltmıştır. Bu sebepten dolayı, iç mekânda insan sağlığını etkileyecek oranlarda formaldehit emisyonu birikmeye başlamıştır (Baumann, Lorenz, Batterman ve Zhang, 2000).

1970'lerin sonlarından itibaren enerji tasarrufu için evlerdeki ısının korunması çalışmalarıyla devletlerin ve kamuoyunun tartıştığı birinci konu iç mekân hava kalitesi ve kompozit ahşap ürünlerden açığa çıkan formaldehit emisyonu olduğu bildirilmiştir (Athanassiadou, 2000).

Yaşam alanlarında insan sağlığına olan etkisini azaltmak için bulunması gereken formaldehit emisyon miktarına ilişkin bazı ülkelere ait değerler Çizelge 1.3'de verilmiştir (Athanassiadou, 2000).

Çizelge 1.3. Bazı ülkelerdeki yaşam alanlarında maruz kalınabilecek maksimum formaldehit emisyon seviyesi

Ülkeler	Formaldehit emisyon değeri (ppm)
Amerika Birleşik Devletleri	0,10
Danimarka	0,12
Finlandiya	0,12
Norveç	0,10
İsveç	0,20
Avusturya	0,10
Almanya	0,10
İsviçre	0,10
İngiltere	---
Belçika	---
Fransa	---
Yunanistan	---
Avustralya	0,10
Kanada	0,10

Formaldehitin koku, tahriş ve dayanabilirlik sınırları da yapılan çalışmalarda irdelenmiş; elde edilen sonuçlara göre formaldehit koku, tahriş ve dayanabilirlik sınırları Çizelge 1.4'de verilmiştir. Formaldehit sebepli gaz zehirlenmeleri, formaldehitin keskin kokusundan dolayı kolay fark edilebilir olmasının etkisiyle çok nadirdir. Ancak % 35'lik formaldehit çözeltisinden ağız yoluyla 10-15 ml alınmasının insanı öldürebileceği belirtilmektedir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986a).

Çizelge 1.4. Formaldehit koku, tahriş ve dayanabilirlik sınırları

Etkiler	Sınır değerleri (mg/m^3)
Koku Sınırı	0,15 - 0,30
Tahriş Sınırı	0,30 - 0,90
Dayanabilirlik Sınırı	0,90 - 60

Formaldehitin akciğere olan toksik etkileri ve bu toksik etkilere karşı melatoninin etkisinin incelendiği bir çalışmada, 21 adet sıçan 3 gruba ayrılarak 1. grup kontrol grubu olarak seçilmiş, 2. gruba 14 gün boyunca gün aşırı formaldehit enjekte edilmiş; 3. gruba ise formaldehit enjeksiyonu ile birlikte günlük melatonin verilmiştir. Deney sonucunda, formaldehit maruziyetinin akciğer dokusunda hasara yol açtığı ve bu hasara karşı melatonin hormonunun koruyucu etki gösterdiği tespit edilmiştir (Zararsız ve diğerleri, 2004).

Bir çalışmada; konutlarda ve endüstri dışındaki diğer kapalı yapılarda iç ortam havasında; insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen karbon monoksit, karbon dioksit, kükürt dioksit, nitrojen oksitler, formaldehit, sigara dumanı, radon, asbest, kurşun, uçucu organik moleküller, çeşitli mikroorganizma ve alerjenler gibi biyolojik, fiziksel ve kimyasal zararlı etkenlerin görülmesi 'kapalı ortam hava kirliliği' olarak tanımlanmıştır. Kapalı ortam hava kirliliğinin iç ve dış kaynaklı olabileceği söylenmiştir. Türkiye'de nüfusun yaklaşık % 64,9'unun kentlerde yaşaması ve kentlerde yaşayan insanların da zamanlarının % 90'ını kapalı ortamlarda geçirmelerinin, kapalı ortam hava kirliliğinden kaynaklı sağlık sorunlarını artıracağı açıklanmıştır. Kapalı ortam hava kirliliğin önüne geçmek için ısıtma, havalandırma sistemlerinin ve yapı malzemelerinin doğru seçilmesi önerilmiştir (Soysal ve Demiral, 2007).

Ahşap esaslı levha kaynaklı formaldehit emisyonu iki şekilde değerlendirilebilmektedir. Bu durumlardan birincisi levhaların üretimi esnasında ortaya çıkan formaldehit emisyonu; ikincisi ise üretimden sonra tüketici tarafından ahşap levhaların kullanıldığı ortamlarda ortaya çıkan formaldehit emisyonudur. Üretim esnasında ortaya çıkan formaldehit emisyonunu azaltma girişimleri; kullanılan tutkal miktarının azaltılması, düşük U/F oranlı tutkalların seçilmesi, pres sıcaklığının düzenlenmesi, sertleştirici olarak amonyak tuzlarının kullanılması ve üretimde kullanılacak ahşap malzemenin nitrik asit ile emprenye edilmesi şeklinde sıralanabilir. Ayrıca üre formaldehit ile fenol formaldehit ve isosiyanat tutkallarının karıştırılarak kullanılması da formaldehit emisyonu azaltmaktadır. Üretim anında ortaya çıkan formaldehit emisyonunu azaltmak, üreticinin alacağı önlemlere bağlı olup, kullanım esnasında ortaya çıkabilecek formaldehit emisyonunu da doğrudan etkileyebilmektedir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986a; Nemli, 1995).

Bir çalışmada, ahşap esaslı ürünlerden açığa çıkan formaldehit emisyonu iç ve dış faktörlerin her ikisinden de etkilendiği ifade edilmiştir. İç faktörler; 1- Ağaç türü, 2- Reçine bağ çeşidi, 3- Levha üretim şartları, 4- Ürün yaşı; dış faktörler ise 1- Oda sıcaklığı ve oda bağıl nemi, 2- Oda havalandırma oranı, 3- Oda alanındaki tüm levha yüzeyi olarak (yüklenme oranı) açıklanmıştır (Athanassiadou, 2000).

Ahşap esaslı panellerden VOC ve formaldehit emisyonunun ve iç mekân hava kalitesine (IAQ) etkisinin tartışıldığı bir çalışmada, ahşap esaslı panellerden kaynaklı VOCs, formaldehit emisyonu ve iç mekân hava kalitesinin panel üreticileri ve konut tasarımcıları için farklı ülkelerde ürünlerinin rekabetini etkileyen önemli bir sosyal ve politik konu olduğu ifade edilmiştir. Yeşil bina sertifikalarının gelişiminin bir parçasının da iç mekândaki VOC emisyonlarının etkisinin değerlendirmesi olduğu söylenmiştir. Düşük formaldehit yayan ahşap bazlı ürünlerin etiketlenmesinin, piyasada yaygın olarak tüketicilere ve bina uzmanlarına ürün seçiminde sağlık, güvenlik ve dayanıklılık açısından değerli bir araç olabileceği açıklanmıştır (Yu ve Kim, 2011).

Bu çalışmada, ahşap esaslı kompozit mobilya malzemelerinden açığa çıkan ve insan sağlığı için olumsuz etkileri fazla olan ve hemen hemen insanın, bulunduğu tüm yaşam alanlarında karşılaştığı formaldehit emisyonunun ülkemizde yaşam alanı şartlarını simüle edecek şekilde çeşitli ortam şartlarında ölçülmesi planlanmıştır. Bu amaçla, meteorolojik veriler ışığında 3 çeşit ortam sıcaklığı ve nem belirlenmiştir. Belirlenen ortam şartlarında ideal yaşam şartları olan kabul edilen 20±2 °C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nemde oluşturulan deney şartları dışında, yaşam alanlarında maruz kalınabilecek maksimum ve minimum sıcaklık değerlerine göre diğer ortam değerleri oluşturulmuştur.

Türkiye'de üretilen yongalevhanın % 80'i, liflevhanın % 70'i mobilya sektöründe kullanılmaktadır (Kurtoğlu, 1984). Ahşap esaslı levha üretiminde üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin üre formaldehit tutkalları en çok tercih edilen bağlayıcılardır. Bu tutkalların kullanımından dolayı mobilya sektöründe karşılaşılan en önemli uçucu organik bileşik "formaldehit" dir. Hammadde yapısındaki bağlayıcılardan dolayı formaldehit emisyonu, mobilya endüstrisinde kullanılan ürünlerdeki en önemli emisyondur. Bu çalışmada uçucu organik bileşiklerden (VOC) formaldehit tespiti TS EN 717-1 standardına göre yapılmış olup, tezde hedeflenen sonuçlara ulaşılabilmesi ve standardın

geliştirilebilmesi amacıyla standartta öngörülen ölçüm kriterleri baz alınarak farklı denemeler de yapılmıştır.

Formaldehit emisyonunun tespitinde kullanımı yeni olan formaldehit sensörlü gazölçer kullanılmıştır. Deney ortamlarının oluşturulmasında da bilgisayar kontrollü, stabil yapıda bir deney kabini oluşturulmuştur.

Ülkemizde bu konuda yapılmış çalışmaların az olması, yeni geliştirilen formaldehit ölçüm yöntemleriyle yapılmış çalışmaların azlığı, TSE standartlarının geliştirilmesi, ülke ihracatında bu alanda üretim öncesinde, esnasında ve sonrasında pratik, yaygınlaştırılabilir emisyon test tekniklerini ortaya koyma girişimi, ısı kaybının önüne geçilmesi için kullanılan çeşitli mantolama yöntemleriyle iç mekân hava sirkülasyonun azalması nedeniyle artan formaldehit emisyonu ile ilgili tüketicilerin bilgilendirilmesi ve bu konuda alınabilecek önlemlerin ortaya konulabilmesi için bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ağaç Malzeme

Genel olarak ağaç, kökleri ile toprağa tutunmuş, gövdesi veya üst kısmı dallarla dolu, iğne veya geniş yapraklı, büyük yüksekliklere ulaşabilen, üstü kabuklu ve gövdesi odunlaşmış bir bitkidir (Yalınkılıç, 2008; Zorlu, 1997:1). Odunsu bitkilerde iç kabuk (floem) ile odun arasında kambiyum denilen, kök, gövde ve dalları tamamen saran üreyimli bir doku vardır. Kambiyum tabakası her yıl iç tarafa doğru odun (ksilem) ve dış tarafa doğru yeni iç kabuk hücreleri meydana getirir. Böylece kambiyum hücreleri her yıl vejetasyon periyodunda iç tarafa doğru bölünerek yıllık odun halkası, dış tarafa doğru ise yıllık kabuk halkası oluşturarak ağaçta çap artımını sağlar. Buna sekonder büyüme veya sekonder kalınlaşma denilmektedir. Odun yapısını oluşturan çeşitli dokuların yerleşim ve nitelikleri ve bu dokuların odun yapısına katılma oranları ağaç içerisindeki yerine, ağacın yaşına ve yetişme ortamına göre farklılık göstermektedir. Bu duruma bağlı olarak odunun fiziksel ve mekanik özellikleri değişmektedir (Örs ve Keskin, 2008:1-50).

2.1.1. Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky)

Adını, levhalar halinde ayrılan gövde kabuğunun tilki sarısı renginden almakta olup, yetişkin bireylerin boyu 20 ila 40 m arasında değişmektedir. Diri odunu geniş (yarıçapının üçte biri kadar), sarımsı veya kırmızımsı beyaz renkte, öz odunu ise açık kırmızımsı kahverengidir. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odunu koyu renkli olup açık renkli ilkbahar odunu ile kontrast yaratır. Yetişme muhitine bağlı olarak yıllık halkalar dar veya geniştir. Yıllık halka sınırları belirgin ve hafif dalgalıdır. Radyal ve teğet kesitleri parlak, sık ve geniş reçine kanalları olan yumuşak odunlu bir ağaç türüdür. (Örs ve Keskin, 2008:1-50; Şanıvar ve Zorlu, 1999:1-72).

Parlak, bol reçineli, oldukça hafif ve yumuşak bir ağaç olan sarıçam kolay işlenir, kolay yarılır ve çatlar. Çok budaklı olup gevrektir. Çivi, vida tutma direnci ve yapışması orta derecededir (Hammond, Donnelly, Harrod, Rayner ve Özden, 1969:65-77). Adını, levhalar halinde ayrılan gövde kabuğunun tilki sarısı renginden alır. Narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı bir ağaçtır. Kendine özgü kabuk renginin dışında, ince yapraklarının kısalığı ve mavimsi yeşil rengi ilk bakışta diğer çam türlerinden ayırt edilmiş özellikleridir.

Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri Çizelge 2.1' deki gibidir (Şanıvar ve Zorlu, 1999:1-72).

Çizelge 2.1. Sarıçam odununun bazı teknolojik özellikleri

Özellik	Ortalama Değer	Birimi
Tam kuru yoğunluğu	0,49	g/cm^3
Hava kurusu yoğunluğu	0,52	g/cm^3
// Basınç direnci	550	kg/cm^2
⊥ Basınç direnci	77	kg/cm^2
Eğilme direnci	980	N/cm^2
Çekme direnci	1020	N/cm^2
⊥ Brinell sertlik değeri	1,9	kg/mm^2
Elastikiyet modülü	117,000	N/cm^2

Bu değerlere göre yük taşıma niteliği çok iyidir. Kolay işlenir. Kolay yarılır ve çatlar. Reçinesi temizlendikten sonra boyanabilir. Vida ve çivi ile bağlantısı yeterlidir. Zor verniklenir. Oldukça dayanıklıdır. Görünüşü bozan mavi lekelenme estetik değerini azaltır. Ancak, mavi lekelenme, ağacın fizik dayanımında olumsuz etki yaratmaz (Şanıvar ve Zorlu, 1999:1-72). Odunu genel olarak yumuşak kullanım alanları için uygun olup budaksız ve iyi kalite özelliklerine sahiptir.

Kullanıldığı yerler

Odunlarının kreozot ve benzeri koruyucu kimyasal maddelerle işleme tabi tutularak, açık alanlarda da kullanım olanakları artırılmaktadır. Ticaret dünyasında kırmızı odun olarak bilinen odunlarından başta telgraf ve telefon direkleri, demiryolu traversleri olmak üzere; inşaat alanında, döşemecilik, çatı ve döşeme kirişi, kâğıtçılıkta ve plastik ve selefon yapımında kullanılır. Özellikle yapı malzemesi olarak kapı, pencere doğramalarında; taban ve tavan kaplamasında; mobilyacılık ve oymacılıkta; maden direği, tel direği ve travers olarak; kaplama levha, kontrplak, liflevha ve yongalevha ile kâğıt endüstrisinde kullanılır (Anşin ve Özkan, 1997).

2.1.2. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)

Doğu Kayını 30 ila 40 metreye kadar boylanabilen, bir metrenin üstünde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır (Anşin ve Özkan, 1997). Fagaceae familyasındandır. Olgun odunlu ağaçlar grubundandır. Odun tabii halde kırmızımsı beyaz, fırınlanmış halde tuğla kırmızısı renktedir. İleri yaşlarda meydana gelen kırmızımsı kahve renkli ve içerisinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Genellikle 80-100 yaşlarında oluşan bu yalancı öz odunu kusur sayılır. Kırmızı yürek odunun doğal güzelliğini bozar ve emprenye edilemez. Ayrıca, gevrek yapıda olup asitli koku yayar (Örs ve Keskin, 2008:1-50). Oldukça sert ve sıkı bir dokuya sahip olan Doğu kayının lifleri kısadır. Eğilme direnci iyidir. İyi kurutulmazsa çok çeker, çatlar, çabuk ardaklanır ve çürür. Yarılma kabiliyeti iyi olan kayının çivi, vida tutması ve yapışma özellikleri orta seviyededir. Boyanmaya elverişli olmamakta birlikte iyi cila tutmakta ve aşınmaya karşı yüksek direnç göstermektedir (Hammond ve diğerleri, 1969:65-77). Doğu kayını odununun bazı teknolojik özellikleri Çizelge 2.2'deki gibidir (Şanıvar ve Zorlu, 1999:1-72).

Çizelge 2.2. Doğu kayını odununun bazı teknolojik özellikleri

Özellik	Ortalama Değer	Birimi
Tam kuru yoğunluğu	0,63	g/cm^3
Hava kurusu yoğunluğu	0,66	g/cm^3
// Basınç direnci	644	kg/cm^2
Eğilme direnci	870	N/cm^2
⊥ Brinell sertlik değeri	3,4	kg/mm^2

Kullanıldığı yerler

Doğu kayını masif mobilya ve dekorasyon ürünleri ile bükme mobilya, tornacılık, kontrplak kaplama ve kâğıt sanayinde kullanılır; ayrıca, ambalaj, oyuncak, tarım aletleri, demir yolu traversi, fıçı, mutfak aletleri üretiminde yararlanılır. Parke olarak, araba ve otobüs karoseri yapımında da kullanılmaktadır (Anşin ve Özkan, 1997). Tomruk ve standart ölçülerde biçilmiş olarak kereste hainde m^3 kontrplak halinde ise m^2 olarak

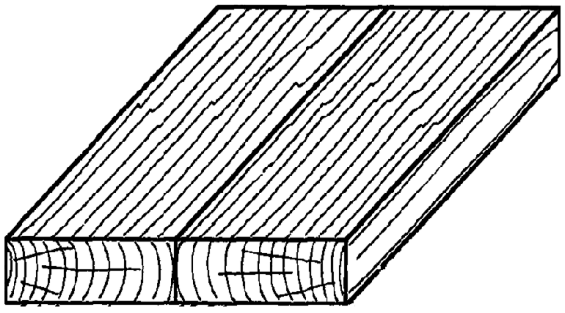
satılmaktadır. Doğu kayını parçaları hava akımı bulunan kuru bir yerde depolanmalıdır (Hammond ve diğerleri, 1969:65-77).

2.2. Lamine Masif Ağaç Malzemeler

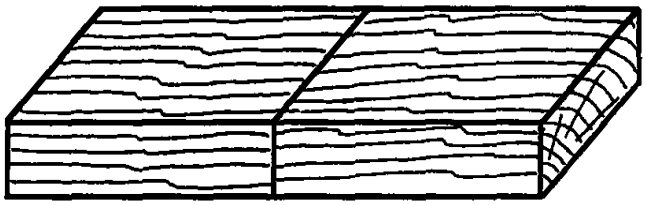
Ağaç malzemenin daha verimli kullanılması, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda laminasyon işlemi tercih edilmektedir. İlk defa 1893'de İsviçre'deki kilise direklerinin yapımında bu yöntem kullanılmıştır (Keskin, 2001).

2.2.1. Laminasyon tekniği

Ağaçişleri endüstrisinde yaygın kullanılan lamine masif ağaç malzeme TS EN 386'ya göre; odun lamellerin özellikle lifleri paralel olarak birbirine yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Laminasyon tekniğinde, farklı ağaç türü, değişen kat adedi, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir. Laminasyonda en ve boy olmak üzere iki çeşit birleştirme kullanılmaktadır. En birleştirmede düz, kinişli ve parmak birleştirme; boy birleştirmede düz, pahlı, pahlı kademeli ve parmak birleştirme kullanılmaktadır. Şekil 2.1'de laminasyonda kullanılan en ve boy düz birleştirme örnekleri gösterilmiştir (Keskin, 2001; TS EN 386, 2006).



a) En düz birleştirme



b) Boy düz birleştirme

Şekil 2.1. En ve boy düz birleştirme (Keskin, 2001)

2.2.2. Laminasyonun avantajları ve dezavantajları

Mobilyacılık sektöründe kullanılan laminasyon tekniğinin avantajları ve dezavantajları aşağıda verilmiştir.

Laminasyonun avantajları

Laminasyon işlemi ile ağaç malzemeden üretilen elemanların boyut sınırlılığı giderilebilmektedir. Lamine işleminden önce üretilen ince parçaların daha kolay ve ekonomik kurutulması neticesinde, elde edilen lamine ürünler için ek bir kurutma maliyeti gerekmemektedir. Mimaride iç dekorasyonda istenilen formda çalışma imkanı sağlanmaktadır. Ağaç malzemenin doğal özelliklerinden ileri gelen kusurlardan arındırılarak kullanılma imkânı sağlanmaktadır. Çok küçük parçaların dahi işlemlerde kullanılması ağaç odunundan alınan birim verimi artırmaktadır. Lamine masif ağaç malzeme, aynı cins masif ağaç malzemeye göre daha az çalışmaktadır. Farklı tesktür ve renkteki ağaç türleri aynı laminasyonda kullanılarak, estetik ürünler elde edilebilmektedir (Keskin, 2001).

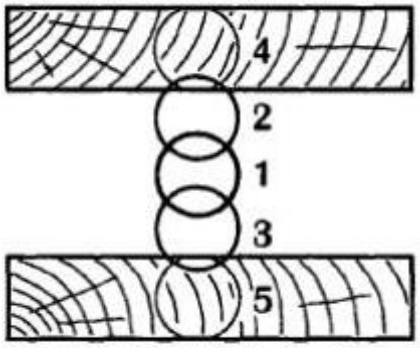
Laminasyonun dezavantajları

Laminasyonda tutkallama işlemleri ek maliyete neden olmaktadır. Tutkal kalitesi, lamine edilen ürünün dayanımı doğrudan etkilemektedir. Laminasyon fabrikalarının özel tasarımda olması, üretimde kalifiye eleman ihtiyacının fazlalığı maliyeti artırmaktadır (Keskin, 2001).

2.2.3. Yapışma teorisi

Tutkal, iki malzemenin birbirine yapışmasını sağlayan sıvı haldeki metal olmayan maddedir. Sertleşmiş bir tutkalda, birleştirmenin performasını tayin eden 5 farklı halkadan (Şekil 2.2) meydana gelen katman bulunmaktadır. Birinci halka yapıştırılacak ağaç malzemeden bağımsızdır. Mukavemeti tutkalın yapısal özelliklerine bağlı olan ve kohezyon kuvveti ile açıklanan tutkal filmini göstermektedir. İkinci ve üçüncü halkalar tutkal ile yapıştırılacak ağaç malzeme arasında oluşan, adhezyon kuvveti ile açıklanan ve yapıştıma işleminde etkili olan kısımdır. Dördüncü ve beşinci halkalar ağaç malzemenin

özelliğine göre gelişen kısımdır. Tutkalın katı ve sıvı halde olduğu durumlarda molekülleri arasında olan çekim kuvvetine kohezyon kuvveti denilmektedir. Tutkalın mekanik özelliğini belirleyen en önemli etken kohezyon kuvvetidir. Birleştirmenin başarısı, tutkalın ağaç malzeme yüzeyini ıslatabilme ve hücre çeper boşluklarına nüfuz edebilme özelliği ile ilişkilidir (Keskin, 2001).



Şekil 2.2. Tutkal katman yapısı (Keskin, 2001)

2.3. Tabakalı Ağaç Malzemeler

Literatürde odun kompozitleri kavramı ile tarif edilen malzeme, odunsu partiküllerin, liflerin ya da daha geniş parçaların yapıştırılmasıyla geliştirilmiştir (Güller, 2001). Bu bölümde çalışmada kullanılan tabakalı ağaç malzemelere ait bilgiler verilmiştir.

2.3.1. Yongalevha

Yongalevha, kurutulmuş odun yongalarının amaca uygun tutkallar kullanılarak basınç ve sıcaklık altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi ile elde edilen ve kullanım amacına göre boyutlara sahip bir malzeme olarak tanımlanabilmektedir. Yongalevhalar artan üretim ihtiyacına cevap verebilecek yeterli mekanik ve fiziksel özellikleri taşıyan, düzgün yüzeyli, estetik ihtiyaçlara göre tasarlanabilen renk, doku vb. özellikleri bulunan, tutkal, vida, modüler birleştirme teknikleri ile birleştirilebilen bir üründür.

Yongalevhanın eğilme direnci su emme ve kalınlıkça şişme özelliği MDF'den daha düşüktür. Vida tutma ve yapışma direnci açısından MDF ile aralarında fark bulunmamaktadır (Nemli, 1995).

Yongalevhalar presleme şekline, yoğunluklarına, yüzey işlemine, yüzey kaplamasına, kalınlığına, kullanım amacına göre, üretim metoduna, üretim hammaddesine göre sınıflandırılabilmektedir (Güller, 2001).

Yongalevhaların sınıflandırılması (Güller, 2001; TS EN 309, 2008)

1. Yatay preslenmiş yongalevhalar
1.1. Tabaka sayılarına göre;
a. Tek tabakalı yongalevhalar
b. Üç tabakalı yongalevhalar
c. Beş tabakalı yongalevhalar
d. Tabakaları belirsiz yongalevhalar
1.2. Yoğunluklarına göre;
a. Hafif (500 kg/m^3'ten az)
b. Orta (500-650 kg/m^3 arası)
c. Ağır (650 kg/m^3'ten fazla)
1.3. Yüzey işlemlerine göre;
a. Zımparalanmış
b. Zımparalanmamış
1.4. Yüzey kaplama malzemesine göre;
a. Kaplamasız
b. Ağaç kaplamalı
c. Laminatlı
* Yongalevhalar üzerine kendi kendine yapışan laminatlar
* Yongalevhalar üzerine tutkalla yapıştırılmış lamine levhalar veya folyolar
* Sıvı yüzey kaplama maddeleri (lake, boya vb.) ile kaplanmış yongalevhalar
1.5. Tutkal veya bağlayıcı cinsine göre;
a. Üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş
b. Fenol formaldehit tutkalı ile üretilmiş
c. Melamin tutkalı ile üretilmiş
d. Polyizosiyonat tutkalı ile üretilmiş
e. Bağlayıcı olarak sülfit atık suyu kullanılmış
f. Bağlayıcı olarak doğal yapıştırıcılar (kazein,soya,kan tutkalları, tanen) kullanılmış
1.6. Kalınlıklarına göre;

a. 3 mm

b. 6 mm

c. 8 mm

d. 10 mm

e. 13 mm

f. 16 mm

g. 19 mm

h. 22 mm

i. 25 mm

j. 28 mm

k. 32 mm

l. 36 mm

m. 40 mm

n. 45 mm

o. 50 mm

p. 60 mm

1.7. Kullanış amacına göre;

a. Özel amaç

b. Genel amaç

1.8. Üretim metoduna göre;

a. Çimentolu yongalevhalar (betopan-beyopan)

b. Yönlendirilmiş yongalevhalar (OSB)

c. Etiketli yongalevhalar (wafer board)

d. Şerit yongalevhalar (flake board)

e. PVC+Polystren atıklı yongalevhalar

f. Manyezitli yongalevhalar (heraklit)

g. Üzerine baskı yapılmış yongalevhalar

1.9. Üretimde kullanılan hammadde cinsine göre;

a. Odun hammaddesinden üretilmiş yongalevhalar

b. Bitkisel atıklardan üretilmiş yongalevhalar

1.10. Parçaların şekil ve ölçülerine göre,

a. Talaş levha

b. Yaprak levha

c. Şekillendirilmiş levha

d. Odunlaşmış diğer bitkilerden üretilmiş levhalar (keten, kenevir ipliği vb.)

2. Dikey preslenmiş yongalevhalar

2.1. Serme sistemine göre;

a. Dikey yönde serilmiş levhalar (okal)

b. Yatay yönde serilmiş levhalar (lanewood)

2.2. Üretim sistemine göre;

a. Deliksiz üretilmiş levhalar

b. Delikli Üretilmiş levhalar

c. Kenarları profilli levhalar

2.3. Yüzey kaplama malzemesine göre

a. Kaplamasız levhalar

b. Ağaç kaplama ile kaplanmış levhalar

* Soyma kaplama levhalar ile kaplanmış

* Kesme kaplama levhalar ile kaplanmış

2.4. Kalınlıklarına göre (mm);

a. 13,16,19 (Deliksiz)

b. 25,36,60 (Delikli)

3. Kalıplanmış yonga ürünleri

3.1. Üretim metoduna göre;

a. Termodin metodu

b. Callipress metodu

c. Werzalith metodu

Kullanıldığı yerler

Kat döşemeleri, prefabrik ev yapımı, kapı göbeği imalatı, merdiven basamakları, yüksek basınç laminatlarla kaplanarak büro ve ev mobilyası yapımı, masif kaplamalar ile kaplanarak dekoratif mobilya yapımı, koltuk, kanepe, masa tenisi, reklam panosu, mutfak ve banyo dolapları vb. üretiminde kullanılmaktadır (Nemli, 1995).

2.3.2. Liflevha

Odun lifleri ya da lignoselülozik malzemenin tutkal ve diğer maddelerle karıştırılarak, presleme ile üretilen bir malzeme olan liflevha yaş ve kuru metot olmak üzere iki farklı

şekilde üretilebilmektedir. Liflevhalar yoğunluklarına göre, LDF (Düşük yoğunlukta liflvha, MDF (Orta yoğunlukta liflevha) ve HDF (Yüksek yoğunlukta liflevha) olarak sınıflandırılmaktadır. MDF, kuru yöntemle elde edilen ve yoğunluğu 0,35-0,65 gr/cm^3 arasında olan ağaç türleri nin kullanımının uygun olduğu bir üründür. MDF, düzgün yüzeyli, üzeri kaplanabilen, baskı yapılabilen, boyanabilen ve ağaç işleyen makinelerle masif odun gibi işlenebilen bir malzemedir. Uygun kalınlıkta üretilebilmesi, makine ile işlenmeye elverişli olması ve sağlamlığı, MDF'nin çekmece yanları, ayna çerçeveleri, masa tablaları, kapı panelleri mutfak, banyo dolabı yapımında yaygın kullanım imkânı sağlamaktadır. Masif malzemeye göre homojenlik, budak, çatlak vb. kusurların olmaması her noktasında aynı fiziksel ve mekanik özellikleri taşıması MDF'nin mobilya sektöründe kullanım imkânlarını artırmaktadır (Güller, 2001).

Liflevhaların sınıflandırılması (TS 64-1 EN 622-1, 2005; Zengin, 2010)

1. Yoğunluklarına göre;
1.1. Düşük yoğunluklu liflevhalar-İzolasyon liflevhası (LDF-Light Density Fiberboard)
Yoğunluk < 0,35 gr/cm^3
1.2. Orta yoğunlukta liflevhalar (MDF - Medium Density Fiberboard)
0,35 gr/cm^3 < Yoğunluk < 0,80 gr/cm^3
1.3. Yüksek yoğunlukta liflevha – Sert liflevha (HDF- High Density Fiberboard)
0,80 gr/cm^3 < Yoğunluk < 1,10 gr/cm^3
2.Üretim yöntemlerine göre;
2.1. Yaş yöntemle üretilmiş
2.2. Yarı kuru yöntemle üretilmiş
2.3. Kuru yöntemle üretilmiş
3. Liflerin yönlendirilmesine göre;
3.1. Lifleri yönlendirilmeden üretilmiş
3.2. Lifleri yönlendirilmiş (Oriented Fiberboard)
4. Levhaların yüzey yapısına göre;
4.1. Bir yüzeyi düzgün (S1S- Smooth one surface)
4.2. Her iki yüzeyi düzgün (S2S- Smooth two surfaces)
5. Kullanılan tutkal çeşidine göre;
5.1. Üre formaldehit tutkallı
5.2. Fenol formaldehit tutkallı

5.3. İzosiyanat tutkallı
5.4. Melamin-formaldehit tutkal ve üre-formaldehit tutkal karışımlı

Kullanıldığı yerler

MDF yüzeyinin düzgün olması, üzerinin yapay veya doğal ürünlerle kaplanabilmesi, baskı yapılabilmesi, boyanabilmesi, uygun kalınlıkta üretilebilmesinden, makine ile işlenmeye elverişli olmasından ve sağlamlığından ötürü, çekmece yanları, ayna çerçeveleri ve pervazlar gibi uygulamalar için masif ahşaba alternatif olarak kullanılabilmektedir. MDF mutfak, banyo, oturma gurupları, profil vb. ürünlerin üretiminde çok yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Hobi çalışmalarında da yaygın kullanım alanına sahiptir (Güller, 2001).

2.3.3. Suntalam

Fabrika şartlarında yongalevhanın 0,8 mm lamine kaplama ile kaplanarak, kenarlarında petrol ürünlerinden elde edilen plastik gereçlerle kapatılmasıyla elde edilen bir üründür. Ayrıca yüzeylerine renk veya desen gereci ile fenol veya melamin (şeffaf ovarley kağıdı) yapıştırılmış yongalevha olarak da tanımlanmaktadır. Suntalam 8, 12, 16, 18 ve 22 mm kalınlıkta ve 210 x 280 ve 183 x 366 cm ebatlarında üretilmektedir. Yoğunluğu 450 kg/m^3, basma direnci 180 kg/cm^2, liflere dik çekme direnci de 3.5 kg/cm^2 olarak verilmektedir. (TS 1770, 2012).

2.3.4. MDFlam

Orta yoğuklukta liflevha (MDF) üzerine melamin reçinesi ve tutkal emdirilmesiyle oluşturulan dekoratif kaplamanın fabrika şartlarında yapıştırılmasıyla elde edilen bir üründür.

2.3.5. Kontrplak

Belirli özelliklerdeki tomrukların özel makinelerde soyulması ile elde edilen ve plaka/papel şeklinde adlandırılan ince soyma levhaların tutkallanıp lifleri birbirine dik gelecek şekilde

en az 3 tabaka ya da daha çok tek sayıda üst üste konularak preslenmesiyle elde edilen büyük boyutlu levha şeklinde bir malzemedir. Kalınlıkları 3-70 mm arasında olup, genellikle 130 x 220 cm ya da 170 x 220 cm boyutlarında üretilmektedir. En çok üretilen kalınlıklar 3-30 mm arasında değişmektedir. Kontrplaklar değişik açılardan sınıflandırılabilmektedir (Güller, 2001).

1. Yapılarına göre;
1.1. Plakalı kontrplak
1.2. Göbekli kontrplak
1.3. Kompozit kontrplak
2. Kullanılan tutkal çeşidine göre;
2.1. Kapalı alanda kullanılan kontrplak
2.2. Açık alanda kullanılan kontrplak
3. Levha yüzeyine göre;
3.1. Zımparalanmış kontrplak
3.2. Zımparalanmamamış kontrplak
3.3. Yüzeyi kaplanmış kontrplak
3.4. Özel işlem görmüş kontrplak
4. Koruyu madde ile işlemine göre;
4.1. Empreyenlenmiş kontrplak
4.2. Empreyenlenmemiş kontrplak
5. Tabakalarda kullanılan ağaç türüne göre;
5.1. Homojen kontrplak (bütün tabakaları aynı ağaç türünden)
5.2. Heterojen kontrplak (tabakaları farklı ağaç türlerinden)
6. Kullanım amacına göre;
6.1. Genel amaçlar için üretilmiş kontrplak
6.2. Özel amaçlar için üretilmiş kontrplak (yapı, kalıplık vb.)

2.4. Tutkallar

Araştırmada; ağaçişleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan, fenol formaldehit ve üre formaldehit tutkalları kullanılmıştır.

Fenol formaldehit tutkalı

Daha çok dış mekân birleştirmelerde kullanılan bu reçineler, fenol ve formaldehit reaksiyonu ile oluşan polikondenzasyon ürünüdür. Suya dayanımı yüksektir. Pahalı, koyu renkli oluşu ve tutkallama esnasında daha düşük kaplama rutubeti gerektirmesi dezavantajlarıdır. Ancak, fenol formaldehit reçinelerin üstün dayanımı dezavantajlarının önüne geçmektedir (Çolak, 2002)**.** Fenol formaldehit tutkalının bazı teknik özellikleri Çizelge 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Fenol formaldehit tutkalının bazı teknik özellikleri (Polisan, 2013)

Özellik	Ortam Sıcaklığı	Birim	Değer
Yoğunluk	20 ºC	Dansimetre	1,20
Viskozite	20 ºC	20D 1A- cps	380
Su Toleransı	Sonsuz	-	Sonsuz
PH	20 ºC	-	11,50
Katı Madde Miktarı	2 saat 120 ºC	%	47,36
Akma Zamanı	20 ºC	Dincup 4-sn	77
Görünüm	-	-	Kırmızı

Üre formaldehit tutkalı

Amino reçinesi tutkal sınıfının en çok ve en sık kullanılan çeşididir. Üre formaldehit tutkalı üre ve formaldehit reaksiyonuna dayalı bir sistemdir. Tutkalın yapısında bulunan serbest formaldehit sertleşme reaksiyonunun gerçekleşmesi için önemlidir. Üre-formaldehit reaksiyonu iki aşamada meydana gelmektedir. Geri dönüşümlü olan, rutubet ve suyun sebep olduğu hidrolize karşı düşük direnç gösteren ve formaldehit emisyonun da sebebi olan birinci aşamadır. Moleküler düzeyde üre formaldehit reçinelerinin temel karakteristikleri aşağıdaki gibi sıralanmaktadır.

1- Yüksek reaktivite
2- Suda çözünebilirlik
3- Sertlik
4- Tutuşmazlık
5- Sertleşmiş polimerlerin renksiz oluşu
6- Farklı sertleşme koşullarına kolay adapte olabilirlik

Hava koşulları ve suya karşı düşük direnç göstermesi ve formaldehit emisyonu üre formaldehit tutkalların olumsuz özellikleridir (Çolak, 2002). Üre formaldehit tutkalına ait bazı teknik özellikler Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Üre formaldehit tutkalın bazı teknik özellikleri (Polisan, 2014)

Özellikler	Ortam Sıcaklığı	Birim	Değer
Görünüm	0° - 40° C	-	Berrak-Beyaz
Yoğunluk (ρ)	20° C	g/cm^3	1,235-1,240
Ph	20° C	-	7,5-8,7
Viskozite	20° C	cP	140-200
Jel zamanı	100° C	sn.	15 – 25
Serbest Formaldehit	-	%	En yüksek – 0,8
Mol Oranı	-	-	1,45-1,55
Katı Madde	-	%	55 ± 1
Depolama Süresi	20° C	gün	30
Tutkala, sertleştirici olarak % 10 oranında Amonyum Klorid (NH_4CI) katılmıştır.			

2.5. Vernik

Vernikleme işleminde selülozik vernik kullanılmıştır. Bu kısımda selülozik verniğe ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

Selülozik vernik

Selülozik vernik, nitroselüloz ve sülfirik asitlerden; aseton, amil-asetat, butil-asetat, etil-asetat gibi eriticilerden; vernik reçinelerinden; tolüen ve benzin gibi incelticilerden ve plastikleştiriciler veya yumuşatıcılardan (fosforik ve fethalik asitler) meydana gelmiştir. Sert, selüloide benzer bir üst yüzey meydana getiren selülozik vernik çok çabuk kurur ve bir defa kuruyunca bütün kimyasal faaliyet durmaktadır. Bu durum sağlam, rutubete, alkole (ispirtoya) dayanıklı ve normal derecedeki ısı değişikliklerinden veya çok yüksek olmayan sıcaklık tesiri ile bozulmayan, bir üst yüzey meydana getirmektedir. Selülozik vernik kuruma esnasında renk değiştirmemekte ve çabuk kurumasından dolayı toz benek ve lekeleri çok az olmaktadır. Selülozik vernik mobilya, oyuncak, modeller, spor malzeme parçaları üzerinde püskürtme, fırça ile sürme, daldırma gibi metotlarla kullanılmaktadır (Hammond ve diğerleri, 1969:65-77).

Selülozik verniğin, yaklaşık %25-35 bölümü, sürüldüğü yüzeyde katman haline gelir. Verniğin katman yapan bölümü, nitroselüloz, reçineler ve yumuşatıcılardan oluşur (Şanıvar ve Zorlu, 1999:1-72). Selülozik parlak verniğe ait bazı teknik özellikler Çizelge 2.5'de verilmiştir.

Çizelge 2.5. Selülozik parlak verniğe ait bazı teknik özellikler (Polisan, 2012)

Özellikler	Ortam Sıcaklığı	Birim	Değer
Katı Madde	-	% (ağırlıkça)	25 ± 1
Yoğunluk	20ºC	g/cm^3	0,93 ±0,02
Viskozite	20ºC	FordCup 6 sn.	40-55
Boyanabilen (Kaplanabilen) Alan	-	-	Tek katta 8 – 10 m^2/L
Kuruma Süresi	20ºC	-	10 dakikada dokunma kuruması, 2 – 4 saatte montaj kuruması

Denemelerde kullanılan selülozik dolgu verniğine ait bazı teknik özellikler Çizelge 2.6'da verilmiştir.

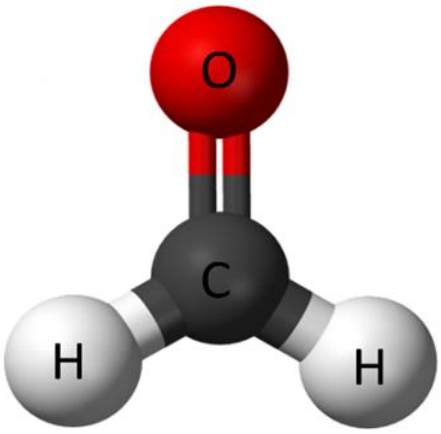
Çizelge 2.6. Selülozik dolgu verniğine ait bazı teknik özellikler (Polisan, 2012)

Özellikler	Ortam Sıcaklığı	Birim	Değer
Katı Madde	-	% (ağırlıkça)	25-29
Yoğunluk	20ºC	g/cm^3	0,92 ±0,02
Viskozite	20ºC	DIN 6 sn.	60-70
Boyanabilen (Kaplanabilen) Alan	-	-	Tek katta 8 – 10 m^2/L
Kuruma Süresi	20ºC	-	10 dakikada dokunma kuruması

2.6. Formaldehit Reçinesi

Formaldehit ve formaldehit emisyonu Hoffman tarafından bulunmuştur. Formaldehit C, H ve O'dan oluşan ve formülü CH_2O olan çok basit yapıda kimyasal bir maddedir (Şekil 2.3). Metan ve Metanol'un oksidasyonu ile elde edilmektedir. Kimya endüstrisinin en önemli maddelerindendir. Susuz durumda tahriş edici, keskin kokulu, suda çözünen bir gazdır. -21 ºC'de sıvılaşmaktadır. Formaldehit bilinen tüm nükleofillerle (siyanür,amino alkoller, su, hidrojen, sülfür, bisülfit) birleşerek bu maddelerin türevlerini oluşturmaktadır. Ayrıca, güçlü bir indirgendir. Formaldehit tepkinliğinden dolayı sanayide poliformaldehit ve termo-plastik polimeler ve fenol formaldehit reçineleri gibi sıcaklıkta sertleşen yapıştırıcı

maddelerin (polikondensatlar) üretilmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca boyacılık, dericilik ve eczacılıkta da birçok maddenin bünyesinde bulunmaktadır. Gaz halinde konutların dezenfeksiyonunda, çözelti halinde ise ot ve böcek öldürücülerde kullanılmaktadır (Özalp, 1996).



Şekil 2.3. Formeldehitin kimyasal yapısı

Formaldehit kimya endüstrisinin en temel maddelerinden olup; yapısında karbon, hidrojen ve oksijen bulunmaktadır. Bu yapısı itibariyle polimer tutkalların üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Üre formaldehit reçinesi olarak kullanılan formaldehitin üretimi kolay, kullanımı ekonomik ve yapışma özelliği yüksektir (Nemli, 1995).

Formaldehitin üre ile kondenzasyonu neticesinde üre formaldehit reçinesi oluşmaktadır. Fenol formaldehit reçinesi ise fenol ile aldehitin reaksiyonu sonucu oluşmaktadır (Huş, 1962).

2.7. Uçucu Organik Bileşik (VOC)

Kimyasal yapısında en az bir karbon ve hidrojen atomu içeren bileşikler organik bileşikler olarak adlandırılmaktadır. Organik bileşikler uçucu organik bileşikler, yarı uçucu organik bileşikler ve uçucu olmayan organik bileşikler olarak 3 gruba ayrılmaktadır. Uçucu organik bileşiklerin kaynama noktaları 50 ila 260 ºC arasındadır. Düşük kaynama noktalarına sahip olan bu bileşikler iç mekânlarda buhar halinde bulunmaktadır. İç ortam havasında sıkça rastlanan uçucu organik bileşikler ve kaynakları Çizelge 2.7'de verilmiştir (Alyüz ve Veli, 2006).

Çizelge 2.7. İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve kaynakları

Kaynaklar	Tipik kirleticiler
Ticari ürünler	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, dallanmış alkanlar, aromatik hidrokarbonlar (toluen, ksilen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klrorür), alkoller, ketonlar (aseton, metil etil keton),aldehidler (formaldehit), esterler (glikoleterler), terpenler (limonen, alfa-pinen)
Boyalar	Alifatik hidrokarbonlar (n-hekzan, n-heptan), aromatik hidrokarbonlar (toluen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (metil klorür, propilen diklorür), alkoller, ketonlar (metil etil keton), esterler (etil asetat), eterler (metil eter, etil eter, butil eter)
Yapıştırıcı malzemeler	Alifatik hidrokarbonlar (hekzan, heptan), aromatik hidrokarbonlar, halojenlenmiş hidrokarbonlar, alkoller, aminler, ketonlar (aseton, metil etil keton), esterler (vinil asetat)
Döşeme ve kumaşlar	Aromatik hidrokarbonlar (stiren, bromlaşmış aromatikler), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehitler (formaldehit), eterler, esterler.
Yapı malzemeleri	Alifatik hidrokarbonlar (n-dekan, n-dodekan, aromatik hidrokarbonlar (toluen, etil benzen), halojenlenmiş hidrokarbonlar (vinil klorür), aldehitler (formaldehit), ketonlar (aseton), eterler, esterler.

Ofislerde kullanılan yazıcılar ve fotokopi makineleri de uçucu organik bileşik kaynaklarıdır. Fotokopi çekme işlemi esnasında ortama ozon gazıyla beraber 60 çeşit uçucu organik bileşikler yayılmaktadır. Yoğun trafiğin olduğu yerlere yakın evlerdeki benzen miktarı trafiğin yoğun olmadığı yerlere yakın evlerdeki benzen miktarından yaklaşık % 40 daha fazladır (Alyüz ve Veli, 2006).

Yeni yapılan binalarda VOC en yüksek değerinde olup, inşaatın tamamlanmasından 6 ay sonra 15-20 ppm seviyelerinden 2-3 ppm seviyelerine düşmektedir. Uçucu organik bileşik maruziyetini en aza indirmek için iç ortam sıcaklığı ve havalandırma koşulları önem arz etmektedir. İç ortam sıcaklığının 17-28 ºC seviyelerinde olması önerilmektedir (Wiglusz, Sitko, Nikel, Jarnuszkiewicz ve Igielska, 2002).

2.8. Formaldehit Emisyonu

Hayatın her aşamasında kullanılan formaldehit insan sağlına olumsuz etkileri bulunmaktadır. Kullanıldığı pek çok üründen havaya formaldehit karışmaktadır. Mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkallar yapısındaki formaldehit ihtivasından dolayı kullanım ortamında formaldehitin havaya karışarak insan sağlını tehdit etmesine neden olmaktadır (Özalp, 1996).

Ahşap levhanın ucuzluğu, açık renkli olması, boyut serbestliğinin fazlalığı nedeniyle kullanımı artmıştır. Artan talebin karşılanması için üre–formaldehit (UF) kullanılarak üretilen ahşap levhalarda 1980'lerden sonra üzerinde yoğunlaşılan formaldehit emisyonu ortaya çıkmıştır (Çolakoğlu, 1993).

Yaşam alanlarındaki formaldehit emisyonu kaynağı sadece ahşap esaslı levhalar değil; halı, duvar kâğıdı, kaplamalar vb. elemanlarda formaldehit emisyonu yayabilmektedir. Otomobil egzoz gazı, sigara dumanı da formaldehit emisyonu yaymaktadır. Higroskopik olmayan tüm materyallerde bu salınımın görülmesi kaçınılmazdır (Çolakoğlu, 1993).

Formaldehitin önemli ekonomik bir kimyasal olduğu ve insan sağlığı için kansorejen etkisi olan bir madde olduğu ifade edilmiş; Çin'in dünyadaki en büyük üretici ve tüketici olduğu belirtilmiştir. 200'ün üzerinde yayın irdelenerek yapılan bu çalışmada; son 20 yılda Çin formaldehit endüstrisinin beklenmeyen hızda büyüyerek Dünya formaldehit üretiminin 1/3'ünü gerçekleştirdiği gösterilmiştir. Çin'de formaldehitin % 65'ten fazlasının ağaç ürünlerinde kullanılan reçinelerden kaynaklandığı ve bunun Çin'deki iç mekân hava kirliliğinin ana kaynağı olduğu açıklanmıştır. Çin hükümetinin formaldehit emisyonu için birçok düzenleme yaptığı açıklanmıştır (Tang ve diğerleri, 2009).

Yapılan araştırmalarda 0,4 ppm'in altındaki formaldehit emisyonu rahatsızlık oluşturmamaktadır. Ancak 3,5 ppm'in üzerindeki formaldehit emisyonu öksürük, nefes darlığı, göz yaşarması gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır. Avrupa'da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri Çizelge 2.8'de verilmiştir (Çolakoğlu, 1993).

Çizelge 2.8. Avrupa'da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri

Ülke	Konsantrasyon (odalarda) (ppm)	Perfaratör (mg/100g levha)	Gaz Analizi (ppm)
Almanya	0,10	E1 ≤ 10 E2 10-30 E3 30-60	≤ 0,1 0,1-1,0 1,0-2,3
Hollanda	0,10	max. 10	-
Norveç	0,13	max. 30	-
Avusturya	0,10	max. 8	-
İsveç	0,13	15	-
İsviçre	0,20	10	-
İspanya	0,15	50	-
Belçika	0,12	14 Kalite 1 28 Kalite 2 42 Kalite 3	-
Finlandiya	0,12	40	-
Danimarka	0,12	10 Kalite E15 25 Kalite P25B	-
Fransa	-	50	-
İngiltere	-	50	-

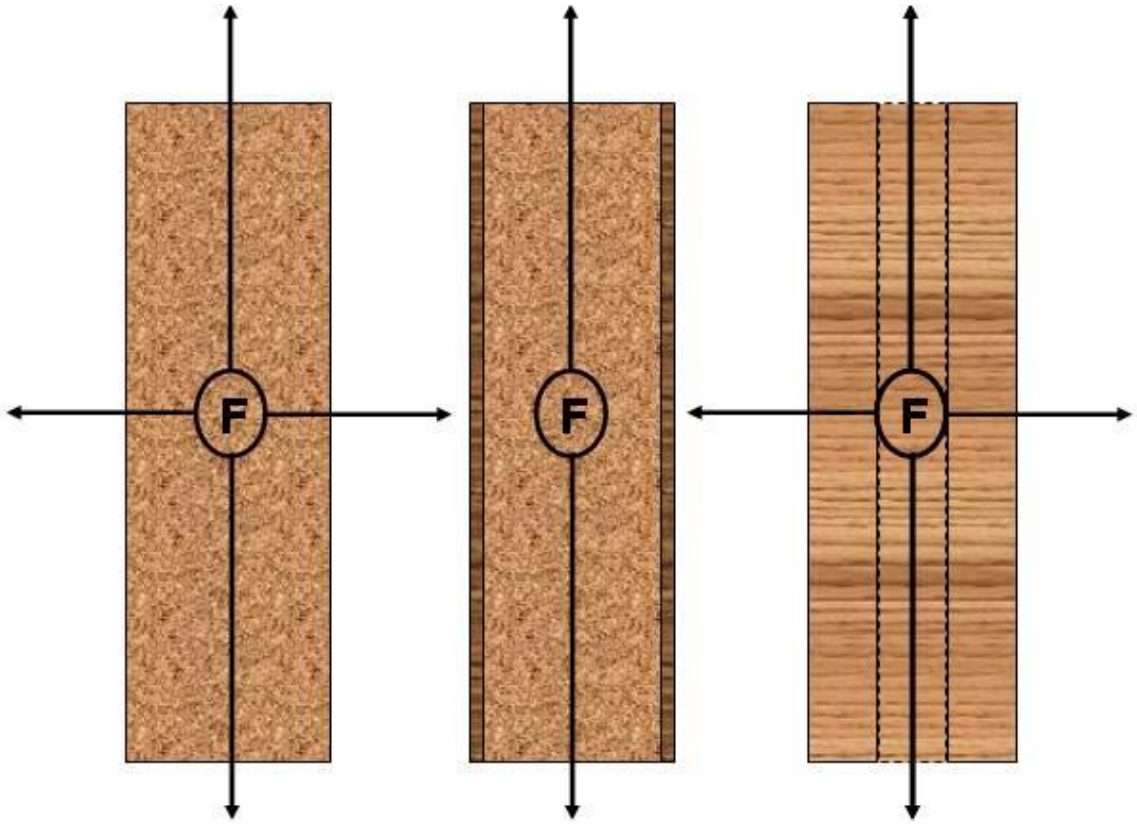
Formaldehitin zararlı etkilerine solunum ya da direkt temas yoluyla maruz kalınmaktadır. Formaldehite maruz kalmanın akut sağlık etkileri Çizelge 2.9'da verilmiştir (Alyüz ve Veli, 2006).

Çizelge 2.9. Formaldehitin akut sağlık etkileri

Formaldehit konsantrasyonu (μg m^{-3})	Sağlık etkisi
<67	Belirsiz
67-2000	Nöropsikolojik etkiler
67-1337	Koku eşik limiti
13-2674	Göz tahrişi
134-33425	Üst solunum yollarının tahrişi
6685-40110	Alt solunum yollarının tahrişi ve akciğerler üzerinde etki
66850-133700	Akciğerlerde ödem, iltihaplanma, zatürree
>137000	Koma ve ölüm

Ahşap esaslı ürünlerden ortaya çıkan formaldehit emisyonu ürünün yapısında emisyonu teşkil eden kaynaklardan dışarı doğru bir akış göstermektedir. Bu akış merkezden dışa

doğru, özellikle çıkışın kolay olduğu yüzeylerden daha fazla olmak kaydıyla gerçekleşmektedir. Bu çıkışa ait şematik gösterim Şekil 2.4'de verilmiştir (Çolak, 2002).



a) Yongalevha b) Yüzeyi kaplı yongalevha c) Kontrplak

Şekil 2.4. Formaldehit emisyonu çıkış yönleri (Çolak, 2002)

2.8.1. Formaldehit emisyonuna etki eden faktörler

Ağaç türünün etkisi

Tüm üretim şartları aynı kalmak şartıyla meşe yongalarından üretilen yongalevhanın formaldehit emisyonu, çam yongalarından üretilen yongalevhanın formaldehit emisyonundan daha düşük çıkmıştır. Bir başka çalışmada da ladinden yapılmış yongalevhalardaki formaldehit emisyonu, kayından yapılmış yongalevhalardaki formaldehit emisyonundan daha yüksek çıkmıştır (Çolakoğlu, 1993). Bir çalışmada da kayın kontrplaklardan yayılan formaldehit emisyonu ve kızılağaç kontrplaklardan yayılan formaldehit emisyonundan daha düşük bulunmuştur.

Reçinelerdeki formaldehit miktarının etkisi

Reçinedeki formaldehit miktarı ile emisyon arasında doğrusal bir durum bulunmaktadır. Formaldehitin içine katıldığı reçinenin donma (sertleşme) özelliğini artırmasından dolayı fazla miktarda kullanımları, levhaların gerek preslenme esnasında gerekse kullanımı esnasında yaydığı formaldehit emisyonunun artmasına sebep olduğu ifade edilmiştir. Reçinedeki F/U oranının 1,2-1,3 oranlarında tutulmasının yongalevhalardaki ve liflevhalardaki formaldehit emisyonunu önemli ölçüde düşürebileceği açıklanmıştır (Çolakoğlu, 1993; Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

Sertleştiricilerin etkisi

Yongalevha üretiminde kullanılan sertleştiricilerin, formaldehit salınımı üzerine etkisi bulunmaktadır. Sertleştirici olarak Amonyum Klorür kullanımı formaldehit salınımını azaltıcı etki göstermektedir (Çolakoğlu, 1993).

Presleme şartlarının etkisi

Presleme sıcaklığının yüksekliği, formaldehit emisyonunu etkilemektedir. Yüksek sıcaklıkta yapılan presleme tutkalın daha hızlı sertleşmesini sağlayarak, daha uzun süreli sertleşme işlemi ile artan formaldehit emisyonu miktarını azaltmaktadır. Presleme esnasında ek bir frekansla ısıtma yapılması da yongalevhaların üretim sonrası formaldehit emisyonu potansiyelini düşürmektedir. Presleme işleminden sonra radyo dalgaları ile levhaların ısıtılması ile kullanım esnasından yayılan formaldehit emisyonu miktarı düşürülmektedir. Presleme süresinin uzun olması da formaldehit emisyonunu düşürmektedir (Çolakoğlu, 1993; Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

Tutkal miktarının etkisi

Üretim esnasında kullanılan tutkal miktarı formaldehit emisyonunu etkilemektedir. Tutkal miktarının formaldehit emisyonuna etkisi, tutkal içinde bulunan formaldehit oranının artması sebebiyle emisyonu artırmaktadır. Düşük U/F oranlı tutkal kullanımında tutkal miktarının formaldehit emisyonuna etkisi azalmaktadır. Tutkal içerisine katılan dolgu

maddeleri de (tahıl unu gibi) miktara bağlı formaldehit emisyonunu azaltabilmektedir (Çolakoğlu, 1993; Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

Formaldehit tutucularının etkisi

Tutkallamadan önce yongaların melamin ve resorsin gibi maddelerle işleme tabii tutulması, bu maddelerin presleme esnasında ve sonrasında formaldehit ile tepkimeye girmeleri sonucunda açığa çıkan formaldehit emisyonunun tutulmasını sağlamaktadır. Amonyak ile gazlandırma işlemi de formaldehiti tutucu etki yapmaktadır. Bu işlem ile odalardaki formaldehit emisyonu azaltılmaktadır (Çolakoğlu, 1993; Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

Levhaların depolanmasının etkisi

Depolama süresinin artmasıyla levhaların kullanımı esnasında ortaya çıkan formaldehit emisyonu azaltılabilmektedir. Bu azalma, yüksek oranda (U/F) formaldehit içeren tutkallarda daha düşük oranlarda (U/F) formaldehit içeren tutkallara nazaran daha fazla olmaktadır. Ortalama 4 haftalık depolama süresi formaldehit emisyonunu % 50 oranında düşürebilmektedir (Çolakoğlu, 1993).

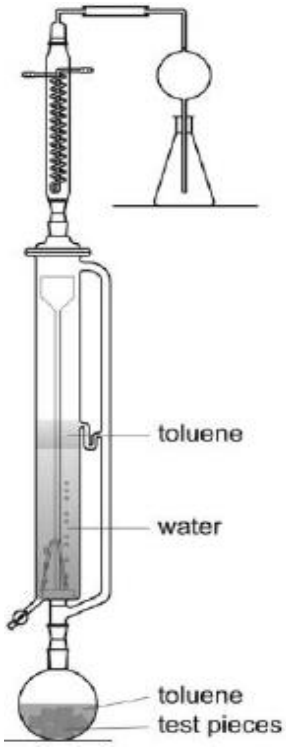
2.8.2. Formaldehit emisyonu ölçüm yöntemleri

Dünya'da farklı ülkelerde farklı test yöntemleri ile ülkelerin belirlediği standartlara göre formaldehit emisyonu tespiti yapılmaktadır.

Perferatör yöntemi

İlk kez 1960'ların sonlarında Avrupa Yongalevha Federasyonu tarafından geliştirilen bu yöntem, 1984'den itibaren Avrupa standardı olarak kabul edilmiştir. Daha çok kaplanmamış ve lamine edilmemiş örnekler için uygundur. Formaldehit emisyonu örneğin rutubetine bağlıdır. Ölçüm işleminde nem içeriğine göre doğrulama faktörü kullanılmaktadır. Toluen içerisinde kaynatılan deney örneklerinden formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmakta; daha sonra sulu çözeltideki formaldehit miktarı iyodometrik

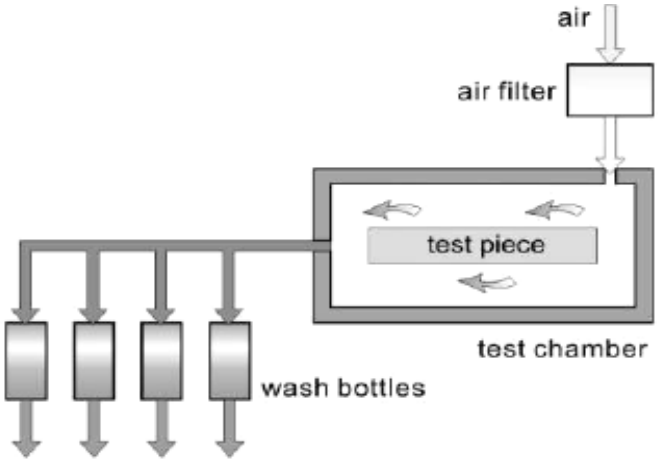
veya fotometrik olarak belirlenerek kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır. EN 120'e göre Avrupa'da kullanımı tercih edilmektedir. 600 ml toluen içerisine 100 g ağırlığında deney örneği konulmaktadır (Boran ve Usta, 2010; Çolakoğlu, 1993; Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010). Perferatör yönteminde kullanılan cihaz Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.5. Perferatör yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010)

Gaz analizi yöntemi

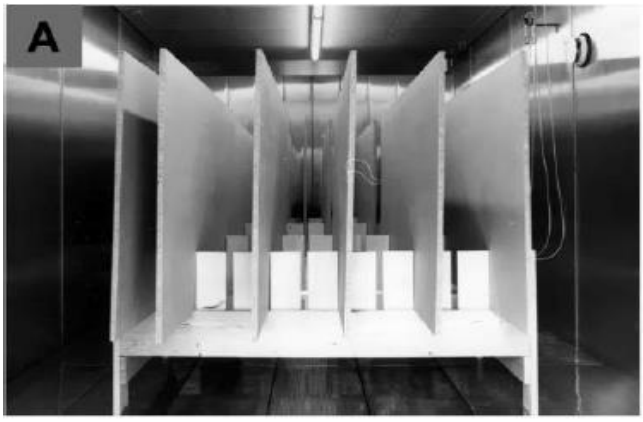
Bu yöntem, sabit sıcaklık ve hızdaki havanın içerisinde örneğin bulunduğu bir reaksiyon borusundan geçirilmesi ve borudan çıkan formaldehitli havanın yıkama şişelerindeki destile suyla absorbe edilmesi esasına dayanmaktadır. Deney süresi 4 saat; bir saatteki hava değişimi 60 litredir. Destile su içerisinde absorbe edilen formaldehit fotometrik olarak tespit edilmektedir. Bu yöntem, kaplanmış dahil, tüm levha tipleri için kullanılmaktadır. Deney 60 ºC'de gerçekleştirilmektedir. 4 saatlik deney boyunca her 1 saatte yıkama şişeleri değiştirilmektedir. Deney örneğinin ölçüleri 400 mm×50 mm×kalınlık mm'dir. Genellikle ilk saatteki değer hesaba katılmayarak ölçümlerin ortalaması alınır. Sonuçlar mg h^{-1} m^{-2} birimiyle gösterilmektedir. Bu yöntem EN 717-2 standardı ile tarif edilmiştir (Çolakoğlu, 1993; Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010). Bu yöntemin şematik gösterimi Şekil 2.6'da verilmiştir.



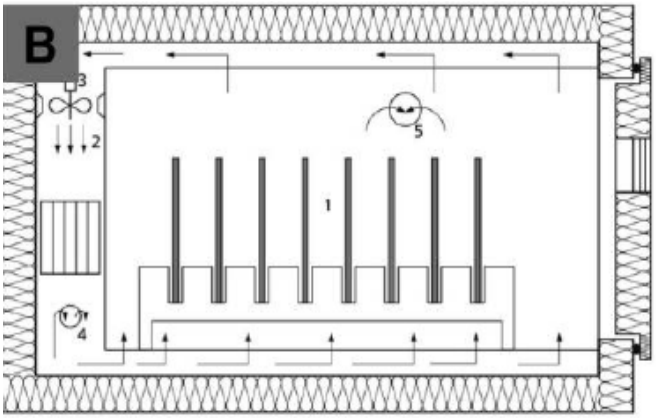
Şekil 2.6. Gaz analizi yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010)

Kabin yöntemi

Sıcaklık, bağıl nem, hava değişim oranı, havanın akış hızı ve kabin yüklenme miktarı (m^2/m^3) faktörlerine bağlı olarak formaldehit emisyonunun ölçümünün yapıldığı yöntemdir. İlk kez 1970'lerin ortasında geliştirilmiştir. Bu test yöntemi Kuzey Amerika, Avrupa ve Çin'de yaygındır. Camdan ya da paslanmaz çelikten yapılmış 1 m^3'lük küçük kabin (Şekil 2.6) metodu günümüzde daha yaygın kullanılmaktadır. Amerika'da küçük ve basit bir kabine elektrokimyasal sensör ilave edilerek; formaldehit tespiti yapılan Dinamik Mikro Kabin (DMC) olarak adlandırılan ancak standardize edilmemiş bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem, ASTM E 1333 (büyük kabin) ve ASTM D 6007 (küçük kabin) standartları ile düzenlenmektedir (Çolakoğlu, 1993; Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010). 48 m^3'lük ve 1 m^3'lük kabine ait resim ve şematik gösterim Şekil 2.7'de verilmiştir.

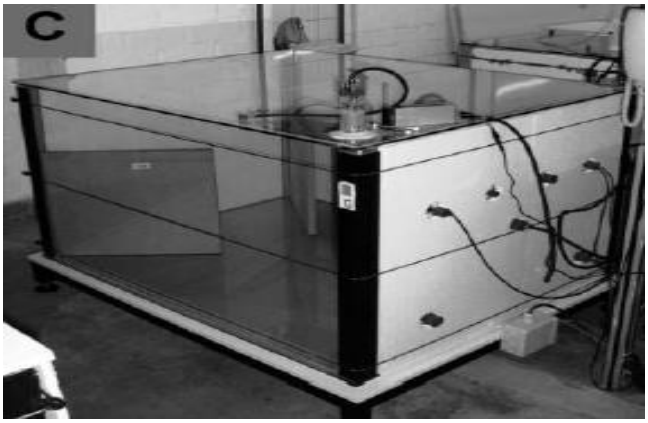


a) 48 m^3'lük kabin ve deney örnekleri



1. Deney örnekleri
2. Hava akışı
3. Vantilatör
4. Nem düzenleyici
5. Hava akışı

b) 48 m^3'lük kabinin şematik gösterimi



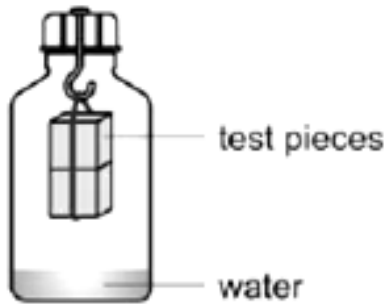
c) 1 m^3'lük kabin ve deney örnekleri

Şekil 2.7. Kabin yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010)

WKI-Şişe yöntemi

1975 yılında Roffael tarafından geliştirilmiştir. 50 ml destile suda 24 saat süreyle bekletilen örneklerden açığa çıkan formaldehit emisyonunun kimyasal çözeltilerle tespit edilmesi sağlanır. Deney 40 ºC'de gerçekleştirilir. Bu yöntemin en önemli avantajı elde

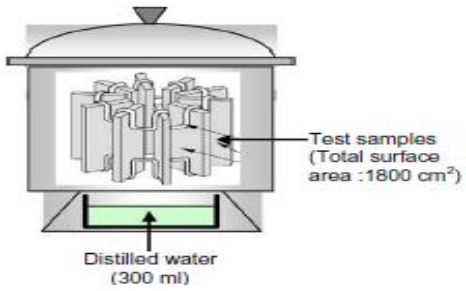
edilen sonuçlarda nemin etkisinin olmamasıdır. Düşük maliyette en önemli avantajıdır. Şekil 2.8'de bu yönteme ait görsel verilmiştir.



Şekil 2.8. WKI-Şişe yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010)

Desikatör yöntemi

Bu yöntemde 20 ºC'de gerçekleştirilen deneyde, Japon standardına göre, 120 mm çapında ve 60 mm yüksekliğinde desikatör ve 300 ml destile su konulan kap kullanılır. 24 saat sonunda kaptaki destile su alınarak asetil aseton yöntemiyle su içerisindeki formaldehit miktarı tespit edilmektedir. Bu yöntem küçük farklılıklarla Amerikan standartlarında da kullanılmaktadır. Formaldehit miktarı mg/L cinsinden ifade edilmektedir. Japon standardına göre deney örnek yüzeyi 1800 cm^2'dir (Çolakoğlu, 1993; Kim,S., Choi, Park ve Kim, J-T., 2010). Şekil 2.9'da bu yönteme ait görsel verilmiştir.

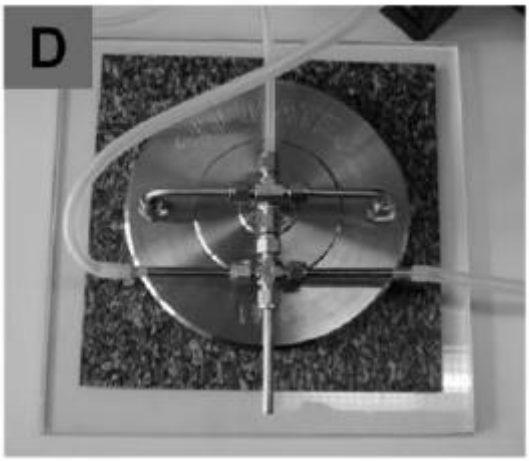


Şekil 2.9. Desikatör yöntemi (Kim ve diğerleri, 2010)

FLEC (Field and Laboratory Emission Cell) yöntemi

İlk kez İskandinavya'da 1991 yılında tanımlanan bir yöntemdir. Mobil uygulamalar için taşınabilir emisyon tespit hücresi olarak geliştirilmiştir. Yayınlanmış bir standartta kullanımı bulunmamaktadır. Ancak emisyon hücresinin özelliklerinin tanımlandığı ve

tasarımına ilişkin kurallar ISO 16000-10’ da açıklanmıştır. Yüzeyden her hangi bir örneğin formaldehit emisyonu ölçümüne imkân vermektedir (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010). Bu yönteme ait görsel Şekil 2.10’da verilmiştir.



Şekil 2.10. FLEC yöntemi (Salthammer, Menteşe ve Marutzky, 2010)

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Yongalevha, MDF ve ofis mobilyalarından yayılan uçucu organik bileşikler, küçük oda test metodu ile ölçülmüş, tüm örnekler için elde edilen salınım miktarları Avrupa standartlarının iki katı çıkmıştır. Uzun süreli emisyon davranışları, kısa süreli ölçümlerle tahmin edilememiştir. VOC (Volatile Organic Compound), MDF' de düşük, yongalevhada daha yüksek, lamine ofis mobilyalarında en yüksek çıkmıştır (Brown, 1999).

Çin'de yapılan bir çalışmada, formaldehit emisyonu ölçüm yöntemleri üzerinde durulmuş ve dünyada kullanılan çeşitli test metotları kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuca göre mükemmel tek bir yöntemin olmadığı; her yöntemin tercihlere göre değişebilen avantajları ve dezavantajları olabileceği vurgulanmıştır (Zhu, Lu, Li, Zhang ve Yuan, 2009).

Yapılan bir diğer çalışmada iki farklı oda sıcaklığında (37 °C ve 50 °C) laminat, kontrplak, MDF, yongalevha gibi mobilya malzemeleri ve yer malzemelerinin iç mekân havasındaki formaldehit emisyonu miktarları tespit edilmiştir. Çalışma sonucuna göre MDF ve yongalevhaların kullanımının belirli şartlarda insan sağlığına olumsuz etkileri olmadığı, bu tür malzemelerin yüksek sıcaklıklarda (bu çalışma için 50 °C) kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir (Kim, S. ve Kim, H.J., 2005b).

Lamine zemin kaplamalarından farklı sıcaklıklarda yayılan formaldehit emisyonu değişimini izleyen bir başka çalışmada, çalışma için belirlenen 3 farklı sıcaklık (23 °C, 29 °C ve 50 °C) arasında 29 °C' den sonra formaldehit emisyon oranında önemli artış olduğu tespit edilmiştir (Wiglusz ve diğerleri, 2002).

Üretiminde farklı mol oranlarında üre-formaldehit (UF) kullanılan yongalevhaların yaydığı formaldehit emisyonu ile mol oranının doğru orantılı olduğu tespit edilmiştir (Que, Furuno, Katoh ve Nishino, 2007).

Çin'de yapılan bir başka çalışmada, ahşap esaslı panellerden kaynaklı formaldehit emisyonunun birincil nedeninin panel üretiminde kullanılan üre formaldehit reçine olduğu vurgulanmıştır. Formaldehit emisyon oranı ile reçine yapısındaki formaldehit içeriği arasında doğrusal bir ilişki olduğu gösterilmiştir (He, Zhang ve Wei, 2012).

Bir başka çalışmada formaldehit oranı düşük (1:1,32) üre-formaldehit tutkalla üretilmiş kontrplaklarda formaldehit emisyonunun; 1:1,74 oranlı üre-formaldehit tutkalla üretilmiş kontrplaklara göre çok daha düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada kavak kontrplak formaldehit emisyonunun kayın ve okume kontrplaklara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çolakoğlu, 1993).

Kavak ve ladin kontrplaklarda nem miktarının formaldehit emisyonuna ve mekanik özelliklere etkisinin incelendiği bir çalışmada, kavak ve ladin tomruklar %4-6, % 10-12 ve % 16-18 nemli iklim odasında bekletilmiştir. 3 grup olarak sınıflandırılan tomruklardan kesme kaplamalar (6 mm kalınlıkta) elde edilmiştir. Bu kaplamalar üre-formaldehit (UF) ve melaminli üre formaldehit (M+UF) tutkallar kullanılarak kontrplaklar üretilmiştir. Sonuç olarak, her iki tutkallı örneklerde nemin artması formaldehit emisyonun düşürmüştür. Üre-formaldehit tutkala melamin katılarak elde edilen tutkal ile üretilen kontrplaklarda da formaldehit emisyonu daha düşük çıkmıştır (Aydın, Çolakoğlu, Çolak ve Demirkır, 2006).

Formaldehit emisyonunun insan sağlığına olan etkisinin tespitinde gerçeğe en yakın sonuçların elde edilebilmesi için oda metodunun en uygun metot olduğu belirtilmiş olup, normal sıcaklık ve nem koşullarında ölçümlerin uygun olacağı bildirilmiştir (Yu ve Crump, 1999).

Bir başka çalışmada mobilya yüzey kaplamalarının formaldehit emisyon dağılımına doğrudan etkisi olduğu, kaplama ve yüzey niteliğinin formaldehit yayılımında söz sahibi olduğu bildirilmiştir (William, 1986).

Diğer bir çalışmada yüzey işlemlerinin formaldehit emisyonu oranını önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir (Per, 2001).

Bir diğer çalışmada, melamin formaldehit reçinesine, 0:100, 30:70, 50:50, 70:30, 100:0 oranlarında PVAc katılarak elde edilen reçine ile hazırlanan örneklerde PVAc oranının artmasıyla formaldehit emisyonunun azaldığı görülmüştür (Kim, S. ve Kim, H.J., 2005a).

Formaldehit emisyonunun sıcaklığa, bağıl neme, hava değişim düzeyine ve içsel (ağaç türleri, bağlayıcı seviyesi, bağlayıcı tipi, üretim koşulları vb.) faktörlere bağlı olduğunu

vurgulan diğer bir çalışmada, ahşap panellerin yaşlanması ile formaldehit salınımının müthiş şekilde düştüğü ifade edilmiştir. Bu çalışmada en yüksek formaldehit emisyon değeri meşede (9 ppb) ve en düşük değer ise kayında (2 ppb) bulunmuştur (Roffael, 2006).

Ahşap esaslı levhaların sağlığa ve çevreye etkilerinin değerlendirilmesinde en önemli faktörün formaldehit emisyonu olduğu vurgulanan bir çalışmada kenar sızdırmazlık işlemlerinin, numunenin test öncesi klimatik özelliklerinin ve test anındaki sıcaklık değerlerinin, nihai formaldehit emisyon sonuçları üzerinde büyük etkisi olduğu ifade edilmiştir (Risholm-Sundman, Larsen, Vestin ve Weibull, 2007).

Emprenye edilen malzemelerde formaldehit salınımının nasıl etkilendiği sorusuna cevap arandığı bir başka çalışmada, borax ile emprenye edilmiş kontrplak panellerde formaldehit emisyonunun azaldığı tespit edilirken borik asit ile emprenye etmenin formaldehit emisyonunu artırıcı etkisi olduğu bulunmuştur. Formaldehit emisyonu ile emprenye arasında anlamlı bir ilişki olduğu mütalaa edilmiştir. Aynı çalışmada ağaç türünün formaldehit emisyonuna olan etkisine yönelik irdelemede de kayın kontrplaklardaki formaldehit emisyonunun kızılağaç kontrplaklara göre daha düşük olduğu bulunmuştur (Çolak, 2002).

Ceviz/badem kabukları kullanılarak üretilen yongalevhaların fiziksel, mekanik özellikleri ve formaldehit emisyonu üzerine etkisini inceleyen çalışmada; ceviz/badem kabukları gibi atıl tarımsal atıkların odun esaslı levha üretimine uygunluğu araştırılmıştır. Araştırmada yongalevhalar farklı oranlarda (% 0, % 10, % 20, % 30 ve % 100) ceviz/badem kabukları ile üre-formaldehit reçine kullanılarak üretilmiştir. Üretilen levhaların mekanik, fiziksel özellikleri ve formaldehit emisyonu özellikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda ceviz/badem kabukları ile üretilen yongalevhaların formaldehit emisyonunu değerlerinin azaldığı bildirilmiştir. Yongalevhalarda ceviz/badem kabukları ilavesine bağlı olarak, formaldehit emisyon değerlerinin % 100 odun yongaları ile üretilen yongalevhaların formaldehit emisyon değerlerinden % 5,7'den % 42,8'e kadar daha düşük çıktığı ifade edilmiştir. Yongalevhalardaki ceviz/badem kabuğu oranının artması ile formaldehit emisyon seviyesinin azalmasının, ceviz/badem kabuklarındaki taninin yüksek miktarda olmasına bağlı olabileceği bildirilmiştir. Ahşap esaslı levhaların işlem süreçlerinin formaldehit emisyonunda önemli bir rolü olduğu ifade edilmiş, daha yüksek bir pres çevrim süresinin kullanımda daha düşük formaldehit emisyonuna etki ettiği söylenmiştir.

Kaydedilmesi gereken bir diğer hususun da Nano-SiO_2 ve nanokil gibi nanopartiküller kullanılarak bu ürünlerin güçlü emilimi ve formaldehit tutucu gibi yüksek bariyer özelliği (koruyucu etkisi) nedeniyle formaldehit emisyonunun azaltılmasında çok dikkat çekecek potansiyeli olduğu ifade edilmiştir. Yonga imalatında hammadde veya dolgu maddesi olarak ceviz/badem kabuklarının alternatif ürün olarak kullanımı; düşük şişme kalınlığı, az su emmesi ve düşük formaldehit emisyonu yayması nedeniyle kapalı alanda çevresel alternatif bir ürün olarak kullanılabileceği önerilmiştir (Pirayesh, Khanjanzadeh ve Salari, 2013).

Bir diğer çalışmada, ahşap esaslı kompozit malzemelerin çevre ve insan sağlığı üzerine etkilerinin değerlendirilmesi bakımından formaldehit emisyonunun kritik önemde olduğu, değişik ülkelerde kullanılan deney yöntemlerinin farklı olduğu ifade edilmiştir. Bu amaçla karşılaştırma çalışması, ABD'de yaygın olarak kullanılan test yöntemlerinden, büyük oda ASTM E 1333-10 ve Japon desikatör yöntemi JIS A 1460-2001 arasında yapılmıştır. Çalışmada deney örneği olarak 16 mm'lik kaplanmamış yongalevha ve MDF kullanılmış, farklı iklimlendirme koşulları altında, hava değişim oranları ve yükleme oranlarına göre formaldehit emisyonu miktarları ölçülmüştür. Yükleme oranlarının azaltılması durumunda büyük oda metodu ile desikatör yöntemi sonuçları arasında yongalevha için iyi korelasyon elde edilebildiği açıklanmıştır. Hava değişim oranları açısından da iki standardında yakın değerler verdiği bildirilmiştir (Que, Wang, Ma ve Furuno, 2013a)

Bir başka çalışmada, yapı ürünlerinin kontrollü veya kontrolsüz olarak iklimsel koşullara bağlı olarak, kapalı ortamlarda önemli ölçüde iç hava kalitesini (Indoor Air Quality) etkileyebildiği ifade edilmiştir. Yapı malzemelerinin formaldehit emisyonuna etkisini tespit etmek için çelikten özel yapılmış klima kontrollü, 48m^3'lük ev ortamı kullanılmıştır. Bu test odasında, bilgisayar kontrollü değişik iklim koşullarına göre denemeler gerçekleştirilmiştir. Tavan döşemeleri, alçıpan, duvar kaplamaları, zemin kaplamaları ve mobilya gibi uygulanan yapı malzemeleri göz önüne alınarak birkaç hafta evin havasındaki formaldehit konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu çalışma gerçek kapalı alan hava konsantrasyonunda bulunan formaldehitin birçok yapı ve mobilya malzemesinden kaynaklandığını ortaya koymuştur (Gunschera, Menteşe, Salthammer ve Andersen, 2013).

Bir diğer çalışmada MDF, kontrplak, kaplamalı ve ham yongalevha, planyalanmış çam kereste ve alçıpan gibi odun-esaslı kompozitlerden kaynaklı VOC ve formaldehit emisyonu

testlerinin tekrarlanabilirliği değerlendirilmiş; testere tozu ve talaş da çalışmaya dahil edilmiştir. En çok yayılan uçucu organik bileşikler olarak terpenler, aldehitler ve aromatikler bulunmuştur. Çam ahşap örnekte yüksek VOC (yaklaşık 900 lg/m^3) saptanmış; kaplanmamış yonga 450 lg/m^3 ile ikinci en yüksek değeri göstermiştir. Diğer incelenen malzemelerin VOC değeri 80-170 lg/m^3 arasında elde edilmiştir. MF veya MUF film kaplı yongalevhada kaplama baskısından hem sonraki VOC nispeten yüksek çıkmıştır. Bunun nedeninin filmdeki organik yayılmalar olabileceği ifade edilmiştir. Bir ay sonra yapılan ölçümde ise, değerler daha düşük bulunmuştur. Çoğunlukla terpenlerden oluşan VOC kaplamalı yongalevhada daha düşük çıkmıştır. Yongalevhanın kapladıktan sonra kullanımının kapalı ortam açısından daha iyi olduğu ifade edilmiştir (Que, Wang, Li ve Furuno, 2013b)

İnşat malzemelerinde çeşitli oranlarda üre-formaldehit konsantrasyonu ile üretilen ahşap bazlı kompozitlerden kaynaklı iç ortam formaldehit emisyonunun azaltılmasına yönelik yapılan bir çalışmada; formaldehit emisyonunun minimum değerinin % 15 oranında üre konsantrasyonu eklenerek üretilmiş örneklerde ölçüldüğü açıklanmıştır. İşlem yapılan levhalar ile işlem yapılmamış olanların karşılaştırılması sonucunda formaldehit emisyonu açısından iyileşme gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlarda serbest formaldehitin önemli ölçüde azaltıldığı gösterilmiştir. Bu azalmanın nedeninin saman levhası içindeki serbest formaldehit ile üre penetrasyon reaksiyonu gösterilmiştir. % 10 ila % 15 oranında üre konsantrasyonu arttırmanın serbest formaldehit azalmaya neden olmuştur. Üre miktarının yoğunlaşması ile formaldehit emisyon değerinin azaldığı gösterilmiştir (Hematabadi, Behrooz, Shakibi ve Arabi, 2012).

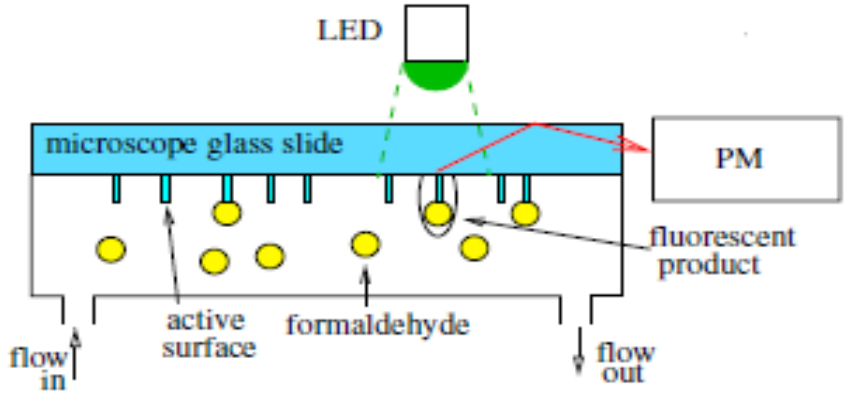
Yongalevha, MDF, HDF, kontrplak, zemin kaplama malzemeleri (HDF, masif ahşap, masif bambu, ve PVC) kaynaklı formaldehit emisyonu (FE) ve içeriği farklı test metotları ile (Avrupa küçük oda (EN 717-1), gaz analiz (EN 717-2), Amerikan küçük oda metodu (ASTM D 6007-02) ve perfaratör (EN 120)) ile ölçülmüştür. Formaldehit emisyonunun, anlamlı şekilde levha kalınlığından ve levha çeşidinden etkilendiği tespit edilmiştir. Dört test yöntemleri arasında 16mm'lik yongalevha arasında formaldehit değerlerine ilişkin güçlü bir pozitif korelasyon olduğu gösterilmiştir. Döşeme panelleri için formaldehit emisyonu, 0,003-0,125 mg/m³ arasında elde edilmiştir. UV kurutmalı tabaka ile PVC döşeme EN 717-1 ile ölçülen formaldehit emisyonu değerlerinin 0,003 ve 0,008 mg/m³ arasında değişmekte olduğu bildirilmiştir (Salem, Böhm, Srba ve Beránková, 2012).

Diğer bir çalışmada; LPM (Low Pressure Melamine) ve UV kaplama uygulanmış lamine zemin ürünlerinin her bir üretim aşamasında bulunan formaldehit emisyon potansiyelinin üretim basamaklarında azaltabileceği ifade edilmiştir. LPM ve UV kaplamalar kaplama malzemesi olarak kullanımının formaldehit ve TVOC emisyonunu azalttığı; zemin kaplamanın formaldehit ve VOC emisyonu davranışının üst yüzey üretim aşamaları ile kontrol edilebileceği açıklanmıştır. Bu çalışmada hazırlanan 5 farklı deney örneğinde dekoratif kaplamalı kontrplak en yüksek TVOC (2,5 mg/m^2h); en düşük basınçlı melamin kaplı HDF'de (0,7 mg/m^2h) elde edilmiştir. UV kaplamalı kontrplaktaki formaldehit emisyonu dekoratif kaplamalı kontrplağın formaldehit emisyonunun yarısı kadar çıkmıştır (Kim, 2010a).

Bir başka çalışmada, EN 717-2 esaslarına göre yapılan deneylerde ahşap türlerinin, kontrplak türünün ve kalınlığının anlamlı olarak formaldehit emisyonunu etkilediği bildirilmiştir. İncelenen malzemelerden ilk formaldehit konsantrasyonları 0,006 mg/m^3 (PVAc ile mühendislik döşeme) ile 0,048 mg/m^3 (boyalı huş ağacından yapılmış kontrtabla) arasında değişmekte olduğu bildirilmiştir. Üretim sonrası ilk hafta içinde formaldehit emisyonlarının yüksek olduğu, ancak malzemelerin formaldehit emisyonu değerlerinde iki hafta sonra belirgin bir düşüş olduğu gösterilmiştir (Böhm, Salem ve Srba, 2012).

Diğer bir çalışmada; formaldehitin mobilya ve diğer birçok kaynaktan iç ortama yayılan renksiz bir gaz olduğu; 2006'da Kanser Araştırmaları Uluslararası Ajansı (IARC), formaldehiti düşük konsantrasyonlarda bile insanlarda kanserojen olarak sınıflandırıldığı vurgulanmıştır. Ölçüm yöntemlerinin bir çoğunda kullanılan aparatların büyük boyutlarda olması, ağırlıkları, yüksek maliyetleri, fazla ekipman ve sarf malzeme gereksinimleri ve zaman alıcı olmaları formaldehit varlığının tespitinden yaşanan olumsuzluklar olarak sıralanmıştır. Bu çalışmada son on yılda taşınabilir, yüksek duyarlı ve gerçek zamanlı formaldehit (HCHO) analizörlerinin gerçekleştirilmesi için yapılan gelişmeler bildirilmiştir. İki algılama yöntemi ele alınmıştır. Birincisi, adsorplayıcı ile takviye edilmiş yüzey renginin değişmesine yol açan formaldehit ile reaksiyona giren hassas bir yüzey kullanarak formaldehit gazının direkt tespitini oluşturan yöntem; ikincisi, bir sulu çözelti içine formaldehit konsantrasyonunun alımından sonra çözeltideki HCHO tespitini esas alan yöntemdir. (Alloucha, Guglielmino, Bernhardt, Serra ve Calvé, 2013).

Bir diğer çalışmada el tipi formaldehit (HCHO) gaz dedektörü geliştirilmiştir. Bu floresans tabanlı sistemin standart bir mikroskop cam kesit üzerinde bir dönüştürücü ve sensörden oluştuğu gösterilmiştir. Deneyler için iç ve dış koşullar ölçümlerini nesnel gerçekleştirmek için laboratuarda aletin kalibresinin gerçekleştirildiği açıklanmıştır. Bu cihaz ile formaldehit emisyonunun bulunan ortamlarda gerçek zamanlı izlemesinin ve formaldehit kirliliğini zirvelerinin tespit edilmesine imkân bulunduğu bildirilmiştir. Bu sisteme ait model resim Şekil 2.11'de verilmiştir (Hue ve diğerleri, 2010).



Şekil 2.11. El tipi formaldehit (HCHO) gaz dedektörü çalışma prensibi
(Hue ve diğerleri, 2010)

Üre formaldehit reçine içine mısır unu katılarak üretilen yongalevhalarda formaldehit emisyonunun azaldığı; yonga panellerdeki formaldehit emisyonunun azalması, ağaç parçacıkları içindeki UF reçinelerinin penetrasyonu ile mısır ununun yer değiştirmesi ile açıklanmıştır. Gelecekte yongalevha panellerinden çıkan formaldehiti azaltmak için mısır ununun bir alternatif olarak kullanılabileceği öngörülmüştür (Moubarik ve diğerleri, 2013). Bir diğer çalışmada, ahşap kompozit malzemelerden yayılan formaldehit emisyonunun insan sağlına negatif etkisinden dolayı çok önemli olduğu ve yongalevha ve kontrplaktan daha düşük formaldehit emisyonu yayılması için levha üretiminde kullanılan yapıştırıcıların nano ürünler ile modifiye edilmesi halinde çevre dostu ahşap panellerin elde edilebileceği açıklanmıştır (Candan ve Akbulut, 2013).

Bir çalışmada, kontrplaktan yayılan formaldehit emisyonunun azaltılmasında doğal bileşiklerin (üre, kateşin ve vanilin) etkisi incelenmiş, bu ürünlerin kontrplaktaki serbest formaldehit ile tepkimeye girerek formaldehit emisyonunu düşürdüğü gösterilmiştir. Üre, kateşin ve vanilin gibi doğal bileşiklerin kullanılmasının kontrplaktan kayılan formaldehit

emisyonunu baskılayıcı basit ve etkili bir yaklaşım sağlayabileceği ifade edilmiştir (Uchiyama ve diğerleri, 2007).

Farklı yüzey kaplama metotlarının ahşap esaslı kompozit malzemenin formaldehit emisyonuna etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada MDF ve yongalevha örnekleri değişik kaplama yöntemleri ile kaplanmıştır. Formaldehit emisyonu ile kaplama işleminin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Direkt kaplama (DC) ve ultraviyole kurutmalı ahşap kaplama (VO-UVC) metodunun formaldehit emisyonunu düşürmede diğer metotlardan daha etkili olduğunu, öte yandan PVC kaplama ve kaplama kâğıdı (CP) metotlarının da formaldehit emisyonunu yükselttiği ifade edilmiştir (Kim ve diğerleri, 2013).

Bir çalışmada, polimerik metilendifenil izosiyanat (PMDI) ve fenol formaldehit (PF) reçinelerinin belli oranlarda (50/50 ve 70/30) karıştırılması ile üretilen yongalevhalarda yapıştırıcı oranında PMDI oranının artışının formaldehit emisyonunu azalttığı ifade eidlmiştir. (Wang, Yang, Lin L.T. ve Lin C.S. ve Tsai, 2008).

Bir diğer çalışmanın sonuçları sıcaklığın, test edilen 4 materyalden yayılan formaldehit emisyonunun yayılma katsayısı ve bölümleme katsayısının her ikisinde de anlamlı etkisi olduğunu göstermiştir. 4 deney örneği (yongalevha, vinil döşeme, MDF, HDF) içinde sıcaklığın artışı ile yayılma katsayısı artarken bölümleme katsayısı azalmıştır. MDF de sıcaklık artışıyla yayılma katsayısı ve bölümleme katsayısı değişiminde en fazla hassasiyet görülmüştür (Zhang, Luo, Wang, Qian ve Zhao, 2007).

Bir çalışmada olumsuz sağlık etkilerine yol açtığı bilinen formaldehitin iç mekanlarda her yerde bulunan bir kirletici olduğu belirtilerek, Fransa'daki dersliklerde 29'dan fazla formaldehit emisyon kaynağı tespit edilmiştir. Mobilya malzemelerine kıyasla yapı malzemelerinden daha yüksek formaldehit emisyonu yayıldığı; en yüksek formaldehit emisyon kaynağının sınıfların tavanlarında kullanılan malzemeler olduğu tespit edilmiştir. Daha az emisyonlu malzeme kullanarak, bir saatteki hava değişim oranını artırarak formaldehit emisyon konsantrasyonlarının % 87-98 arasında azaltılabileceği gösterilmiştir (Poulhet ve diğerleri, 2014).

Nano TiO_2 ve nano montmorillonit (MMT) ürünler eklenerek modifiye edilen melamin ile emprenye edilmiş kaplama ile kaplanan yongalevha ve MDF örneklerinden yayılan formaldehit emisyonunun, kontrol örneklerinden yayılan formaldehit emisyonuna göre % 22,2-36,6 oranında daha az olduğu tespit edilmiştir. İç mekânda havalandırma sistemleri yerine nano ürünlü yüzey kaplama metodu ile formaldehit emisyonunun emilmesi ve tutulması sonucu ahşap esaslı levhaların çevreye yaydıkları formaldehit emisyonu etkisinin azaltılabileceği açıklanmıştır (Liu ve Zhu, 2014).

Kontrplaklardan yayılan formaldehit emisyonu üzerine yapılan çalışmada, ağaç türünün kontrplak formaldehit emisyonu üzerinde büyük etkisi olduğu; yüzeyi kaplanmış kontrplaktan yayılan formaldehit emisyonunun kaplanmamış örneklerden daha yüksek olduğu; ayrıca kenarları kaplanmış kavak kontrplaklarda formaldehit emisyonunun kaplanmamış örneklere göre azaldığı açıklanmıştır (Ding ve diğerleri, 2013).

5 farklı nem içeriği olan (% 20, % 40, % 60, % 80 ve % 95) ağaç yongaları ile üretilen yongalevhanın formaldehit emisyonu ile yonga rutubetleri arasında istatistiksel olarak anlamlılık gösterilmiştir. % 20 rutubette en yüksek emisyon bulunmuştur. Rutubetin % 60'dan % 80 ve % 95'e çıkması formaldehit emisyonunu da artırmıştır. Hiçbir deney örneğinin yüksek formaldehit/üre mol oranlı (1/20) üre formaldehit tutkal kullanımı sebebiyle EN 120'e göre E_1 formaldehit emisyon seviyesine ulaşamadığı ifade edilmiştir (Baharoğlu, Nemli, Sarı, Bardak ve Ayrılmış, 2012).

Kontrplakla ile dekoratif kaplamalar, arasında kullanılan yapıştırıcıların neden olduğu VOC ve formaldehit emisyonu azaltmak için formaldehit bazlı UF tutkalın yerine doğal akasya taneni tutkal olarak kullanılmıştır. Taninin viskozitesini artırmak için de % 5, % 10, % 20 ve % 30 oranlarında PVAc eklenerek hibrit tutkal üretilmiştir. Desikatör ve FLEC metodunda her orandaki tutkallı ürünlerin formaldehit emisyon seviyesi benzer eğilim göstermiştir. Tüm örnekler E_1 (1,5 mg/L' nin altında) seviyesinde UV kaplamalı olanlar ise E_0 (0,5 mg/L'nin altında) sınıfında bulunmuştur (Kim, 2009).

Melamin üre formaldehit (MUF) tutkaldaki melamin içeriğinin formaldehit emisyonuna etkisinin incelendiği bir çalışmada, MUF içerisindeki melamin miktarının artmasıyla formaldehit emisyon seviyesi azaldığı gösterilmiştir. Bu çalışmada, melamin bileşeninin bağ performansının formaldehit emisyonunun iyileştirilmesine katkıda bulunduğu

gösterilmiştir. Bu duruma sertleşmiş MUF taneciği içerisindeki melamin moleküller ile metilen bağının artmasının etkili olduğu açıklanmıştır (Tohmura, Inoue ve Sahari, 2001).

Geleneksel petrol kaynaklı zemin kaplamanın yerine, son dönemde kullanılan kontrplaklı zemin kaplamanın geniş kullanımı alanı olan Kore'de zeminden ısıtmalı sistemde (Ondol) yayılan VOC'un tahmin edilebilirliğinin incelendiği bir çalışmada, küçük oda metoduyla yapılan araştırma neticesinde; üretim sürecinde tutkal kullanımının ve boyama işleminin yayılan formaldehit emisyonda etkili olmuştur. Deney odasının içerisindeki yükleme miktarının artışı ile formaldehit emisyon konsantrasyonun da arttığı; hava değişim hızının artması VOC konsantrasyonun hızlı yükselmesini zayıflattığı açıklanmıştır. Bu değişkenlere göre bir ortamdaki VOC konsantrasyonunun doğrusal (eksponansiyel) fonksiyona göre tahmin edilebildiği gösterilmiştir (Pang ve diğerleri, 2007).

Bir çalışmada sıvı kaju fıstığı kabuğu (CNSL) ile formaldehit karışımına (CF) % 5, % 10, % 20 ve % 30 oranında PVAc eklenmesi ile oluşturulan tutkal karışımı kontrplak ile kaplama arasındaki üre-formaldehit tutkal yerine kullanılmıştır. CF ve CF/PVAc tutkallama sonrası UV ile sertleştirilebilir bir üretan akrilat ile kaplanmış ve ölçüm sonuçlarının Kore standartlarına göre E_1 ve E_0 sınıflandırmasında olduğu gösterilmiştir (Kim, 2010b).

Bir çalışmada, Ankara'da bulanan kahvehanelerdeki formaldehit emisyon düzeyi formaldemetre 400 cihazıyla anlık olarak ölçülmüş, formaldehit emisyonu seviyesinin kahvehanelerde kullanılan ısınma ve yakıt tipi ile istatistiksel olarak anlamlı ilişkili olduğu ve formaldehit emisyonu seviyesinin kahvehanelerin % 91,3'ünde kapalı ortamlarda izin verilen düzey olan 0,03 ppm'in üzerinde, % 82,6'sında semptomların çıktığı düzey olan 0,1 ppm'in üzerinde bulunmuştur (Evci, Vaizoğlu, Özdemir, Aycan, ve Güler, 2005).

Ankara'da 25 evden toplanan 309 iç ortam hava örneğinde formaldehit emisyon seviyelerinin araştırıldığı diğer bir çalışmada, iç ortam formaldehit konsantrasyonun geniş bir aralıkta (6.5-540 $\mu g\ m^{-3}$) değiştiği ortaya konulmuştur. Sigara içilen evlerdeki formaldehit konsantrasyonunun daha yüksek olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca evin yaşının, iç ortamın sıcaklığının, bağıl nemin ve ahşap eşyaların yoğunluğunun da formaldehit konsantrasyonu üzerinde etkili olduğu açıklanmıştır (Menteşe ve Güllü, 2005).

Bir çalışmada çocuk mobilyalarının sahip olması gereken temel özellikler (ergonomik, güvenlik ve sağlık) incelenmiş, yapılan incelemede kabin tipi mobilya üretiminde kullanılan yongalevha, liflevha gibi hammaddelerde bulunan serbest formaldehit miktarının, sağlık açısından önem arz ettiği belirtilmiş ve bu tür malzemelerin çocuk mobilyası üretiminde kullanılmalarının engellenmesi önerilmiştir (Sofuoğlu ve Kuşcuoğlu, 2009).

Okaliptüs odunundan üretilmiş yongalevhanın formaldehit emisyonunda, farklı koşullarda bekletilen okaliptüs kütüklerinin etkisi ve pres sıcaklığının etkisi incelenmiştir. 190 ºC pres sıcaklığı ile üretilen yongalevhalarda, 150 ºC pres sıcaklığı ile üretilen yongalevhalara göre daha az formaldehit emisyonu ölçülmüştür. Bu durum sıcaklık altında asetil grupların bozunması ve bölünmesi ile açıklanmıştır (Çolak, Çolakoğlu, Kalaycıoğlu ve Aydın, 2009).

Melamin kaplı yongalevha ve liflevhalardan yayılan formaldehit emisyonunun oda ve gaz analizi metoduna göre tespit edildiği bir çalışmada, oda metoduna göre deneye başlandığı günden itibaren 10. ölçüm gününde denge durumuna geldiği fakat formaldehit emisyonunun bitmediği ve düşük değerlerde devam ettiği; gaz analiz metoduna göre de 3. aydan itibaren formaldehit emisyonunun azaldığı 7. ayda minimum seviyelere geldiği tespit edilmiştir (Gündüz ve Ayan, 2014).

Bir başka çalışmada, üre formaldehit tutkala % 0-10-20-30 oranlarında dolgu maddesi (pet-poli etilen tereftalat) katılarak okume kontrplaklar üretilmiş ve dolgu maddesinin formaldehit emisyonuna etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, hiç dolgu maddesi içermeyen tutkalla üretilen kontrplaklardaki formaldehit emisyonu değeri en yüksek (87,017 mg/100g); en düşük (40,503 mg/100g) % 30 oranında pet katılmış tutkalla üretilen kontrplaklarda bulunmuştur. Bu durum dolgu maddesinin yapıdaki formaldehiti tutucu etkisi olması ile açıklanmıştır (Özalp ve Ordu, 2004).

Bir diğer çalışmada tam kuru life oranla % 18 üre formaldehit tutkal katılan levhalardaki serbest formaldehit değeri, tutkal yapısına belirli oranlarda katılan formaldehit tutucuların etkisiyle azalmıştır (Boran, 2010).

Bir başka çalışmada, boraks katılan tutkalla üretilen kontrplakların formaldehit emisyonu değerleri incelenmiş, borakslı tutkalla üretilen kontrplaklardan yayılan formaldehit emisyonunun kontrol grubuna göre daha düşük olduğu gösterilmiştir. En büyük formaldehit emisyonu düşüşü (% 23) tutkal katı ağırlığının % 10'u kadar boraks içeren tutkallı örneklerde ölçülmüştür. Ancak tutkal içerisine katılan boraks % 5'den % 10'a artırıldığında, formaldehit emisyonundaki düşüş aynı oranda olmamıştır (Çolakoğlu ve Demirkır, 2006).

4. MATERYAL VE METOT

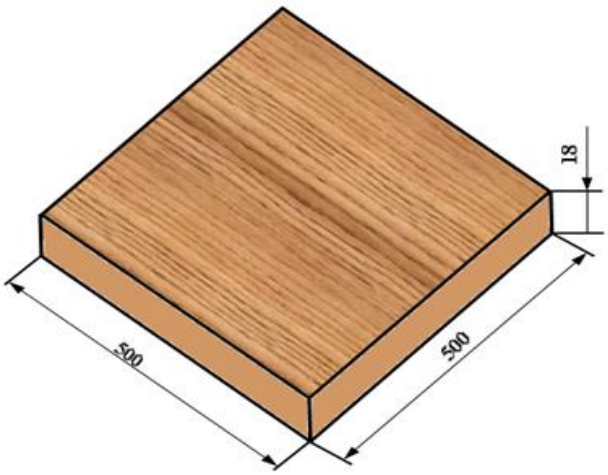
4.1. Materyal

4.1.1. Ağaç malzeme

Çalışmada, masif malzeme olarak ülkemiz orman ürünleri endüstrisinde yaygın kullanılan Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ahşap esaslı levhalar (yongalevha, liflevha, kontrplak, suntalam, MDFlam) seçilmiştir. Denemelerde kullanılan ahşap malzemeler tamamen tesadüfî metotla Ankara'daki işletmelerden temin edilmiştir. Ağaç malzemenin seçiminde kerestenin sağlıklı, düzgün lifli, ardaksız, budaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlılarına uğramamış olmalarına özen gösterilmiştir (TS 2470, 1976).

4.1.2. Lamine masif ağaç malzemeler

Deney örneklerinin hazırlanmasında, Doğu kayınından ve sarıçamdan enine düz üretilen 500×100×18 mm ölçülerinde 5 adet örnek iki farklı tutkal kullanılarak düz birleştirme metodu ile birleştirilmiştir. Üretilen örnekler tabakalı ağaç malzemenin depolama şartlarında ve süresinde bekletilmiştir. Elde edilen lamine masif ağaç malzeme örneğine ait ölçüler Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Lamine masif deney örneği (ölçüler mm'dir)

4.1.3. Tabakalı ağaç malzemeler

Çalışmada, kullanılan yongalevha, liflevha, suntalam, MDFlam, kayın kontrplak ve kavak kontrplak Ankara Sitelerde'ki işletmelerden temin edilmiştir. Deney örneklerinin temin edilmesinde üretim yıllarına dikkat edilmiştir. Aynı yıl üretilen ve eşit süre depoda bekletilmiş malzemelerden tamamen tesadüfî metotla seçilen örnekler 500×500×18 mm boyutlarında kesilerek hazırlanmıştır.

4.1.4. Tutkallar

Çalışmada, sarıçam ve Doğu kayını odunlarından lamine levha üretimi için ağaçişleri endüstrisinde yaygın olarak kullanılan, üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalları kullanılmıştır.

4.1.5. Vernik

Vernikleme işleminin formaldehit emisyonuna etkisini belirlemek için mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan selülozik vernik kullanılmıştır.

4.2. Metot

4.2.1. Ağaç malzemelerin yoğunlukları

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunlukları TS 2472 esaslarına göre belirlenmiştir (TS 2472, 1976). Buna göre; hava kurusu yoğunluk tayini için 20x30x30 mm boyutlarında hazırlanan örnekler, 20 ± 2 ^{0}C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Bu durumda TS EN 325'e (2012) göre ağırlıkları ± 0,01g duyarlıklı analitik terazide tartılıp, ±0,01mm duyarlıklı dijital kumpasla boyutları ölçüldükten sonra hacimleri hesaplanarak, hava kurusu yoğunluklar (δ_{12}) aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} g / cm^3$$

Burada; M_{12} = Hava kurusu haldeki ağırlık (g); V_{12} = Hava kurusu haldeki hacimdir (cm^3)

4.2.2. Deney örneklerinin hazırlanması

Çalışmada kullanılan ağaç malzemeler Ankara Siteler'deki kereste işletmelerinden kerestenin kusursuz olmasına, liflerinin düzgün, budaksız, ardaksız, normal büyüme göstermiş, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilerek tamamen tesadüfî olarak temin edilmiştir. Seçilen birinci sınıf kerestelerin yıllık halkaları yüzeye dik gelecek şekilde TS 2470 (1976) esaslarına göre taslak parçalar kesilerek 20±2°C sıcaklık ve % 65±5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme kabininde değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Bu şartlarda bekletilen örneklerin rutubeti % 10±2 olarak ölçülmüştür. Masif malzeme dışındaki örnekler de, Ankara'daki ahşap levha üreticilerinden temin edilmiştir. Tabakalı ağaç malzemeler, ham yongalevha, ham liflevha, MDFlam, suntalam, ham kontrplak olarak kategorize edilmiştir (Güller, 2001). Deney örneklerinden bazılarına ait resimler Resim 4.1'de verilmiştir.



a) Lamine masif ağaç panel



b) Yongalevha



c) Kontrplak



d) Liflevha

Resim 4.1. Deney örnekleri

Çizelge 4.1'de Doğu kayınından ve sarıçamdan, iki farklı tutkal kullanılarak üretilen ve vernikli ve verniksiz olarak gruplandırılan lamine masif ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları verilmiştir. Tabakalı ağaç malzeme deney örneklerine ait sayısal veriler ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Lamine masif ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları

<table>
<tr><td colspan="6">Lamine masif ağaç malzeme (Doğu kayını)</td><td rowspan="3">Toplam</td></tr>
<tr><td colspan="6">Üre-formaldehit Tutkallı</td></tr>
<tr><td colspan="3">Vernikli</td><td colspan="3">Verniksiz</td></tr>
<tr><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>78</td></tr>
<tr><td colspan="6">Fenol-formaldehit Tutkallı</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Vernikli</td><td colspan="3">Verniksiz</td><td></td></tr>
<tr><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>78</td></tr>
<tr><td colspan="6">Lamine masif ağaç malzeme (Sarıçam)</td><td rowspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="6">Üre-formaldehit Tutkallı</td></tr>
<tr><td colspan="3">Vernikli</td><td colspan="3">Verniksiz</td></tr>
<tr><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>78</td></tr>
<tr><td colspan="6">Fenol-formaldehit Tutkallı</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">Vernikli</td><td colspan="3">Verniksiz</td><td></td></tr>
<tr><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td>1.Ortam</td><td>2.Ortam</td><td>3.Ortam</td><td></td></tr>
<tr><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>13</td><td>78</td></tr>
<tr><td colspan="6">Toplam</td><td>312</td></tr>
</table>

Çizelge 4.2. Tabakalı ağaç malzemeye ait deney örnek sayıları

Yongalevha			Toplam
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Liflevha			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Suntalam			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
MDFlam			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Kenarı Kaplamalı Suntalam			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Kenarı Kaplamalı MDFlam			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Kavak Kontrplak			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Kayın Kontrplak			
1.Ortam	2.Ortam	3.Ortam	
13	13	13	39
Toplam			312

4.2.3. Deney örneklerinin verniklenmesi

Vernikleme işleminde ASTM-D 3023 esaslarına uyulmuştur (ASTM-D 3023, 1998). Endüstride uygulanma biçimine göre selülozik vernik yüzeyler, üretici firmanın ön gördüğü şekilde kuru yağ ve kirden arındırıldıktan ve iyice zımparalandıktan sonra 120 ±5 gr/m² olacak şekilde 2 kat dolgu vernik, ardından 2 kat son kat parlak vernik uygulanmıştır (Polisan, 2012). Vernik miktarı, üretici firma önerisine göre 0,01 hassasiyette analitik terazi ile tartılarak belirlenmiştir. Vernikleme işlemleri arasında üretici firmanın ön

gördüğü süreye uyularak katlar arası 3-4 saat beklenmiştir. Vernikleme işlemlerinde 1. Kat dolgu verniğinden sonra 220 nolu zımpara, 2. kat dolgu verniğinden sonra ise 400 nolu zımpara kullanılmıştır. Dolgu verniği işlemlerinde de 1 ve 2. kat vernikleme işlemleri arasında üretici firma önerisine göre 3-4 saat beklenmiştir. Vernikleme işleminin ardından deney örnekleri 12 saat süreyle 20±2 ºC sıcaklık ve % 65±5 bağıl nem koşullarında kondüsyonlanmıştır (Özdemir, 2003).

4.2.4. Vernik katı madde miktarı tayini

Vernik katı madde miktarı tayini, TS EN ISO 3251 esaslarına uyularak, yapılmıştır (TS EN ISO 3251, 2009). Buna göre, darası önceden alınan Ø 6 cm' lik konkav saat camına 5 gr olacak şekilde damlalık ile vernik konulmuş, daha sonra, etüvde 60 °C' de ağırlıkça sabit hale gelene kadar bekletilmiştir. Bu süre sonunda çözücüler tamamen buharlaştırılmış ve yeniden tartımlar yapılarak; aşağıdaki formüle göre katı madde miktarları belirlenmiştir.

$$V_u = G - D$$

$$Ç_b = G - E$$

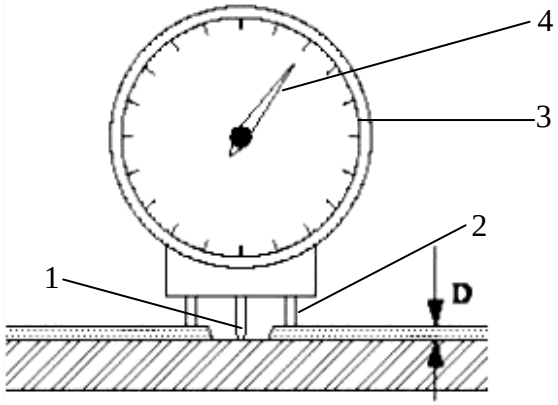
$$\%\ K_m = \frac{V_U - Ç_b}{V_u} \times 100$$

Burada;

V_u= Uygulanan vernik
G = Yaş ağırlık
$Ç_b$= Buharlaşan çözücü
D = Dara
K_m= Katı madde
E = Kuru ağırlık

4.2.5. Kuru film kalınlığı tayini

Vernik kuru film kalınlığı tayini, 5 μm duyarlıklı komperatör (Şekil 4.2) ile ASTM D 1005-95 esaslarına uyularak belirlenmiştir (ASTM D 1005-95, 2001). Standarta göre; temiz bir saç levha yüzeyinde komperatörün ibresi sıfıra ayarlandıktan sonra ölçüm yapılmıştır. Ölçüm için, vernik film katmanı değişik bölgelerden ağaç malzeme yüzeyine kadar kaldırılmıştır. Açılan kertiğe komperatörün ibresi düşürülürken komperatör ayaklarının katmana dik konumda ve tam oturmuş olduğuna dikkat edilmiştir. Komperatörde farklı bölgelerde okunan mikron cinsinden ölçüm değerlerinin ortalaması alınmıştır (Yalınkılıç, 2013).



D: Kuru film kalınlığı
1: Gösterge iğnesi
2: Ayak
3: Skala
4: Gösterge ibresi

Şekil 4.2. Kuru film kalınlığı tayini

4.2.6. Deney ortamlarının tayini

Deney farklı nem ve sıcaklıklara sahip 3 ayrı ortamda gerçekleştirilmiştir. Deney ortamları için kullanılan test kabini Resim 4.2'de, test kabini iç görünümü Resim 4.3'de verilmiştir. Deney ortamların nem ve sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde Türkiye'deki uzun yıllar maksimum sıcaklık değerleri (Şekil 4.3) dikkate alınmıştır. İnsanların doğal şartlarda bile maruz kalabildiği sıcaklık değerlerine göre, yaşanılan ortamda oluşabilecek 3 farklı sıcaklık ve nem parametreleri tespit edilmiştir. 1. ortam, 10 ºC sıcaklık ve % 95 nem; standart atmosfer şartları olan 2. ortam, 20 ºC sıcaklık ve % 65 nem; 3. ortam, 40 ºC sıcaklık ve % 95 nem değerlerine sahiptir. Tespit edilen deney ortamına ait sıcaklık ve nem parametreleri deney kabininin dijital panelinden ayarlanarak, kabin içerisinde istenilen ortam şartları stabil olarak oluşturulmuştur.

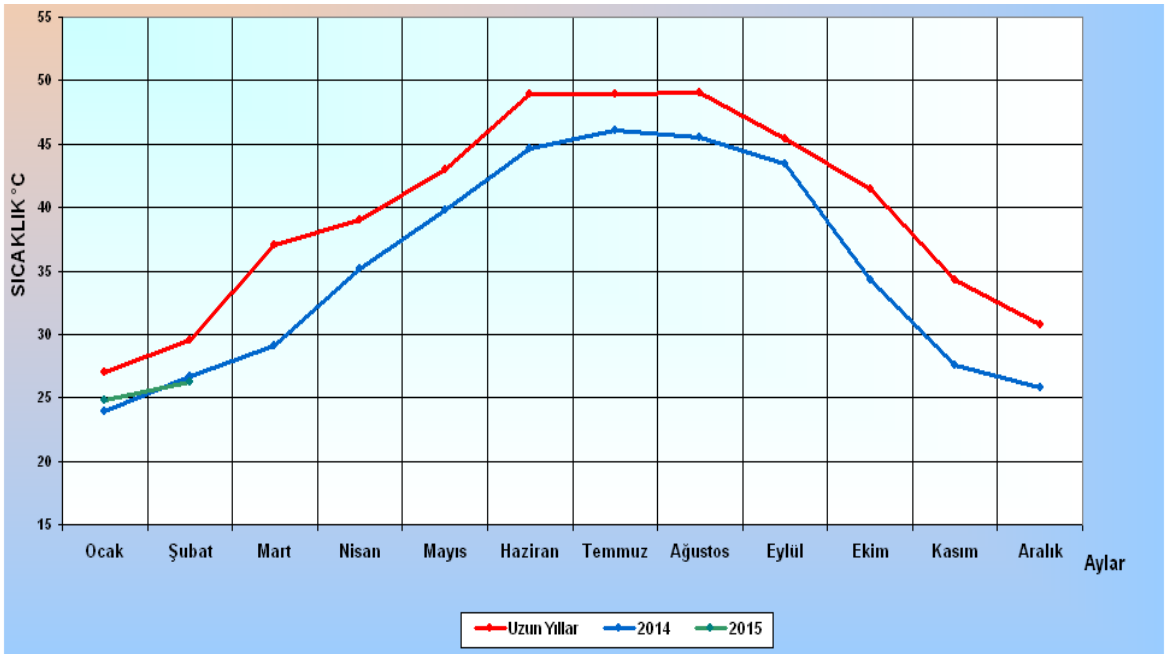


Resim 4.2. Test kabini



Resim 4.3. Test kabini iç görünümü

Şekil 4.3’de Türkiye’deki uzun yıllar maksimum sıcaklık değerleri verilmiştir (Şensoy, Demircan, Ulupınar ve Balta, 2008).



Şekil 4.3. Türkiye'deki uzun yıllar maksimum sıcaklık değerleri

4.2.7. Formaldehit emisyonu tayini

Uçucu organik bileşiklerden formaldehit, ahşap bazlı ürünlerde ortaya çıkan bir bileşik olup, oluşma kaynağı yonga, lif vb. levha üretiminde kullanılan tutkal reçinesi kaynaklıdır. Bu çalışmada ahşap ve ahşap esaslı levhalardan ortama salınan formaldehit emisyonu TS EN 717-1 esaslarına göre belirlenmiştir. Formaldehit emisyonu fotoiyonizasyon dedektörü ile ölçülmüştür (Resim 4.4).



Resim 4.4. Gaz dedektörü

Deneye başlamadan önce ortam parametreleri ayarlanılarak cihaz bir gün boyunca çalıştırılmış; her bir deney ortamı için cihaz içinde formaldehit emisyonu olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan ölçümlerde formaldehit emisyonunun 0,005 ppm'in altında (1.ortamda 0,0035 ppm, 2.ortamda 0,0039 ppm, 3.ortamda 0,0045 ppm) olduğu görülmüştür.

Deney öncesi paketlenmiş her bir örnek, deneye başlamadan hemen önce paketten çıkarılarak deney odasının merkezine hava akışına paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir. Standarda 1 m^3'lük oda için 2 adet numune yerleştirilmesi istenmiş, çalışmada kullanılan odanın hacmi 0,6 m^3 olduğu için 1 numune yerleştirilmiştir. Ayrıca kenar kaplaması ile yüzey alanı oranı (U/A= 1,5 m/m^2) çalışmada farklı özelliklerde numuneler denendiği için uygulanmamıştır. Deney ortamında havaya karışan formaldehit emisyonu günde 3 defa ölçülmüş, alınan değerlerin ortalaması o numunenin formaldehit emisyon değeri olarak kabul edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar ile denge durumu tespit edilmiştir.

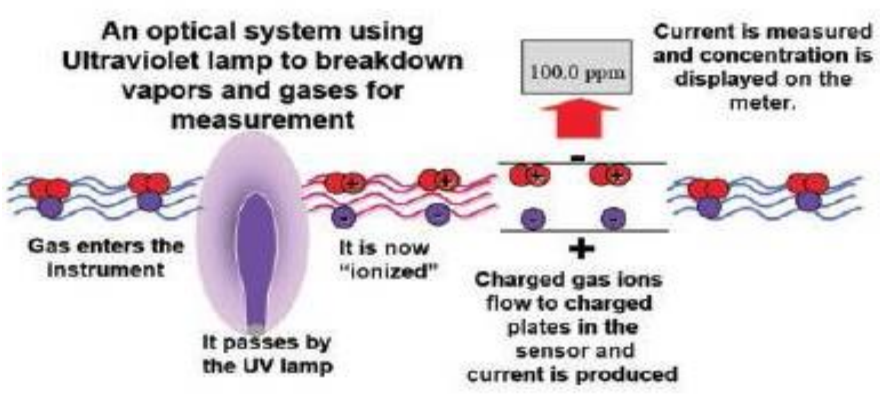
Denge durumu, en son ölçülen değer ile bu değerden 3 gün önceki ortalama değer arasındaki azalmanın % 5'e eşit ya da daha az olması halinde gerçekleşmiştir. Denge durumu tayini aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (TS EN 717-1, 2006).

$$[(ct - ct + 72) / ct + 72] \leq \delta$$

Burada;

ct, ct+72 = t ve t+72 sürelerindeki formaldehit konsantrasyonu.
T = Deneyin devam ettiği süreler (saat).
δ =Konsantrasyonda kabul edilen düşüş.

Her bir numune için denge durumuna gelindiğinde deney sonlandırılmıştır. Her bir ağaç malzeme için hazırlanan 13 adet örneğe ait formaldehit emisyonu değerleri bu şekilde belirlenmiştir. Ölçümlerde kullanılan gaz dedektörü ölçüm süreci Şekil 4.4'de verilmiştir (Rae, Application Note, 2013).



Şekil 4.4. Gaz dedektörü ölçüm süreci

4.2.8. Verilerin değerlendirilmesi

Hazırlanan örneklerin ortama yaydıkları formaldehit emisyon miktarları üzerine ağaç türü, tabakalı ağaç malzeme çeşidi, tutkal çeşidi, vernik işlemi, kenar kaplama işlemi, faklı nem ve sıcaklıktaki ortam çeşitleri ve bunlarının etkileşimini tespit etmek için MSTAT-C istatistik programında çoklu varyans analizi (MANOVA) yapılmıştır. Varyans analizi sonucu anlamlı ilişki olması halinde Duncan testi yapılmıştır. Böylece, denenen faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (LSD) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Hava Kurusu Yoğunluk

Deneylerde kullanılan numunelerin hava kurusu yoğunluğuna ait istatistiksel değerler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Hava kurusu yoğunluğa ait istatistiksel değerler (g/cm³)

Ağaç Türü	Ağaç Malzemede Yoğunluk (gr/cm^3)					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
Sarıçam	0,500	0,489	0,515	0,0103375	0,00011577	13
Doğu Kayını	0,664	0,642	0,695	0,0142088	0,00022432	13

X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, Ss: Standart sapma, v: Varyasyon katsayısı, N: Numune sayısı

Doğu kayınının hava kurusu yoğunluk değeri 0,664 g/cm³, sarıçamın hava kurusu yoğunluk değeri ise 0,500 g/cm³ bulunmuştur.

5.2. Vernik Katı Madde Miktarı

Deneylerde kullanılan selülozik dolgu verniğinin ve son kat parlak selülozik verniğin katı madde miktarına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Vernik katı madde miktarına ait istatistiksel değerler (Ağırlıkça %)

Vernik Çeşidi	Vernik Katı Madde Miktarı (Ağırlıkça %)					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
Selülozik Dolgu Verniği	33,2	29	40	3,31058907	12,1777778	13
Selülozik Son Kat Vernik	29,2	26	33	1,88679623	3,95555556	13

X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, Ss: Standart sapma, v: Varyasyon katsayısı, N: Numune sayısı

Selülozik dolgu verniği katı madde miktarı ağırlıkça % 33,2; selülozik son kat verniğinin katı madde miktarı ağırlıkça % 29,2 bulunmuştur.

5.3. Kuru Film Kalınlığı

Deneylerde kullanılan lamine sarıçam ve Doğu kayını panellerine uygulanan verniğin kuru film kalınlığına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.3'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Vernik kuru film kalınlığına ait istatistiksel değerler (µm)

Vernik Çeşidi	Vernik Kuru Film Kalınlığı (µm)					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
Sarıçam	88,7	85	96	3,55105618	14,0111111	13
Doğu Kayını	87,3	83	91	2,60959767	7,566666667	13

X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, Ss: Standart sapma, v: Varyasyon katsayısı, N: Numune sayısı

Lamine sarıçam panellerinde vernik kuru film kalınlığı ortalama 88,7 µm; lamine Doğu kayını panellerinde vernik kuru film kalınlığı ortalama 87,3 µm bulunmuştur. Yüzeye sürülen vernik sarıçam panellerde, Doğu kayını panellere göre daha kalın bir katman meydana getirmiştir.

5.4. Formaldehit Emisyonu

Çalışmada, farklı faktörler olduğu için istatistiksel analiz iki ayrı değerlendirme başlığında yapılmıştır. Birinci bölümde lamine masif ağaç malzeme, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve ortam şartları açısından; ikinci bölüm ise tabakalı ağaç malzeme, yüzeyi kaplamalı ve yüzeyi kaplamasız, kenarları kaplamalı ve kaplamasız ve ortam şartları açısından irdelenmiştir. Birinci bölümde Çizelge 5.4'de sarıçam lamine masif ağaç malzeme örneklerinin formaldehit emisyonuna ait istatistiki değerler verilmiştir. Çizelge 5.5'de ise Doğu kayını lamine masif ağaç malzeme örneklerinin formaldehit emisyonuna ait istatistiki değerler verilmiştir.

Çizelge 5.4. Lamine sarıçam panel örneklerine ait formaldehit emisyonu istatistiksel değerleri (ppb)

Deney Ortamları	Üre Formaldehit Tutkallı Verniksiz Lamine Sarıçam Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	407,7692308	399	415	5,191025483	29,19230769	13
2.Ortam	440,3076923	435	448	2,756380441	8,230769231	13
3.Ortam	502,4615385	499	508	2,307692308	5,769230769	13
Deney Ortamları	Üre Formaldehit Tutkallı Vernikli Lamine Sarıçam Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	443,1538462	438	448	3,109443528	10,47435897	13
2.Ortam	483,2307692	480	487	2,422771654	6,358974359	13
3.Ortam	539,3076923	532	548	3,749556187	15,23076923	13
Deney Ortamları	Fenol Formaldehit Tutkallı Verniksiz Lamine Sarıçam Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	352,7692308	349	358	2,72181631	8,025641026	13
2.Ortam	372,4615385	370	375	1,646225735	2,935897436	13
3.Ortam	461	458	465	2,353393622	6	13
Deney Ortamları	Fenol Formaldehit Tutkallı Vernikli Lamine Sarıçam Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	428,4615385	427	431	1,151279196	1,435897436	13
2.Ortam	452,1538462	449	457	1,915369169	3,974358974	13
3.Ortam	521,7692308	518	526	2,60631913	7,358974359	13

X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, Ss: Standart sapma, v: Varyasyon katsayısı, N: Numune sayısı

Çizelge 5.5. Lamine Doğu kayını panel örneklerine ait formaldehit emisyonu istatistiksel değerleri (ppb)

Deney Ortamları	Üre Formaldehit Tutkallı Verniksiz Lamine Doğu Kayını Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	384,2307692	381	388	1,927686782	4,025641026	13
2.Ortam	416,6153846	413	420	1,982169035	4,256410256	13
3.Ortam	439,3076923	435	442	2,162072203	5,064102564	13
Deney Ortamları	Üre Formaldehit Tutkallı Vernikli Lamine Doğu Kayını Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	414,3076923	410	417	1,89674277	3,897435897	13
2.Ortam	456,7692308	452	460	2,258448962	5,525641026	13
3.Ortam	517,0769231	510	524	3,852302777	16,07692308	13
Deney Ortamları	Fenol Formaldehit Tutkallı Verniksiz Lamine Doğu Kayını Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	286,6153846	284	290	1,862110529	3,756410256	13
2.Ortam	339,8461538	335	345	2,684604364	7,807692308	13
3.Ortam	398,5384615	394	403	2,649103901	7,602564103	13
Deney Ortamları	Fenol Formaldehit Tutkallı Vernikli Lamine Doğu Kayını Paneli					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	403,1538462	400	406	1,874778093	3,807692308	13
2.Ortam	439,7692308	435	442	1,927686782	4,025641026	13
3.Ortam	475,7692308	471	479	2,516219574	6,858974359	13

X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, Ss: Standart sapma, v: Varyasyon katsayısı, N: Numune sayısı

Lamine sarıçam ve Doğu kayını panellerinin üretiminde kullanılan tutkal çeşidinin, vernikleme işleminin yapılması ve yapılmaması durumunda, faklı nem ve sıcaklık koşullarında, yaydıkları formaldehit emisyonuna ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Lamine masif ağaç panel örneklerine ait çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	*Serbestlik Derecesi*	*Kareler Toplamı*	*Kareler Ortalaması*	*F Değeri*	*P* $\alpha \leq 0,05$
Ağaç Türü(A)	*1*	*101556,542*	*101556,542*	*14391,6613*	*0,0000*
Tutkal(B)	*1*	*141952,003*	*141952,003*	*20116,1355*	*0,0000*
A×B	*1*	*1856,157*	*1856,157*	*263,0375*	*0,0000*
Vernik(C)	*1*	*322503,080*	*322503,080*	*45702,1776*	*0,0000*
A×C	*1*	*6327,003*	*6327,003*	*896,6048*	*0,0000*
B×C	*1*	*32800,003*	*32800,003*	*4648,1155*	*0,0000*
A×B×C	*1*	*1127,080*	*1127,080*	*159,7195*	*0,0000*
Ortam(D)	*2*	*447399,365*	*223699,683*	*31700,6666*	*0,0000*
A×D	*2*	*7963,583*	*3981,792*	*564,2630*	*0,0000*
B×D	*2*	*2332,545*	*1166,272*	*165,2734*	*0,0000*
A×B×D	*2*	*1568,429*	*784,215*	*111,1317*	*0,0000*
C×D	*2*	*80,468*	*40,234*	*5,7016*	*0,0037*
A×C×D	*2*	*1423,506*	*711,753*	*100,8631*	*0,0000*
B×C×D	*2*	*9206,853*	*4603,426*	*652,3553*	*0,0000*
A×B×C×D	*2*	*4188,737*	*2094,369*	*296,7947*	*0,0000*
Hata	*288*	*2032,308*	*7,057*		
Toplam	*311*	*1084317,663*			

Ağaç malzeme (sarıçam ve Doğu kayını), tutkal çeşidi (üre formaldehit ve fenol formaldehit), vernikli ve verniksiz ve farklı nem ve sıcaklık koşullarının, lamine masif ağaç panellerinden yayılan formaldehit emisyonuna etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır ($\alpha \leq 0,05$). Etkili olan değişkenlere ilişkin homojenlik test sonuçları aşağıda verilmiştir.

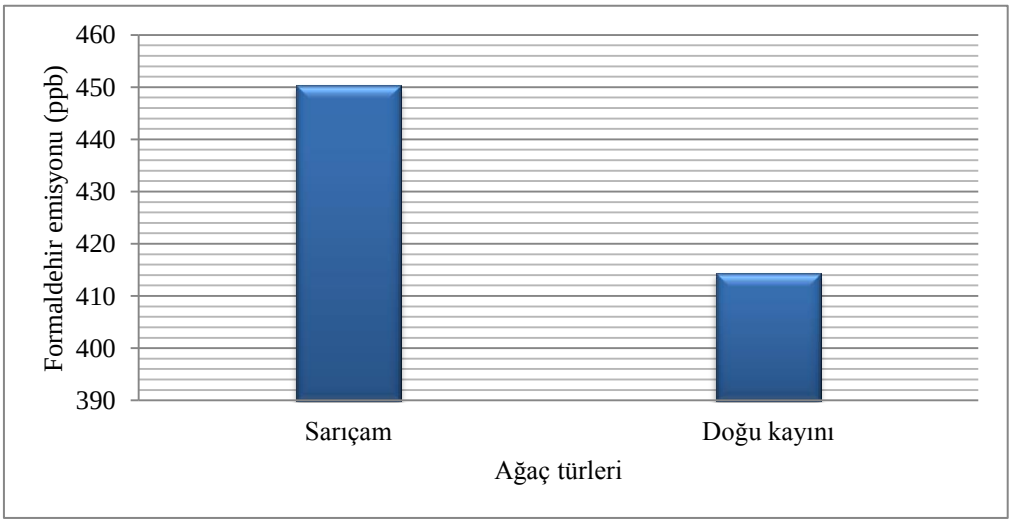
Lamine masif ağaç levha üretiminde kullanılan ağaç türüne göre formaldehit emisyonu homojenlik testi Çizelge 5.7'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Ağaç türüne göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

Ağaç Türü	*x*	*HG*
Sarıçam	*450,4*	*A*
Doğu kayını	*414,3*	*B*

LSD: ± 0, 5918

Lamine masif ağaç levhanın üretildiği ağaç türüne göre formaldehit emisyonu sarıçamda 450,4 ppb, Doğu kayınında 414,3 ppb çıkmıştır. Ağaç türüne göre formaldehit emisyonunda istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. Buna ait grafik Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Ağaç türüne göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

Laminasyon işleminde kullanılan tutkal çeşidine göre formaldehit emisyonu homojenlik testi Çizelge 5.8'de verilmiştir.

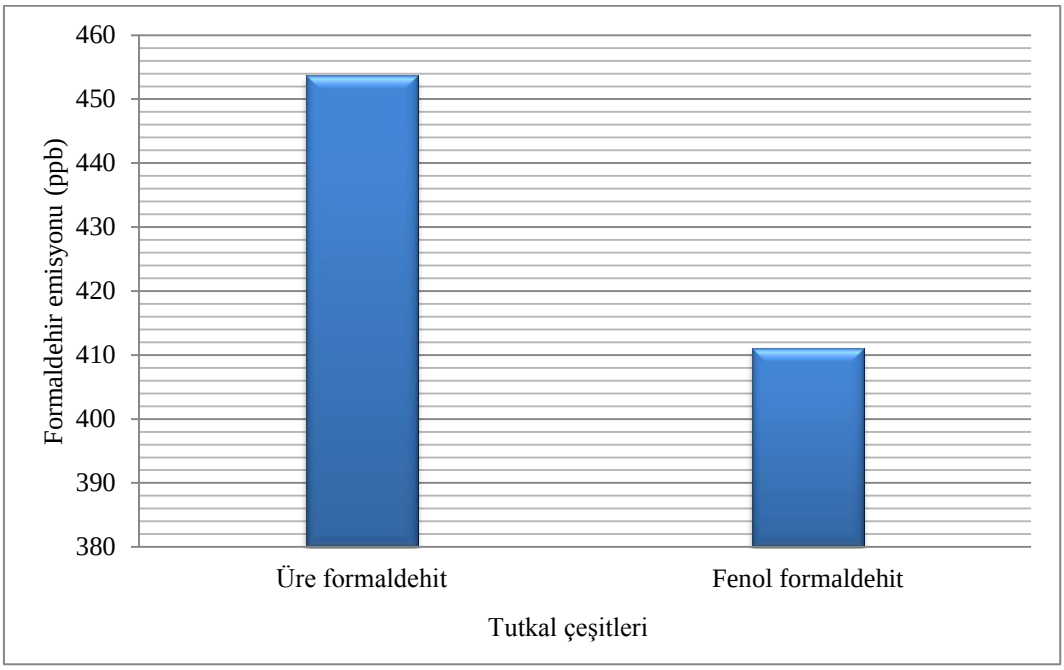
Çizelge 5.8. Tutkal çeşidine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

Tutkal Çeşidi	*x*	*HG*
Üre formaldehit	*453,7*	*A*
Fenol formaldehit	*411*	*B*

LSD: ± 0, 5918

Üre formaldehit reçineli tutkalla üretilmiş lamine masif ağaç panelde formaldehit emisyonu 453,7 ppb, fenol formaldehit reçineli tutkalla üretilmiş lamine masif ağaç

panelde formaldehit emisyonu 411 ppb çıkmıştır. Tutkal çeşitlerine göre, formaldehit emisyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. Buna ait grafik Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Tutkal çeşidine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.9'da verilmiştir.

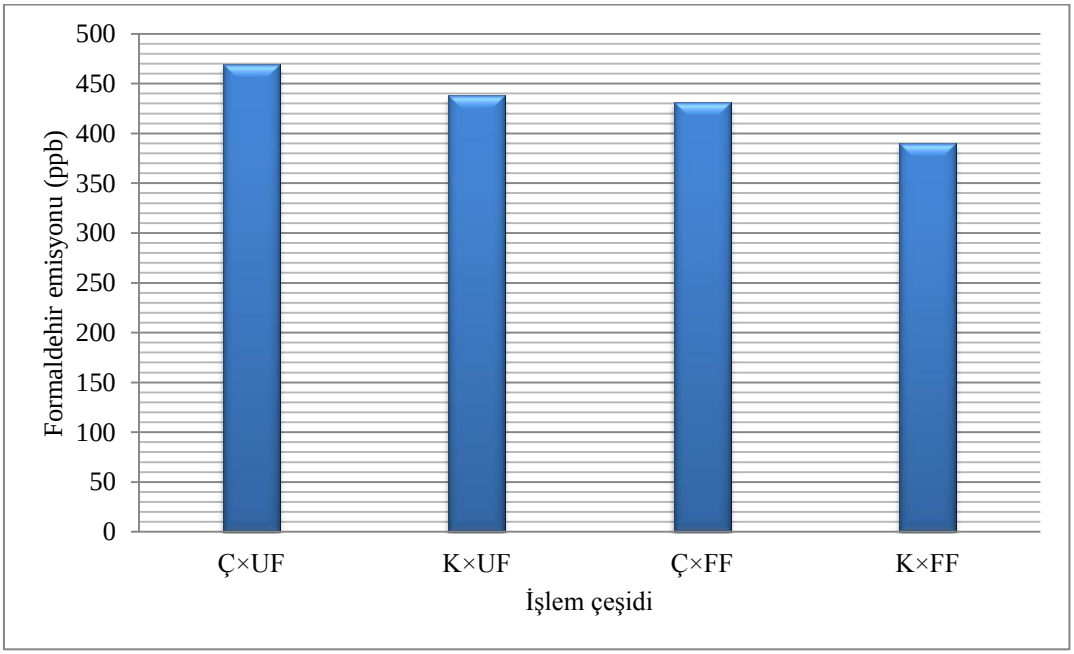
Çizelge 5.9. Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Ç×UF	*469,3*	*A*
K×UF	*438,1*	*B*
Ç×FF	*431,5*	*C*
K×FF	*390,5*	*D*

LSD: ± 0,8370

Ağaç türü ve tutkal çeşidi etkileşimine göre tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. Üre formaldehit tutkalla lamine edilen sarıçam levhaları en yüksek (469,3 ppb) formaldehit emisyonunu yaymıştır. Fenol formaldehit tutkalla lamine edilen Doğu

kayını panelleri ise en düşük (390,5 ppb) formaldehit emisyonunu yaymıştır. Buna ait grafik Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Ağaç türü ve tutkal etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

Lamine sarıçam ve Doğu kayını panellerine vernikleme (VL) yapıldıktan sonra elde edilen formaldehit emisyonu ile verniksiz (VZ) levhalardan elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.10'da verilmiştir.

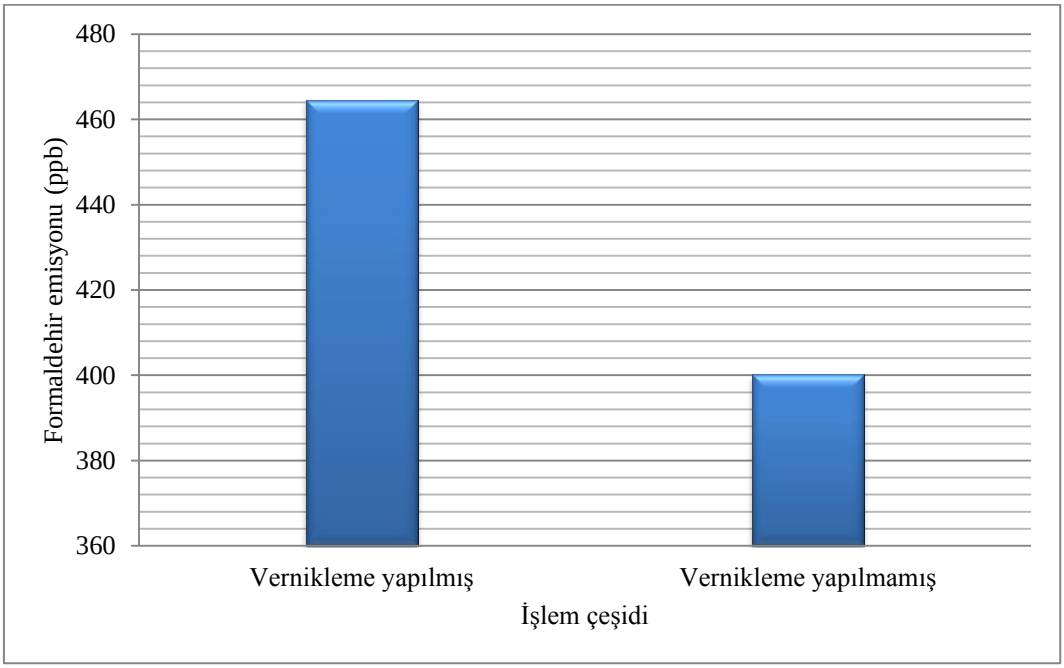
Çizelge 5.10. Vernikleme işlemine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Vernikleme Yapılmış	*464,5*	*A*
Vernikleme Yapılmamış	*400,2*	*B*

LSD: ± 0,5918

Lamine sarıçam ve Doğu kayını panellerin verniklenmesinin ardından ölçülen formaldehit emisyonu ile verniksiz kontrol grubunun formaldehit emisyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. Verniklenmiş örneklerde formaldehit emisyonu 464,5 ppb; verniklenmemiş örneklerde formaldehit emisyonu 400,2 ppb çıkmıştır. Vernik, levha laminasyonundaki tutkalın formaldehit emisyonu yayması için bariyer oluştururken;

verniğin bizatihi kendisi formaldehit emisyonun birincil kaynağı olmuştur. Buna ait grafik Şekil 5.4'de verilmiştir.



Şekil 5.4. Vernikleme işlemine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

Ağaç türü ve vernikleme işlemi etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.11'de verilmiştir.

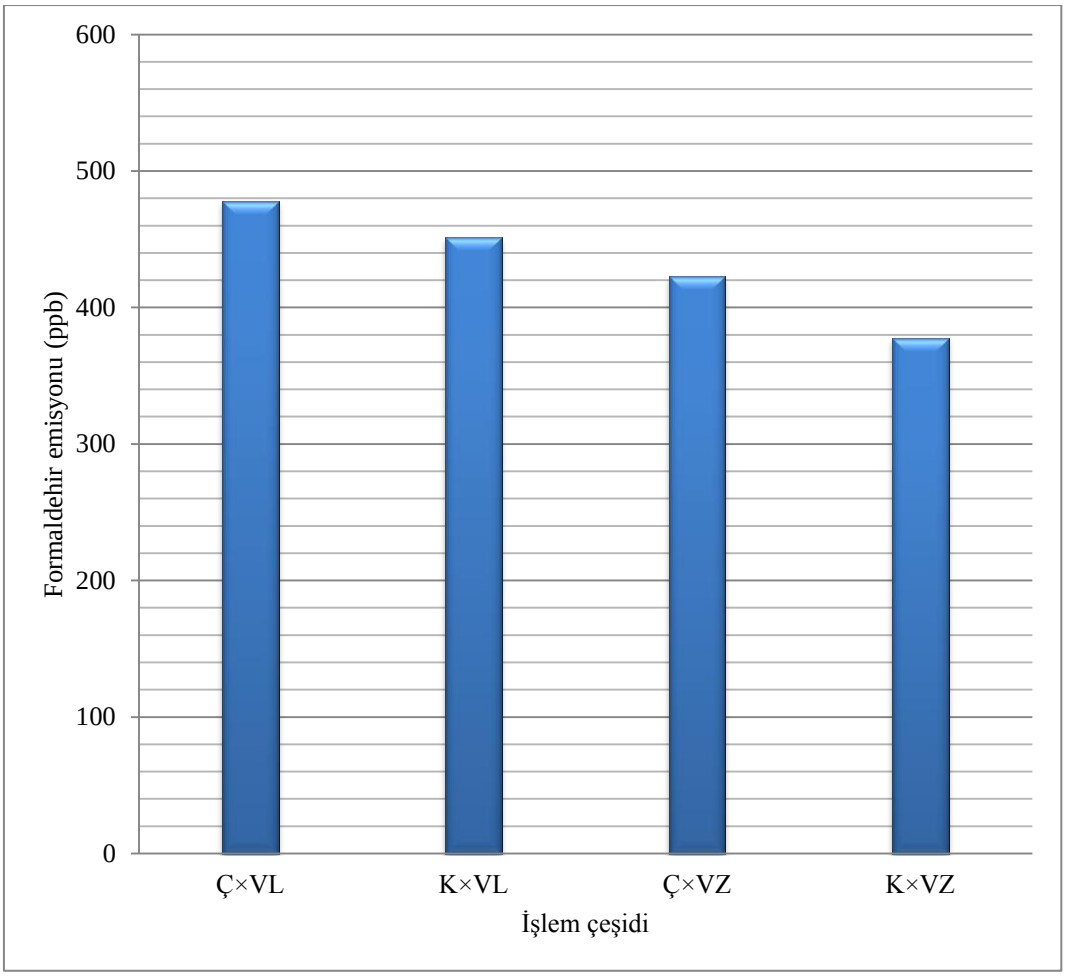
Çizelge 5.11. Ağaç türü ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Ç×VL	*478*	*A*
K×VL	*450,9*	*B*
Ç×VZ	*422,7*	*C*
K×VZ	*377,6*	*D*

LSD: ± 0,8370

Ağaç türü ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek formaldehit emisyonu, vernikli sarıçam örneklerinde (478 ppb) görülürken, en düşük formaldehit emisyon değeri ise

verniksiz Doğu kayını örneklerinde (377,6 ppb) görülmüştür. Buna ait grafik Şekil 5.5'de verilmiştir.



Şekil 5.5. Ağaç türü ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

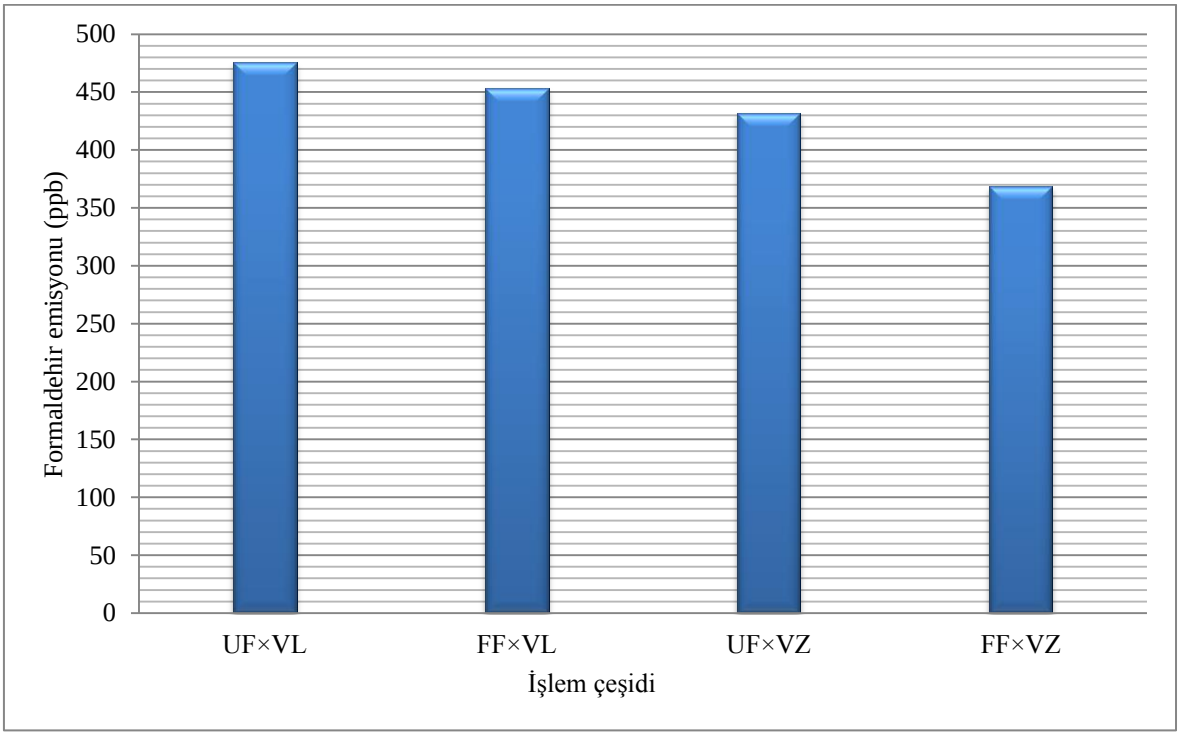
Laminasyon işleminde kullanılan tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu değerleri arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
UF×VL	*475,6*	*A*
FF×VL	*453,4*	*B*
UF×VZ	*431,8*	*C*
FF×VZ	*368,6*	*D*

LSD: ± 0,8370

Kullanılan tutkal çeşidine ve vernikleme işleminin yapılıp yapılamamasına göre ölçülen formaldehit emisyonu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. Üre formaldehit tutkallı ve verniklenmiş deney örneklerinde formaldehit emisyonu en yüksek (475,6 ppb) ölçülürken, fenol formaldehit tutkallı ve verniklenmemiş deney örneklerinde formaldehit emisyonu en düşük (368,6 ppb) görülmüştür. Buna ait grafik Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

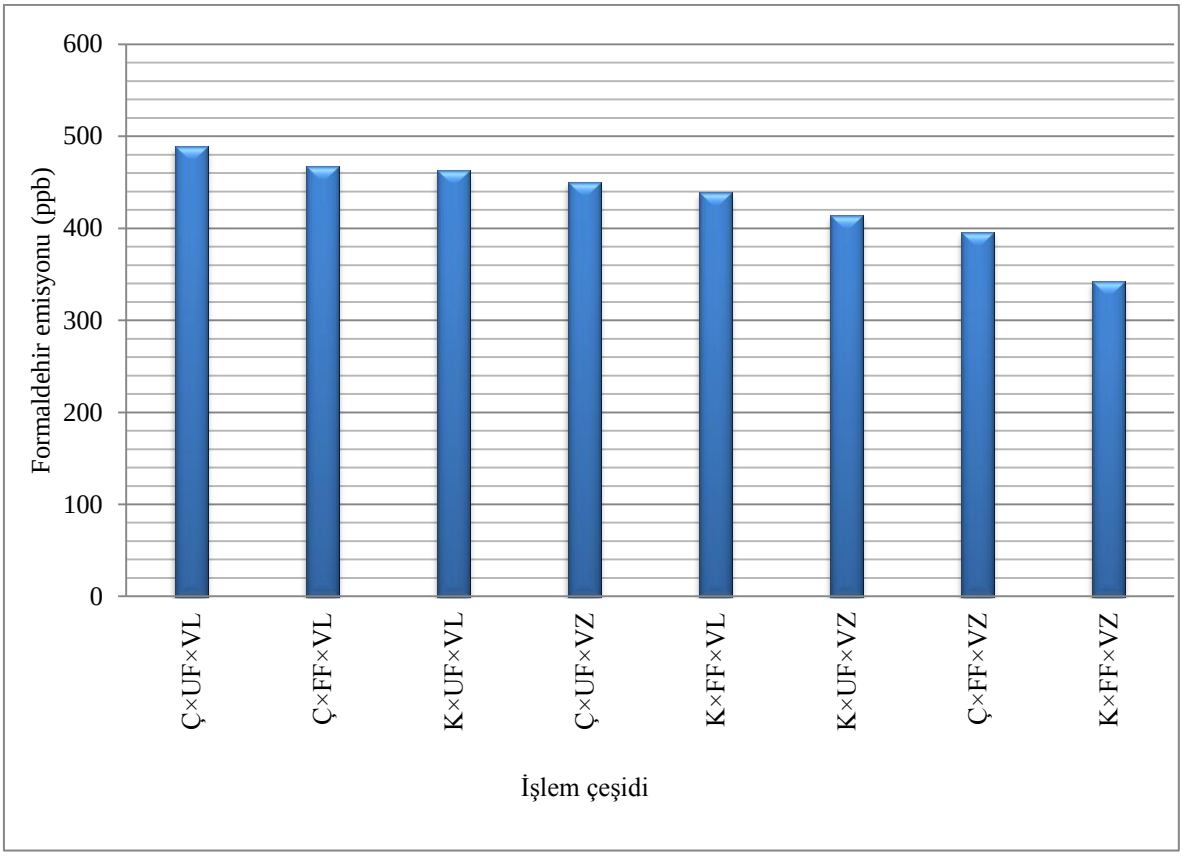
Lamine levha işleminde kullanılan ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.13'de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Ç×UF×VL	*488,6*	*A*
Ç×FF×VL	*467,5*	*B*
K×UF×VL	*462,6*	*C*
Ç×UF×VZ	*450*	*D*
K×FF×VL	*439,3*	*E*
K×UF×VZ	*413,6*	*F*
Ç×FF×VZ	*395,5*	*G*
K×FF×VZ	*341,7*	*H*

LSD: ± 1,184

Lamine levha işleminde kullanılan ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu değerleri arasındaki değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek formaldehit emisyonu değeri Ç×UF×VL etkileşiminde (488,6 ppb) tespit edilirken; 2. sırada en yüksek formaldehit emisyonu Ç×FF×VL etkileşiminde (467,5 ppb) en düşük formaldehit emisyonu değeri K×FF×VZ etkileşiminde (341,7 ppb) görülmüştür. Buna ait grafik Şekil 5.7'de verilmiştir.



Şekil 5.7. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve vernikleme işlemi etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

Formaldehit ölçümlerinin tespitinden önce numunelerin yerleştirildikteki farklı sıcaklık ve nem koşullarındaki ortamlara göre elde edilen formaldehit emisyonu değerleri arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.14'de verilmiştir.

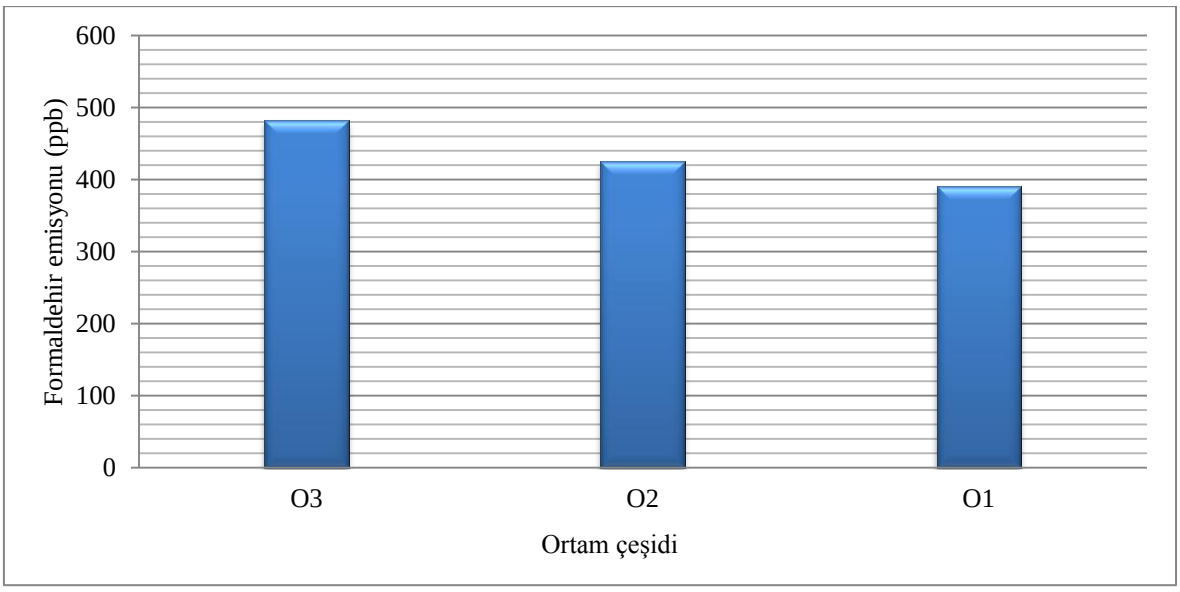
Çizelge 5.14. Deney ortamına göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

Ortam Çeşidi	*x*	*HG*
40 ºC Sıcaklık- % 35 Nem	*481,9*	*A*
20 ºC Sıcaklık- % 65 Nem	*425*	*B*
10 ºC Sıcaklık- % 95 Nem	*390,1*	*C*

LSD: ± 0,7249

Deney örneklerinden yayılan formaldehit emisyonu değerleri arasında denemelerin yapıldığı 3 farklı ortama göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek formaldehit emisyonu değeri (481,9 ppb) bu çalışma için en yüksek sıcaklığa ve en düşük

neme sahip olan 3. ortamda; en düşük formaldehit emisyonu değeri (390,1 ppb) ise bu çalışma için en düşük sıcaklık ve en fazla neme sahip olan 1. ortamda tespit edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 5.8'de verilmiştir.



Şekil 5.8. Deney ortamına göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

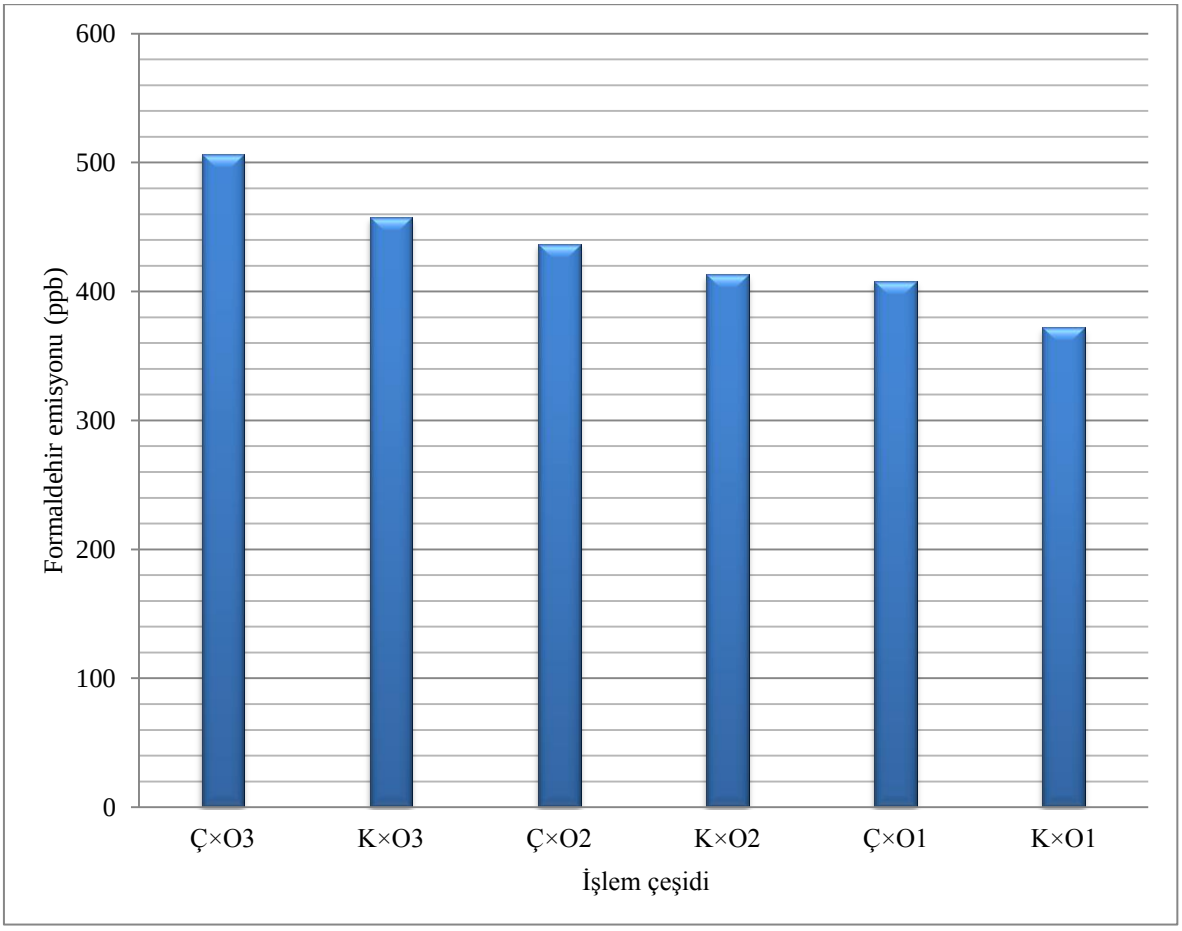
Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.15. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Ç×O3	*506,2*	*A*
K×O3	*457,7*	*B*
Ç×O2	*436,9*	*C*
K×O2	*413,1*	*D*
Ç×O1	*408,1*	*E*
K×O1	*372,1*	*F*

LSD: ± 1,025

Ağaç türü ve ortam etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu değerleri arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. Lamine sarıçam panellerinden 3. ortamda en yüksek formaldehit emisyonu (506,2 ppb) ölçülmüştür. Lamine Doğu kayını panellerinden 1. ortamda en düşük formaldehit emisyonunu (372,1 ppb) tespit edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5.9. Ağaç türü ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

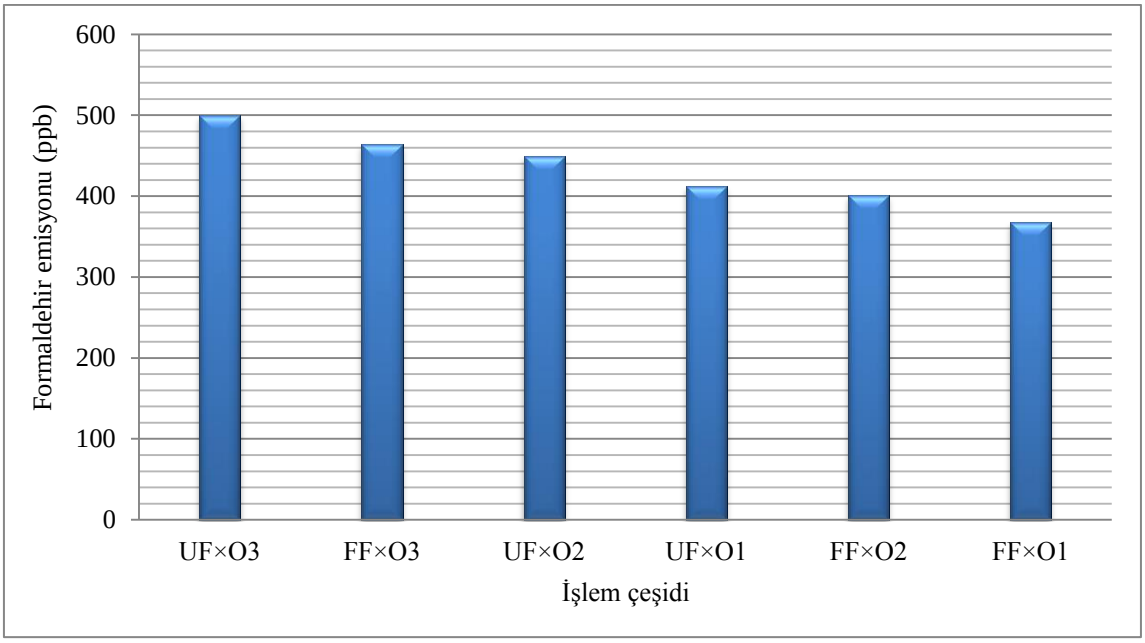
Lamine levha üretiminde en birleştirme esnasında kullanılan tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
UF×O3	*499,5*	*A*
FF×O3	*464,3*	*B*
UF×O2	*449,1*	*C*
UF×O1	*412,4*	*D*
FF×O2	*400,9*	*E*
FF×O1	*367,7*	*F*

LSD: ± 1,025

Tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmaktadır. Üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış deney örneklerinden 3. ortamda en yüksek formaldehit emisyonu (499,5 ppb) yayılırken, fenol formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış deney örneklerinden 1. ortamda en düşük formaldehit emisyonu (367,7 ppb) yayılmıştır. 3. ortamda her iki tutkal çeşidinden de yüksek formaldehit emisyonu ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.10. Tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

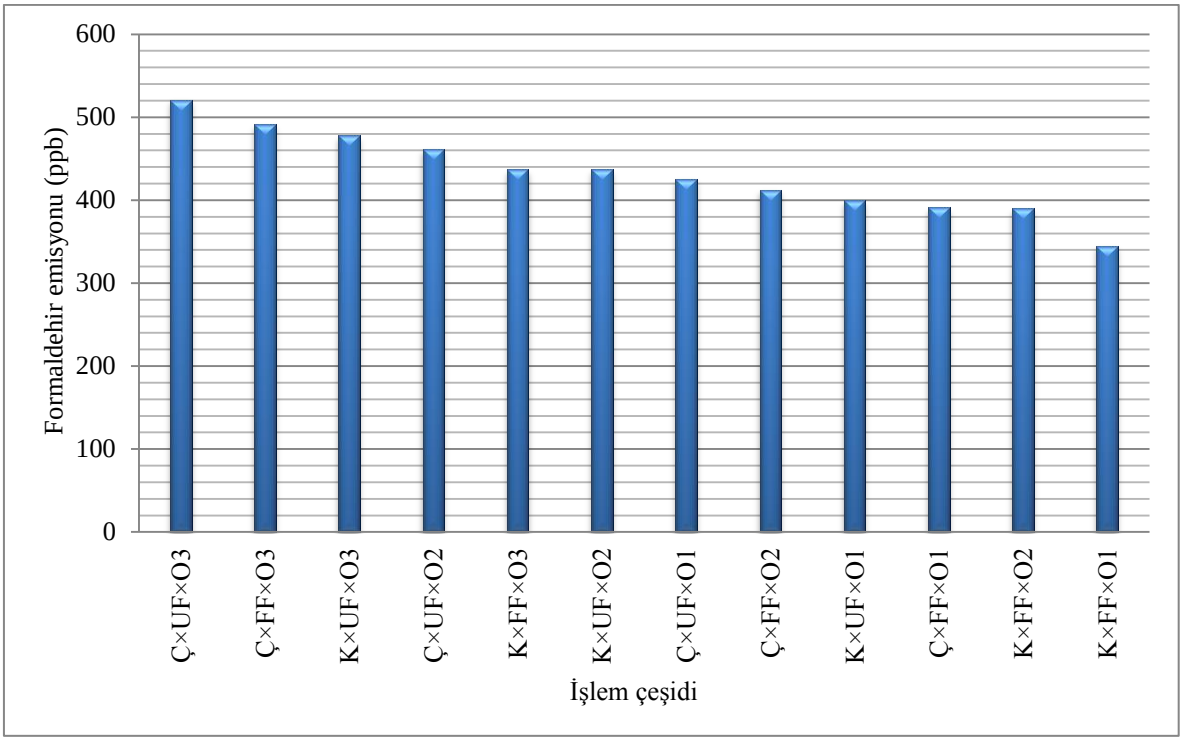
Lamine panel üretim işlemlerinde kullanılan ağaç türü, tutkal çeşidi ve denemelerin yapıldığı deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Ç×UF×O3	*520,9*	*A*
Ç×FF×O3	*491,5*	*B*
K×UF×O3	*478,2*	*C*
Ç×UF×O2	*461,5*	*D*
K×FF×O3	*437,2*	*E*
K×UF×O2	*436,7*	*E*
Ç×UF×O1	*425,5*	*F*
Ç×FF×O2	*412,3*	*G*
K×UF×O1	*399,3*	*H*
Ç×FF×O1	*390,7*	*I*
K×FF×O2	*389,6*	*I*
K×FF×O1	*344,8*	*J*

LSD: ± 1,450

Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimi tüm örneklerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. En yüksek formaldehit emisyonu Ç×UF×O3 etkileşiminde 520,9 ppb olarak ölçülmüştür. Bu üçlü etkileşime göre en düşük formaldehit emisyonu K×FF×O1 etkileşiminde 344,8 ppb olarak tespit edilmiştir. Fenol formaldehit tutkalı kullanılarak lamine edilen Doğu kayını panellerinin 3. ortamdaki ve 2. ortamdaki formaldehit emisyonu değerleri arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. Yine fenol formaldehit tutkal kullanılarak lamine edilen Doğu kayını panelin 2. ortamdaki formaldehit emisyonu değeri ile fenol formaldehit tutkallı sarıçam panellerinin 1 ortamdaki formaldehit emisyonu değerleri arasında istatistiksel fark olmadığı görülmektedir. Buna ait grafik Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11. Ağaç türü, tutkal çeşidi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

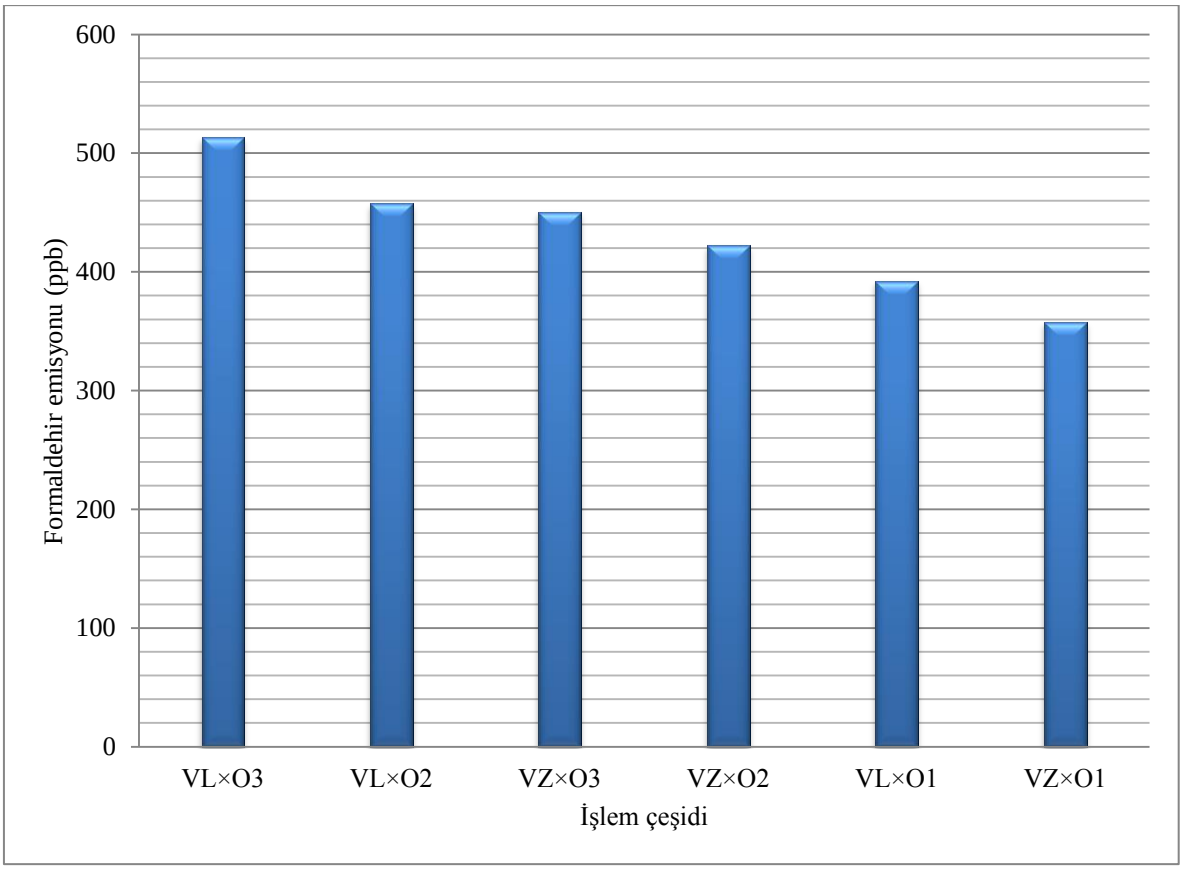
Lamine panellerin vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
VL×O3	*513,5*	*A*
VL×O2	*457,8*	*B*
VZ×O3	*450,4*	*C*
VZ×O2	*422,2*	*D*
VL×O1	*392,2*	*E*
VZ×O1	*358*	*F*

LSD: ± 1,025

Vernikleme işlemine ve deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. Verniklenmiş örnekler 3. ortamda en yüksek formaldehit emisyonu değerini (513,5 ppb) verirken; en düşük formaldehit emisyonu değeri (358 ppb) verniksiz deney örneklerinde elde edilmiştir. Formaldehit emisyon değerlerinde vernikli örneklerin sıcak ortamlardaki değerlerinden verniksiz örneklerin daha soğuk ortamlardaki değerlerine doğru bir düşüş söz konusudur. Buna grafik Şekil 5.12'de verilmiştir.



Şekil 5.12. Vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

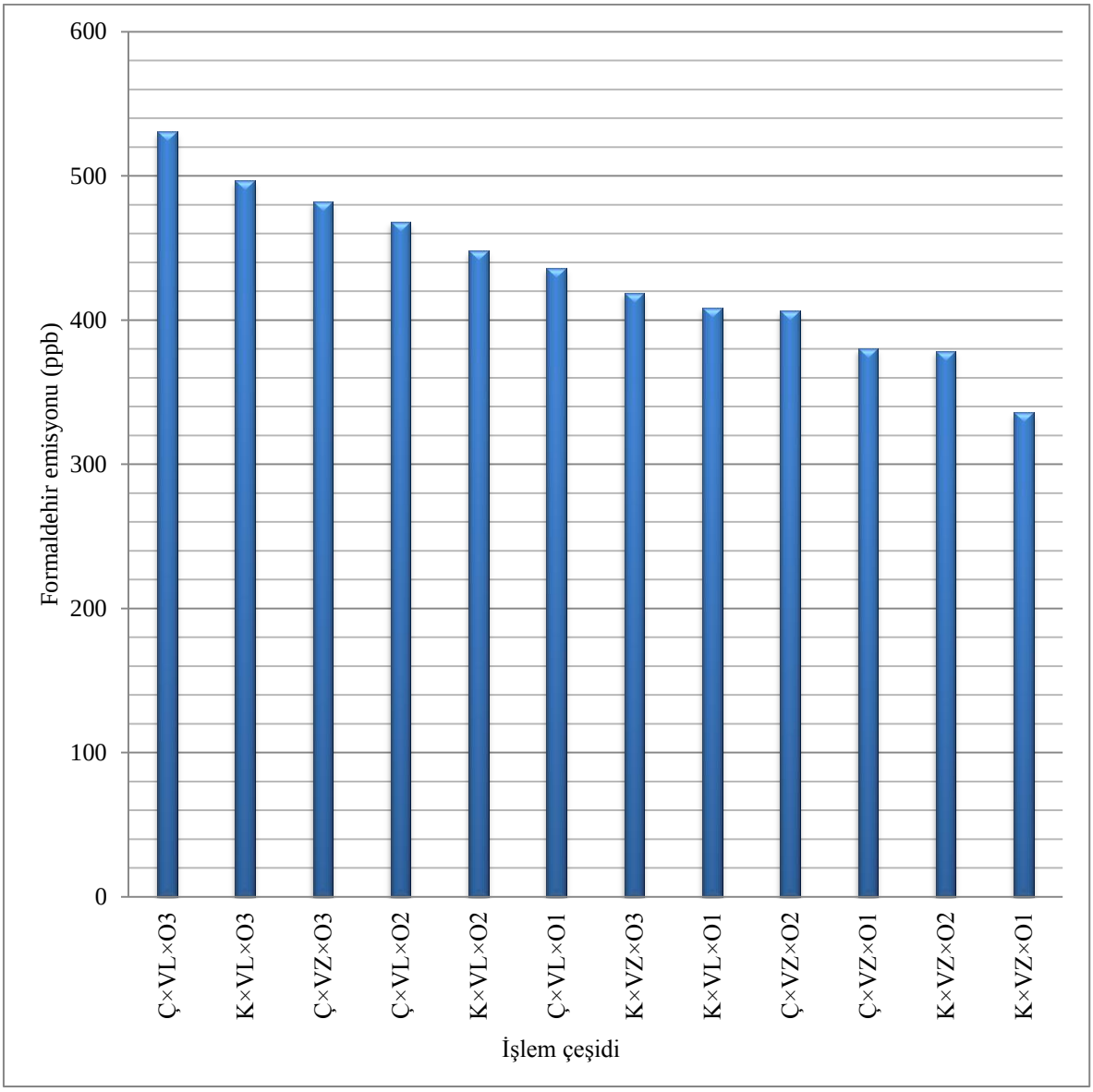
Ağaç türü, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Ağaç türü, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Ç×VL×O3	*530,5*	*A*
K×VL×O3	*496,5*	*B*
Ç×VZ×O3	*481,8*	*C*
Ç×VL×O2	*467,7*	*D*
K×VL×O2	*447,9*	*E*
Ç×VL×O1	*435,9*	*F*
K×VZ×O3	*418,9*	*G*
K×VL×O1	*408,5*	*H*
Ç×VZ×O2	*406,1*	*I*
Ç×VZ×O1	*380,3*	*J*
K×VZ×O2	*378,3*	*K*
K×VZ×O1	*335,7*	*L*

LSD: ± 1,450

Ağaç türü, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek formaldehit emisyonu değeri vernikli lamine sarıçam panellerinde 3. ortamda (530,5 ppb), en düşük formaldehit emisyonu değeri ise verniksiz lamine Doğu kayını panellerinin 1. ortamda (335,7 ppb) yapılan ölçümlerinde tespit edilmiştir. Örneklerin 3. ortamdaki formaldehit emisyon değerleri, 1. Ortamdaki formaldehit emisyonu değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Buna ait grafik Şekil 5.13'de verilmiştir.



Şekil 5.13. Ağaç türü, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

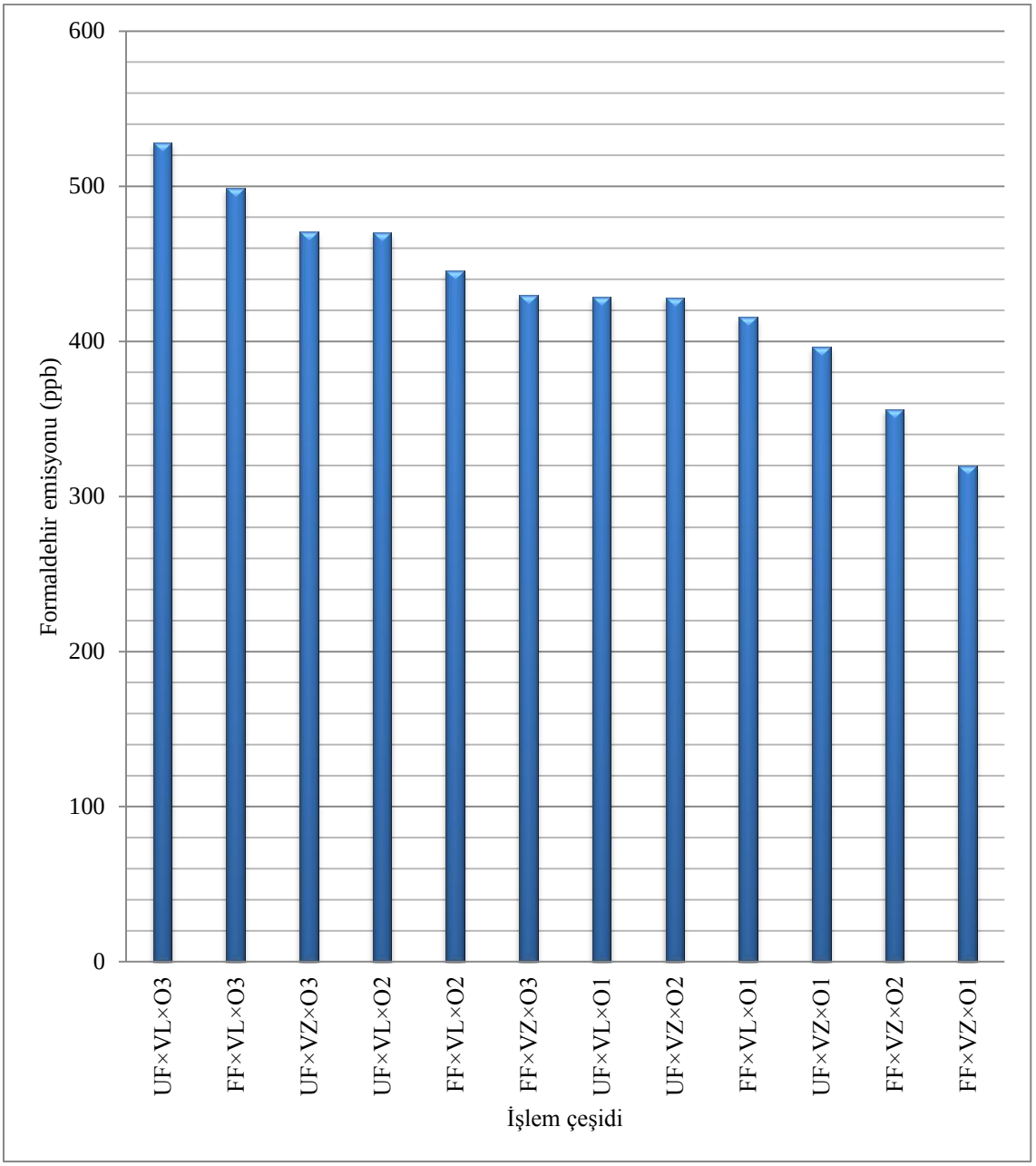
Tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.20'de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
UF×VL×O3	*528,2*	*A*
FF×VL×O3	*498,8*	*B*
UF×VZ×O3	*470,9*	*C*
UF×VL×O2	*469,9*	*C*
FF×VL×O2	*445,7*	*D*
FF×VZ×O3	*429,9*	*E*
UF×VL×O1	*428,6*	*EF*
UF×VZ×O2	*428,3*	*F*
FF×VL×O1	*415,7*	*G*
UF×VZ×O1	*396,2*	*H*
FF×VZ×O2	*356,2*	*I*
FF×VZ×O1	*319,8*	*J*

LSD: ± 1,450

Tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre UF×VZ×O3 etkileşiminin formaldehit emisyonu ile UF×VL×O2 etkileşiminin formaldehit emisyonu arasında istatistiksel olarak fark olmadığı anlaşılmaktadır. FF×VZ×O3, UF×VL×O1 ve UF×VZ×O2 etkileşimlerinin formaldehit emisyonu değerleri birbirine yakındır. En yüksek formaldehit emisyonu değeri UF×VL×O3 etkileşiminde (528,2 ppb); en düşük formaldehit emisyonu ise FF×VZ×O1 etkileşiminde (319,8 ppb) tespit edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 5.14'de verilmiştir.



Şekil 5.14. Tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

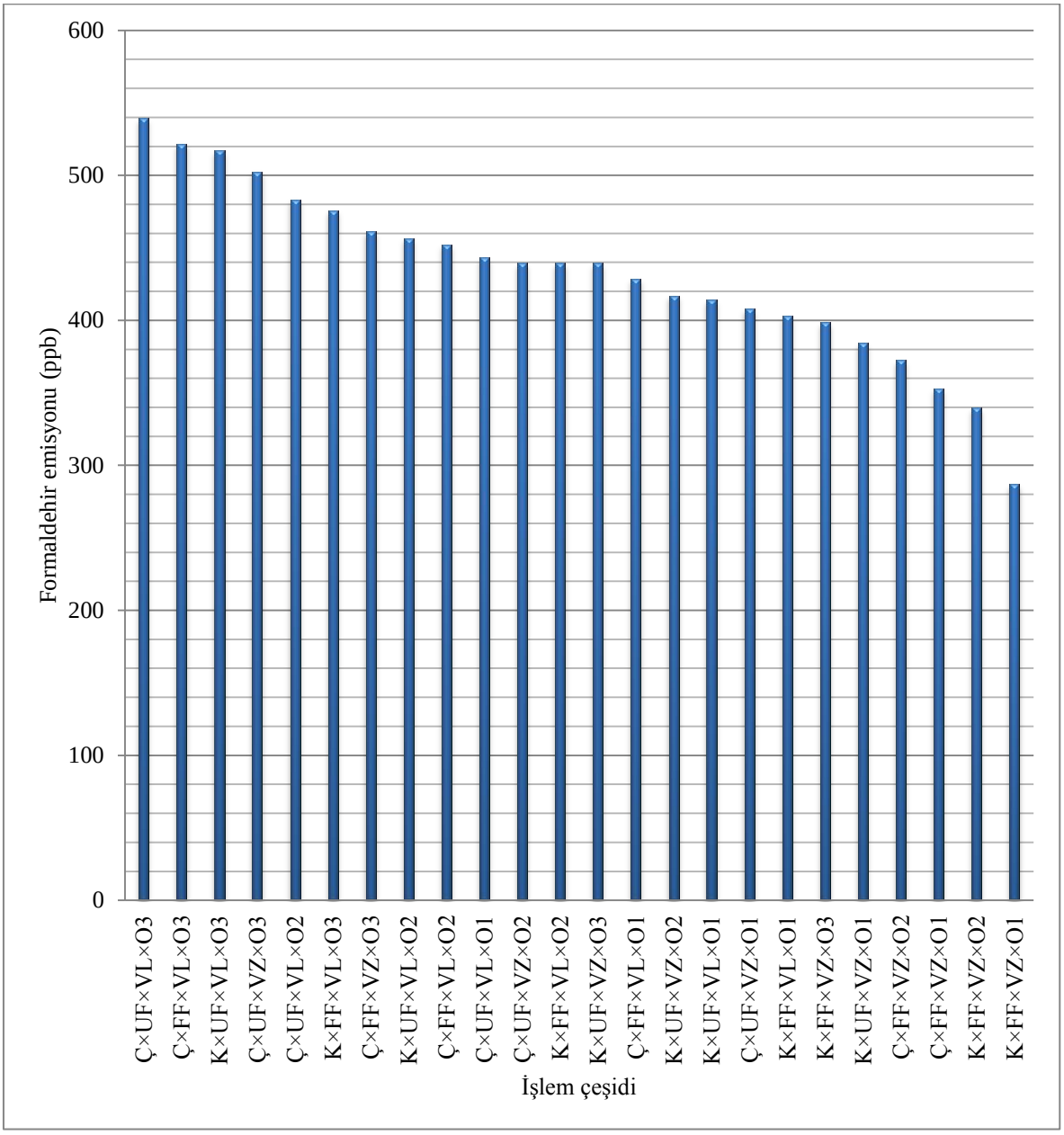
Lamine panel işlemlerinde incelenen tüm faktörlerin -ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı- etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.21'de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem Çeşidi	*x*	*HG*
Ç×UF×VL×O3	*539,3*	*A*
Ç×FF×VL×O3	*521,8*	*B*
K×UF×VL×O3	*517,1*	*C*
Ç×UF×VZ×O3	*502,5*	*D*
Ç×UF×VL×O2	*483,2*	*E*
K×FF×VL×O3	*475,8*	*F*
Ç×FF×VZ×O3	*461,2*	*G*
K×UF×VL×O2	*456,5*	*H*
Ç×FF×VL×O2	*452,2*	*I*
Ç×UF×VL×O1	*443,2*	*J*
Ç×UF×VZ×O2	*439,7*	*K*
K×FF×VL×O2	*439,3*	*K*
K×UF×VZ×O3	*439,3*	*K*
Ç×FF×VL×O1	*428,5*	*L*
K×UF×VZ×O2	*416,8*	*M*
K×UF×VL×O1	*414,1*	*N*
Ç×UF×VZ×O1	*407,8*	*O*
K×FF×VL×O1	*402,8*	*P*
K×FF×VZ×O3	*398,5*	*Q*
K×UF×VZ×O1	*384,5*	*R*
Ç×FF×VZ×O2	*372,5*	*S*
Ç×FF×VZ×O1	*352,8*	*T*
K×FF×VZ×O2	*339,8*	*U*
K×FF×VZ×O1	*286,8*	*V*

Lamine masif ağaç levhanın formaldehit emisyonunda incelenen ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre Ç×UF×VZ×O2 etkileşiminde,

K×FF×VL×O2 ve K×UF×VZ×O3 etkileşimleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek formaldehit emisyon değeri (539,3 ppb) Ç×UF×VL×O3'de ölçülmüştür. En düşük formaldehit emisyon değeri (286,6 ppb) K×FF×VZ×O1'de tespit edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 5.15'de verilmiştir.



Şekil 5.15. Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernikleme işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

Tabakalı ağaç malzeme örneklerinin formaldehit emisyonuna ait istatistik değerler Çizelge 5.22'de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Tabakalı ağaç malzeme örneklerine ait formaldehit emisyonu istatistiksel değerleri (ppb)

Deney Ortamları	Yongalevha					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	812,5384615	809	815	1,780897985	3,171597633	13
2.Ortam	1244,615385	1240	1249	2,466341468	6,082840237	13
3.Ortam	1725,076923	1718	1732	4,581930034	20,99408284	13
Deney Ortamları	Liflevha					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	746,4615385	743	749	1,73716766	3,269230769	13
2.Ortam	1031,153846	1028	1035	2,315371837	5,807692308	13
3.Ortam	1610,076923	1604	1615	3,518337423	13,41025641	13
Deney Ortamları	Suntalam					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	630,7692308	628	633	1,52687948	2,525641026	13
2.Ortam	851,5384615	849	854	1,336780554	1,935897436	13
3.Ortam	1251,307692	1248	1254	2,126196148	4,897435897	13
Deney Ortamları	MDFlam					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	579,4615385	574	585	3,078845553	10,26923077	13
2.Ortam	702,0769231	698	705	2,055444495	4,576923077	13
3.Ortam	1031,769231	1029	1035	2,224128045	5,358974359	13
Deney Ortamları	Kenarları Kaplanmış Suntalam					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	545,3846154	540	549	2,732664564	8,08974359	13
2.Ortam	691,1538462	688	694	1,747356414	3,307692308	13
3.Ortam	961,1538462	958	964	1,79087958	3,474358974	13
Deney Ortamları	Kenarları Kaplanmış MDFlam					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	535,3846154	530	539	2,588092899	7,256410256	13
2.Ortam	683,6923077	681	690	2,398224195	6,230769231	13
3.Ortam	792,6153846	786	796	2,896641598	9,08974359	13
Deney Ortamları	Kavak Kontrplak					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	445,3846154	441	448	2,305126779	5,756410256	13
2.Ortam	602,5384615	599	605	1,692307692	3,102564103	13
3.Ortam	942	938	946	2,449489743	6,5	13
Deney Ortamları	Kayın Kontrplak					
	X_{ort}	X_{min}	X_{mak}	Ss	v (s^2)	N
1.Ortam	392,6153846	390	395	1,777572309	3,423076923	13
2.Ortam	457,3076923	453	460	2,014738593	4,397435897	13
3.Ortam	604,5384615	601	609	2,649103901	7,602564103	13

X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, Ss: Standart sapma, v: Varyasyon katsayısı, N: Numune sayısı

Tabakalı ağaç malzeme örneklerinin, kaplamalı, kenar kaplamalı olması durumunda, faklı nem ve sıcaklık koşullarında yaydıkları formaldehit emisyonuna ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.23'de verilmiştir.

Çizelge 5.23. Tabakalı ağaç malzeme örneklerine ait çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	*Serbestlik Derecesi*	*Kareler Toplamı*	*Kareler Ortalaması*	*F Değeri*	*P* $\alpha \leq 0,05$
Malzeme(A)	*7*	*18342250,638*	*2620321,520*	*4793,5006*	*0,0000*
Ortam(B)	*2*	*14521195,583*	*7260597,792*	*13282,2173*	*0,0000*
A×B	*14*	*3251046,160*	*232217,583*	*424,8086*	*0,0000*
Hata	*288*	*157432,462*	*546,640*		
Toplam	*311*				

Tabakalı ağaç malzemenin, faklı nem ve sıcaklık ortamlarındaki etkileşimi, $\alpha \leq 0,05$ olduğundan istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Etkili olan değişkenlere ilişkin homojenlik test sonuçları aşağıda verilmiştir.

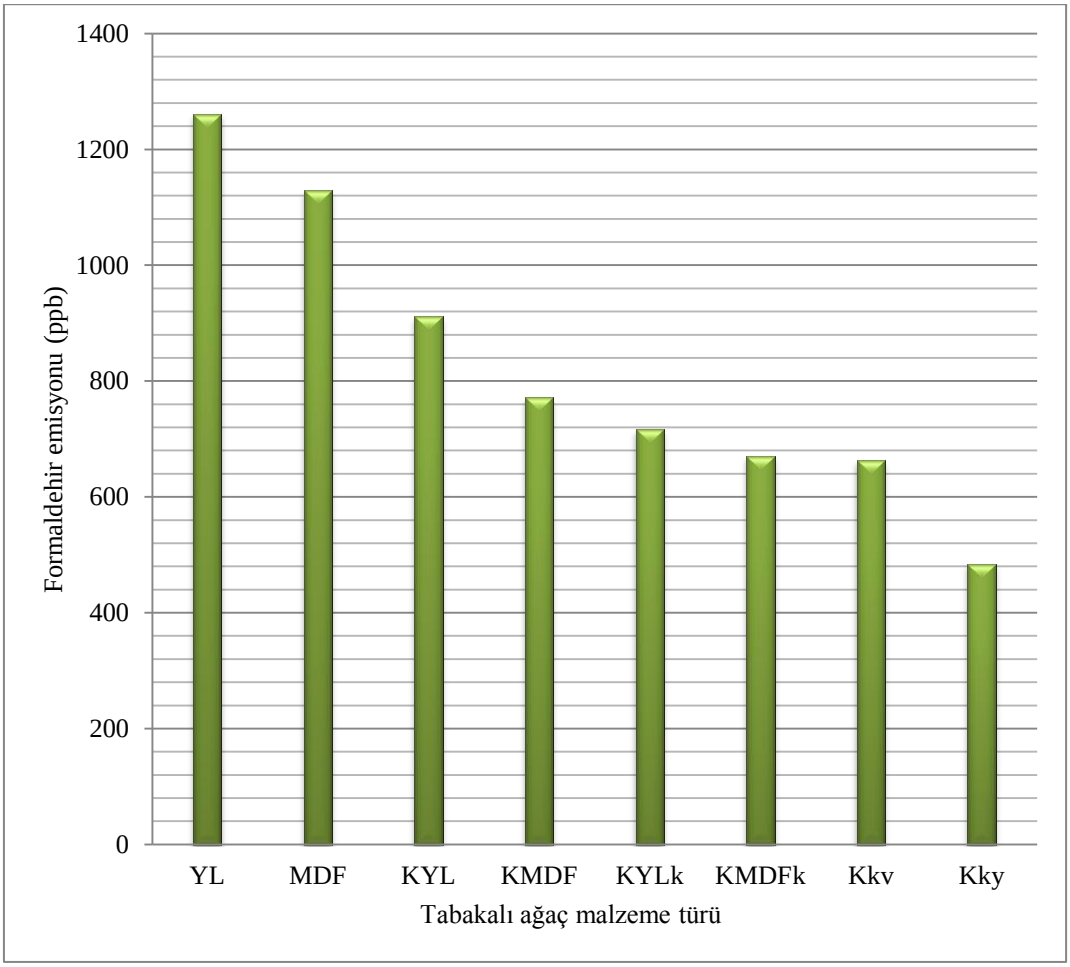
Denemelerde incelenen tabakalı ağaç malzeme türüne göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.24'de verilmiştir.

Çizelge 5.24. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem	*x*	*HG*
YL	*1261*	*A*
MDF	*1129*	*B*
KYL	*911,2*	*C*
KMDF	*771,3*	*D*
KYLk	*716,9*	*E*
KMDFk	*670,7*	*F*
Kkv	*663,3*	*F*
Kky	*484,4*	*G*

LSD: ± 10,42

Tabakalı ağaç malzeme türü, formaldehit emisyonu değerlerinde tiplerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. En yüksek formaldehit emisyonu değeri yüksek formaldehit emisyon değeri (1261 ppb), yüzey ve kenar kaplama yapılmadan test edilen yongalevhada ölçülmüştür. En düşük formaldehit emisyonu değeri (484,4 ppb) ise temin edildiği şekilde denenen kayın kontrplakta ölçülmüştür. Kavak kontrplak formaldehit emisyonu değeri (663,3 ppb) kayın kontrplak formaldehit emisyonu değerinden (484,4 ppb) yüksek çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 5.16'da verilmiştir.



Şekil 5.16. Tabakalı ağaç malzeme türüne göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

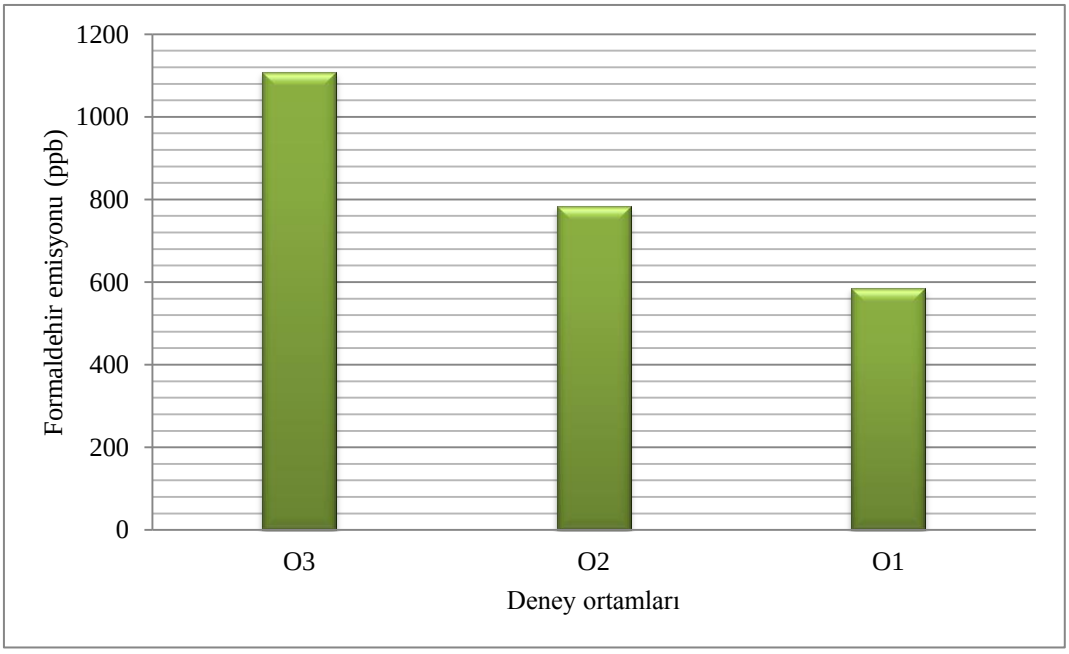
Formaldehit ölçümlerinin yapıldığı farklı sıcaklık ve nem koşullarındaki ortamlara göre elde edilen formaldehit emisyonu değerleri arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.25'de verilmiştir.

Çizelge 5.25. Deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

Ortam Çeşidi	*x*	*HG*
40 ºC Sıcaklık - % 35 Nem	*1109*	*A*
20 ºC Sıcaklık - % 65 Nem	*783*	*B*
10 ºC Sıcaklık - % 95 Nem	*585,9*	*C*

LSD: ± 6,38

En yüksek formaldehit emisyon değeri O3'te (1109 ppb); en düşük formaldehit emisyonu değeri O1'de (585,9 ppb) elde edilmiştir. Her üç ortamda ölçülen formaldehit emisyonu değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Buna ait grafik Şekil 5.17'de verilmiştir.



Şekil 5.17. Deney ortamına göre ortalama formaldehit emisyonu değerleri

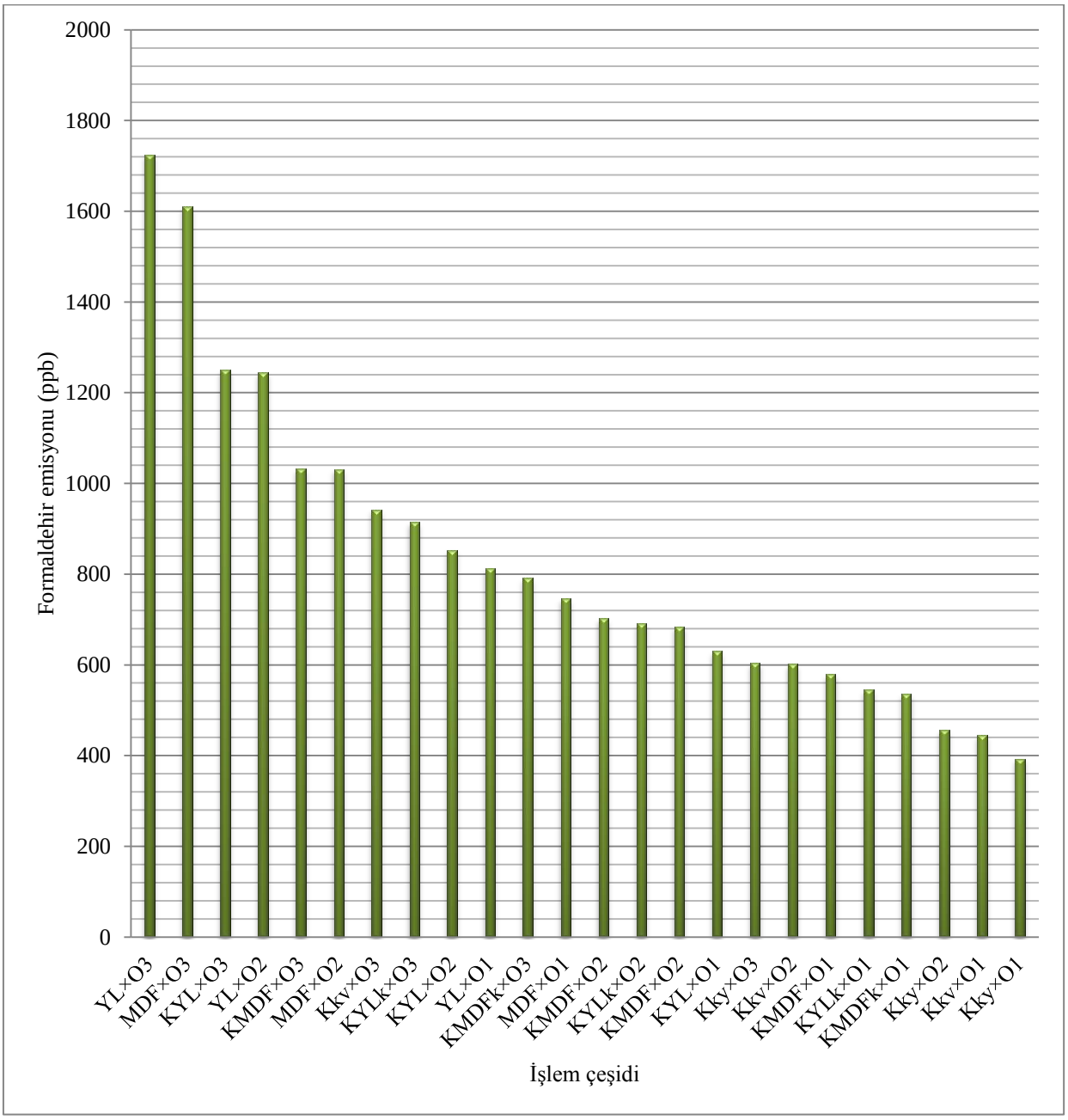
Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre elde edilen formaldehit emisyonu arasındaki farkın belirlenmesine ilişkin homojenlik testi Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Tabakalı ağaç malzeme türüne ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu homojenlik grupları (ppb)

İşlem	*x*	*HG*
YL×O3	*1725*	*A*
MDF×O3	*1610*	*B*
KYL×O3	*1251*	*C*
YL×O2	*1245*	*C*
KMDF×O3	*1032*	*D*
MDF×O2	*1031*	*D*
Kkv×O3	*942,5*	*E*
KYLk×O3	*915,1*	*F*
KYL×O2	*851,8*	*G*
YL×O1	*812,5*	*H*
KMDFk×O3	*792,4*	*I*
MDF×O1	*746,5*	*J*
KMDF×O2	*702,2*	*K*
KYLk×O2	*691,1*	*K*
KMDFk×O2	*684,5*	*K*
KYL×O1	*630,8*	*L*
Kky×O3	*604,2*	*M*
Kkv×O2	*602,2*	*M*
KMDF×O1	*579,6*	*N*
KYLk×O1	*544,7*	*O*
KMDFk×O1	*535,2*	*O*
Kky×O2	*456,6*	*P*
Kkv×O1	*445,4*	*P*
Kky×O1	*392,5*	*Q*

LSD: ± 18,04

Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre KYL×O3 ile YL×O2; KMDF×O3 ile MDF×O2; KMDF×O2, KYLk×O2 ve KMDFk×O2; Kky×O3 ile Kkv×O2; KYLk×O1 ile KMDFk×O1 ve Kky×O2 ile Kkv×O1 etkileşimlerinin formaldehit emisyon değerleri arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek formaldehit emisyonu (1725 ppb) YL+O3 etkileşiminde, en düşük formaldehit emisyonu (392,5 ppb) Kyk+O1 etkileşiminde tespit edilmiştir. Buna ait grafik Şekil 5.18'de verilmiştir.



Şekil 5.18. Tabakalı ağaç malzeme türü ve deney ortamı etkileşimine göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

VOC (formaldehit) emisyonunun belirlenmesi ve emisyonu azaltıcı işlemler ile ilgili, denemelerde elde edilen sonuçlar, konu ile ilgili literatürde yer alan çalışmaların sonuçları ile aşağıda karşılaştırılmıştır.

Masif malzemede ağaç türü bakımından sarıçam (450,4 ppb), Doğu kayınından (414,3 ppb) daha yüksek formaldehit emisyonu yaymıştır. Odun örneklerinden kullanım yerlerinde yayılan formaldehit emisyonunda, kalınlık, yoğunluk, porozite ve yüzey karekteristikleri gibi örneğe özgü faktörler etkilidir. Doğu kayınından daha düşük formaldehit emisyonu yayılması, yoğunluğunun sarıçamdan fazla olması ile açıklanabilir. Yoğunluğun yüksek olması formaldehit emisyonunu düşürürken, düşük yoğunluk formaldehit emisyonunu yükseltmektedir. Nitekim bir çalışmada yoğunluğun fazla olmasının formaldehit ayrışmasını sınırlandırdığı bildirilmiştir (Çolak, 2002). Laminasyon işleminde kullanılan tutkalın düşük yoğunluktaki sarıçamda yapıya katılım oranının; Doğu kayınında tutkalın yapıya katılım oranından daha yüksek olması formaldehit emisyonunun sarıçam levhalarda Doğu kayını levhalardan daha yüksek olmasına sebep olabilir. Tutkallamada, ağaç malzeme yüzeyini ıslatabilme ve tutkalın hücre çeper boşluklarına nüfuz edebilme özelliğinin yüksekliği, kullanılan tutkalda pres işlemi esnasında yüzeye çıkan tutkal oranının azalmasına; daha fazla miktarda tutkalın yapıda kalmasına ve formaldehit emisyonu potansiyelinin artmasına neden olmaktadır (Keskin, 2001).

Formaldehit emisyonuna ağaç türünün etkisini belirlemeye yönelik yapılan bilimsel çalışmalar irdelendiğinde, bir çalışmada kavak kontrplak emisyonu kayın ve okume kontrplak emisyonlarından fazla çıkmıştır. Ayrıca tüm faktörler aynı kalmak şartıyla meşe ve çam yongalarıyla üretilen yongalevhaların kıyaslandığı bir çalışmada, formaldehit emisyonunun meşe ile üretilen yongalevhada çam ile üretilen yongalevhaya göre daha az çıktığı, ladinden üretilen yongalevhalardaki formaldehit emisyonu, kayından yapılmış yongalevhalardaki formaldehit emisyonundan daha yüksek çıktığı açıklanmıştır (Çolakoğlu, 1993). Ayrıca kayın kontrplaklar, kızılağaç kontrplaklardan daha az formaldehit emisyonu yaymıştır (Çolak, 2002). Diğer bir çalışmada ise, ağaç türünün formaldehit emisyonunu etkilediği vurgulanmış; kayın, kavak, ladin, huş ağacı ve çam kontratablalarda, en yüksek emisyon huş ağacında (1,35 mg/m².h), en düşük kavakta (0,9 mg/m².h) bulunmuştur. Ayrıca, ağaç türünün formaldehit emisyonunu istatistiksel olarak

anlamlı etkilediği de ifade edilmiştir (Böhm, Salem ve Srba, 2012). Bazı faktörlerin yongalevhadaki formaldehit emisyonuna etkisinin irdelendiği bir başka çalışmada, üretilen yongalevhalarda faklı ağaç yongaları belli oranlarda kullanılmıştır. % 70'i çam, % 20'si kayın ve % 10'u kavak yongasından oluşan yongalevha ile 70'i kayın, % 20'si çam ve % 10'u kavak yongasından oluşan yongalevhanın formladehit emisyonu kıyaslanmıştır. Yapısında % 70 oranında çam parçacıkları içeren yongalevha, yapısında % 70 oranında kayın içeren yongalevhadan daha yüksek oranda formaldehit emisyonu yaymıştır (Nemli ve Öztürk, 2006)

Verniklenmiş lamine masif ağaç malzemede (464,5 ppb) formaldehit emisyonu, verniklenmemiş örneklere göre (400,2 ppb) daha yüksek çıkmıştır. Ağaç malzemenin verniklenmesinin formaldehit emisyonunu artırdığı ifade edilebilir. Bu durum, selülozik verniğin, nitroselüloz ve sülfirik asitlerden; aseton, amil-asetat, butil-asetat, etil-asetat gibi eriticilerden; vernik reçinelerinden; toluen ve benzen gibi incelticilerden ve plastikleştiriciler veya yumuşatıcılardan (fosforik ve fethalik asitler) meydana gelmesinden dolayı; verniğin yapısını oluşturan VOC emisyonu kaynağı maddelerin, yalın ağaç malzemenin formaldehit emisyonunun artmasına sebep olmuş olabileceği şeklinde açıklanabilir (Hammond ve diğerleri, 1969:65-77). Bir çalışmada üst yüzey işlemlerin de formaldehit emisyonunu etkileyen faktörlerinden birisi olduğu ifade edilmiş; boyanmış kontratabla deney örneklerindeki formaldehit emisyonu (0,048 mg/m³), kaplanmamış (boyanmamış) deney örneklerinden (0,032 mg/m³) daha yüksek bulunmuştur. Özellikle boyanmış deney örneklerinde iki haftadan sonra anlamlı şekilde formaldehit emisyonu düşüşü görüldüğü de ifade edilmiştir (Böhm, Salem ve Srba, 2012). Ayrıca, bir çalışmada MDF ve HDF'nin 200 g/m² ölçüde yağ bazlı boya ile kaplanması işleminin formaldehit emisyonunu artırıcı etki yaptığı bildirilmiştir (Salem, Böhm, Srba ve Beránková, 2012).

Ağaç türü ve vernik işlemi etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu değeri (478 ppb) vernikli sarıçam örneklerinde ölçülmüştür. Bu durum sarıçamın yapısından kaynaklanan formaldehit emisyonuna ek olarak, selülozik verniğin de formaldehit emisyonu kaynağı olmasından ve diğer örneklere göre toplamda yayılan formaldehit emisyonun nicel fazlalığından kaynaklanmış olabilir.

Yapılan bir çalışmada; ağacın formaldehit kaynağı olabilecek organik bileşikler içerdiği ve yaydığının bilindiği, ağaç kaynaklı formaldehit emisyon miktarının, ağacın ve tabakalı

ağaç malzemenin (yongalevha, liflevha vb.) işlenmesi sürecinde yükseldiği ifade edilmiştir. Bu artışın kurutma, presleme ve termo hidroliz gibi işlemlere ilişkilendirilebileceği açıklanmıştır. Formaldehitin çok yüksek ısı altında ahşaptan yayıldığı ve ahşap esaslı panellerin normal kullanım şartlarında yaydıkları formaldehit emisyonunda çok önemli bir kaynak olduğunun beklenmediği vurgulanmıştır. Formaldehitin normal çevre koşullarının altında ve üstünde; ısıtma olmasa da tespit edilebildiği açıklanmıştır. Ahşaptaki formaldehit emisyonu varlığı, yapıştırıcı reçinedeki ahşap polisakkaritlerin ısıl bozunmasıyla açıklanmıştır. Formaldehit emisyon seviyelerinin, ağaç türleri, nem içeriği, dış sıcaklık, ve depolama süresi gibi faktörlere bağlı olduğu gösterilmiştir (Salem ve Böhm, 2013).

Denemelerin yapıldığı üç çeşit ortamda en yüksek formaldehit salınımı 40 ºC Sıcaklık - % 35 Nem şartlarındaki 3. ortamda (481,9 ppb), en düşük formaldehit emisyonu değeri (390,1 ppb) ise 10 ºC Sıcaklık - % 95 Nem şartlarındaki 1. ortamda ortaya çıkmıştır. Sıcaklık artışıyla doğru orantılı olarak formaldehit emisyonu da artış göstermiştir. Nitekim bir çalışmada iki farklı oda sıcaklığında (37 °C ve 50 °C) denemeler yapılmış, formaldehit emisyon kaynağı malzemelerin yüksek sıcaklıklarda (bu çalışma için 50 °C) kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Öte yandan farklı sıcaklıklarda formaldehit salınımı değişimini izleyen bir başka çalışmada, çalışma için belirlenen 3 farklı (23 °C, 29 °C ve 50 °C) sıcaklık arasında 29 °C' den sonra formaldehit emisyon oranında önemli artış olduğu tespit edilmiştir (Wiglusz ve diğerleri, 2002). Alttan ısıtmalı ve hava dolaşımlı sistemde zemin kaplamalarının TVOC (Total Volatile Organic Compounds) ve formaldehit emisyonu davranışlarının incelendiği bir çalışmada da, döşeme yüzey sıcaklığı 20 ºC, 26 ºC ve 32 ºC'de ayarlanmış; zemin döşemesinden kaynaklı formaldehit emisyon oranının 32 ºC'de en yüksek olduğu ve zaman içinde düştüğü bildirilmiştir. Ayrca zeminden ısıtmalı sistemdeki numunelerin, hava sirkülasyonlu örneklerden daha yüksek formaldehit emisyonu yaydıkları belirtilmiştir. Sıcaklık ile formaldehit emisyonu ve VOC davranışı arasında pozitif ilişki gözlenmiştir (Kim, S.,An, Kim, H. ve Seo, 2010). Bir başka çalışmada ise, sıcaklık ve bağıl nemin boya ve vernikten gelen emisyonlar üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Sıcaklık arttıkça boya ve vernikte TVOC emisyon oranlarının arttığı ifade edilmiştir (Haghighat ve De Bellis, 1998).

Ağaç türü ve ortam etkileşimine göre sarıçam 3. ortamda en yüksek formaldehit emisyonunu (506,2 ppb), sarıçam 1. ortamda en düşük formaldehit emisyonunu (372,1

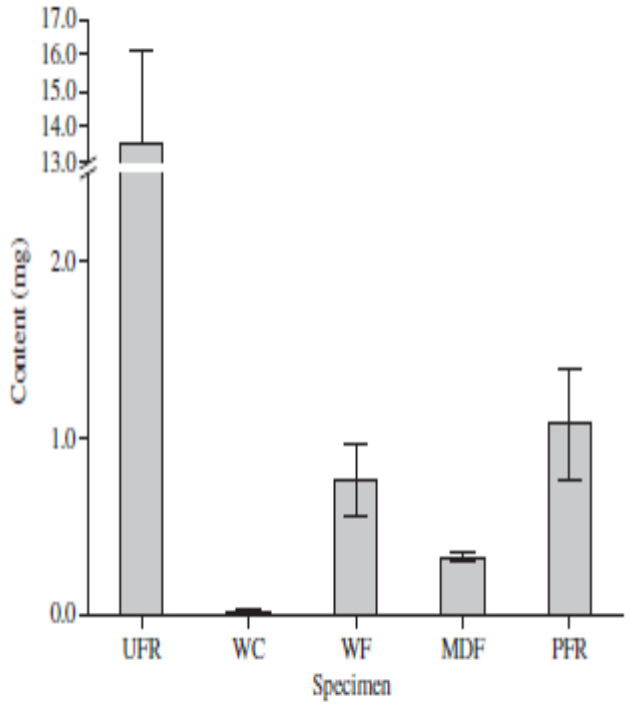
ppb) yaymıştır. Doğu kayınından çıkan formaldehit emisyon değeri de 3. ortamda (457,7 ppb) yükselmiştir. Bu durum, ağacın doğal yapısından kaynaklı formaldehit emisyonunun da sıcaklığın katalizör görevi görmesi ile açıklanabilir.

Vernikli örneklerin 3. ortamdaki formaldehit emisyonu değeri en yüksek (513,5 ppb), verniksiz örneklerin 1. ortamdaki formaldehit emisyonu değeri en düşük (358 ppb) çıkmıştır. Sıcaklığın artması formaldehit emisyonunu artırmış, vernikleme yapılması da formaldehit emisyonunu artırmıştır. Formaldehit emisyonunu artırıcı etki düzeyine göre sıcaklık artışının, vernikleme işleminden daha yüksek etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Lamine masif ağaç malzemede en yüksek formaldehit emisyonu üre formaldehit (UF) tutkalda 3. ortamda (499,5 ppb), en düşük formaldehit emisyonu değeri ise fenol formaldehit (FF) tutkalda 1. ortamda (367,7 ppb) elde edilmiştir. Bu durum nem ve sıcaklık değişimleriyle tutkalın yapısında bulunan ve yapışma işlemi sonunda stabilleşen bileşenlerin sıcaklık ve nem koşullarından dolayı harekete geçmesiyle açıklanabilir. Masif ağaç malzeme içinde bulunduğu ortamdaki nemi bünyesine alarak (adsorpsiyon), hücre çeperindeki bağıl suyun artması ile yapıdaki tutkalın hidrolize olarak kararlılığının bozulmasını kolaylaştırmakta ve reçine yapısındaki formaldehitin ortama yayılmasına sebep olmaktadır. Nitekim bir çalışmada, üre formaldehit tutkallarda iki aşamadan oluşan üre ve formaldehit reaksiyonunda, 1. aşama reaksiyonunun nem ve suyun sebep olduğu hidrolize karşı düşük direnç göstermesi formaldehit emisyonunun temel sebebi olarak ifade edilmiştir. Buna karşın fenol ile formaldehitin reaksiyonu ile yapışma sağlayan fenol formaldehit tutkallarda bağın daha güçlü olduğu açıklanmıştır (Çolak, 2002).

Tutkal çeşidine göre formaldehit emisyonu miktarı incelendiğinde, UF tutkallı örneklerdeki formaldehit emisyonunun (453,7 ppb) fenol formaldehit tutkallı örneklerden (411 ppb) yüksek olduğu görülmüştür. Bir çalışmada, U/F oranı 1/1,74 olan tutkal ile üretilmiş kontrplaklarda en yüksek formaldehit emisyonu, en düşük formaldehit emisyonu ise fenol formaldehit ile üretilmiş kontrplaklarda tespit edilmiştir (Çolak, 2002). Aminoplast olan üre formaldehit tutkalda, reçinelerin oluşumunda meydana gelen bağlanma reaksiyonları tersinir (geri dönüşlü) olmaktadır. Bundan dolayı bağın kararlılığı fenol ile formaldehit arasında oluşan bağın kararlılığından daha düşüktür. Üre-formaldehit bağı kolaylıkla hidrolize olabilmektedir. Hidroliz olayı asidik ve yüksek sıcaklığın olduğu koşullarda daha da artmaktadır. Hem üre formaldehit hem de fenol formaldehit tutkalda

metilol grupları oluşmaktadır. Ancak aminoplastlarda bu fenol gruplar bir azot atomuna bağlanırken, fenoplastlarda aromatik halkanın bir karbon atomuna bağlanmaktadır. C-C bağları hidrolize karşı daha kararlıdır. Fenoplastlardaki metilen, etilen ve metilen-eter köprüleri oluşturan ileri reaksiyonlar tersinir değildir. Yapıya gerekli miktarda katılan formaldehit kuruma işleminden sonra ayrışmamaktadır. Bu durumdaki fenol formaldehit reçineden açığa çıkan formaldehitin sebebi ise, fenol ile formaldehitin tamamlanmamış bir reaksiyonundan ya da tutkal yapısındaki aşırı formaldehit/paraformaldehit/ hexametilentetramin varlığından kaynaklanmaktadır (Çolak, 2002). Ahşap esaslı panelin farklı üretim basamaklarındaki formaldehit emisyon değerlerini tespit etmek amacıyla yapılan bir çalışmada üre formaldehit reçinesi, kavak ağaç yongası, reçineli ağaç lifi, MDF, fenol formaldehit reçinesi örneklerinin formaldehit emisyonları FLEC metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üre formaldehit reçinesinin emisyon değeri, fenol formaldehit reçinesinin emisyon değerinden daha yüksek çıkmıştır. Tüm örneklerin formaldehit emisyonu değerleri Şekil 6.1'de verilmiştir (He, Zhang ve Wei, 2012).



Şekil 6.1. Formaldehit emisyon değerleri (mg)

Bir başka çalışmada ise, orta yoğunlukta liflevha panellerden (MDF) yayılan formaldehit emisyonu miktarının üretimde kullanılan üre formaldehit reçinesine çeşitli mol oranlarında, propilamin, metilamin, etilamin, ve cyclopentylamin çözeltisi eklenerek

yayılan formaldehit emisyonunun azaldığı saptanmıştır (Boran, Usta ve Gümüşkaya, 2011).

Ağaç türü, tutkal çeşidi, vernik işlemi ve deney ortamı etkileşimine göre en yüksek formaldehit emisyonu Ç×UF×VL×O3'de (539,3 ppb); en düşük formaldehit emisyonu K×FF×VZ×O1'de (286,8 ppb) elde edilmiştir. Formaldehit emisyonu ile tutkal arasında paralellik bulunduğu (Akbulut, 1998), ve formaldehit emisyonun formaldehit bazlı reçinelerden kaynaklandığı açıklanmıştır (Kim ve diğerleri, 2007). Formaldehit emisyonunun üre formaldehit reçinelerin veya benzer aminoplastların yonga ve liflevha sanayinde büyük miktarda kullanılmasıyla ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Daha hızlı sertleşme ve daha az presleme süresi ile maliyetlerin düşürülmesi amacı için formaldehitin tutkal yapısında üre ve diğer maddelere oranla daha fazla kullanılmasının, formaldehit emisyonunu artırdığı bildirilmiştir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

Tabakalı ağaç malzeme türüne göre en yüksek formaldehit emisyon değeri (1261 ppb), hiçbir işlem yapılmamış ham yongalevhada ölçülmüştür. En düşük formaldehit emisyonu değeri (484,4 ppb) ise ham kayın kontrplakta ölçülmüştür. Ham yongalevhadan açığa çıkan yüksek formaldehit emisyonuna, malzemenin kaplanmamış olması, tüm yüzeyde üretim sonrası kalan formaldehit emisyonu çıkış kanallarının fazlalığı sebep olmuş olabilir. Nitekim formaldehit bağlayıcı aktif maddeler içeren yüzey işleme sistemleri ile yongalevhaya işlem yapmanın formaldehit emisyonunu azalttığı bildirilmiş, bir araştırmada dekoratif vinil kaplama maddesi sürülerek dış yüzeydeki tüm gözeneklerin tıkanabileceği bu sayede formaldehit emisyonunun azaltılabileceği bildirilmiştir. Ayrıca kaplanmamış enine kesitlerden de formaldehit emisyonu yayılımının fazla olduğu bildirilmiştir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986a).

Mobilya üretim endüstrisinde yaygın olarak kullanılan tabakalı ağaç malzeme çeşitleri olan yongalevha ve MDF kıyaslandığında; yongalevhadan kaynaklı formaldehit emisyonu (1261 ppb), MDF örneklerinden açığa çıkan formaldehit emisyonundan (1129 ppb) daha yüksek çıkmıştır. Nitekim yapılan bir çalışmada da desikatör metoduna göre yapılan ölçümde MDF'nin formaldehit emisyonu 3,48 mg/L; yongalevhanın formaldehit emisyonu 5,38 mg/L bulunmuştur. Aynı çalışmada perforatör metodu ile de ölçüm yapılmış; formladehit emisyonu MDF'de 8,57 mg/100 g ve yongalevhada 10,21 mg/100 g tespit edilmiştir (Kim,S., Kim, J-A., Kim, H-J. ve Kim, S., 2006a). Yongalevhadan yayılan

formaldehit emisyonunun MDF'den yayılan formaldehit emisyonundan daha yüksek olmasının sebebi olarak, yongalevhanın yapıdaki formaldehitin çıkışını kolaylaştıracak şekilde gözenekli olması, MDF'nin daha düzenli ve dar gözenekli yapıda olması ile açıklanabilir (Kim, S., Kim, J-A., Kim, H-J., Lee ve Yoon, 2006b).Bir çalışmada, dekoratif kaplamalar ile kaplama yapmanın panelin yüzeyindeki serbest formaldehiti ortadan kaldırmak için kullanılabileceği açıklanmıştır (Pirayesh, Khanjanzadeh ve Salari, 2013).

Yongalevhadan yayılan formaldehit emisyonunu azaltmaya yönelik bir diğer çalışmada yongalevha (PB) üretiminde kül , % 1, 3, 5 ve 10 oranında üre formaldehit reçine yapısına tutucu olarak eklenmiştir. Formaldehit emisyonu desikatör ve 20 L test kabini metotları ile ölçülmüş olup; Kül miktarının artması fiziksel özellikleri anlamlı manada değiştirmemiş ancak formaldehit emisyonunu düşürmüştür. Külün gözenekli formu ile kaba ve düzensiz yüzeye sahip olmasından, formaldehit yakalama ve emici özellikli olup mekanik ve fiziksel özellikleri olumsuz etkilemeyecek şekilde yongalevha içinde maksimum % 10 seviyesinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Kim ve diğerleri, 2007).

Çevre dostu MF/PVAc hibrit reçineler ile yapılmış zemin kaplama materyallerinin TVOC ve formaldehit emisyonu davranışları üzerine yapılan bir çalışmada, melamin formaldehit (MF) yerine Polivinil asetat (Pvac) (MF/PVAc oranı 100/0, 70/30, 50/50, 30/70 ve 0/100) eklenmiş, formaldehit emisyon seviyesi MF yerine PVAc eklenme oranının artmasıyla azalmıştır. Formaldehit emisyonu UF reçineli kayında 5,0 mg/L 'nin üzerinde (E_2 seviyesi aşılmışken), MF % 30 - PVAc % 70 oranlı örnekte 1,5 mg/L seviyesinin altında ölçülmüştür. Bu durum formaldehit emisyonun formaldehit bazlı reçinelerden kaynaklandığı ile açıklanmış; sadece PVAc ile üretilen örneklerde formaldehit emisyonu 0,25 mg/L ölçülmüştür (Kim, 2007).

MDF örneklerinde de formaldehit emisyonu 2. sırada en yüksek (1129 ppb) çıkmıştır. Bir çalışmada MDF en fazla formaldehit yayan ürünler arasında gösterilmiştir. Yapılan deneylerde formaldehit ve uçucu organik bileşiklerin MDF'den yapılan büro mobilyalarından aylarca yayılabildiği belirlenmiştir (Boran ve Usta, 2010).

Kavak kontrplak formaldehit emisyon değeri (663,3 ppb) kayın kontrplağın formaldehit emisyonu değerinden (484,4 ppb) daha yüksek çıkmıştır. Elde edilen bu sonuç literatürdeki çalışma sonuçları ile paralellik göstermektedir. Nitekim bir çalışmada da kavak kontrplak

formaldehit emisyonu ortalama değeri (66,24 mg/100 g), kayın kontrplak formaldehit emisyonu ortalama değerinden (48,28 mg/100 g) daha yüksek bulunmuştur (Şensögüt ve diğerleri, 2009). Bir başka çalışmada da kayın kontrplak formaldehit emisyonu değeri kızılağaç kontrplak formaldehit emisyon değerinden düşük çıkmış; bu durumun nedeninin kayın kontrplağın yoğunluğunun daha yüksek olması ile açıklanabileceği ifade edilmiştir. Yoğunluğun fazla olmasının formaldehit ayrışmasını sınırlandırdığı açıklanmıştır (Çolak, 2002). Bir çalışmada ise, 5 katmanlı melamin üre formaldehit tutkallı kavak kontrplaktan yayılan formaldehit emisyon değerinin kayın kontrplak değerinden ve okaliptüs kontrplak formaldehit emisyon değerlerinden daha yüksek bulunmuştur (Ding ve diğerleri, 2013). Kavak kontrplakta ölçülen formaldehit emisyon değerinin kayından yüksek olması, pres sıcaklığının etkisi ile odundaki asetil gruplarının ayrılması ile oluşan asetik asitin formaldehiti bağlayıcı özelliğinin kayında daha yüksek olmasıdır. Kayındaki asetil grupları (% 4,5-7,1) kavaktaki asetil gruplarından daha yüksektir (% 2,9-3). Ayrıca kontrplak yüzeyinden ayrışan formaldehit emisyonu ağacın anatomik yapısı, porozitesi ve difüzyon direnci ile de ilişkili olabilmektedir (Çolakoğlu, 1993). Yapılan bir çalışmada da çam kontrplaklardan çıkan formaldehit emisyonu kayın kontrplaklara göre daha fazla bulunmuştur (Çolakoğlu ve diğerleri, 1998).

Kontrplaklarda formaldehit emisyonunun nispeten yüksek olması, yüzeysel tutkallanmış bir malzeme olan kontrplakta, formaldehit çıkışının dışa açılan yüzeylerde olmasından ve genellikle kontrplak üretiminde kullanılan kaplamaların soyma metoduyla üretilmesinden dolayı yüzeylerin gevşek veya sık strüktürlü ve gözenekli olmasından kaynaklanabilmektedir (Kurtoğlu ve Uçar, 1986b).

Tabakalı ağaç malzeme ölçümlerinde en yüksek formaldehit emisyon değeri 40 ºC sıcaklık ve % 35 nem şartlarındaki O3'de (1109 ppb); en düşük formaldehit emisyonu değeri ise 10 ºC sıcaklık- % 95 nem şartlarındaki O1'de (585,9 ppb) elde edilmiştir. Sıcaklık ve nem artışı malzemenin yapısında var olan ve tamamlanmış tepkime ile ağaç yapısıyla mikron ölçülerinde bağ kuran tutkalın tekrar harekete geçmesini sağlaması formaldehit emisyonu artışına neden olmuş olabilir. Ayrıca, üretilen levhaların kullanım sırasında rutubete maruz kalmaları sonucu özellikle, selülozun C6'daki OH grubuyla polimerleşen bağlanmalarda formaldehit bozunmaları söz konusu olmaktadır. Bu tür bir bozunma da formaldehit yayılımına neden olmaktadır. Mobilyalardan ortama formaldehit yayılımı, ortam sıcaklığı ve nemin artması ile artış göstermektedir (Aksakal ve diğerleri, 2005).

3. ortamı teşkil eden 40 ºC sıcaklık ve % 35 nemde en yüksek formaldehit emisyon değeri tespit edilmiştir. Sıcaklık azalışı ile formaldehit emisyon değerinde de azalma görülmüştür. Bu durum sıcaklıkla yapıdaki tutkalın ayrışma miktarı arasındaki doğru orantıdan kaynaklamış olabilir. Nitekim, Kore'de alttan ısıtma sistemlerinin yaygınlığı ve bu ısıtma sisteminin zemin parkelerinden açığa çıkan VOC'a etkisi üzerine yapılan çalışmada, formaldehit emisyonu, desikatör, 20 L oda ve FLEC yöntemi ile ölçülmüş, laminatın formaldehit emisyon oranı 32 ºC'de en yüksek desikatörde ölçülmüştür. Yerden ısıtmalı sistemdeki örnekler, hava sirkülasyon ile ısıtmalı sistemindeki örneklerden daha çok formaldehit emisyonu yaymıştır. Bu durumun, zemin ile kaplama alt kısmındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşabildiği açıklanmıştır (An, Kim, S. ve Kim, H-J., 2011). Yapılan bir çalışmada da, sıcaklık, bağıl nem ve hava değişim oranının VOC emisyonuna etkisi oda metoduyla ölçülmüştür. 8 gün boyunca yapılan test sonucunda elde edilen sonuçlara göre; sıcaklık 15 ºC'den 30 ºC'ye yükseltildiğinde formaldehit emisyon oranları 1,5 – 129 kat yükselmiştir. Bağıl nemin % 50'den % 80'e yükseltilmesi de formaldehit emisyon oranlarını 1-32 kat yükseltmiştir. Hava değişim oranının da 2 katına yükseltilmesi VOC konsentrasyonunu % 9-40 oranında azaltmıştır (Lin, Yue, Zhao ve Lee, 2009). Bir başka çalışmada da, formaldehit emisyonunun sıcaklık, rutubet, havalandırma gibi ortam şartlarından ve formaldehit tetikleyici ürünlerden çabuk etkilendiği tespit edilmiştir (Gündüz ve Ayan, 2014).

Kaplamalı yongalevhadan (suntalam) yayılan formaldehit emisyonu (911,2 ppb), yongalevhadan yayılan formaldehit emisyonunundan (1261 ppb); kaplamalı MDF'den (MDFlam) yayılan formaldehit emisyonu (771,3 ppb) da MDF'den yayılan formaldehit emisyonundan (1129 ppb) daha düşük çıkmıştır. Tabakalı ağaç malzemede formaldehit emisyon çıkış kanallarının kapatılması formaldehit emisyonunu düşürmüştür. Kenarları kaplanmış suntalam ve MDFlam deney örneklerinden yayılan formaldehit emisyonu, kenarları kaplanmamış örneklerden yayılan formaldehit emisyonundan daha düşük çıkmıştır. Yapılan bir çalışmada kompozit malzemelerde formaldehit emisyonunu düşürmek için aşağıdaki öneriler getirilmiştir.

1- Daha düşük aminoplastik reçineli mol oranı

2- NH_2 (formaldehit tutucu) içeren maddelerin kullanımı

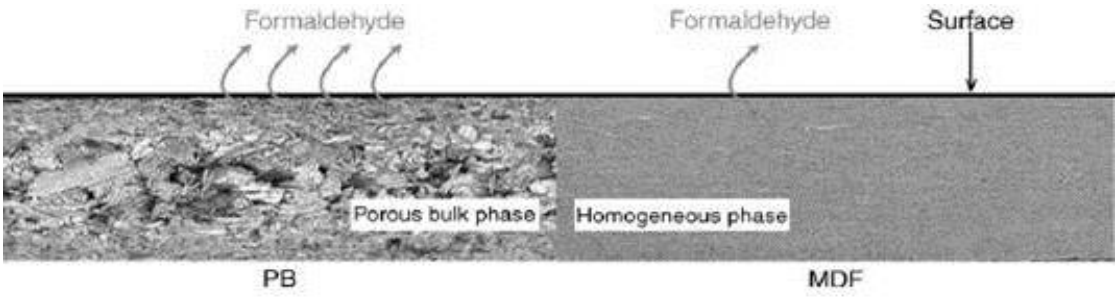
3- Levhaların üretimi esnasında formaldehit tutucu ve temizleyicilerin ilavesi

4- Levhaların üretim sonrası muamelesi

5- Levhaların kaplanması, boyanması, laminasyonu ile difüzyon bariyerleri uygulamaları.

Bir başka çalışmada da vurgulandığı üzere levhaların üretim sonrası kenarlarının kaplanması ve diğer işlemlerin formaldehit emisyonunu azaltıcı etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir (Athanassiadou, 2000). Bir diğer çalışmada, yongalevha ve MDF örnekleri incelenmiş; her bir numunenin kenarı parafilm, polietilen balmumu ve alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Kullanılan kaplama malzememe çeşitlerinin formaldehit emisyonu değişimine etkisi az iken kenarları kaplanmamış örneklerden yayılan formaldehit emisyonu, kenarları kaplı olan örneklerden yayılan formaldehit emisyonundan daha fazla bulunmuştur. Kenarı kaplı örneklerde formaldehit emisyonu azalma oranı %50-80 arasındadır (Kim ve diğerleri, 2006b). Kaplanmamış yongalevha ve MDF'den (ortalama 6 mg/m²); kaplanmış yongalevha ve MDF'den (3,5 mg/m²) daha yüksek formaldehit emisyonu yayılmıştır (Çolak, 2002).

Kenarları kaplama işlemine göre yongalevhadaki formaldehit emisyonu MDF'nin formaldehit emisyonuna göre daha fazla düşmüştür. Bu durumun sebebi olarak yonga levhanın büyük gözenekli yapıda olması gösterilmiştir. Bu duruma ilişkin şematik gösterim Şekil 6.2'de verilmiştir (Kim ve diğerleri, 2006b).



Şekil 6.2. Yüzey pürüzlüğü formaldehit emisyonu ilişkisi

Yüzeyi kaplamalı MDF'den elde edilen formaldehit emisyon miktarı (771,3 ppb), yüzeyi kaplanmamış MDF'den (1129 ppb) daha düşük çıkmıştır. Bu sonuç ile daha önce yapılmış çalışma sonuçları kıyaslandığında, paralellik görülmektedir. Nitekim bir çalışmada, MDF'nin üç tip kaplanmamış lignoselülozik yüzey malzemeleri (meşe dekoratif kaplama, düşük basınçlı melamin emdirilmiş kâğıt, yüksek basınçlı melamin emdirilmiş kâğıt) ve dört çeşit kaplanmış yüzey malzemesi (kaplamalı kâğıt, iki tip kaplama folyoları (önce ve sonra emdirilmiş) ve PVC) ile FLEC ve 20 L deney odası metoduna göre yapılmıştır.

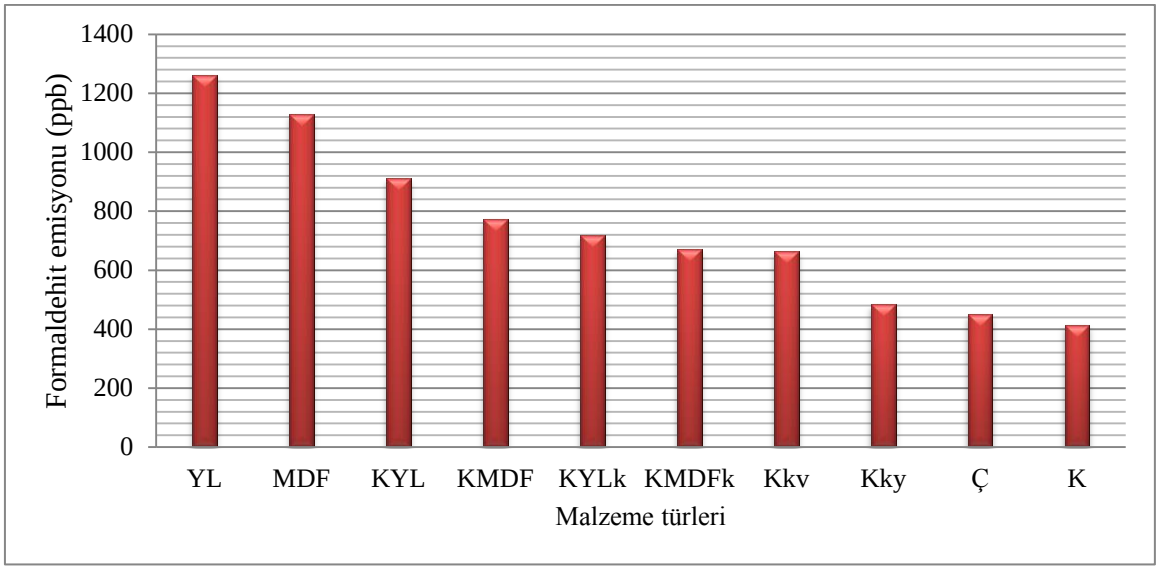
Kaplama yapılan örneklerde düşük formaldehit emisyonu ölçülmüştür (Kim, K. W., Kim, S., Kim, H. J., ve Park, 2010).

İki farklı istatiksel analiz yapılarak incelenen lamine masif ağaç malzeme ile tabakalı ağaç malzeme formaldehit emisyon sonuçları kıyaslandığında; elde edilen malzeme türüne göre formaldehit emisyonu değerleri Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Malzeme türüne göre formaldehit emisyonu değerleri (ppb)

Malzeme türü	*Formaldehit emisyonu*
YL	*1261*
MDF	*1129*
KYL	*911,2*
KMDF	*771,3*
KYLk	*716,9*
KMDFk	*670,7*
Kkv	*663,3*
Kky	*484,4*
Sarıçam (Ç)	*450,4*
Doğu kayını (K)	*414,3*

Çalışmada incelenen aynı ölçülerdeki örneklerde en yüksek formaldehit emisyonu yongalevhada (1261 ppb); en düşük formaldehit emisyonu lamine Doğu kayını panel örneklerinde (414,3 ppb) ölçülmüştür. Buna ait grafik Şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.3. Malzeme türüne göre formaldehit emisyonu değerleri grafiği

Bu çalışmada incelenen tüm deney örnekleri değerlendirildiğinde, en yüksek formaldehit emisyonu yongalevhada (1261 ppb); en düşük formaldehit emisyonu ise lamine Doğu kayınında (414,3 ppb) elde edilmiştir. Bu sonuç, çeşitli üretim yöntemleri kullanılarak üretilen ürünlerdeki formaldehit emisyon yüksekliğinin masif lamine ürünlerden 3 kat daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, masif levha laminasyonunda kullanılan tutkalın yapısal özelliklerinin yayılan formaldehit emisyonunda en önemli etken olduğu söylenebilir. Lamine masif ağaç malzemenin verniklenmesi tutkaldan kaynaklı formaldehit emisyonun yapıdan dışarı çıkışını engelleyici bir katman görevi görürken, vernik yapısındaki polimerler de formaldehit emisyon kaynağı oluşturabilmektedir.

Tabakalı ağaç malzeme kullanımında yüzey ve kenar kaplamalarının yapılması, yüzeyde ve diğer kısımlarda birleştirme, aksesuar (kulp, cam kanalı, vida deliği vb.) ve yan ürünlerin mobilyaya montajının ardından, gereksiz ve formaldehit emisyonu sızıntı kaynağı olabilecek tüm çıkışlar kapatılmalıdır. Masif ağaç malzemeden üretilmiş mobilyalara öncelik verilmelidir.

Sıcaklığın çok olduğu mekânlarda tabakalı ağaç malzeme kullanılacaksa, depolama süresi uzun olan, bir takım formaldehit tutucu ve azaltıcı işlemlerden geçirilmiş malzemelerin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Mutfak dolapları, radyatör dolapları vb. gibi sıcaklığa

maruz kalan mobilyalarda tabakalı ağaç kullanılmamasına azami dikkat edilmelidir. Evlerde biriken formaldehit emisyonunu azaltmak için havalandırma imkânları geliştirilmelidir.

Tüketici kullanımına sunulacak hale getirilen nihai mobilya ürünlerinden (etajer, komodin, sandalye, sehpa vb.) yayılan formaldehit emisyonunun tespiti, geliştirilen cihaz ile yapılarak, satış işlemlerinde her bir ürün için test sonucu elde edilen gerçekçi formaldehit emisyonu değerleri sunulabilmelidir. Tüketiciye sunulacak formaldehit emisyonu değerlerinde ürünlerin üretimde uygulanan tüm işlemlerden (kesme, birleştirme, kaplama, vidalama vb.) sonraki formaldehit emisyonu tayini pratik ve hızlı şekilde tespit edilebilecektir. Üretim sonrası formaldehit emisyonu değerlerinin tespiti ile tüketicinin maruz kalabileceği formaldehit emisyonu değerleri, test işlemleri esnasında oluşturulabilecek ortam koşullarına göre öngörülebilir hale gelebilecektir.

Kompozit mobilya elemanlarından kaynaklanan formaldehit emisyonu dışında, ev veya ofis ortamlarında bulunan diğer kaynaklardan (halı, tavan döşemeleri, duvar kâğıtları vb.) yayılan formaldehit emisyonu tespiti de daha sonraki çalışmalarda yapılabilir.

Formaldehit tespiti yapan cihazın portatif ve taşınabilir olması, deney ortamını dışında da okul, ofis, ev, hastane vb. yerlerde bulunan formaldehit emisyonunun pratik ve hızlı şekilde yapılmasını sağlayabilir. Ortamda bulunan tüm kaynaklardan yayılan formaldehit emisyonunun tespiti, yerinde ve gerçekçi şartlarda yapılarak bu ortamlarda zamanlarını geçiren insanların maruz kaldıkları toplam formaldehit emisyonu miktarı ve karşılaşılabilecek sağlık sorunları öngörülebilir olacaktır.

Cihazın ihtiyaca göre modifiye edilebilmesinden dolayı, formaldehit dışında insan sağlığını tehdit eden diğer uçucu organik bileşiklerin tespiti de yapılabilir. Uçucu organik bileşiğin kimyasal yapısına göre uygun sensör seçimi yapılarak, kapalı ortamlarda maruz kalınan formaldehit dışı uçucu organik bileşikler de tespit edilebilir.

Ahşap esaslı levha üretim tesislerinde üretim parametreleri (yonganın ağaç türü, tutkal çeşidi, presleme şartları, katkı maddeleri vb.) kontrol altında tutularak üretilen endüstriyel örneklerin formaldehit emisyonunun tespit edilmesi; daha sonra elde edilen sonuçlar ve şartlara ait bilgilerin tüketiciye levhaların ve bu levhalardan elde elden nihai ürünlerde

sunulması neticesinde; tüketicilerin istek ve hassasiyetlerine göre tercih ettikleri ürünlere ulaşabilmeleri sağlanmalıdır.

Formaldehit emisyonu konusunda ABD'de ve Avrupa ülkelerinde olan yasal düzenlenlemelerin ülkemizde de uygulanması gerekmektedir. ABD'de formaldehit emisyonu 0,1 ppm'in altında olan ürünler CARB belgesi ile sertifikalanmakta ve sadece bu ürünlere izin verilmektedir. Avrupa ülkelerinde ise ürünler Blauer Angel, Ecolabel ve E_1 belgesi ile sertifikalanmakta ve sadece formaldehit emisyon sınıfı E_1 olan ürünlerin üretilmesine ve ithalatına izin vermektedir. Ülkemizde ise 2013 yılından itibaren isteğe bağlı olarak verilen E_1 belgesi zorunlu hale getirilmeli ve üreticilerin bu bilgiyi tüketiciye sunması zaruri olmalıdır (Gündüz ve Ayan, 2014).

Yaşam alanlarında yapılacak dekorasyon çalışmalarında yükleme faktörüne dikkat edilmeli, odanın iç hacmine göre aşırı mobilya kullanımından kaçınılmalıdır. İç mekânlarda 1 m^3'lük oda hacmine 1 m^2'lik ahşap esaslı levha alanı düşecek şekilde düzenleme yapılmalıdır.

Dekorasyon çalışmalarında ısı kaynaklarına yakın olan yerlerde açık yüzeyli levha kullanılmamalıdır. Kalorifer panellerinde yüzey ve kenar kaplamaları yapılmış ahşap esaslı levha kullanılmalıdır. Alttan ısıtmalı sisteme sahip ev, okul, camii vb. yerlerde kullanılan zemin malzemelerinde de bu duruma dikkat edilmeli, imkânlar nispetinde masif ağaç parke kullanımı tercih edilmelidir.

Türkiye'de doğal şartlarda 3. ortam şartlarını oluşturan sıcaklık koşulları oluşabilmektedir. İç mekânda yaşanabilecek ideal sıcaklık ve nem şartları olan 20 °C sıcaklık ve % 65 nemde mobilya elemanlarından yayılan formaldehit emisyonu seviyesi yaşam kalitesini daha az etkilemekte olup, iç mekân şartlarının bu değerlerde ve havalandırma imkânlarına sahip olması tüketicinin formaldehit emisyonuna maruziyetini azaltabilecektir.

Formaldehit emisyonuna sabit sıcaklıktaki ortamda neminin etkisinin tespiti için, sıcaklığın sabit, nemin değişken olduğu farklı deney ortamlarında da deney örneklerinden yayılan formaldehit emisyon tespiti de daha sonraki çalışmalarda yapılmalı, neme göre deney örneklerinin formaldehit emisyonu davranışları tespit edilmelidir.

Ülkemizde faaliyet gösteren levha üretim tesislerinin uluslarasarı rekabette ürünlerini Avrupa ülkelerine ihraç edebilmesi için, E1 sınıfında üretim yapması kaçınılmazdır. Ancak sektörün karşı karşıya olduğu hammaddeye bağlı sorunları, otomasyon yetersizliği ve işgücü kullanımındaki fazlalık, teknolojik yetersizlik ve kapasite düşüklüğü gibi sorunları çözmesi ile E1 sınıfı ürünler elde etmek mümkün olabilecektir (Boran, 2002).

KAYNAKLAR

Akbulut, T. (1998). Taslak rutubeti ve F/U mol oranının formaldehit emisyonu ve yongalevhanın bazı teknolojik özellikleri üzerine etkisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, A 48(2), 23-38.

Aksakal, N., Vaizoğlu, A., S. ve Güler, Ç. (2005). Mobilyalardaki kimyasallar ve sağlık etkileri. *Sted*, 14(12), 268-272.

Alloucha, A., Guglielmino, M., Bernhardt, P., Serra, C.A. and Calvé, S. (2013). Transportable, fast and high sensitive near real-time analyzers: formaldehyde detection. *Sensors and Actuators*, B 181, 551– 558.

Alyüz, B. ve Veli, S. (2006). İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 7(2), 109-116.

An, J-Y., Kim, S. and Kim, H-J. (2011). Formaldehyde and TVOC emission behavior of laminate flooring by structure of laminate flooring and heating condition. *Journal of Hazardous Materials*, 187, 44-51.

Anşin, R. Ve Özkan, Z.C. (1997). Tohumlu bitkiler (spermatophyta) odunsu taksonlar, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi*, (İkinci Baskı). Trabzon, 149-340.

ASTM D 1005-95. (2001). Standard test method for measurement of dry film thickness of organic coatings using micrometer. *ASTM Standards*, USA, 1-3.

ASTM D 1413-76. (1976). Standard test method of testing wood preservatives by laboratory soilblock cultures. *ASTM Standards*, USA, 452-460.

ASTM-D 3023. (1998). Standard practice for determination of resistance of factory applied coatings on wood products of stain and reagents. *ASTM Standards*, USA, 1-3.

Athanassiadou, E. (2000). Formaldehyde free aminoplastic bonded composites. *Proceedings of the 5th International Conference on Environmental Pollution*, Aristotelian University, Thessaloniki,Greece, 770-774.

Aydın, İ, Çolakoğlu, G., Çolak, S. ve Demirkır, C. (2006). Effects of moisture content on formaldehyde emission and mechanical properties of plywood. *Building And Environment*, 41, 1311–1316.

Baharoğlu, M., Nemli, G., Sarı, B., Bardak, S. ve Ayrılmış, N. (2012). The influence of moisture content of raw material on the physical and mechanical properties, surface roughness, wettability, and formaldehyde emission of particleboard composite. *Composites: Part B*, 43, 2448–2451.

Baumann, M.G.D., Lorenz, L. F., Batterman, S. A. and Zhang, G.Z. (2000). Aldehyde emissions from particleboard and medium density fiberboard products. *Forest Products Journal*, 50(9), 75-82.

Brown, S. (1999). Chamber assessment of formaldehyde and VOC emissions from wood-based panels. *US National Library Of Medicine National Institutes Of Health*, 9(3), 209-215.

Boran, S. (2010). *Orta yoğunlukta lif levha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalına farklı kimyasal maddeler ilave edilerek serbest formaldehit içeriğinin azaltılması,* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 150-155.

Boran, S. ve Usta, M. (2010). Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi,* Cilt V, 1968-1975.

Boran, S., Usta, M. ve Gümüşkaya, E. (2011). Decreasing formaldehyde emission from medium density fiberboard panels produced by adding different amine compounds to urea formaldehyde resin. *International Journal of Adhesion and Adhesives,* 31(7), 674-678.

Böhm, M., Salem, M., Z.M. and Srba, J. (2012). Formaldehyde emission monitoring from a variety of solid wood, plywood, blockboard and flooring products manufactured for building and furnishing materials. *Journal of Hazardous Materials,* 221, 68-79.

Candan, Z. ve Akbulut, T. (2013). Developing environmentally friendly wood composite panels by nanotechnology. *BioResources* 8(3), 3590-3598.

Çolak, S. (2002). *Kontrplaklarda emprenye işlemlerinin formaldehit ve asit emisyonu ile teknolojik özelliklere etkileri*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-145.

Çolak, S., Çolakoğlu, G., Kalaycıoğlu, H. ve Aydın, İ. (2009). Effects of log storage conditions and steaming process on the formaldehyde emissions of particleboard manufactured from eucalyptus (e. camaldulensis) wood. *European Journal of Wood and Wood Products,* 67(4), 379-382.

Çolakoğlu, G. (1993). *Kontrplak üretim şartlarının formaldehit emisyonu ve teknik özelliklere etkisi,* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-132.

Çolakoğlu, G., Çolak, S. ve Tüfekçi, M. (1998). Einfluss der dämpfung und trocknung von furnieren auf deren acetylgruppengehalt und die formaldehydabgabe von sperrholz. *Holz als Roh-und Werkstoff,* 56(2), 121-123.

Çolakoğlu, G. ve Demirkır, C. (2006). Characteristics of plywood panels produced with urea formaldehyde resin (UF) containing borax. *Holz als Roh- und Werkstoff,* 64, 250-251.

Ding, W., Li, W., Gao, Q., Han, C., Zhang, S. and Li, J. (2013). The effects of sealing treatment and wood species on formaldehyde emission of plywood. *BioResources,* 8(2), 2568-2582.

Evci, D., Vaizoğlu, S., Özdemir, M., Aycan, S. ve Güler, Ç. (2005). Ankara'da 46 kahvehanede formaldehit düzeylerinin belirlenmesi. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni,* 4(3), 129-135.

Gunschera, J., Mentese S., Salthammer, T. and Andersen J.,R. (2013). Impact of building materials on indoor formaldehyde levels: effect of ceiling tiles, mineral fiber insulation and gypsum board. *Building and Environment*, 64, 138-145.

Güller, B. (2001). Odun kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Cilt B 2, 135-160.

Gündüz, M. ve Ayan, S. (2014). Melamin kaplı yonga ve lif levhalarda formaldehit emisyonu belirleme yöntemleri, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2, 433-443.

Haghighat, F. and De Bellis, L. (1998). Material emission rates: literature review, and the impact of indoor air temperature and relative humidity. *Building and Environment*, 33(5), 261-277.

Hammond, J.J., Donnelly, E.T., Harrod, W.F., Rayner, N.A. and Özden, F. (1969). *Ağaç işleri teknolojisi*, (çev. Yaşar, E., Yılmaz, K. ve Taymaz, H.), Mesleki ve Teknik Öğretim Kitapları No 20, Ajans-Türk Matbaası, Ankara, 65-77.

He, Z., Zhang, Y. and Wei, W. (2012). Formaldehyde and VOC emissions at different manufacturing stages of wood-based panels. *Building and Environment*, 47, 197-204.

Hematabadi, H. , Behrooz R., Shakibi, A. and Arabi M. (2012). The reduction of indoor air formaldehyde from wood based composites using urea treatment for building materials. *Construction and Building Materials*, 28(1), 743-746.

Hue, J., Descamps, M. N., Bordy, T., Mariano, S., Nonglaton, G., Schultz, E., Tran-Thi, T.H. and Vignoud-Despond. S. (2010). Real-time detection of formaldehyde by a fluorescence-based sensor. *Procedia Engineering*, 5, 1009-1012.

Huş, S. (1962). Ağaç malzeme tutkalları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B-XII, 2, 1-11.

İnternet: Polisan Kimya. (2013 ve 2014). URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.polisankimya.com.tr%2Furun-ure-formaldehit-recineleri.html&date=2015-04-08,Son Erişim Tarihi: 08.04.2015

İnternet: Polisan Kimya. (2012). URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.polisan.com.tr%2FContent%2FFiles%2Fd7422c49-2ba0-4c22-947f-0953306728b2.pdf++&date=2015-04-08, Son Erişim Tarihi: 08.04.2015

İnternet: RAE Systems Application Notes. (2013). URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2F%3A%2F%2Fwww.raesystems.com.au%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fdownloads%2FAP-

000_PID_Training++++Outline.pdf&date=2015-08-04 Son Erişim Tarihi: 08.04.2015

Keskin, H. (2001). *Lamine masif ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri ve ağaç işleri endüstrisinde kullanım imkânları*, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1-90.

Kim, S. and Kim, H.J. (2005a). Effect of addition of polyvinyl acetate to melamine formaldehyde resins on the adhesion and formaldehyde emission in engineered flooring. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 25(5), 456-461.

Kim, S. and Kim, H. J. (2005b). Comparision of formaldehyde emission from building finishing materials at varius temperatures in under heating system. ONDOL. *Indoor Air*, 15(5), 317-325.

Kim, S. (2010a). Control of formaldehyde and TVOC emission from wood-based flooring composites at various manufacturing processes by surface finishing. *Journal of Hazardous Materials*, 176(1), 14-19.

Kim, S. (2010b). The reduction of formaldehyde and VOCS emission from wood-based flooring by green adhesive using cashew nut shell liquid (CNSL). *Journal of Hazardous Materials* 182(1), 919-922.

Kim, K. W., Kim, S., Kim, H. J. and Park, J. C. (2010). Formaldehyde and TVOC emission behaviors according to finishing treatment with surface materials using 20L chamber and FLEC. *Journal of Hazardous Materials*, 177(1), 90-94.

Kim, S., Kim, J. A., An, J. Y., Kim, H. J., Kim, S. D. and Park, J. C. (2007). TVOC and formaldehyde emission behaviors from flooring materials bonded with environmental-friendly MF/Pvac hybrid resins. *Indoor Air*, 17(5), 404-415.

Kim, S., An, J.Y., Kim H., J. and Seo, J. (2010). Emission behavior of formaldehyde and TVOC from engineered flooring in under heating and air circulation systems. *Building and Environment*, 45, 1826-1833.

Kim, S., Park,C.Y., Choi C.H., Lee J.H., Park K.W. and Cho, J.H. (2013). Evaluation of formaldehyde emissions and combustion behaviors of wood-based composites subjected to different surface finishing methods. *BioResources*, 8(4), 5515-5523.

Kim, S., An, J. Y., Kim, J. A., Kim, H. S., Kim, H. J. and Kim, H. G. (2007). Physico-mechanical properties and formaldehyde/TVOC emission of particleboards with volcanic pozzolan. *Mokchae Konghak*, 35(2), 39-50.

Kim, S. (2009). Environment-friendly adhesives for surface bonding of wood-based flooring using natural tannin to reduce formaldehyde and TVOC emission. *Bioresource Technology*, 100, 744-748.

Kim, S.,Kim, J-A., Kim, H-J. and Kim, S. D. (2006a). Determination of formaldehyde and TVOC emission factor from wood-based composites by small chamber method. *Polymer Testing*, 25, 605-614.

Kim, S., Kim, J-A., Kim H-J., Lee, H. H. and Yoon, D-W. (2006b). The effects of edge sealing treatment applied to wood-based composites on formaldehyde emission by desiccator test method. *Polymer Testing*, 25, 904-911.

Kim, S, Choi, Y-K., Park, K-W. and Kim, J-T. (2010). Test methods and reduction of organic pollutant compound emissions from wood-based building and furniture materials. *Bioresource Technology*, 101, 6562–6568.

Kurtoğlu, A. (1984). Mobilya yapımında kullanılan ağaç malzemeler. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University (JFFIU)*, 34(2), 86-97.

Kurtoğlu, A. ve Uçar, G. (1986a). Orman ürünleri sanayiinde formaldehit ayrışması ve çevre sağlığına etkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları,* Cilt B 35(3), 44-52.

Kurtoğlu, A. ve Uçar, G. (1986b). Türkiye'de üretilen yonga levhalardan formaldehit ayrışması. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları,* Cilt B 36(1), 12-20.

Lin, C-C.,Yu, K-P., Zhao, P. and Lee, G., W-M. (2009). Evaluation of impact factors on VOC emissions and concentrations from wooden flooring based on chamber tests. *Building and Environment*, 44, 525-533.

Liu,Y. and Zhu, X. (2014). Measurement of formaldehyde and VOCS emissions from wood-based panels with nanomaterial-added melamine-ımpregnated paper. *Construction and Building Materials*, 66, 132-137.

Menteşe, S ve Güllü, G. (2005). Evlerde hava kalitesinin belirlenmesi: formaldehit kirleticisinin miktar ve kaynağının tespiti. *6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi,* İstanbul.

Moubarik A., Mansouri, H. R., Pizzi, A., Allal, A., Charrier, F., Badia, M. A. and Charrier, B. (2013). Evaluation of mechanical and physical properties of industrial particleboard bonded with a corn flour-urea formaldehyde adhesive. *Composites, Part B: Engineering* 44(1), 48-51.

Nemli, G. (1995). *Melamin emdirilmiş kâğıtlarla kaplamanın yongalevha teknik özelliklerine etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-68.

Nemli, G. ve Öztürk, H. (2006). Influences of some factors on the formaldehyde content of particleboard. *Building and Environment*, 41, 770-774.

Örs, Y. ve Keskin, H. (2008). *Ağaç malzeme teknolojisi*, Ders Kitabı, Gazi Üniversitesi Yayın No: 2000/352, *Gazi Yayıncılık*, Ankara, 1-50.

Özalp, M. (1996). *Kontrplaklarda dolgu maddesi oranının eğilme mukavemeti ve formaldehit ayrışmasına etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 1-39.

Özalp, M. ve Ordu, M. (2004). Dolgu maddesi olarak kullanılan pet şişe tozunun (polietilentereftalat) formaldehit emisyonuna etkisi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7, 251-258.

Özdemir, T. (2003). *Türkiye'de yetişen bazı ağaç türlerinde verniklerin özelliklerinin araştırılması*, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 120-124.

Pang, S., Kim,K., Cho, H., Kim, W., Choi, J., Lee, J. and Lee, C. (2007). Prediction of volatile organic compound concentrations emitted from the plywood floor of the ondol system. *Proceedings of Clima: WellBeing Indoors*, Helsinki.

Per, H. (2001). Effect of diffusion barriers on formaldehyde emissions from particleboard. *ACS Publications,* 16, 202-208.

Pirayesh, H., Khanjanzadeh, H. and Salari, A. (2013). Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard. *Composites Part B: Engineering* 45(1), 858-863.

Poulhet, G., Dusanter, S., Crunaire, S., Locoge, N., Gaudion, V., Merlen, C., Kaluzny, P. and Coddeville, P. (2014). Investigation of formaldehyde sources in French schools using a passive flux sampler. *Building and Environment,* 71, 111-120.

Risholm-Sundman, M., Larsen, A., Vestin, E. and Weibull, A. (2007). Formaldehyde emission-comparison of different standard methods, *Atmospheric Environment,* 41(15), 3193-3202.

Roffael, E. (2006). Volatile organic compounds and formaldehyde in nature, wood and wood based panels. *European Journal of Wood and Wood Products* 64(2), 144-149.

Que, Z., Furuno, T., Katoh, S. and Nishino, Y. (2007). Evalution of three test methods in determination of formaldehyde emission from particleboar bonded with different mole ratio in the urea-formaldehyde resin. *Building and Environment,* 42(3), 1242-1249.

Que,Z. L., Wang, F.B., Ma, L. F. and Furuno, T. (2013a). Effect of loading ratio, conditioning time and air exchange rate on the formaldehyde emission from wood-based board using large chamber and desiccator method. *Composites, Part B Engineering* (47), 278-282.

Que, Z. L., Wang, F. B., Li , J.Z. and Furuno T. (2013b). Assessment on emission of volatile organic compounds and formaldehyde from building materials. *Composites Part B: Engineering* 49, 36-42.

Salem, M. Z. M. and Böhm, M. (2013). Understanding of formaldehyde emissions from solid wood: an overview. *BioResources, 8*(3), 4775-4790.

Salem, M., Z. M, Böhm, M., Srba, J. and Beránková, J. (2012). Evaluation of formaldehyde emission from different types of wood-based panels and flooring materials using different standard test methods. *Building and Environment,* 49, 86-96.

Salthammer, T., Mentese, S. and Marutzky, R. (2010). Formaldehyde in the indoor environment. *Chemical Reviews*, 110(4), 2536-2572.

Sofuoğlu, S. D. ve Kuşçuoğlu, M. Ö. (2009). Çocuk ve mobilya. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi I.Ulusal Batı Karadeniz Ormancılık Kongresi Bildiriler Kitabı,* Özel Sayı Cilt 1, 101-107.

Soysal, A. ve Demiral, Y. (2007). Kapalı ortam hava kirliliği. *TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni*, 6(3), 221-226.

Şanıvar, N. ve Zorlu, İ. (1999). *Önemli ağaç türleri, ağaç işleri gereç bilgisi*, Milli Eğitim Basımevi, Ankara, 1-72.

Şensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., ve Balta, İ. (2008). Türkiye iklimi. *Turkish State Meteorological Service (DMİ)*, Ankara.

Tang, X., Bai, Y., Duong, A., Smith, T. M., Li, L. and Zhang, L. (2009). Formaldehyde in china: production, consumption, exposure levels, and health effects. *Environment International*, 35, 1210-1224.

Taygun, T. ve G., Balanlı, A. (2005). Yaşam döngüsü süreçlerinde yapı ürünü-çevre etkileşimi. *YTÜ Mimarlık Fakültesi e- Dergisi*, 1(1), 40-50.

TS EN 386, (2006). Tutkallanmış lâmine kereste- performans özellikleri ve asgarî imalat şartları, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara, 1-15.

TS EN 325, (2012). Ahşap esaslı levhalar-deney parça boyutlarının tayini, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara, 1-10.

TS EN 309, (2008). Yonga levhalar-tarif ve sınıflandırma, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara, 1-6.

TS EN 717-1, (2006). Ahşap esaslı levhalar-formaldehit salınımının tayini-bölüm 1: oda metodu ile formaldehit yayılması, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara, 1-23.

TS 64-1 EN 622-1, (2005). Lif levhalar-özellikler-bölüm1:genel özellikler, *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara, 1-9.

TS 2470, (1976). Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metotları ve genel özellikleri. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-7.

TS 2472, (1976). Odunda, fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. *Türk Standartları Enstitüsü,* Ankara, 1-8.

TS EN ISO 3251, (2009). Boyalar, vernikler ve plastikler-uçucu olmayan madde tayini. *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-17.

TS 1770, (2012). Odun lifi levhaları ve yonga levhaları (sentetik reçinelerle kaplanmış), *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1-15.

Tohmura, S., Inoue, A. and Sahari, S.H. (2001). Influence of the melamine content in melamine-urea-formaldehyde resins on formaldehyde emission and cured resin structure. *The Japan Wood Research Society* 47, 451-457.

Uchiyama, S., Matsushima, E., Kitao, N., Tokunaga, H., Ando, M. and Otsubo, Y. (2007). Effect of natural compounds on reducing formaldehyde emission from plywood. Technical Note. *Atmospheric Environment*, 41(38), 8825-8830.

Wang, S., Y., Yang T., H., Lin, L., T., Lin, C., J. and Tsai, M., J. (2008). Fire-retardant-treated low-formaldehyde-emission particleboard made from recycled wood-waste. *Bioresource Technology* 99(6), 2072-2077.

Wiglusz, R., Sitko, E., Nikel, G., Jarnuszkiewicz, I. and Igielska, B. (2002). The effect of temperature on the emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOC) from laminate flooring-case study. *Building and Environment*, 37, 41-44.

William,J.,G. (1986). Formaldehyde emissions: hardwood plywood and certain wood-based panel products. *American Chemical Society*, 2, 17-25.

Yalınkılıç, A., C. (2008). *Ağaç malzemede su bazlı vernikler ile su çözücülü ağaç boyası etkileşiminin kahverengi renk tonuna etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 3-4.

Yalınkılıç, A., C. (2013). *Isıl işlemli ağaç malzemenin mobilya üretiminde uygunluğunun araştırılması ve geliştirilmesi,* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1-101.

Yu, C. W. F. and Crump, D. R. (1999). Review: testing for formaldehyde emission from wood-based products-a review. *Indoor and Built Environment*, 8(5), 280-286.

Yu, C.,W.,F. and Kim, J., T. (2011). Long-term impact of formaldehyde and VOC emissions from wood-based products on indoor environments; and issues with recycled products. *Indoor and Built Environment,* 1-13.

Zararsız, İ., Kuş, İ., Çolakoğlu, N., Pekmez, H., Yılmaz, H. R. ve Sarsılmaz, M. (2004). Formaldehit maruziyeti sonucu sıçan akciğerinde oluşan oksidatif hasara karşı melatonin hormonunun koruyucu etkisi: ışık mikroskobik ve biyokimyasal çalışma. *Van Tıp Dergisi,* 11(4), 105-112.

Zengin, H. (2010). *Yonga levha ve lif levha endüstrisinde odun hammaddesi sağlanması sorunları ve çözüm yolları*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 10-15.

Zhu, H. O., Lu, Z. G., Li, X., Zhang, J. and Yuan, M. (2009). Analysis on test methods for determining formaldehyde emission from wood-based products. *China Wood Industry*, 5, 12.

Zhang, Y., Luo X., Wang, X., Qian, K. and Zhao, R. (2007). Influence of temperature on formaldehyde emission parameters of dry building materials. *Atmospheric Environment,* 41, 3203-3216.

Zorlu, İ. (1997). *Ağaçişleri konstrüksiyon bilgisi: temel ders kitabı*, (Dördüncü Baskı) Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 1.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler



Soyadı, adı : TEKİN, Ahmet

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 20.12.1982, Ankara

Medeni hali : Bekâr

Telefon : 0 536 447 06 81

e-mail : ahmettekin8@mynet.com

Eğitim

Derece	**Eğitim Birimi**	**Mezuniyet tarihi**
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Fen Bilimleri Ens.	2009
Lisans	Gazi Üniversitesi /E.S.E.F	2005
Lise	Gazi Teknik Lisesi	2000

İş Deneyimi

Yıl	**Yer**	**Görev**
2006-	Milli Eğitim Bakanlığı	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Hakan Keskin, Musa Atar, Süleyman Korkut ve Ahmet Tekin, *"Scratch resistance of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne, and acid-hardening varnishes used on woods"*, Industrial Crops and Products, 31, 219–224, (2010).
2. Hakan Keskin ve Ahmet Tekin, *"Abrasion resistances of cellulosic, synthetic, polyurethane, waterborne and acidhardening varnishes used woods"*, Construction and Building Materials, 25(2), 638-643, (2011).
3. Hakan Keskin ve Ahmet Tekin, *"Farklı ortam koşullarında kompozit mobilya elemanlarından kaynaklanan formaldehit emisyonunun belirlenmesi"*, Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15(1), 120-132, (2015).

Hobiler

Bilgisayar, Badminton, Satranç



GAZİ GELECEKTİR...