





**ALKALOİD FABRİKASI KATI ATIKLARINDAN KOMPOZİT LEVHA  
ÜRETİM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Mustafa KÜÇÜKTÜVEK**

**DOKTORA TEZİ  
ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEMMUZ2015**

Mustafa KÜÇÜKTÜVEK tarafından hazırlanan “ALKALOİD FABRİKASI KATI ATIKLARINDAN KOMPOZİT LEVHA ÜRETİM İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI” 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

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

**Başkan :** Prof. Dr. İlker USTA

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

**Üye :** Prof. Dr. Ali KASAL

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

**Üye :** Doç. Dr. Abdullah TOGAY

Endüstri Ürünleri Tasarımı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

**Üye :** Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL

Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 02/07/2015

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 çalışmada;

- 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 çalışmada 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.

Mustafa KÜÇÜKTÜVEK

15/06/2015

ALKALOİD FABRİKASI KATI ATIKLARINDAN KOMPOZİT LEVHA ÜRETİM  
İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

(Doktora Tezi)

Mustafa KÜÇÜKTÜVEK

GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2015

ÖZET

Bu çalışmada alkaloid fabrikası katı atıklarından kompozit levha üretim imkanları araştırılmıştır. Alkaloid fabrikası katı atıkları (*Papaver somniferum* L.) ve çam odunu (*Pinus nigra* Var. ve *Pinus brutia* Ten.) karışımından, belirli oranlarda üre formaldehit (UF) tutkalı ve sertleştirici kullanarak üç katmanlı kompozit levhalar üretilmiştir. 18 mm kalınlığında 10 tip levha, 0,68 g/cm<sup>3</sup> ortalama yoğunlukta, farklı hammadde oranları (0, 25, 50, 75 ve %100) ile imal edilmiştir. Bütün levhalar fiziksel özellikleri, yoğunluk (TS EN 323), rutubet miktarı (TS EN 322), su içerisinde kalınlık artımı (TS EN 317), mekanik özellikleri, eğilme (TS EN 310), eğilmede elastikiyet modülü (TS EN 310), yüzeye dik çekme direnci (TS EN 319), yüzey sağlamlığı (TS EN 311), yüzde ve kenarda vida tutma direnci (TS EN 320 ve TS EN 13446) ve formaldehit emisyonu (TS EN 717-1) açısından test edilmiştir. Haşhaş ve çam odunu karışımından üretilen levhaların fiziksel, mekanik özellikleri ve formaldehit emisyonu ilgili standartlar ve literatürle mukayese edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, %25 ve daha az haşhaş kullanılarak üretilen kompozit levhalar ilgili standart ve literatürün gereklerini karşılamaktadır. Bu nedenle haşhaş (*Papaver somniferum* L.) kompozit levha üretiminde çam odunuyla birlikte hammadde olarak kullanılabilir. Haşhaş yongasının levha üretiminde kullanılması, maliyet ve formaldehit emisyonunu düşürerek kompozit levhalara iki üstün özellik katmaktadır. Haşhaş için bu şekilde bir uygulama alanı bulunması, Alkaloid fabrika atıklarına bir geri dönüşüm fırsatı olabilir. Bu çalışmada üretilen kompozit malzemeler endüstriyel tasarım uygulamalarında, iç mimari ve inşaat sektöründe kullanılabilir.

Bilim kodu : 705.1.093

Anahtar Kelimeler : Kompozit levha, yonga levha, teknolojik özellikler, haşhaş, endüstriyel tasarım, iç mimari

Sayfa Adedi : 117

Danışman : Prof. Dr. Hakan KESKİN

INVESTIGATION OF COMPOSITE PANEL MANUFACTURING OPPORTUNITIES  
FROM ALKALOID FACTORY SOLID WASTES

(Ph. D. Thesis)

Mustafa KÜÇÜKTÜVEK

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July2015

ABSTRACT

This research investigated the composite panel manufacturing opportunities from alkaloid factory solid wastes. On this basis, three layers composite panels were produced from a mixture of alkaloid factory solid waste (*Papaver somniferum* L.) and pine wood (*Pinus nigra* Var. and *Pinus brutia* Ten.) at certain ratios utilizing urea formaldehyde (UF) adhesive and hardener. 10 types of 18 mm thick panels with an average density of 0.68 g/cm<sup>3</sup> were manufactured with different raw material ratios (0, 25, 50, 75, and 100%). All panels were tested for physical properties such as specific gravity (TS EN 323), moisture content (TS EN 322), thickness swelling (TS EN 317) and mechanical properties modulus of rupture (TS EN 310), modulus of elasticity in bending (TS EN 310), internal bond (TS EN 319), surface soundness (TS EN 311), withdrawal from face and edge (TS EN 320 and TS EN 13446) and formaldehyde emission (TS EN 717-1). Physical, mechanical properties and formaldehyde emission of panels which were produced with the mixture of poppy husk and pine wood were compared with related standards and literature. According to the results, composite panels are manufactured by using up to 25% and the less poppy husk fulfils the requirements of related standards and literature. Therefore, poppy husk (*Papaver somniferum* L.) can be utilized as a raw material in composite panel manufacturing by in combination with pine wood. Utilizing the poppy husk for manufacturing composite panel has added two superior features to composite panels by decreasing the cost and formaldehyde emission. Finding this type of a new application area for poppy husk might have the recycling opportunity of Alkaloid factory wastes. Composite materials which were manufactured in this research can be used in industrial design applications, interior architecture and constructions.

Science Code : 705.1.093

Key Words : Composite panel, particleboard, technological properties, opium poppy, industrial design, interior architecture

Page Number : 117

Supervisor : Prof. Dr. Hakan KESKİN

## TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince hem akademisyenliğe hem de Ağaçşleri Endüstri Mühendisliğine olan yaklaşımıyla bana örnek olan, bilgisini ve deneyimlerini her zaman cömertçe benimle ve çevresiyle paylaşan saygıdeğer hocam Prof. Dr. Hakan KESKİN'e, tez izleme komitesindeki çok değerli hocalarım Doç. Dr. Abdullah TOGAY ve Yrd. Doç. Dr. Nihat DÖNGEL'e, bilgisini ve emeğini esirgemeyen sayın Prof. Dr. Musa ATAR ve Prof. Dr. Mustafa ALTINOK'a, doktora eğitimim süresince bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaçşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün değerli öğretim elemanları ve personeline, deneyimlerimdeki yardımlarından dolayı Türk Standartları Enstitüsü ve çalışanlarına, yonga teminindeki yardımlarından dolayı ORMA Orman Mahsulleri Entegre Sanayi ve Ticaret A.Ş.'ne, özellikle, doktora eğitimim sürecinde manevi desteğini her zaman hissettiğim aileme, en içten teşekkürlerimi sunarım.



**İÇİNDEKİLER**

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| ÖZET .....  | iv           |
| ABSTRACT.....   | v            |
| TEŞEKKÜR.....   | vi           |
| İÇİNDEKİLER .....   | vii          |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....   | x            |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ .....  | xiv          |
| RESİMLERİN LİSTESİ .....  | xv           |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....   | xvi          |
| 1. GİRİŞ .....  | 1            |
| 2. LİTERATÜR ÖZET .....   | 3            |
| 3. GENEL BİLGİLER .....   | 11           |
| 3.1. Haşhaş Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler .....                         | 11           |
| 3.2. Bitkisel Liflerin Kompozit Levha Üretiminde Kullanımı.....           | 15           |
| 3.3. Odun Esaslı Kompozit Levhalar .....                                  | 16           |
| 3.3.1. Odun esaslı kompozit levha çeşitleri.....                          | 16           |
| 3.3.2. Odun esaslı kompozit levha üretiminde kullanılan hammaddeler ..... | 22           |
| 3.3.3. Odun esaslı kompozit levha üretim teknolojisi.....                 | 26           |
| 3.3.4. Formaldehit emisyonu.....  | 36           |
| 4. MATERYAL VE METOT .....  | 39           |
| 4.1. Materyal .....   | 39           |
| 4.1.1. Yongalar. ....   | 39           |
| 4.1.2. Tutkal .....   | 41           |
| 4.2. DeneY Örneklerinin Hazırlanması.....                                 | 42           |

|  | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| 4.2.1. Kompozit levha üretimi.....   | 42           |
| 4.2.2. Deney örneklerinin ölçülendirilmesi ve iklimlendirilmesi.....       | 45           |
| 4.3. Metot .....   | 46           |
| 4.3.1. Yoğunluğun belirlenmesi. ....                                       | 46           |
| 4.3.2. Rutubet miktarının belirlenmesi. ....                               | 47           |
| 4.3.3. Su içerisinde kalınlık artışının belirlenmesi. ....                 | 49           |
| 4.3.4. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi. .... | 50           |
| 4.3.5. Levha yüzeyine dik çekme direncinin belirlenmesi. ....              | 52           |
| 4.3.6. Yüzey sağlamlığının belirlenmesi.....                               | 54           |
| 4.3.7. Vida tutma direncinin belirlenmesi. ....                            | 56           |
| 4.3.8. Formaldehit emisyonunun belirlenmesi. ....                          | 58           |
| 4.3.9. Verilerin değerlendirilmesi .....                                   | 59           |
| <b>5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>   | <b>61</b>    |
| 5.1. Fiziksel Özellikler .....   | 61           |
| 5.1.1. Yoğunluk .....  | 61           |
| 5.1.2. Rutubet miktarı .....   | 61           |
| 5.1.3. Su içerisinde kalınlık artışı.....                                  | 62           |
| 5.2. Mekanik Özellikler.....   | 68           |
| 5.2.1. Eğilme direnci .....  | 68           |
| 5.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü.....                                    | 71           |
| 5.2.3. Levha yüzeyine dik çekme direnci.....                               | 73           |
| 5.2.4. Yüzey sağlamlığı.....   | 76           |
| 5.2.5. Vida tutma direnci .....  | 78           |
| 5.3. Formaldehit Emisyonu .....  | 85           |

|                            | <b>Sayfa</b> |
|----------------------------|--------------|
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER ..... | 89           |
| KAYNAKLAR.....             | 111          |
| ÖZGEÇMİŞ .....             | 117          |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| <b>Çizelge</b>   | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Çizelge 3.1. Ana üretici ülkeler bazında yasal haşhaş ekim alanları .....  | 13           |
| Çizelge 3.2. Haşhaş yongasının içeriği .....   | 14           |
| Çizelge 3.3. Haşhaş yongasının özellikleri .....   | 14           |
| Çizelge 3.4. 65 °C’de kuru numunede besin elementleri toplam miktarı .....   | 15           |
| Çizelge 3.5. Türkiye’de üretime devam eden odun esaslı kompozit levha işletmeleri...   | 19           |
| Çizelge 3.6. Türkiye’de üretimi durmuş odun esaslı kompozit levha işletmeleri .....  | 20           |
| Çizelge 3.7. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha üretim değerleri .....  | 20           |
| Çizelge 3.8. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha satış değerleri .....   | 21           |
| Çizelge 3.9. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha ihracatı .....  | 21           |
| Çizelge 3.10. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha ithalatı .....   | 22           |
| Çizelge 3.11. Avrupa’da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri .....   | 37           |
| Çizelge 4.1. Üre formaldehit tutkalının teknik özellikleri .....   | 42           |
| Çizelge 4.2. Kompozit levha üretim parametreleri .....   | 45           |
| Çizelge 4.3. Araştırma kapsamındaki testler, testlerle ilgili standartlar, deney örneği ölçüleri ve sayıları .....                     | 46           |
| Çizelge 5.1. Yoğunluk miktarına ait istatistiksel değerler .....   | 61           |
| Çizelge 5.2. Rutubet miktarına ait istatistiksel değerler .....  | 62           |
| Çizelge 5.3. 2 saat su içerisinde kalınlık artışına ait istatistiksel değerler .....   | 63           |
| Çizelge 5.4. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının etkileşimine ait 2 saat su içerisinde kalınlık artışı varyans analizi ..... | 63           |
| Çizelge 5.5. Haşhaş yongası katkı oranının 2 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....        | 64           |
| Çizelge 5.6. Tutkal oranının 2 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                      | 64           |
| Çizelge 5.7. 24 saat su içerisinde kalınlık artışına ait istatistiksel değerler .....  | 65           |

| <b>Çizelge</b>  | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Çizelge 5.8. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait 24 saat su içerisinde kalınlık artışı varyans analizi .....    | 66           |
| Çizelge 5.9. Haşhaş yongası katkı oranının 24 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....        | 66           |
| Çizelge 5.10. Tutkal oranının 24 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....                      | 67           |
| Çizelge 5.11. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının 24 saat su içerisinde kalınlık artışına ilişkin Duncan testi sonuçları..... | 68           |
| Çizelge 5.12. Eğilme direncine ait istatistiksel değerler .....   | 69           |
| Çizelge 5.13. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait eğilme direnci varyans analizi .....                          | 69           |
| Çizelge 5.14. Haşhaş yongası katkı oranının eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                              | 70           |
| Çizelge 5.15. Tutkal oranının eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.   | 70           |
| Çizelge 5.16. Eğilmede elastikiyet modülüne ait istatistiksel değerler .....  | 71           |
| Çizelge 5.17. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait eğilmede elastikiyet modülü varyans analizi.....              | 72           |
| Çizelge 5.18. Haşhaş yongası katkı oranının eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                 | 72           |
| Çizelge 5.19. Tutkal oranının eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                               | 73           |
| Çizelge 5.20. Levha yüzeyine dik çekme direncine ait istatistiksel değerler .....   | 74           |
| Çizelge 5.21. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait levha yüzeyine dik çekme direnci varyans analizi .....        | 74           |
| Çizelge 5.22. Haşhaş yongası katkı oranının levha yüzeyine dik çekme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....            | 75           |
| Çizelge 5.23. Tutkal oranının levha yüzeyine dik çekme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....                           | 75           |
| Çizelge 5.24. Yüzey sağlamlığına ait istatistiksel değerler .....   | 76           |
| Çizelge 5.25. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait yüzey sağlamlığı varyans analizi.....                         | 77           |

| <b>Çizelge</b>  | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Çizelge 5.26. Haşhaş yongası katkı oranına bağlı yüzey sağlamlığı değerlerine ilişkin homojenlik grupları.....                        | 77           |
| Çizelge 5.27. Tutkal oranına bağlı yüzey sağlamlığı değerlerine ilişkin homojenlik grupları.....                                      | 78           |
| Çizelge 5.28. Yüzeyde vida tutma direncine ait istatistiksel değerler .....   | 79           |
| Çizelge 5.29. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait levha yüzeyine dik vida tutma direnci varyans analizi.....  | 79           |
| Çizelge 5.30. Haşhaş yongası katkı oranının yüzeyde vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                | 80           |
| Çizelge 5.31. Tutkal oranının yüzeyde vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                              | 80           |
| Çizelge 5.32. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının yüzeyde vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları..... | 81           |
| Çizelge 5.33. Kenarda vida tutma direncine ait istatistiksel değerler.....  | 82           |
| Çizelge 5.34. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait kenarda vida tutma direnci varyans analizi .....            | 83           |
| Çizelge 5.35. Haşhaş yongası katkı oranının kenarda vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                | 83           |
| Çizelge 5.36. Tutkal oranının kenarda vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları .....                              | 84           |
| Çizelge 5.37. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kenarda vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları..... | 85           |
| Çizelge 5.38. Formaldehit emisyonuna ait istatistiksel değerler .....   | 86           |
| Çizelge 5.39. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait formaldehit emisyonu varyans analizi .....                  | 86           |
| Çizelge 5.40. Haşhaş yongası katkı oranının formaldehit emisyonuna etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....                       | 87           |
| Çizelge 5.41. Tutkal oranının formaldehit emisyonuna etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları.....                                     | 87           |
| Çizelge 5.42. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranına bağlı formaldehit emisyonu değerlerine ilişkin homojenlik grupları .....   | 88           |

| <b>Çizelge</b>  | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Çizelge 6.1. Kompozit levhaların bazı fiziksel özellikleri..... | 89           |
| Çizelge 6.2. Kompozit levhaların bazı mekanik özellikleri.....  | 96           |
| Çizelge 6.3. Kompozit levhaların bazı mekanik özellikleri.....  | 102          |
| Çizelge 6.4. Kompozit levhaların formaldehit emisyonu .....     | 106          |

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| <b>Şekil</b>   | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Şekil 3.1. Ana üretici ülkeler bazında yasal haşhaş ekim alanları (%).....                                   | 12           |
| Şekil 3.2. Üre formaldehit tutkalının oluşumu.....   | 24           |
| Şekil 4.1. Eğilme direnci deney düzeneği.....  | 51           |
| Şekil 4.2. Yük-sehim diyagramı içerisindeki elastik bölge .....  | 52           |
| Şekil 4.3. Dairevi oyuğun açılması .....   | 54           |
| Şekil 4.4. Testlerde kullanılan vida ölçüleri (mm) .....   | 57           |
| Şekil 4.5. Yüzeyde ve kenarda vida tutma deneyi, vida sabitleme noktaları ve vidalama derinlikleri (mm)..... | 57           |
| Şekil 4.6. Kenarda vida tutma deneyi, vida sabitleme noktaları ve vidalama derinlikleri (mm) .....           | 57           |
| Şekil 6.1. Yoğunluk .....  | 90           |
| Şekil 6.2. Rutubet miktarı .....   | 91           |
| Şekil 6.3. Kompozit levhalara ait su içerisinde kalınlık artışı miktarı (K2, K24) .....                      | 93           |
| Şekil 6.4. Kompozit levhaların eğilme direnci değerleri .....  | 97           |
| Şekil 6.5. Kompozit levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri .....                                   | 99           |
| Şekil 6.6. Kompozit levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri .....                                      | 101          |
| Şekil 6.7. Kompozit levhaların yüzey sağlamlığı değerleri .....  | 117          |
| Şekil 6.8. Kompozit levhaların yüzeyde ve kenarda vida tutma direnci .....                                   | 118          |
| Şekil 6.9. Kompozit levhaların formaldehit emisyonu miktarları .....   | 107          |



**RESİMLERİN LİSTESİ**

| <b>Resim</b>  | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Resim 3.1. Haşhaş Bitkisi ( <i>Papaver somniferum</i> L.).....  | 11           |
| Resim 4.1. Afyonkarahisar Alkaloid fabrikası atık depolama sahası .....                                       | 39           |
| Resim 4.2. (a) Orta tabakada kullanılan haşhaş yongaları (b) Yüzey tabakada kullanılan haşhaş yongaları ..... | 40           |
| Resim 4.3. (a) Orta tabakada kullanılan çam yongaları (b) Yüzey tabakada kullanılan çam yongaları .....       | 40           |
| Resim 4.4. Tutkallama işlemi .....  | 43           |
| Resim 4.5. Presleme işlemi.....   | 44           |
| Resim 4.6. (a) % 100 haşhaş yongasıyla üretilen levhalar(b) % 100 çam yongasıyla üretilen levhalar .....      | 44           |
| Resim 4.7. İklimlendirme kabini içinde bekletilen C2 tipi deney örnekleri.....                                | 47           |
| Resim 4.8. Deney örneklerinin etüve konulması .....   | 48           |
| Resim 4.9. Deney örneklerinin su içerisine konulması.....   | 49           |
| Resim 4.10. Eğilme direnci deneyi yapılışı .....  | 52           |
| Resim 4.11. Yüzey dik çekme deneyinin yapılışı.....   | 53           |
| Resim 4.12. Yüzey sağlamlığı deney örnekleri .....  | 55           |
| Resim 4.13. Yüzey sağlamlığı deneyinin yapılışı.....  | 56           |
| Resim 4.14. Vida tutma deneyinin yapılışı .....   | 58           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

| <b>Simgeler</b>                  | <b>Açıklamalar</b>   |
|----------------------------------|--|
| <b>g</b>                         | Gram   |
| <b>N</b>                         | Newton   |
| <b><math>\rho</math></b>         | Yoğunluk, g/cm <sup>3</sup>                                |
| <b>V</b>                         | Hacim  |
| <b>r</b>                         | Rutubet, %   |
| <b>F<sub>max</sub></b>           | Kırılma anındaki maksimum yük, N                           |
| <b><math>\theta_e</math></b>     | Eğilme Direnci, N/mm <sup>2</sup>                          |
| <b>E</b>                         | Elastikiyet Modülü, N/mm <sup>2</sup>                      |
| <b><math>\theta_\zeta</math></b> | Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci, N/mm <sup>2</sup>        |
| <b>SS</b>                        | Yüzey Sağlamlığı, N/mm <sup>2</sup>                        |
| <b>f</b>                         | Vida Tutma Direnci, N/mm <sup>2</sup>                      |
| <b>v</b>                         | Varyasyon katsayısı  |
| <b>A</b>                         | Mukavemet Alanı, mm <sup>2</sup>                           |
| <b>d</b>                         | Vida Çapı, mm  |
| <b>l<sub>p</sub></b>             | Levhaya Girme Mesafesi, mm                                 |
| <b>p</b>                         | Hata Seviyesi  |
| <b><math>\mu</math>m</b>         | Mikrometre   |
| <b>cP</b>                        | Centipoise   |
| <b>°C</b>                        | Santigrat Derece   |
| <b>Ph</b>                        | Hidrojenin Gücü  |
| <b>kW</b>                        | Kilowatt   |
| <b>m<sub>r</sub></b>             | Klimatize edilmiş durumdaki deney örneklerinin ağırlığı, g |
| <b>m<sub>0</sub></b>             | Tam kuru haldeki deney örneklerinin ağırlığı, g            |
| <b>m<sub>y</sub></b>             | Suda bekletilen deney örneklerinin kalınlığı, mm           |

**Simgeler** $e_k$  $\Delta_F$  $\Delta_f$  $X_{min}$  $X_{mak}$  $X_{ort}$ **Açıklamalar**

Klimatize edilmiş durumdaki deney örneklerinin

kalınlığı, mm

Yük artışı, N

Sehim artışı, mm

En Düşük Değer

En Yüksek Değer

Ortalama Değer

**Kısaltmalar****A****B****K2****K24****SPSS****TMOGM****TS****TSE****TSE EN****Açıklamalar**

Tutkal Oranı

Katkı Oranı

Su İçerisinde Kalınlık Artışı 2 Saat

Su İçerisinde Kalınlık Artışı 24 Saat

Statistical Package for the Social Sciences

Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü

Türk Standartları

Türk Standartları Enstitüsü

Türk Standartları Enstitüsü Euro Norm



## 1. GİRİŞ

Başlıca ögesi ağaç olan, içerisinde birçok değişik canlı türünün yaşam bulduğu, biyolojik bir ekosistem olan ormanlar, başlı başına bir yaşam kaynağı olduğu gibi diğer kaynaklara da koruyuculuk yapmaktadır. Ormanlar, hava kirliliğini, iklim değişikliğini ve erozyonu önlemek, temiz su ve oksijen üretmek, rekreasyon olanağı sağlamak, çeşitli canlılara yaşama imkanı sağlamak, toprak su karbon dengesini sağlayarak doğadaki tüm sistemlerin geliştirilmesi gibi ekonomik değeri ölçülemeyen çok sayıda yaşamsal fonksiyonu yerine getirmektedir. Bütün bunlara ek olarak mobilya ve inşaat sektörünün en önemli hammaddesi olan odun da ormanlardan sağlanmaktadır.

Ülkemizde levha üretim sektörünün en önemli hammaddesi odundur. Sektörün en önemli problemi ise; levha üretiminin hammaddesi olan odun temininin yeterli olmaması ve ülkemizdeki odun fiyatlarının yurt dışına göre 2-3 kat daha pahalı olmasıdır. Odun esaslı kompozit levha üretim sektörünün hammadde ihtiyacının tamamı ülkemizden karşılanamadığı için Amerika, Brezilya, Kanada Ukrayna, Rusya gibi ülkelere deniz yolu ile tonajlı gemiler vasıtasıyla ithal edilmektedir. Levha üretim sektörünün ihtiyacı olan odun hammaddesi ormanlar verimli bir şekilde işletilerek veya ormanlardan elde edilen odun hammaddesine alternatifler bulunarak çözülebilir.

Yıllık bitkilere ait tarımsal atıklar odun esaslı kompozit levha üretim sektörünün hammadde ihtiyacına bir çözüm olabilir. Günümüze kadar, ayçiçeği sapları, bağ budama atıkları, tahıl sapları, kivi budama atıkları, çay fabrikası atıkları, muz ağaç ve yaprakları, fındık ve ceviz kabukları gibi yıllık bitkilerin kompozit levha üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır.

Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) Türkiye’de tarımı yapılan yıllık bir bitkidir. Haşhaş bitkisine ait kapsüller Toprak Mahsulleri Ofisi tarafından satın alınıp Afyon Alkaloidleri Fabrikasında işlenmektedir. İşlenen haşhaş kapsülleri depolama alanında toplanmaktadır. Ancak bu atıkların geri dönüşümü ve ekonomiye kazandırılmasıyla ilgili olarak günümüze kadar herhangi bir bilimsel araştırma yapılmamıştır.

Bu tezin amacı; şüana kadar ciddi bir kullanım alanı bulunamayan alkaloid fabrikası katı atıklarından mobilya ve inşaat sektöründe kullanılabilir düşük formaldehit emisyonuna sahip ekonomik kompozit levhalar üretmektir. Bu sayede hem odun esaslı kompozit levhaların üretiminde kullanılan ağaç yonga miktarı azaltılarak orman varlığının korunması hemde üretilen levhalarda insan sağlığı için büyük bir tehlike oluşturan formaldehit emisyon miktarının azaltılarak insan sağlığının korunması amaçlanmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ÖZET

Odun esaslı kompozit levha üretiminde giderek artan hammadde ihtiyacına karşılamak için bazı tarımsal atıklardan yararlanılmıştır. Bu bölümde tarımsal atıklardan kompozit levha üretimi ile ilgili bilimsel çalışmalara ek olarak tutkallar ve formaldehit emisyonunun levha üretimindeki önemi ve insan sağlığına etkisiyle ilgili bilgi verilmiştir.

Çay (*Camellia sinesis* Lipsky) artıkları ve doğu ladini (*Picea orientalis* Lipsky) ile çeşitli varyasyonlarda kompozit levha üretilmiş ve levhaların yüzeye dik çekme direnci standartlarda verilen değerlerden ve diğer yıllık bitkilerden üretilen kompozit levhalardan daha üstün özelliklerde tespit edilmiştir (Örs ve Kalaycıoğlu, 1991).

Kavak, asma odunu, çam ve testere talaşından, tamamen asma odunu, yüzey tabakaları asma odunu orta tabakalar testere talaşı+ çam+kavak, yüzey tabakalar kavak orta tabakalar asma odunundan olacak biçimde levhalar üretilmiştir. Sadece asma odunundan üretilen levhalar genel olarak düşük değerler vermiş ancak diğer materyaller kullanılarak üretilen levhalarda teknolojik özelliklerin iyileştiği bildirilmiştir (Örs, As, Baykan ve Akbulut, 2000).

Çam (*Pinus brutia* Ten.), ayçiçeği (*Helianthus annuus* Lipsky) sapları ve kavak (*Populus alba* L.) odunlarından üretilen levhalarda ayçiçeğinin levha içindeki oranının %50'yi geçtiği durumlarda üretilen levhaların teknolojik özelliklerinin TS EN 312-6 da belirtilen esaslara uygun olduğu bildirilmiştir (Bektaş, 2000).

Kenaf bitkisinden elde edilen levhalarda teknolojik özelliklerle ilgili çeşitli faktörler ayçiçeği, tütün sapı, sahil çamı ve çay fabrikası atıklarından elde edilen levhalardan ve standartlarda öngörülen değerlerden yüksek bulunmuştur (Kalaycıoğlu, 2001).

Muz bitkisi (*Musa compreso* Blanco) gövde ve yaprakları ile Kaatoan Bangkal (*Anthocephalus Chinensis* Rich.) odunları çeşitli oranlarda karıştırılarak elde edilen 13 mm kalınlığında üre formaldehit tutkalı kullanılarak yoğunluğu 0,672-0,720 g/cm<sup>3</sup> olan kompozit levhalar üretilmiştir. Bu yoğunluk değerlerindeki kompozit levhaların teknolojik

özelliklerinin ilgili standartlara göre üstün bulunduğu bildirilmiştir (Pablo, Ella, Perez ve Casal, 1975).

Lu vd. yapmış oldukları çalışmada ahşap-polimer kompozit üretiminde malzemenin akış sırasında çürüme direncini arttırmak için çeşitli kimyasallar kullanmışlardır. Yapılan bu çalışmada bakır bileşenleri ahşap-YYPE kompozitleri için potansiyel bir koruyucu olarak kullanılmıştır. Bakır tozuyla reaksiyona giren ahşap-YYPE kompozitinin analitik sonuçları çürüme direncini verimli şekilde arttırmıştır (John, Xinfang, Qinglin ve Kun, 2008).

Stark ve Matuana, yaptıkları çalışmada ahşap-polimer karışımından ekstrüzyon yöntemiyle kompozit levhalar üretmişlerdir. Üretilen kompozit levhaların yüzey morfolojisi incelenmiş ve ekstrüzyon yöntemiyle üretilen levhaların yüzey morfolojisi enjeksiyon yöntemi ile kıyaslandığında daha verimli neticeler elde edildiği tespit edilmiştir (Nicole ve Laurent, 2007).

John vd. yaptıkları çalışmada bakır tozunu ahşap/YYPE kompoziti üzerinde koruyucu olarak kullanmışlardır ve bakır tozuyla reaksiyona giren kompozit yapıyı formüleştirmişlerdir. Ayrıca yapılan çalışmayı bor-çinko içeren ağaç-YYPE kompozitleri ile termal davranışları bakımından incelemiş olup termal davranışların birbirlerine yakın sonuçlar sergilediğini görmüşlerdir. Yapılan çalışmada %3 oranında bakır tozu kullanarak bakır tozunun ağaç-YYPE üzerinde çürümeye karşı koruduğunu ve çürüme direnci değerlerinin bor-çinko/ağaç-YYPE kompozitlerine göre daha iyi neticeler elde ettiklerini görmüşlerdir (John ve diğerleri, 2008).

Karmarkar vd. yapmış oldukları araştırmada ahşap/PP kompozit içerisine bağlayıcı etkisi oluşturmak amacıyla MAPP (Maleik Anhidrit modifiyeli PP) hammaddesi karıştırmışlardır. Çift vidalı ekstruder makinesi yardımı ile ahşap/PP tozu ve MA hammaddesinden kompozit bir yapı oluşturmuşlardır. Yapılan testler neticesinde MA'nın bağlayıcı etkisi olduğunu görmüşlerdir. Ayrıca yapılan karışımın elastikiyet sınırının %85 ve gerilme dayanımının %45'e varan artışlar olduğunu tespit etmişlerdir. Ancak ahşap katkı maddesinin dayanım ve kopma değerleri bakımından bir düşüş meydana getirdiği sonucuna varmışlardır (Karmarkar, Chauhan, Modak ve Chanda, 2007).



Bengtsson ve Oksman, yaptıkları çalışmada ahşap tozu/PE kompozitlerinin çapraz bağlarındaki yapıyı incelemişlerdir. Yapılan çalışmada ahşap tozu/PE karışımını çift vidalı ekstruder makinesi ile üretmişlerdir. Üretilen karışımın çapraz bağ derecesindeki etkiyi görmek için oda sıcaklığında depolamışlardır. Çapraz bağlı kompozitler geliştirilmiş sünme ve sertlik özelliği göstermiştir. Ayrıca çapraz bağısızlarla karşılaştırdıklarında esneklik modülünün daha düşük olduğunu görmüşlerdir (Bengtsson ve Oksman, 2006).

Grubbström ve Oksman, yapmış oldukları araştırmada çapraz bağlı silan ve ahşap-termoplastiklerin çapraz bağ yapısındaki nem içeriğinin etkisini incelemişlerdir. PP/Ahşap tozu kompozitini çapraz bağlı silan çözeltisi yöntemiyle değişik saklama koşullarında iki çapraz bağlılık derecesi tanımlayarak üretmişlerdir. Yapılan araştırmada sünme ve mekanik özellikler incelenmiştir. Tüm çapraz bağlı kompozitlerin düşük sünme ve yüksek dayanım özelliği gösterdiklerini tespit etmiş olup, çapraz bağlı kompozit yapının çapraz bağı olmayanlara göre daha yüksek rutubetli olduğunu tespit etmişlerdir (Grubbström ve Oksman, 2009).

Kompozit levha üretiminin hemen hemen hiçbir malzemede görülmemiş hızla artmasının başlıca nedenleri;

- a) Levha özelliklerinde devamlı düzelmeler olmuştur. Böylece maliyet azalmıştır. Bunun nedeni daha düşük değerde odun ve daha az oranda tutkal kullanmak sureti ile sadece metot değişiklikleri ile kalite artırılmıştır.
- b) Kompozit levha, liflevha ile kontrplak arasında yer alan bir malzemedir. Liflevha üretiminde enerji giderleri çok daha fazladır. Kontrplak üretiminde ise odun hammaddesi gideri fazladır. Dünya'da 30'dan fazla fabrikada hammadde olarak bitkisel materyal kullanılmaktadır. Hatta kullanılmış odunlar bile levha endüstrisinin hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Öyle ki Avrupa birliğine bağlı ülkelerde kullanılmış odunlardan üretilen levhalar için üretiminde hiçbir ağaç kesilmedi diye reklam sloganları kullanılmaktadır. Ülkemizde ise bitkisel atıklar levha endüstrisinde hak ettikleri yeri alamamışlardır.
- c) Dış ve orta tabakalarda daha ince yonga ve hatta odun tozu kullanmak sureti ile levha kaplama vb yüzey işlemleri için daha uygun hale getirilmiştir.
- d) Geliştirilen teknoloji ve metotlar sayesinde kaliteyi bozmadan %40'a kadar endüstri artışı odun ve yaklaşık %8-10 yapıştırıcı madde kullanmak yeterli hale gelmiştir (Özen, 2009).

Gürü vd, ucuz maliyetle kompozit levha üretmek amacıyla badem kabuklarından üre formaldehit tutkalı ile kompozit levha üretmişlerdir. Üre formaldehit ve badem kabuğundan yapılan kompozit levhanın yapısal özelliklerini etkileyen parametreler, zaman reaksiyonu, ısı reaksiyonu, ÜF oranı ve badem kabuğu yongasının ölçüsü olduğunu tespit etmişlerdir. Bu parametrelerin sertlik ve eğilme direnci üzerindeki tesirleri incelenmiştir. Deneysel sonuçlar maksimum sertlik ve eğilme direnci 97,5 ve 84,52 N/cm<sup>2</sup>, sırasıyla UF oranı 0,97, zaman reaksiyonu 25dk, ısı reaksiyonu 70°C ve yonga ölçüsünün 0,3 mm olduğunu tespit etmişlerdir (Gürü, Tekeli ve Bilici, 2006).

Kalaycıoğlu ve Nemli, kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) saplarının kompozit levha üretimi için uygunluğunu araştırmışlardır. Pres basıncı, pres sıcaklığı, pres zamanı, yoğunluğu ve yonga oranı kenafın üretimde kullanılıp kullanılmayacağını belirlemedeki parametreler olmuştur. Deney sonuçları parametrelerin mekanik ve fiziksel özellikleri etkilediğini göstermiştir (Kalaycıoğlu ve Nemli, 2006).

Çöpür vd, fındık kabuğunun kompozit panel üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Üç tip tutkal ve iki farklı yoğunluk (0,6 g/cm<sup>3</sup> ve 0,7 g/cm<sup>3</sup>) denenmiştir. Sonuçlarda, fındık kabuğunun kompozit malzeme üretiminde kullanılabileceğini görülmüştür. Eğilme ve iç yapışma direnç özelliklerinin TS-EN 312-2 de belirtilen 0,70g/cm<sup>3</sup> yoğunluktaki yonga levha genel amaç üretim standardına yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Çöpür, Güler, Akgül ve Taşcıoğlu, 2006).

Zhang vd, “İlgün Bitkisinden Üretilen Orta Yoğunlukta Yonga Levhaların Özellikleri” adlı çalışmada, ılgün bitkisinin (*Tamarix aphylla* L.) MDF üretimi için uygun olup olmadığını araştırmışlardır. Yapılan deneyler, ılgün bitkisinin (*Tamarix aphylla* L.) kompozit malzeme üretiminde kullanılabileceğini göstermiştir (Zheng, Pan, Zhang, Jenkins ve Blunk, 2006).

Alma vd, üre formaldehit ve melamin üre formaldehit tutkalı kullanarak, pamuk saplarından elde edilen yongalarla üretilmiş kompozit levhaya ait özellikleri araştırmışlardır. Melamin üre formaldehit ile yoğunluğu 0,7 g/cm<sup>3</sup> olarak hazırlanan kompozit levhalar, üre formaldehit ile üretilen levhalara göre daha iyi fiziksel ve mekanik sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Genelde vida tutma direnci dışında bütün özellikler, yaygın olarak kullanılan kompozit levhalara benzer sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ayrıca, üretimde iyileştirme çalışmalarında fiziksel özelliklerin iyileştirilmesinin amaçlanması gerektiği bildirilmiştir (Alma, Kalaycıoğlu, Bektaş ve Tutus, 2005).

Gündüz ve Masraf, 3 tabakalı yatık yongalı kompozit levha üretiminde pres faktörleri ve talaş oranlarının etkisini, fiziksel ve mekanik özellikler bakımından incelenmişlerdir. Sonuçları levhalar arasında ve kontrol levhasına göre değerlendirilmişler ve elde edilen neticelere göre; deneme levhaları aralarında ve kontrol levhasına göre farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu farklılıkların ağaç türünden, presleme şartlarından, serme şeklinden ve tutkallamadan kaynaklandığını belirtmişlerdir (Gündüz ve Masraf, 2005).

Çelik ve Gürdal, yer fıstığı hafif agregasını kullanarak ürettikleri çimento bağlayıcılı hafif malzemenin değişen agrega miktarına bağlı olarak mekanik dayanımlarını incelemişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda yerfıstığı agregasının yapı malzemesi olarak endüstriye kazandırılabilceğini belirtmişlerdir (Çelik ve Gürdal, 2005).

Kivi budama artıklarının kompozit levha üretimine uygunluğu araştırılmış ve odun yongalarıyla karıştırılarak kompozit levha üretimine elverişli bir hammadde olduğu belirlenmiştir (Nemli, Kırıcı, Serdar ve Ay, 2003).

Ayçiçeği saplarından, laboratuvar şartlarında genel amaçlar için üre formaldehit tutkalı kullanarak üretilen kompozit levhaların teknolojik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, ayçiçeği saplarından genel amaçlı ve kapalı ortamlar için kompozit levha üretilebileceği görülmüştür. Böylece yeterince değerlendirilmeyen yaklaşık 3 milyon ton/yıl ayçiçeği sapı kompozit levha endüstrisi için yeni bir hammadde olabileceği tespit edilmiştir (Bektaş, Güler ve Kalaycıoğlu, 2002).

Mengeloğlu ve Alma “Buğday Saplarının kompozit Levha Üretiminde Kullanılması” adlı çalışmalarında yıllık buğday sapı üretimi ve potansiyelini göz önüne alarak, Türkiye'nin yonga ve liflevha gibi ürünlere alternatif olacak kompozitler üretme potansiyelini araştırmışlardır. Sonuç olarak, buğday sapı ile üretilen yonga ve liflevhaların odundan üretilenlerden birçok özellik (mekaniksel ve fiziksel) bakımından daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir (Mengeloğlu ve Alma, 2002).

Wang ve Sun, tarımsal atık olan buğday sapı ve mısır koçanı gibi yenilenebilir kaynaklardan kompozit levha üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla elde edilen düşük yoğunluklu kompozit levhanın basınç direnci ve çekme direncini

etkileyen yonga ölçüsü, presleme zamanı ve kompozit levha yoğunluğunu tanımlamışlardır (Wang ve Sun, 2002).

Güler vd, laboratuvar şartlarında genel amaçlar için pamuk sapından üretilen kompozit levhaların bazı mekanik ve fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. Levhaların üretiminde %55'lik üre formaldehit tutkalı, sertleştirici olarak %33'lük amonyum klorür kullanılmıştır. Deneme levhaları pres sıcaklığı  $150^0$  C, pres basıncı  $2,4 - 2,6$  N/mm<sup>2</sup>, pres süresi 6 dk, levha kalınlığı 20 mm, dış tabakalar levha kalınlığının %35'ini orta tabaka ise %65'ini oluşturacak biçimde 3 tabakalı levhalar üretmişlerdir. Pamuk sapı kompozit levhalarının  $0,60 - 0,70$  g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta üretilen levhalarda eğilme direncini  $11,6 - 16,7$  N/mm<sup>2</sup>, yüzeye dik çekme direnci değerlerini  $0,35-0,56$  N/mm<sup>2</sup> arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişler ve ilgili standartlara uygun bulmuşlardır (Güler, Özen ve Kalaycıoğlu, 2001).

Amerika'da Minnesota Üniversitesinde ayçiçeği tablası ve sapından levha üretilmesi konusunda değişik çalışmalar yapılmıştır. Gertjeansen ve arkadaşları %50 ayçiçeği tablası ve %50 kavak karışımından kompozit levha üretmişlerdir. Bu çalışmada, %92 ayçiçeği tablası, %7 üre formaldehit tutkalı ve %1 parafin karıştırılarak  $0,78$ g/cm<sup>3</sup> yoğunlukta ve 10 mm kalınlıkta kompozit levhalar üretilmiştir (Gertjeansen, 1972).

Farklı mol oranlarında üre formaldehit reçine içeren kompozit levhaların formaldehit emisyonu tespitinde test yöntemlerinin değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada; UF reçinelerinin levhalardaki emisyon yayılımının kaynağı olduğu tespit edilmiştir.  $0,97 - 1,27$  reçine mol oranı aralığındaki UF reçinelerinin formaldehit emisyonuna etkisinin güçlü olduğu bulunmuştur. Yapılan deneyde üre formaldehit reçine mol oranı ile salınım arasında doğrusal bir ilişki olduğu saptanmıştır (Oue ve diğerleri, 2006).

Son yıllarda orman ürünleri sektöründeki en önemli endişenin; ağaç ürünleri yapıştırıcılarından yayılan kapalı hava kirliliği (formaldehit) olduğu belirtilmiştir. Bu endişelerden ötürü Avrupa'da ve Kuzey Amerika'da devletin bir takım kurallar getirdiği açıklanmıştır. Kompozit levhalarda bulunan formaldehitteki yoğunlaşma derecesi ve üre mol oranı, preslemeden önce tutkal kaplı odun parçacıklarının nem içeriği, sertleştirici miktarı ve tipi, katkı maddeleri (formaldehit tutucu), miktarı ve türü, buna ek olarak yapım sonrası

muamele, amonyak gazı ile arındırmanın da kapalı alan hava kirliliğini azaltmada etkili olduğu ifade edilmiştir (Que ve diğeri, 2007).

Üre formaldehit mol oranının formaldehit emisyon değeri ile doğrusal olarak azalma gösterse de U / F oranında 1,05 aşağısı değerlerde emisyon miktarında değişme olmayacağı vurgulanmıştır. Deney örnekleri olan ahşap levhalar %50 nem ve 23°C sıcaklıkta 6 ay süreyle bekletildiğinde perferatöre değerlerinin değişmediği veya ihmal edilebilecek oranda değişme göstermediği ifade edilmiştir. Yapılan testler, formaldehit emisyonuna, büyük oranda presleme esnasında oluşan serbest formaldehit miktarının ve reçinede oluşan daha sonraki hidrolitik bozunmanın sebep olduğunu göstermektedir. Test edilen levhalar için, depolama süresi ve sıcaklığın da formaldehit emisyonu üzerine etkileri de incelenmiştir (Quea ve diğeri 2007).

Farklı standart test metotları kullanılarak ahşap esaslı paneller ve döşeme malzemelerin farklı türdeki formaldehit emisyonunun değerlendirilmesini amaçlayan çalışmada; ağırlıklı olarak ahşap esaslı panel çeşitleri; yonga (PB), orta ve yüksek yoğunlukta lif levha (HDF ve MDF) ve kontrplak (PLW) ve döşeme malzemeleri [HDF laminat, katı bambu, masif ahşap ve polivinil klorür (PVC)] olmak üzere dört farklı çeşit örnekler; Avrupa küçük ölçekli deney odası (EN 717-1), American küçük ölçekli haznesi (ASTM D 6007-02), gaz analizi (EN 717-2) ve perforatör (EN 120) test yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür. Formaldehit emisyonunun yonganın (PB) tipinden ve kalınlığından önemli anlamda etkilendiği; nem içeriğinin belirgin bir etkisinin olmadığı görülmüştür. HDF ve MDF'ye 200 g/m<sup>2</sup> yağ bazlı boya uygulandı zaman formaldehit çıkışında artış olduğu görülmüştür. Dört test yöntemi arasında güçlü pozitif bir korelasyon olduğu görülmüştür (Mohamed ve diğeri, 2012).

Ahşap esaslı levhaların imalatının farklı aşamalarındaki formaldehit ve VOC emisyonları üzerine yapılan çalışmada; formaldehit ve VOC emisyonlarının iç hava kalitesini kötü etkileyen en önemli sebeplerinden biri olarak kabul edilmekte olduğu, bu emisyonların panellerin üretim tekniklerinden ve hammaddeden güçlü şekilde etkilenebildiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu araştırmada ahşap bazlı panellerin üretimi aşamalarında odun yongası, üre formaldehit reçinesi, reçine uygulamasından sonraki odun elyafı, orta yoğunluklu levha ve fenol formaldehit gibi, farklı çeşit ve içerik analizleri, formaldehit ve VOC emisyonlarını belirlemek ve karşılaştırmak için yapılmıştır. Ahşap esaslı panellerde

VOC çoğunlukla talaştan geldiği; sıcak presleme ve kurutma tekniklerinin formaldehiti azaltmada yardımcı olduğu açıklanmıştır (He ve Wei, 2012).

Doğal tanin, kullanılan ahşap esaslı zemin kaplamalarından kaynaklı VOC ve formaldehit emisyonu azaltıcı çevre dostu yapıştırıcılar. Ağaç kabuğundaki doğal tanin, tanen tutkal formaldehit esaslı reçine sisteminde üre formaldehit tutkalı yerine kullanılmıştır. Estetik kaplama arasında ve kontrplaklarda kullanılan yapıştırıcılardan kaynaklı formaldehit ve VOC emisyonlarının azaltılması için bu çalışma yapılmıştır. Tanen / PVAc hibrid yapışkanlar için, doğal tanen yapıştırıcı içerisine PVAc'nin %5, %10, %20 ve %30 ilave edilmiştir. Doğal tanen tutkal ve tanen / PVAc hibrid yapıştırıcılardan üretilmiş zemin kaplamaların VOC ve formaldehit emisyonu desikatör; FLEC ve VOC analiz sistemleri vasıtasıyla ölçülmüştür. Her yapıştırıcı için emisyon seviyesi bir birine yakın bir eğilim göstermiştir (He ve diğerleri, 2012).

### 3. GENEL BİLGİLER

#### 3.1. Haşhaş Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler

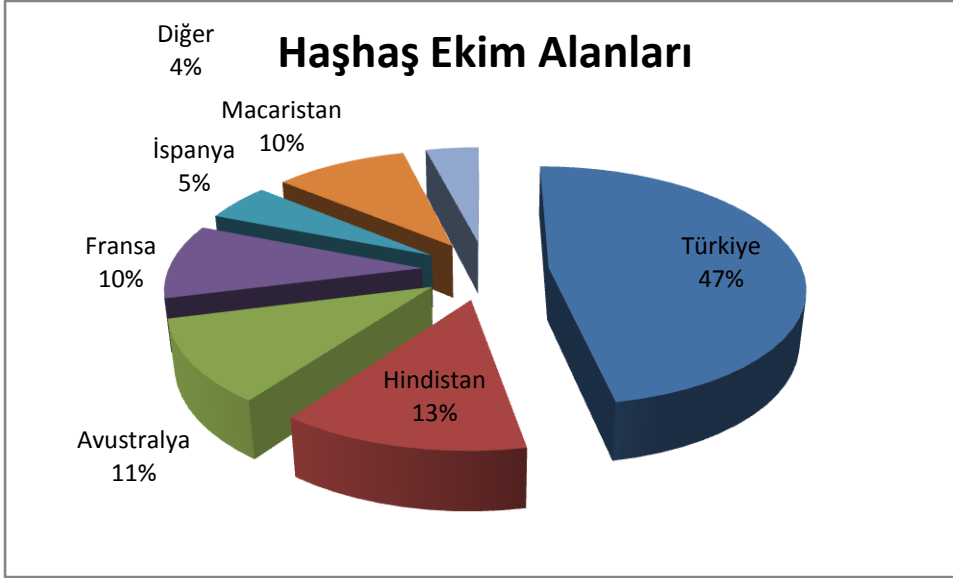
Ülkemizde geleneksel olarak tarımı yapılan haşhaş, *Papaver somniferum* L. türü olan tek yıllık bir kültür bitkisidir. Bilimsel sınıflandırmaya göre *Papaver somniferum* L., *Rhoedales* takımının *Papaveraceae* familyasındandır. Bu familyanın da *Papaver* cinsi içerisinde yer almaktadır. Papaver Latince gelincik, somniferum ise “rüya görmek” veya “uyku verici” anlamına gelmektedir. Bu sınıflandırmaya göre tarımı yapılan haşhaş; tarlalarda, kırlarda kendiliğinden yetişen gelincikle akrabadır. Anadolu dağlarında kendiliğinden yetişen fakat çok yıllık olan yabani haşhaşlar ise kültür haşhaşı ile aynı cins içinde mütalaa edilmektedir. Türkiye’de haşhaşın daha çok *Papaver somniferum ssp. anatolicum*’un beyaz ve mor çiçekli çeşitleri ekilmektedir (TMO Genel Müdürlüğü 2014).



Resim 3.1. Haşhaş Bitkisi (*Papaver somniferum* L.)

Tüm dünyada ekiminden üretimine ve satışına kadar ilgi ile izlenen haşhaş, ülkemizde tohumunun %50 civarında yağ içermesi nedeniyle geleneksel olarak gıda amaçlı, kapsülünün ise ihtiva ettiği morfin ve diğer alkaloidlerin tıbbi ve bilimsel amaçlı kullanımı yönünden önemli bir endüstriyel bitki olma özelliği taşımaktadır. Ülkemizde haşhaş, yoğun işçilik kullanımı ve güvenlik nedeniyle daha ziyade köy, kasaba gibi yerleşim yerlerine yakın tarlalarda yetiştirilmektedir. Haşhaş tarımının aile işletmesi karakterini taşıması nedeniyle ortalama 7 dekar gibi küçük alanlarda üretimi yapılmaktadır.

Ülkemizde haşhaş, kışlık ve yazlık olarak ekilmektedir. Kışlık ekim yörelere göre bazı farklılıklar göstermekle birlikte ekim ayının ilk haftasında, yazlık ekim ise mart ayı sonu nisan ayı başında yapılmaktadır. Çiftçiler genellikle kışlık ekimi tercih etmektedirler (TMO Genel Müdürlüğü 2014).



Şekil 3.1. Ana üretici ülkeler bazında yasal haşhaş ekim alanları (%) (TMO Genel Müdürlüğü, 2014)

Haşhaşın su tüketimi kışlıklarda 752 mm, yazlıklarda 425 mm olarak bulunmuştur. Ülkemizde haşhaş tarımı, %40'ı taban-sulu arazilerde ve %60'ı ise kıraç-susuz arazilerde alternatif ürün seçeneği az olan dar gelirli çiftçiler tarafından yapılmaktadır. Haşhaş tarımı yapılan alanlarda uzun yıllar ortalaması göz önüne alındığında dekara ortalama 50-60 kg kapsül üretiminin gerçekleştirildiği görülmektedir. Ancak modern tarım tekniklerinin uygulanmasıyla taban-sulu arazilerde çiftçi şartlarında dekar başına 150 kg haşhaş kapsülü alınabilmektedir. Hasat işlemleri ise elle yapılmaktadır. Hasat edilen haşhaş kapsülleri çiftçiler tarafından kırılarak kabuk tohumdan ayrılır. Tohum serbest piyasada değerlendirilirken haşhaş kabuğu açıklanan fiyat üzerinden TMO'ya teslim edilir (TMO Genel Müdürlüğü 2014).

Ülkemizde geleneksel olarak tarımı yapılan haşhaş tek yıllık bir kültür bitkisidir. Dünya'da, haşhaş ekimi Birleşmiş Milletler Teşkilatı denetiminde yasal ana üretici olarak Türkiye, Hindistan, Avustralya, Fransa, İspanya ve Macaristan'da yapılmaktadır. Ana üretici ülkeler bazında yasal haşhaş ekim alanları Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Çizelge 3.1. Ana üretici ülkeler bazında yasal haşhaş ekim alanları (Hektar) (TMO Genel Müdürlüğü, 2014)

| Yıllar | Türkiye | Hindistan | Avustralya | Fransa | İspanya | Macaristan | Toplam  |
|--------|---------|-----------|------------|--------|---------|------------|---------|
| 2003   | 99,430  | 12,320    | 9,811      | 7,919  | 5,732   | 2,937      | 138,149 |
| 2004   | 30,343  | 18,591    | 6,644      | 8,312  | 5,986   | 7,084      | 76,960  |
| 2005   | 25,335  | 7,833     | 6,599      | 8,841  | 4,802   | 5,106      | 58,516  |
| 2006   | 42,023  | 6,976     | 3,457      | 6,632  | 2,146   | 4,322      | 65,556  |
| 2007   | 24,603  | 5,913     | 4,661      | 3,198  | 5,606   | 3,269      | 47,250  |
| 2008   | 20,042  | 2,653     | 4,108      | 3,683  | 5,507   | 2,262      | 38,255  |
| 2009   | 48,893  | 8,853     | 4,598      | 6,750  | 6,865   | 1,114      | 77,073  |
| 2010   | 51,897  | 12,237    | 9,127      | 9,400  | 6,439   | 7,308      | 96,408  |
| 2011   | 54,911  | 16,518    | 10,973     | 8,592  | 9,488   | 6,025      | 106,507 |
| 2012   | 13,510  | 12,092    | 10,158     | 8,680  | 9,308   | 3,755      | 57,503  |
| 2013   | 32,277  | 5,619     | 11,484     | 10,267 | 8,762   | 2,600      | 71,009  |

Alkaloid fabrikasında işlenen haşhaş kapsülü yongaları T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından analiz edilmiş olup haşhaş yongasının içeriği Çizelge 3.2’de, haşhaş yongasının özellikleri Çizelge 3.3’te, 65 °C kuru numunede besin elementleri toplam miktarı Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.2. Haşhaş yongasının içeriği (T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2001)

| İÇERİK         | %    |
|----------------|------|
| Katı Madde     | 28,5 |
| Ph             | 9,9  |
| Organik Madde  | 78,5 |
| Total Azot     | 0,8  |
| Amonyak Azotu  | 0,1  |
| Total Fosfor   | 0,2  |
| Total Potasyum | 1,1  |
| C/N            | 57,0 |

Çizelge 3.3. Haşhaş yongasının özellikleri (T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2001)

| ÖZELLİKLERİ  | DEĞERLER |
|--|----------|
| Yanma kaybı (700 °C de) %                            | 54,78    |
| Saturasyon   | 200,00   |
| Ecm.mhos (10 g örnek 50 cc H <sub>2</sub> O)         | 5,93     |
| Ecm.mhos (10 g örnek 100 cc H <sub>2</sub> O)        | 3,02     |
| PH 1/2,5   | 8,76     |
| PH 1/5,0   | 8,91     |
| PH 1/7,5   | 9,16     |
| PH 1/10,0  | 8,93     |
| Rutubet  | 57,60    |
| Toplam tuz (su ile 12 saat bekletildiğinde) 1/5' de  | 0,30     |
| Toplam tuz (su ile 12 saat bekletildiğinde) 1/10' da | 0,20     |

Çizelge 3.4. 65 °C’de kuru numunede besin elementleri toplam miktarı (T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2001)

| BESİN ELEMETLERİ                          | DEĞERLER |
|---|----------|
| Azot (N) %                                | 1,41     |
| Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) % | 0,73     |
| Potasyum (K <sub>2</sub> O) %             | 1,46     |
| Kalsiyum (Ca) %                           | 15,48    |
| Magnezyum (Mg) %                          | 1,40     |
| Demir (Fe) ppm.                           | 7,19     |
| Bakır (Cu) ppm.                           | 21,00    |
| Çinko (Zn) ppm.                           | 105,00   |
| Bor (B) ppm.                              | 62,00    |
| Sodyum (Na) meg/lt                        | 44,70    |
| Klor (Cl) meg/lt                          | 16,00    |

### 3.2. Bitkisel Liflerin Kompozit Levha Üretiminde Kullanımı

Orman ürünlerinden kompozit malzeme üretiminde gözle görülür derecede odun lifi azlığı söz konusudur. Çünkü odun lifleri için kâğıt fabrikalarıyla rekabet edilmekte, ağaç işleme ve kesimi azalmakta ve tomruk kalitesi düşmektedir. Çevreciler tarafından konulan ağaç kesimini azaltma çalışmalarına, yasalarda destek vermekte ve bitkisel liflerin kullanılması doğrultusunda çalışmalar yapılmaktadır. Örnek olarak, tarım artıklarının farklı amaçlar için değerlendirilmesi sapsların tarlada yakılmasını azaltarak çevreci bir fayda sağlayabilir. Tarım haricinde kullanılmak üzere inanılmaz miktarda tarımsal biokütle, kompozit malzeme üretimi için elverişli durumdadır (Mengeloğlu ve Alma, 2002).

Tarımsal atıklardan üretilen kompozit malzemeler piyasalarda birincil ürün olma potansiyeline sahiptir. Çünkü ürünün yenilenebilirliği, su almaya karşı direnç göstermesi ve düşük yoğunluk gibi bir takım fiziksel özelliklerini de avantajları arasında sayabiliriz (Mengeloğlu ve Alma, 2002).

### **3.3. Odun Esaslı Kompozit Levhalar**

Odun esaslı kompozit levha hakkında ilk fikirler 1887 yılında Ernst Hubbard tarafından “Odun Artıklarının Değerlendirilmesi” isimli yayınında bahsedilmiştir. Testere talaşı ve kan albümin yapıştırıcıdan yararlanan Ernst Hubbard, ısı ve basınç uygulaması ile kompozit levha üretimini gerçekleştirmiştir (Bozkurt ve Göker, 1985).

1905 yılında Amerikalı Watsonince odun parçacıklarını presleyerek levha haline getirerek patent almıştır. Alman Freundeberg 1926 yılında planya talaşlarını tutkalla işleyerek kompozit levha üretileceğini öne sürmüştür. Bu yöntemde tutkal miktarı günümüzde kompozit levha üretiminde kullanılmakta olan oranlarla eşit miktarlarda olduğu görülmektedir (Bozkurt ve Göker, 1985).

Her ne kadar kompozit yonga levha üretimi fikri 1880’li yıllarda ortaya çıksa da gerek hammadde olan yonganın elde edilmesinde kullanılan teknolojinin yetersizliği, gerekse yapıştırıcı teknolojisindeki yetersizliklerden dolayı ticari amaçla kompozit yonga levha üretimi yapılan ilk fabrika 1941 yılında Almanya’da Torfit-WerkeAg firması tarafından Bremen şehrinde kurulabilmiştir. Bu fabrikada üretilen odun esaslı kompozit levhalar ladin yongalarından, fenol reçenesi kullanılarak üretilmiştir. Bu fabrikadan sonra Almanya’ da iki fabrika daha kurulmuş; bunlarda yonga olarak kontrplak üretim artıkları, tutkal olarak üre reçenesi kullanılmıştır (Bozkurt ve Göker, 1985).

#### **3.3.1. Odun esaslı kompozit levha çeşitleri**

Kompozit yonga levhalar; üretiminde kullanılan yonga türü, yongaların en kesitteki dağılım durumu, kullanılan tutkal türü, kalınlıkları, presleme şekli, kullanım yeri, üretim yöntemi, şekillendirilmesi, yüzeylerinin kaplaması vb. faktörlere göre aşağıdaki şekillerde sınıflandırılmaktadır (TS EN 309, 1999; TS EN 312, 2005; TS EN 310, 1999; TS EN 319, 1999; TS EN 323, 1999; TS EN 13446, 2005; Güler, 2001; Burdurlu, 1994; Göker, 2000; Günsel, 2004).

Preslenme durumuna göre:

- i. Yatay preslenmiş levhalar
- ii. Dikey preslenmiş levhalar

En kesitlerdeki talaş dağılımına göre:

- i. Tek katlı levhalar,
- ii. Üç katlı levhalar,
- iii. Katları belirsiz levhalar

Yoğunluklarına göre:

- i. Düşük yoğunluklu levhalar: Yoğunluğu  $590 \text{ kg/m}^3$ 'e kadar
- ii. Orta yoğunluklu levhalar: Yoğunluğu  $590\text{-}800 \text{ kg/m}^3$  arasında
- iii. Yüksek yoğunluklu levhalar: Yoğunluğu  $800 \text{ kg/m}^3$ 'den fazla

Yüzeylerinin kaplanması ve kaplama malzemesi türüne göre:

- i. Kaplama yapıştırılmamış levhalar
- ii. Ahşap kaplama yapıştırılmış levhalar
- iii. Laminat yapıştırılmış levhalar
- iv. Reçine emdirilmiş kağıt yapıştırılmış levhalar
- v. Düz veya desen boyalı levhalar (lake boya vb.)

Kalınlıklarına göre (mm):

3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 18, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 60

Yapıştırıcı veya bağlayıcı cinsine göre:

- i. Doğal yapıştırıcı
- ii. Üre formaldehit yapıştırıcı
- iii. Fenol formaldehit yapıştırıcı
- iv. Melamin formaldehit yapıştırıcı
- v. Alçı bağlayıcı
- vi. Sülfat atık suyu bağlayıcı
- vii. Çimento bağlayıcı
- viii. Poliizosiyanat yapıştırıcı

Üretim yöntemlerine göre:

- i. Genel amaçlı levhalar
- ii. Şekillendirilmiş (kalıplanmış) levhalar
  - Termodin
  - Werzalith
  - Callipress
- iii. Delikli (okal) levhalar

Ülkemizde ilk odun esaslı kompozit levha fabrikası (Sunta AŞ) 1955 yılında kurulmuştur (Burdurlu, 1994). Bugün ülkemizde biri şekillendirilmiş yonga levha (Werzalit) fabrikası olmak üzere toplam 24 adet yonga levha fabrikası bulunmakta ancak bu fabrikalardan 5'i çalışmamaktadır (Çizelge 3.5.).

Çizelge 3.5. Türkiye’de üretime devam eden odun esaslı kompozit levha işletmeleri  
(Orman ürünleri sektör raporu 2011, 2012)

| İşletmenin Adı                | Bulunduğu yer | Kapasite (m <sup>3</sup> /gün) | Durum     |
|-------------------------------|---------------|--------------------------------|-----------|
| Starwood A.Ş.                 | İnegöl        | 2,300                          | Çalışıyor |
| Kastamonu Ent. A.Ş.<br>(Yeni) | Balıkesir     | 1,600                          | Çalışıyor |
| Tever Ağaç                    | İzmit         | 1,500                          | Çalışıyor |
| Orma                          | Isparta       | 750                            | Çalışıyor |
| Serdar Ağaç (İlkersan)        | Bursa         | 750                            | Çalışıyor |
| Kastamonu Entegre             | Kastamonu     | 650                            | Çalışıyor |
| Teverpan                      | Tekirdağ      | 600                            | Çalışıyor |
| Panel (Yontaş) A.Ş.           | Samsun        | 500                            | Çalışıyor |
| Samedoğlu A.Ş.                | Mersin        | 500                            | Çalışıyor |
| İttaş A.Ş. (Anadolu Sunta)    | İnegöl        | 350                            | Çalışıyor |
| Yonsan                        | Manisa        | 300                            | Çalışıyor |
| Foça Sunta A.Ş.               | Foça          | 300                            | Çalışıyor |
| Dekor (Suntasan)              | Eskişehir     | 250                            | Çalışıyor |
| Sumaş A.Ş.                    | Balıkesir     | 240                            | Çalışıyor |
| SFC                           | Kastamonu     | 200                            | Çalışıyor |
| Vezirağaç                     | Vezirköprü    | 175                            | Çalışıyor |
| Kastamonu Entegre A.Ş.        | Gebze         | 150                            | Çalışıyor |
| Masstaş A.Ş.                  | Bolu          | 140                            | Çalışıyor |
| GBS Gentaş                    | Mengen        | 96                             | Çalışıyor |

Çizelge 3.6. Türkiye’de üretimi durmuş odun esaslı kompozit levha işletmeleri (Orman ürünleri sektör raporu 2011, 2012)

| İşletmenin adı         | Bulunduğu yer | Kapasite (m <sup>3</sup> / gün) | Durum      |
|------------------------|---------------|---------------------------------|------------|
| Köseoğlu A.Ş.          | Kayseri       | 600                             | Çalışmıyor |
| Devrektaş A.Ş.         | Zonguldak     | 340                             | Çalışmıyor |
| Koyuncuoğlu (Setaş)    | Kütahya       | 300                             | Çalışmıyor |
| Giresun Orman Ltd.Şti. | Giresun       | 170                             | Çalışmıyor |
| Ayorsan A.Ş.           | Sinop         | 80                              | Çalışmıyor |

Mevcut bu işletmelerle 2010 yılı verilerine göre Türkiye’nin kompozit yonga levha üretim kapasitesi yıllık 4 027 521 m<sup>3</sup> (728 079 626 TL), satışı yıllık 3 175 621 m<sup>3</sup> (455 391 935 TL), ihracatı 271 638 m<sup>3</sup> (65 424 208 \$) ve ithalatı 243 827 m<sup>3</sup> (86 776 028 \$)’tür. Yıllara göre üretim, satış, ithalat ve ihracat verileri Çizelge 3.7, Çizelge 3.8, Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.7. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha üretim değerleri (TUİK, 2013 Ocak)

| Yıl  | Levha üretimi (m <sup>3</sup> / yıl) | Artış (%) | Üretim değeri (TL) | Girişim sayısı |
|------|--------------------------------------|-----------|--------------------|----------------|
| 2006 | 2 147 329                            | -         | 632 718 880        | 23             |
| 2007 | 3 310 486                            | 54,17     | 1 062 192 713      | 21             |
| 2008 | 2 813 011                            | -15,03    | 921 464 988        | 19             |
| 2009 | 2 311 538                            | -17,83    | 721 633 572        | 15             |
| 2010 | 4 027 521                            | 74,24     | 728 079 626        | 24             |



Çizelge 3.8. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha satış değerleri (TUİK, 2013 Ocak)

| Yıl  | Levha satışı<br>(m <sup>3</sup> /yıl) | Artış  | Satış değeri<br>(TL) |
|------|---------------------------------------|--------|----------------------|
| 2006 | 1 348 203                             | -      | 421 763 624          |
| 2007 | 1 773 549                             | 31,55  | 643 548 392          |
| 2008 | 1 174 941                             | -33,75 | 421 306 371          |
| 2009 | 1 095 648                             | -6,75  | 368 407 739          |
| 2010 | 3 175 621                             | 189,84 | 455 391 935          |

Çizelge 3.9. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha ihracatı (TUİK, 2013 Ocak)

| Yıl  | İhracat (m <sup>3</sup> ) | İhracat (\$) |
|------|---------------------------|--------------|
| 2000 | 32 943                    | 7 675 256    |
| 2001 | 64 566                    | 15 963 819   |
| 2002 | 100 266                   | 16 886 465   |
| 2003 | 123 015                   | 24 337 873   |
| 2004 | 194 597                   | 42 454 613   |
| 2005 | 177 875                   | 46 599 962   |
| 2006 | 242 481                   | 57 324 005   |
| 2007 | 322 565                   | 79 778 670   |
| 2008 | 321 077                   | 93 833 272   |
| 2009 | 254 105                   | 63 925 858   |
| 2010 | 271 638                   | 65 424 208   |
| 2011 | 395 205                   | 76 207 900   |

Çizelge 3.10. Yıllara göre odun esaslı kompozit levha ithalatı (TÜİK, 2013 Ocak)

| Yıl  | İthalat (m <sup>3</sup> ) | İthalat (\$) |
|------|---------------------------|--------------|
| 2000 | 285 095                   | 22 758 015   |
| 2001 | 33 310                    | 7 591 360    |
| 2002 | 75 588                    | 12 199 969   |
| 2003 | 253 107                   | 25 381 194   |
| 2004 | 277 238                   | 54 061 410   |
| 2005 | 266 593                   | 56 003 821   |
| 2006 | 179 232                   | 44 827 867   |
| 2007 | 191 338                   | 52 779 226   |
| 2008 | 238 735                   | 59 570 490   |
| 2009 | 243 827                   | 59 272 143   |
| 2010 | 372 183                   | 86 776 028   |
| 2011 | 333 254                   | 89 715 390   |
| 2012 | 477 660                   | 111 755 770  |

### 3.3.2. Odun esaslı kompozit levha üretiminde kullanılan hammaddeler

#### Orman Ürünleri

Boyu 0,5-2 m arasında ve ince uç çapı 4 cm kalın uç çapı 20 cm olan dallar ile 20 cm kalınlığı geçmeyen odunlar bu sınıfa girmektedir. Ph değeri düşük olan her türlü orman artığı kompozit levha üretiminde kullanılmaktadır. Kompozit levha üretiminde kullanılan odunların nem oranı %35–50 arasındadır. Bundan daha yüksek olanlar kurutma süresinin artmasına, kesme etkinliğinin azalmasına, daha düşük rutubet derecesi ise yongalama esnasında daha fazla tozlanmaya neden olurlar (Nemli ve Kalaycıoğlu, 2001).

Kompozit levha üretiminde odun hammaddesinin kabuk içermemesi istenmektedir. Fakat yongalar çoğunlukla kabuğu soyulmamış odunlardan elde edilmektedir. Diğer taraftan

ağaç yaşına, çeşidine, yetişme ortamına bağlı olarak kabuk miktarı yaklaşık %5 – 25 arasında değişebilmektedir. Bu miktardaki malzemenin atılmasına gerek yoktur. Ayrıca ince yuvarlak odunların kabuğu soyulması pahalı ve zor olmaktadır. Ancak kabuğun yuvarlak olması uygun değildir (Özen, 1980).

### Yıllık bitkiler

Kompozit levha üretiminde kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Ancak yer fıstığı kabuğu, pamuk sapları, kenevir, keten, saz, şeker kamışı, bambu, saman, ayçiçeği çekirdeği lifi ve kabuğu gibi bitkisel madde veya artıklardan da kompozit levha üretimi mümkün olduğu belirtilmektedir. Ancak yeterli miktarda olması, taşıma, toplama, depolama ve hazırlanmalarının ucuz, kolay ve materyalin mantarlar tarafından herhangi bir bozulmaya maruz kalmamış olması gerekmektedir. Yıllık bitkilerin kullanılmasında en büyük problem materyalin homojen olmayışıdır (Özen, 1980). Hammaddenin temininde karşılaşılan sorunlar neticesinde son zamanlarda bazı araştırmalar yapılmıştır.

### Kompozit levha üretiminde kullanılan tutkallar

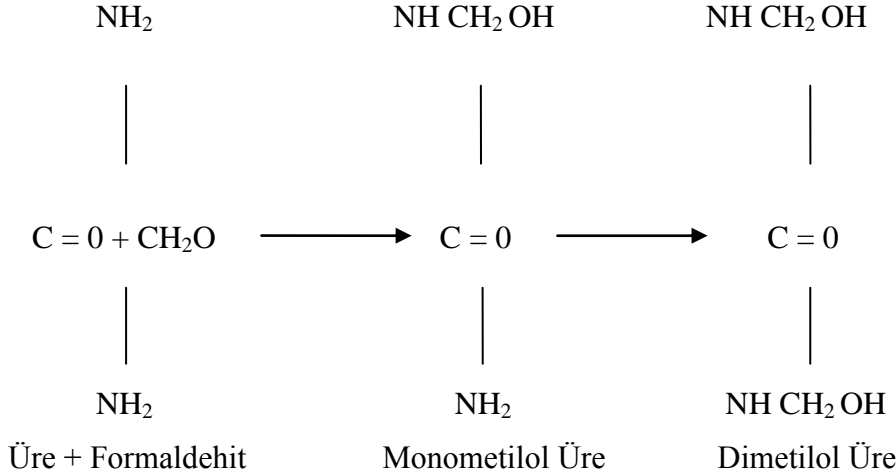
#### *Üre Formaldehit Tutkalı*

Üre formaldehit yapay reçinesinden üretilen bir tutkaldır. Tutkal üretiminde kullanılan üre formaldehit yapay reçinesi; taşkömürü, hava ve sudan polikondenseleşme yolu ile üretilir. Kompozit levhalarda yapıştırıcı olarak üre formaldehit kullanıldığında katalizör olarak amonyum klorür veya amonyum sülfat kullanılarak sertleşme süresi kısaltılır. Ayrıca sertleşme süresinin kısaltılabilmesi için ısıya gereksinim vardır. Son sertleşme için kompozit levhanın orta kısmındaki sıcaklık 100 °C, üst ve alt kısımlarda ise pres sıcaklığına bağlı olarak 150–180 °C arasında değişmektedir (Günsel, 2004; Huş, 1977).

Üre formaldehit tutkalının özelliklerini; ısı verildiği zaman sertleşme hızının rutubet ve sıcaklığa bağlı olarak 15–20 saniye arasında gerçekleştiği, yapıştırma direncinin yüksek, açık renkli olduğu şeklinde sıralamak mümkündür (Günsel, 2004).

Üre formaldehit tutkalı (ÜF); formaldehit ile ürenin yaptığı bir kondenzasyon ürünüdür. Amaca uygun olarak alkali ortamda başlatılan kondenzasyon reaksiyonu ile monometilol

üre, daha sonra dimetilol üreye dönüşmektedir (Şekil 2.2). Daha önceleri ürenin formaldehite mol oranı 1'e 1,5-2 iken, günümüzde bu oran 1'e 1,25- 1,15'e kadar düşürülmüştür. Formaldehit oranının azaltılması, serbest formaldehit ayrışmasını düşürmekte fakat sertleşme süresinin uzamasına neden olmaktadır (Alvur, 2001).



Şekil 3.2. Üre formaldehit tutkalının oluşumu

Üre formaldehit tutkalı hem sıvı hem de katı hallerde elde edilebilmektedir. Elde edilecek tutkalın özelliklerini; pH değeri, reaksiyon süresi, sıcaklık, katalizör konsantrasyonu ve üre formaldehitin molar oranı etkilemektedir (Çolakoğlu, 2001).

### *Melamin Formaldehit Reçine Tutkalı*

Melamin reçineleri fenol ve üre reçinelerine oranla daha pahalı, fakat neme karşı üre reçinelerinden daha dayanıklı, fenol reçinesinden ise daha dayanıksızdır. Melamin formaldehit reçine tutkalının üretim biçimi üre formaldehit reçine tutkalınkine benzer yapıdadır (Burdurlu, 1994).

Melamin reçinesi 110–130°C sıcaklık etkisi ile sertleştirilebilir. Yarım bırakılan polikondenseleşme olayı asit etkili bir setleştirici yardımı ile yeniden başlatılır. Melamin formaldehit tutkalları, daha çok ısı ile reaksiyona giren özellikte üretilir ve suya dayanıklılığın arandığı tabakalı olarak ağaç malzeme üretimi, yapay reçine kaplamaları laminat ve gemi, yat kayak üretiminde kullanılır (Burdurlu, 1994).

### *Fenol Formaldehit Reçine Tutkalı*

Fenol yapay reçinesinden üretilir. Fenol yapay reçine ise, taşkömürü, hava ve sudan kimyasal yollarla üretilir. Toz şeklinde olanı, çoğunlukla su ve alkol ile karıştırılır. Oda sıcaklığında uygulanır. Sıvı şeklinde olanlara, bazı dolgu maddeleri ve kimyasal maddeler katılabilir.

Yüksek moleküler ağırlığa sahip olduğundan: yağ, rutubet, organik çözücüler, birçok asit, bakteri ve mantarlara karşı çok dayanıklı bir tutkal çeşididir. Özellikle dış yapılarda kullanılacak kompozit levhaların üretiminde daha çok kullanılır. Presleme sıcaklığı 200 °C ye kadar çıkabilir. Katalizör yardımıyla presleme süresi kısaltılabilir. Fenol formaldehit reçine tutkalının derine nüfuz etme ve odun çeperini şişirme özelliği nedeniyle, sertleştiğinden oldukça mükemmel dayanımlı boyutsal bir stabilite sağlar (Günsel, 2004; Bozkurt ve Göker, 1985).

### *Resorsin Formaldehit Tutkalı*

Resorsin ve formaldehitin polikondenzasyonu ile üretilir. Fenol formaldehit reçinesine göre 5–6 kat daha pahalı olup, her türlü açık hava şartlarına, alkalilere, asitlere ve diğer çözücülere karşı dayanıklı bir tutkal türüdür. Yüksek yapışma dayanımının arandığı ve soğuk preslemenin gerektiği uygulamalarda, gemi, tekne, kayık ve uçakların ahşap detaylarının tutkallanmasında kullanılır. Aynı zamanda, gerek doğal ve gerekse sentetik kauçuğun, tekstil ve seramik malzemelerin yapıştırılmasında da kullanılır. Resorsin formaldehit tutkalı, katmanın yüksek frekansla sertleştirildiği uygulamalar için de uygundur. Resorsin formaldehit tutkalı piyasada sıvı halde satılmakta olup kırmızımsı erguvani renktedir. Katı madde oranı %50-60' tır (Güler, 2001).

### *İzosiyanat Tutkalı*

Yapıştırma gücü yüksek ve pahalı bir tutkal türüdür. Bazı zayıf asit türlerine ve suya karşı iyi bir dirence sahiptir. Rutubete dayanıklılığı bakımından fenol formaldehit tutkalına eşdeğer, yapışma direnci bakımından ondan daha yüksektir. En büyük özelliği içerisinde su bulundurmamasıdır (Günsel, 2004; Kalaycıoğlu, 1991).

### *Sülfid Asit Suyu*

Son yıllarda üretimi esnasında ortaya çıkan sülfid atık sularının kompozit levha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Bu yöntemle kompozit levha üreten ilk fabrikalar Finlandiya ve Danimarka'da kurulmuştur. Kanada'da geliştirilen bir metotla, sülfid suyuna kuvvetli asitlerden sülfürik asit eklenmesi ile suya karşı dayanıklı ve iyi yapışma sağlayan, hem ekonomik, hem de pratik bir yapıştırıcı elde edilmiştir (Bozkurt ve Göker, 1985).

### Katkı maddeleri

Levhaların rutubete karşı dayanımı artırmak, böcek ve mantarlara karşı korumak için, ahşap esaslı kompozit levhaların üretiminde bazı katkı maddeleri ilave edilebilmektedir.

Katkı maddelerinden en çok kullanılanı parafindir. Karışıma ilave edilecek parafinin miktarı, tam kuru yonga ağırlığına oranla, yapraklı ağaçlarda %0,5–1 iğne yapraklı ağaçlarda ise %0,3–0,5 olarak belirlenmektedir (Nemli ve Kalaycıoğlu, 2001).

Böcek ve mantarlara karşı korumak için flor ve pentaklorfenol tuzları; yongalara içirilmekte veya tutkalla karıştırılmaktadır. Bugün dünyada ve ülkemizde, kompozit levha endüstrisinde %90 oranında üre formaldehit reçineleri kullanılmaktadır. Ancak, dış ortamda ve direnç özelliği aranan kompozit levhalarda üre formaldehit bağlayıcı olarak kullanılmamaktadır. Bunun yerine fenol formaldehit reçinelerinin dış cephelerde daha çok tercih edildiği görülmektedir. Ancak bu tutkalda levha yüzeyinde kırmızı lekeler oluşmakta ve renk koyulaşmaktadır (Burdurlu, 1994).

### **3.3.3.Odun esaslı kompozit levha üretim teknolojisi**

Odun; yonga üretiminde ana malzeme olarak boyu 0,5-2 m arasında olan ve ince uç çapı 4 cm kalın uç çapı 20 cm aralığında olan ve kesilen ağaçların kesim artıklarından ve dallarından elde edilen odunlar kullanılmaktadır. Odun miktarı “ster” ile ölçülmektedir. İstifli halde 1 m<sup>3</sup> oduna 1 ster denilmektedir. Kompozit levha üretiminde kullanılacak odunların nem oranının %35-50 arasında olması gerekmektedir (Burdurlu, 1994).

Kompozit levha üretimi, orman ve kereste endüstrisi atıklarının ve ormanların

iyileştirilmesi esnasında ortaya çıkan ince çaplı materyallerin yakacak olarak değerlendirilmesi dışında rasyonel bir kullanım alanı sağlamıştır (Bardak, 2010).

Endüstriyel artıklar; ahşap kaplama, kereste, kontrplak, kontratabla, çatı, kapı, pencere gibi yapı elemanları, mobilya ve dekorasyon elemanları, deniz araçları gibi ahşaba dayalı ürün üretimi yapan tüm işletmelerde oluşan üretim artıklarının kompozit levha üretiminde kullanılması mümkündür.

Orman ürünlerine olan gereksinimi karşılayabilmek için kesilen her ağacın %100'e yakın oranda değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu hedefe yönelik olarak ağacın masif malzeme olarak değerlendirilmesinin yanı sıra lifli, yongalı, tabakalı ağaç malzeme üretim yöntemleri geliştirilerek daha az kusurlu malzeme üretilmekte ve endüstriyel artıklar da bu üretimde değerlendirilebilmektedir (Nemli ve Kalaycıoğlu, 2000).

Lignoselülozik bitkiler; her ne kadar yapısal özelliklerinden kaynaklı üretim zorlukları olsa da lignoselülozik yapılı şeker kamışı, keten, arpa, buğday, çavdar gibi tahıl bitkilerinin samanı, mısır, şeker kamışı, keten, kenevir, kenaf, muz, üzüm, pamuk gibi bitkilerin sapları kompozit levha üretiminde kullanılabilir.

Türkiye, özellikle arpa, buğday, çavdar, ayçiçeği, mısır ve pamuk gibi yıllık bitkileri büyük miktarlarda yetiştirebilen önemli bir tarım ülkesidir. Bu bitkilerden ürün alındıktan sonra artıklar ya hayvan yemi olarak kullanılmakta ya da tarlada yakılmaktadır. Bu tür yıllık bitkilerin ürün dışı artıklarının kompozit levha endüstrisinde kullanılması orman kaynaklarının tüketiminin sınırlandırılmasını, çevreye uygun teknolojilerin geliştirilmesini ve çevrenin korunmasını sağlayacaktır (Güler, Özen ve Kalaycıoğlu, 2001).

Ayçiçeği bitkisinin tablası, sapı ve çekirdeğinin kabuğu farklı tür ağaçların yongaları ile karıştırılarak veya karıştırılmadan kompozit levha üretiminde kullanılabilir. Türkiye'de yıllık yaklaşık 3 ton ayçiçeği sapı artığı ortaya çıkmaktadır. Bu artıklar kompozit levha üretimi için önemli bir potansiyeldir (Bektaş, Güler ve Kalaycıoğlu, 2002).

%50 kavak ve %50 ayçiçeği tablası yongası karışımından ve %92 ayçiçeği tablası yongası, %7 üre formaldehit tutkalı ve %1 parafin karışımından elde edilen kompozit levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri standart kompozit levhaların özellikleri ile kıyaslanabilir

seviyededir (Gertjeansen et al., 1972; Güler, 2001).

Badem kabuğundan kompozit levha üretiminde yonga uzunluğu, presleme sıcaklığı, presleme süresi ve yapıştırıcı oranı üretilen kompozit levhanın mukavemet değerlerini önemli derecede etkilemektedir. Badem kabuğundan kompozit levha üretiminde 0,3 mm'lik yonga uzunluğu, 0,97'lik üre formaldehit tutkalı oranı, 25 dk. presleme süresi ve 70 °C presleme sıcaklığı en uygun değerler olup, ancak bu şartlarda en yüksek sertlik direncine (97,5 N/cm<sup>2</sup>) ve eğilme direncine (84,52 N/cm<sup>2</sup>) ulaşılabilmektedir (Gürü, Tekeli ve Bilici, 2006).

Pamuk saplarından elde edilen yongaların fenol formaldehit ve üre formaldehit yapıştırıcıları ile karıştırılması ile elde edilen kompozit levhaların vida tutma direnci dışındaki tüm dayanım değerleri standart kompozit levhaların dayanım değerlerine yakındır. Ayrıca, bağlayıcı olarak üre formaldehit yerine melamin formaldehit kullanılması pamuk sapından üretilen kompozit levhaların dayanıklılığını artırmaktadır (Alma, Kalaycıoğlu, Bektaş ve Tutus, 2005).

Kompozit levhaların yanmaya karşı dayanımını artırmak için metilendifenil-izosiyonat (PMDI), fosforik asit, amonyum dihidrojen ortofosfat, amonyum pertaborat, monoamonyum fosfat gibi amonyum bileşikleri, boraks borik asit gibi bor bileşikleri, lityum dihidrojen fosfat ve lityum hidroksit gibi lityum bileşikleri ve sodyum bileşikleri yongalara harmanlama veya içirme yoluyla kullanılabilir. Ağaç yongaları antep fıstığı kabuğu, saman, jüt, keten, kendir, kenevir ve pirinç sapı gibi bitki lifleri ile karıştırılabilir. İsoisyanat, üre formaldehit, fenol formaldehit, çimento, alçı gibi yapıştırıcı ve bağlayıcılar kullanılabilir. Yüzeylerin bazı kâğıt veya plastik esaslı malzemelerle kaplanarak kompozit levhaların yanma dayanımına katkı sağlanabilir (Burdurlu, 1994).

#### Üretimde kullanılacak malzemelerin depolanması

Üç ya da daha fazla katlı kompozit levha üreten fabrikalarda, malzemelerin depolanması özel önem arz etmektedir. Çünkü bu tip fabrikalarda, odun ve diğer malzemeler, dozaj makinelerinde yongaların serilmesine kadar olan süreçte, alt-üst tabakalarda veya orta tabakada kullanılacağına göre farklı makinelerden geçirilerek farklı işlemlere tabi tutulmaktadır. Örneğin; orta tabakada kullanılan yongalar tamamen yakacak odun



özelliğindeki malzemelerden elde edilirken alt-üst tabakalardaki yongalar ise budaksız, dolgun, yuvarlak, düzgün lifli, sağlam tomruklardan ve sanayi odunlarından elde edilir. Bu nedenle; orta tabakada kullanılan yongalar ve lignoselülozik maddeler ayrı bir yerde, alt üst tabakalarda kullanılan yongaların elde edildiği odunlar ise başka bir yerde istif edilmelidir (Burdurlu, 1994).

Çürüklük ve mantar tahribatına karşı depolardaki odunlar arasında çok iyi hava dolaşımı sağlanmalı ve kabukları soyulmuş odunlar toprak zemini üzerinden yaklaşık 50 cm yüksekte depolanmalıdır (Duran, 2004).

Ağaç malzemenin depolanmasında bakteri saldırılarından dolayı porozite artması, çürüme ve oksidasyon lekesi, böcek ve mantar zararları, ısınma ve donmadan dolayı lif ayrılması, çatlama, enine kesitlerde ve çevresinde çatlama ve kurumalar ve mavi renklenme ile hoş olmayan koku oluşumu görülebilir. Bu nedenle su içerisinde depolama ve yağmurlama sistemi ile odunların nem oranlarını ayarlama gibi önlemlerin yanında bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı kimyasal maddelerin kullanılması gerekir. En iyi yöntem ağaç malzemenin hemen üretime verilmesi veya odunları su içerisinde depolama ya da odunların üzerine su püskürtmektir (Güler, 2001).

### Kabuk soyma

Yongaların hazırlanması aşamasındaki ilk işlem kabuk soymadır. Kaliteli bir kompozit levha üretimi için kabukların soyulması gereklidir. Kabuk fosilleşmiş hücrelerden oluştuğundan, kompozit levhanın su çekme kabiliyetini ve görünüş özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Özellikle dış katlarda kullanılacak yongaların üretiminde kabuğun mutlaka soyulması gerekir (Burdurlu, 1994).

Üretimde kabuk kullanılmaması durumunda elde edilen levhaların direnç değerleri daha yüksek ve levhanın rengi daha homojendir. Bu nedenle levha kütlesine oranla kabuk miktarı %10' u geçmemelidir (Güler, 2001).

## Yongalama

Yongalar, orman artıklarından değişik kesme yöntemleri ile elde edilir. Dolayısıyla, elde edilen yongaların boyut ve biçimleri kullanılan makineye göre değişir. Kompozit levha üretiminde talaş biçimi önemlidir. Genellikle; orta tabakalarda, iğne yapraklı ağaçlardan elde edilen kübik talaş, kıymık talaş, kibrit talaş, dış tabakalarda ise geniş yapraklı hafif ağaçlardan elde edilen dekor talaş, band talaş ve testere talaş kullanılmaktadır. Talaşların bu özelliklere sahip olması için, orman artıkları ince yongalama ve kaba yongalama işlemlerinden geçirilir (Burdurlu, 1994).

Elde edilen yongaların boyutları ve özellikle uzunluk ve kalınlığı diğer bir deyimle yonga geometrisi levhanın kalitesini ve yüzey düzgünlüğünü sağlayan en önemli faktörlerden biridir. Yonga kalınlığı arttıkça eğilme direnci değerlerinde azalma fakat yüzeye dik yönde çekme direnci değerlerinde artış görülmektedir. Yonga uzunluğu arttıkça eğilme direnci artmasına karşın yüzeye dik yönde çekme direncinde bir azalma görülür. Yonga içerisindeki toz miktarının artışı yüzeye dik çekme ve eğilme direncinin azalmasına neden olur (Karakuş, 2007).

Odunun yongalanması sırasında düzgün yüzeyli ve kaliteli yongaların elde edilebilmesi için nem oranının %30-60 arasında olması gerekir. Nem oranının az olması durumunda fazla miktarda toz oluşur ve yonga verimi düşer. Bu durum, hammadde maliyetini arttıran en önemli durumlardan biridir. Nemin fazla olması durumunda ise yongaların kurutma maliyetleri artar ve elde edilen yongaların yüzeyleri lifli hale gelir. Lifli yongalar yapışmanın hatalı olmasına neden olur. Bu nedenle uygulamada odunun nem oranı %30'dan az ve %60'dan fazla olmamalıdır (Güler, 2001).

Yongalama işlemi üç farklı aşamada gerçekleştirilmektedir:

- i) Kaba yongalama
- ii) Normal yongalama
- iii) İnce Yongalama

Kaba yongalama işleminde kaba yongalama makineleri kullanılmaktadır. Kaba yongalama makineleri kereste endüstrisi atıklarından olan kırıntılardan, ince dallardan, kontrplak ve

kaplama fabrikaları atıklarından, çalı ve yıllık bitki demetlerinden kaba yongalar kesmeye yararlar. Yongalama sonrası değirmenlerde ufalanacak olan kaba yongaların boyları 10-30 mm, ince yongalama makinelerinde inceltilecek, ufalanacak olan kaba yongaların boyları ise 30-60 mm arasında değişiklik gösterir. Odunlar ya liflere 45°'lik açı yapacak şekilde ya da liflere dik olarak kesilirler (Bozkurt ve Göker, 1990).

Normal yongalama, yuvarlak odundan doğrudan doğruya levha üretimine uygun kalınlık ve uzunlukta yonga kesilmesine denir. Kompozit levha için en uygun bıçak yönü lif yönüne meyilli olan kesiş veya bıçak yönü lif yönüne dik olan liflere paralel yöndeki kesıştır. Her iki kesiş yönteminde de, yongalar, makinede bulunan kenar bıçakları tarafından kesilmektedir. Çok ince olması sebebi ile lif yönünde kolayca kırılarak kendiliğinden daha dar yongalar olduğundan yongaların eni önemli değildir. Normal yongalama için silindri ve diskli yongalama makineleri kullanılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Levha üretiminde uygun olan yongaları farklı malzemelerden bir defada elde etmek mümkün olmadığından, normal ve kaba yongalar ince yongalama makinelerinden geçirilerek boyutları küçültülmektedir. Düzgün yüzeyli bir kompozit levha üretimi için normal yongalama makinelerinden gelen materyalin ince yongalama makinelerinde işleme tabi tutulması gerekmektedir. Genellikle ince materyalin üretilmesinde elekli değirmenler tercih edilir. Her türlü yonga, elekli değirmenlerde inceltilebilir (Bozkurt ve Göker, 1990).

### Yongaların kurutulması

Yongaların öngörülen nem oranına (%3-6) kadar homojen bir şekilde kurutulması levhanın üretim sonrası nem miktarının dengeli olmasını ve deforme olmamasını sağlamaktadır. Kurutma makinelerine sevk edilen yongaların nem oranları genellikle %35- 120 aralığında olup bazen %16'ya kadar da düşebilmektedir (Karakuş, 2007).

Presleme tekniği bakımından orta ve dış tabaka yongalarının rutubetlerinin farklı olması faydalıdır. Bunun için; her iki tabakanın yongası aynı nem oranına kadar kurutulur, levha taslağı hazırlanırken / hazırlandıktan sonra pres saclarına su püskürtülür veya dış tabaka yongaları daha az kurutulur. Yongaların rutubeti normalden fazla ise sıcak presleme esnasında kompozit levhanın orta kısmında buhar kabarcıklarının oluşmasına, ortaya çıkan

basınçla tutkalın sertleşmemesine ve levha yüzeyinin bozulmasına neden olurlar. Fazla nemden kaynaklı suyun buharlaşması ile ortaya çıkan çok yüksek basınçlardan dolayı presten çıkan levhalarda patlamalar oluşabilir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yongaların kurutulmasında aşağıdaki makineler kullanılmaktadır (Karakuş, 2007):

- i. Döner silindirik kurutucular,
- ii. Döner jet kurutucular,
- iii. Borulu kurutucular,
- iv. Çok bantlı kurutucular,
- v. Kontak kurutucular,
- vi. Türbülülü kurutucular,
- vii. Yanık gaz kullanan kurutucular,
- viii. Süspansiyon tipi kurutucular,

#### Yongaların sınıflandırılması (Eleme)

İstenilen rutubet derecesine kadar kurutulan yongalar elekten geçirilerek, belirli boyut aralığında homojen yongalar elde edilir. Elekler, istenilen büyüklükte yongaları ayrı ayrı gruplandırmak üzere, çok katlı olarak yapılmıştır. Üst kat eleğe yerleştirilen bir emme sistemi ile geniş yüzeyli yongalar emilir ve eleğin gözlerinin tıkanması engellenir. Yongalar, elek üzerinde düşey ve yatay olarak hareket edebilecek şekilde karma bir harekete sahiptir. Elekler taban yapısına göre beş farklı şekilde sınıflandırılır (Burdurlu, 1994).

- i. Yatay titreşimli
- ii. Dikey titreşimli
- iii. Dairesel titreşimli
- iv. Bir eksen etrafında dönen
- v. Üç boyutlu hareket edenler

### Yongaların depolanması

Elekten geçirilen yongalar türlerine ve nem oranlarına göre ayrı ayrı depolara alınarak bir süre bekletilirler. Bu depoların büyüklerine silo, küçüklerine bunker denilir. Bunkerlerin yatay ve dikey olmak üzere iki türü bulunur. Dikey bunkerler kuru yongaların bekletilerek daha homojen bir rutubet oranına gelmelerini sağlamak üzere kullanılır. Bunkerlerde önce giren yonganın önce çıkması, tıkanıklık meydana gelmemesi, yonga seviyesinin dışarıdan görülebilir şekilde olması ve yangına karşı emniyet tedbirlerin alınmış olması önemli ayrıntılardır (Burdurlu, 1994).

### Yongaların tartılması ve tutkallanması (Dozajlama)

Üretilecek kompozit levhanın yoğunluğu, ebadı, kalınlığı, katkı maddesi ve yapıştırıcı oranları göz önüne alınarak kullanılacak yonga, yapıştırıcı ve katkı maddeleri miktar olarak karışıma hazır hale getirilir. Tutkal çözeltisi; parafin, sertleştirici ve zararlılara karşı koruyucu maddelerle karıştırılır. Katkı maddelerinin miktarı kuru talaş miktarının %20 sini geçmemelidir (Burdurlu, 1994).

Kompozit levhanın üretiminde yongaların tutkallanmasına özel önem verilmesi levha kalitesi açısından önemlidir. Yongaların tutkallanmasında yonga yüzeyi ile sıvı tutkal arasındaki oran önem arz etmekte olup, genellikle 1 m<sup>2</sup> yonga yüzeyi için 8-12 g tutkal gerekmektedir. Tutkallamanın homojen bir şekilde yapılması levhanın direnç özelliklerini arttırmaktadır. Bunun için farklı sistemler geliştirilmiş olup en uygun sistem püskürtmedir. Bu sistemde tutkal çözeltisi aynı büyüklükte çok küçük zerreciklere ayrılır ve tutkal yonga üzerine eşit biçimde dağılır. Tutkal zerreciklerinin boyutları küçüldükçe, birim kütledeki tutkaldan üretilen zerrecik sayısı ve dolayısıyla yonga yüzeylerinin tutkalla örtülme imkânı artış göstermektedir. Yonga kalınlığı arttıkça ve tutkal zerresinin çapı küçüldükçe her ne kadar yongalarda meydana gelen noktasal yapışma artsa da yonga boyutlarının çok fazla büyümesi levhanın mekanik ve fiziksel özelliklerine olumsuz etki yapmaktadır. Tutkal zerreciklerinin çapının çok küçülmesi tutkalın havada asılı kalmasına sebep olmakta ve bu durumda da yonga yüzeyine gelen tutkal miktarını tespit etmek oldukça güçleşmektedir (Karakuş, 2007).

Yongaların boyutları yongalama makinesine, ağaç türüne, nemine ve benzeri faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Tutkallamada büyük yongalara ince, az, hafif ve toz halindeki yongalara daha fazla tutkal isabet eder. Tutkallı ince yongalar ve tozlar serme teknolojisinin gereği olarak levhanın dış yüzeylerinde yer alır ve zımparalama işleminde bir kısmı levhadan uzaklaşır. Tutkallamada boyutları yanı sıra yongaların yüzey düzgünlüğü de son derece önemlidir. Yongaların yüzeyleri düzgün değilse tutkal zerreciklerinin büyük çoğunluğu çukurluklara isabet edebilir. Bu durum, yongalar arası yapışma direncinin olumsuz etkilenmesine sebep olur. Bu nedenle kesme yöntemiyle üretilen yongaların fazla olması kompozit levhanın mekanik dayanımının artırılması açısından önemlidir (Karakuş, 2007).

Tutkallama işleminde tutkallama makinesindeki yonganın hareketi önemlidir. Yongaların hareketiyle püskürtülen tutkal uyum içerisinde olmazsa diğer koşullar en iyi şekilde gerçekleşse bile tutkalın yonga üzerindeki dağılımı homojen olmadığından tutkallama hatalı olur. Yonga hareketi tutkalın yonga üzerindeki dağılımını etkilemektedir (Karakuş, 2007).

#### Yonga serme (taslak oluşturma) işlemi

Serme, dozajlama denilen ve levha taslağının her yerde aynı kütlede ve kalınlıkta olmasını sağlayıcı işlemlerle birleştirilmiştir. Taslak oluşturmada kullanılan metot, aynı zamanda eleme işleminden sonraki süreci etkileyen en önemli faktördür. Levha taslağının oluşturulmasında daha çok savurma yöntemi olmak üzere aşağıdaki üç yöntemden biri kullanılır.

- i Dökme
- ii Serpme
- iii Savurma

Dökme yöntemiyle taslak oluşturmada, eleme ve pnömatik sistemle tasnif edilen yongalar, kat sayısı kadar olmak üzere, ayrı ayrı bunkerlere veya silolara alınır. Buralardan tahrikli bant üzerine veya tahrikli bant üzerindeki sac levhalar üzerine katlar ardışık ve direkt olarak üst üste dökülmek suretiyle taslak oluşturulur. Serpme yönteminde, yongalar, dikey olarak dönen bir çark üzerine çarptırılır. Çarka çarpan yongaların ağır ve iri olanlar daha

ileriye ve hafif ve ince olanları ise daha yakına düşer. Bu serpme işlemi, karşılıklı olarak yapıldığı takdirde, yongalar otomatik olarak, ortadan çift yüzeye kalından inceye doğru katmanlanmış olur. Savurma yönteminde ise aralıklı çift haznedan dikey yönde düşmekte olan yongalara ortadan çift taraflı basınçlı hava uygulayarak yongalar sağa-sola yönlendirilir. Basınçlı havanın etkisi ile hafif ve ince yongalar daha uzağa ve ağır ve iri yongalar daha yakına düşecek şekilde savrulurlar. Böylelikle ince yongalar kademeli geçişle yüzeylerde, kaba yongalar kademeli geçişle ortada olacak şekilde serme işlemi tamamlanmış olur (Burdurlu, 1994).

### Presleme işlemi

Yongalar çeşitli serme sistemlerinden biriyle serilerek çok gevşek yapıda kalın bir keçe oluşturulur. Keçe kalınlığı levha kalınlığının 20 katı kadar olmaktadır. Bu gevşek haldeki keçenin herhangi bir şekilde sarsılması ince yonga parçacıklarının alt kısımda toplanmasına yol açmaktadır. Bu durumda levhaların görünüşlerinde bozukluklar oluşur ve mekanik özelliklerde de farklılıklar ortaya çıkar. Presleme “Sıcak presleme” ve “Soğuk presleme” olmak üzere iki aşamada yapılmaktadır (Güler, 2001).

Soğuk preslemede serilen yonga taslağı preste 0,15-0,20 bar’lık bir basınçla soğuk olarak ön sıkıştırmaya tabi tutulmakta ve bu aşama ön presleme olarak adlandırılmaktadır. Soğuk preslemede, levha taslağının sıkıştırılması yanı sıra yongalar arasındaki havanın da uzaklaşması sağlanır. Taslak içerisinde eğik veya dikey durumda bulunması olası yongalar yatay duruma getirilir. Sıcak preslemede küçük boyutlu yongaların uçarak yer değiştirmeleri engellenir. Üretim akışının aralıksız olmasını sağlamak için pres olarak “sürekli pres” kullanılmaktadır. Soğuk presten çıkan taslağın kalınlığı serme kalınlığının 1/3’üne düşmektedir (Güler, 2001).

Yonga taslağı, levha özelliğini sıcak presleme sonrası kazanmaktadır. Sıcak preslemenin amacı basınç uygulayarak taslağı ön görülen levha kalınlığına kadar sıkıştırmak ve ısı etkisi ile de tutkalin sertleşmesini sağlayarak kararlı bir levha elde etmektir. Kompozit levha yapımında çok katlı ve tek katlı sıcak presler kullanılmaktadır. Presleme süresi, presleme basıncı ve presleme sıcaklığı elde edilecek levhanın özelliklerine ve kullanılan tutkalin türüne göre değişmektedir (Karakuş, 2007).

Presleme ve presleme öncesi işlemlerin hatasız yapılması levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerin istenilen sınırlarda olmasını sağlar.

Üretilen levhalara estetik değer katılması ve levhaların bu sınır değerlerinin korunması açısından presleme işlemi sonrasında levhalara aşağıdaki işlemler uygulanmalıdır (Karakuş, 2007):

- i Levhaların klimatize edilmesi
- ii Boyutlandırma
- iii Levhaların tasnif edilmesi ve depolanması (zımparalama)
- iv Kalınlık hatalarının giderilmesi

### **3.3.4. Formaldehit emisyonu**

Formaldehit, insan sağlığı ve çevre için çok zararlı olan renksiz, kötü ve keskin kokulu bir kimyasal madde olup boyalar, kumaş dokumalar, kozmetikler, cilalar, halı, sigara dumanı, tekstil, buruşmayı önlemek için giysilerde ve odun esaslı birçok yapı malzemesinde ve dolayısıyla birçok ev eşyasında bulunmaktadır. Bu malzemelerde bağlayıcı olarak melamin formaldehit, üre formaldehit, fenol formaldehit vb. tutkallar kullanıldığından ve de bu tutkallarla üretilmiş levha ürünlerinden formaldehitin açığa çıkması söz konusu olduğundan açığa çıkan serbest formaldehit, sağlık açısından dikkate edilmesi zorunlu sınırlamalara uyulması gerekli hale gelmiştir (Boran ve Usta, 2010).

Yaşam alanlarındaki formaldehit emisyonu kaynağı sadece ahşap levhalar değil; duvar kâğıdı, halı, kaplamalar vb. elemanlarda bu emisyonu yayabilmektedir. Sigara dumanı, otomobil egzoz gazı da emisyon yayar. Higroskopik olmayan tüm materyallerde bu salınımın görülmesi kaçınılmazdır. Yapılan araştırmalarda 0,4 ppm'in altındaki emisyon rahatsızlık oluşturmamaktadır. Ancak 3,5 ppm'in üzerindeki emisyon salınımı öksürük, göz yaşarması, nefes darlığı gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır (Boran ve Usta, 2010)

Avrupa'da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri Çizelge 3.11'de verilmiştir.



Çizelge 3.11. Avrupa’da kabul edilebilen formaldehit sınır değerleri (Çolakoğlu, 1993)

| Ülke       | Konsantrasyon<br>(odalarda) (ppm) | Perfaratör<br>(mg/100g levha)             | Gaz Analizi<br>(ppm)           |
|------------|-----------------------------------|---|--------------------------------|
| Almanya    | 0,10                              | E1 ≤ 10<br>E2 10 -30<br>E330 -60          | ≤ 0,1<br>0,1 -1,0<br>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<br>28 Kalite 2<br>42 Kalite 3 | -                              |
| Finlandiya | 0,12                              | 40  | -                              |
| Danimarka  | 0,12                              | 10 Kalite E15<br>25 Kalite P25B           | -                              |
| Fransa     | -                                 | 50  | -                              |
| İngiltere  | -                                 | 50  | -                              |

#### Formaldehit Ayrışmasına Etki Eden Faktörler:

- i. *Ağaç türü:* Yapılan çalışmalarda, diğer tüm faktörler aynı olmak kaydıyla; çam yongalardan yapılan formaldehit emisyonu, meşe yongalarından üretilen kompozit levhalarda ayrıışan formaldehit emisyonundan daha fazla çıkmıştır.
- ii. *Reçinelerdeki formaldehit miktarı:* Üre – formaldehit reçinelerinde formaldehit ayrıışması ile reçine mol oranı arasında doğrusal bir ilişki olduğu bulunmuştur. Kullanılan tutkallardaki formaldehit reçine miktarının fazla olması, kullanım esnasında ortama çıkacak formaldehit salınımını artırmaktadır.
- iii. *Sertleştiriciler:* Kompozit levha üretiminde kullanılan sertleştiricilerin, formaldehit emisyonu üzerine etkisi tespit edilmemiştir. Amonyum Klorür, formaldehit salınımını azaltıcı etki göstermektedir.
- iv. *Presleme şartları:* Preslemenin belli sıcaklıklarda yapılması ve presleme süresinin uzunluğu, üretilen kompozit levhaların kullanım esnasında ortaya çıkabilecek formaldehit salınımını azaltıcı etki yapmaktadır. Kompozit levhanın yoğunluğu ve

kalınlığı da bu durumu etkileyebilmektedir. Presleme sırasında sıcaklığın etkisi ile formaldehit emisyonu artmakta olup, bu durum üretim sonrası kullanım alanlarındaki formaldehit salınımını azaltabilmektedir.

- v. *Tutkal miktarı:* Tutkal miktarının artmasıyla ortaya çıkan formaldehit emisyonu doğrusal artış göstermemektedir. Formaldehit emisyonunu kullanılan tutkal kütlesinden ziyade tutkalın yapısında bulunan reçine miktarının toplam kütledeki oranı etkilemektedir.
- vi. *Formaldehit tutucuları:* Üre formaldehit reçineli tutkalların kullanımı ile üretilen kompozit levhaların üretim sürecinde ve sonrasında ortaya çıkabilecek formaldehit salınımının engellenmesi için ÜF ile tepkimeye girebilen resorsin ve melamin gibi maddelerle işlem yapılabilir. Bu alanda sodyum sülfid, sodyum tiosülfat gibi kimyasalların kullanımı ile ilgili standartlar (DOS 653 167, DSP 4032515) mevcuttur.
- vii. *Levhaların depolanması:* Yongadan çıkan formaldehit emisyonu ile levhaların depolandığı ortam havasındaki formaldehit miktarı arasında ters bir ilişki vardır. Depolamanın yapıldığı alanın sürekli olarak havalandırılması formaldehit salınımını azaltırken, aralıklarla düzensiz havalandırma formaldehit salınımının azalmasına daha az etki yapabilmektedir. Ayrıca üretim sonrası yavaş soğutma, hızlı soğutmaya göre daha iyi neticeler vermektedir (Çolakoğlu, 1993).

## 4. MATERYAL VE METOT

### 4.1. Materyal

#### 4.1.1. Yongalar

##### Haşhaş Yongaları

Kompozit levhaların üretiminde kullanılan haşhaş (*Papaver somniferum* L.) yongaları Afyonkarahisar Alkaloid fabrikası atıklarından temin edilmiştir. Depolama sahasındaki haşhaş yongaları Resim 4.1.'de gösterilmiştir.



Resim 4.1. Afyonkarahisar Alkaloid fabrikası atık depolama sahası

Orta tabakada çapları 1,5-6 mm ve uzunlukları 10 mm, yüzey tabakada çapı 0,5-1,5 mm uzunluğu 3 mm olan haşhaş yongaları kullanılmıştır. Kompozit levha üretiminde kullanılan haşhaş yongaları Resim 4.2.'de verilmiştir.



Resim 4.2. (a) Orta tabakada kullanılan haşhaş yongaları, (b) Yüzey tabakada kullanılan haşhaş yongaları

### Çam Yongaları

Deneme levhalarının üretiminde kullanılan çam yongaları ORMA Orman Mahsulleri Entegre Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin Isparta'daki kompozit levha fabrikasından sanayi tipi kurutma makinesinde %3 rutubete kadar kurutulmuş olarak temin edilmiştir. Yongalar; %60 karaçam (*Pinus nigra* Var), %40 (*Pinus brutia* Ten.) karışımından oluşmaktadır. Orta tabakada kalınlığı 0,25-0,40 mm, genişliği 2-6 mm ve uzunluğu 10-25 mm, yüzey tabakada çapı 0,5-1,5 mm uzunluğu 3 mm olan çam yongaları kullanılmıştır. Kompozit levha üretiminde kullanılan çam yongaları Resim 4.3.'te gösterilmiştir.



Resim 4.3. (a) Orta tabakada kullanılan çam yongaları (b) Yüzey tabakada kullanılan çam yongaları

#### 4.1.2. Tutkal

##### Üre formaldehit tutkalı

Üre formaldehit tutkalı nispeten ucuzluğu nedeniyle, özellikle kaplamalı işler, pres kapı, kompozit levha ve kontrplak üretimi olmak üzere, ağaç işlerinde en çok kullanılan yapıştırıcılardan biridir.

Üre formaldehit tutkalı geri dönüşümsüz bir yapıya sahiptir. Sertleştikten sonra kimyasal bir çözücü kullanılarak veya ısıtılarak yeniden yumuşatılamaz (Alvur, 2001).

Daha hızlı bir sertleşme sağlayabilmek için ise bir katalizöre ihtiyaç vardır. Sıcak preslemede sertleştirici madde olarak amonyum sülfat veya amonyum klorür kullanılır. Bu maddelerin presleme sıcaklığı veya miktarı arttırılarak presleme süresi kısaltılabilir. Son sertleşmede kompozit levhanın orta kısmındaki sıcaklık 100°C ve üst ve alt yüzeylerdeki sıcaklık ise presleme sıcaklığına bağlı olarak 150–180°C arasında değişmektedir (Günsel, 2004; Huş, 1977).

Üre formaldehit tutkalı piyasada %55'lik veya %65'lik sıvı ya da toz olarak satılmaktadır. Toz halde olanı, depolarda 1 yıl bozulmadan saklanabildiği halde sıvı olanı ancak bir kaç ay depolanabilir. Sıvı halde katı madde miktarı genellikle %65'tir. Viskozitesi tutkalın kullanım amacına göre 200-300 cP'dir. Pres basıncı levhanın yoğunluğuna bağlı olarak 1,0-3,0 N/mm<sup>2</sup> arasında değişiklik gösterir. Presleme süresi ise presleme sıcaklığına, kullanılan katalizörün tepkimesine ve levha kalınlığına göre değişmektedir (Güler, 2001).

Deneylerde kullanılan üre formaldehit tutkalına ait bazı teknik özellikler Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Üre formaldehit tutkalının teknik özellikleri (POLİSAN, 2014)

| Özellikler  | Ortam Sıcaklığı | Birim             | Değer              |
|---|-----------------|-------------------|--------------------|
| Görünüm   | 0° - 40° C      | -                 | Berrak-Beyaz       |
| Yoğunluk ( $\rho$ )   | 20° C           | g/cm <sup>3</sup> | 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 -<br>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 <sub>4</sub> Cl) katılmıştır. |                 |                   |                    |

## 4.2. Deney Örneklerinin Hazırlanması

### 4.2.1. Kompozit levha üretimi

Haşhaş ve çam yongaları laboratuvar tipi bir kurutma fırınında %3 rutubet derecesine kadar kurutulmuştur. Tutkallama işlemi, dairesel hareket eden bir mikserde tutkal püskürtebilen hava tabancasıyla gerçekleştirilmiştir. Tutkallama işlemi Resim 4.4'te gösterilmiştir.



Resim 4.4. Tutkallama işlemi

Dış tabakada kullanılan tutkal miktarı tam kuru yonga ağırlığına oranla %10,5 ve 12, orta tabaka için ise bu değer %8,5 ve 10 olarak belirlenmiştir. Üre formaldehit tutkal çözeltisine sertleştirici olarak dış ve orta tabaka için %2 oranında %20'lik amonyum klorür ilave edilmiştir. Levha taslağının hazırlanmasında 55x55 cm ebatlarında şekillendirme çerçevesi kullanılmıştır. Levha kalınlığının %65'ini orta tabaka, %35'ini ise dış tabakalar oluşturmuştur. Levha yoğunluğu  $0,68 \text{ g/cm}^3$  ve levhanın presten çıkış rutubeti %7 olarak belirlenmiştir. Yongaların serilmesi işlemi mümkün olduğunca homojen bir şekilde yapılmaya çalışılmıştır. Sırasıyla dış, orta ve dış tabaka serilerek üç tabakalı levhalar üretilmiştir. Yongalar pres sacı üzerine şekillendirme çerçevesi yardımıyla serildikten sonra soğuk pres uygulanmış ve çerçeve dikkatli bir şekilde çıkarıldıktan sonra ikinci pres sacı taslağın üzerine yerleştirilerek preslemeye hazır hale getirilmiştir. Presleme işleminde; presleme alanı 60x60 cm olan, elektrikle ısınan laboratuvar tipi pres kullanılmıştır. Presleme işlemi Resim 4.5'te gösterilmiştir.





Resim 4.5. Presleme işlemi

Her levha grubundan 7 şer adet olmak üzere toplam 70 adet levha üretilmiştir. Pres sıcaklığı 160°C, pres süresi 8 dakika ve pres basıncı 25 kg/cm<sup>2</sup> şeklinde uygulanmıştır. Presten alınan levhalar soğutulduktan sonra TS 642 ISO 554 (1999) standardına uygun olarak üç hafta boyunca 20 °C ± 2 °C sıcaklık ve %65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme kabininde bekletilmiştir. %100 haşhaş yongasıyla ve %100 çam yongasıyla üretilen levhalar Resim 4.6'da gösterilmiştir.



Resim 4.6. (a) %100 haşhaş yongasıyla üretilen levhalar, (b) %100 çam yongasıyla üretilen levhalar



Kompozit levha üretim parametreleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kompozit levha üretim parametreleri

| Kompozit<br>Levha Tipi | Hammadde<br>Karışım Oranı<br>(%) |                | Tutkal<br>Tipi | Tutkal Miktarı<br>(%) |                | Kalınlık<br>(mm) | Boyut<br>(mm) |
|------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|------------------|---------------|
|                        | Haşhaş<br>Yongası                | Çam<br>Yongası |                | Yüzey<br>Tabaka       | Orta<br>Tabaka |                  |               |
| A1                     | 100                              | 0              | UF             | 10                    | 8,5            | 18               | 550 × 550     |
| A2                     | 100                              | 0              | UF             | 12                    | 10,5           | 18               | 550 × 550     |
| B1                     | 75                               | 25             | UF             | 10                    | 8,5            | 18               | 550 × 550     |
| B2                     | 75                               | 25             | UF             | 12                    | 10,5           | 18               | 550 × 550     |
| C1                     | 50                               | 50             | UF             | 10                    | 8,5            | 18               | 550 × 550     |
| C2                     | 50                               | 50             | UF             | 12                    | 10,5           | 18               | 550 × 550     |
| D1                     | 25                               | 75             | UF             | 10                    | 8,5            | 18               | 550 × 550     |
| D2                     | 25                               | 75             | UF             | 12                    | 10,5           | 18               | 550 × 550     |
| E1                     | 0                                | 100            | UF             | 10                    | 8,5            | 18               | 550 × 550     |
| E2                     | 0                                | 100            | UF             | 12                    | 10,5           | 18               | 550 × 550     |

#### 4.2.2. Deney örneklerinin ölçülendirilmesi ve iklimlendirilmesi

Üretilen kompozit levhalar, öngörülen testler, bu testlerle ilgili standartlarda öngörülen deney örneği ölçüleri ve sayıları göz önüne alınarak daire testere makinesinde kesilmiştir. Araştırma kapsamındaki testler, testlerle ilgili standartlar, deney örneği ölçüleri ve sayıları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Araştırma kapsamındaki testler, testlerle ilgili standartlar, deney örneği ölçüleri ve sayıları

| Testler                                       | İlgili standart          | Deney örneği ölçüleri | Deney örneği sayısı |
|---|--------------------------|-----------------------|---------------------|
| Yoğunluk                                      | TS EN 323                | 50 x 50 x 18          | 100                 |
| Rutubet Miktarı                               | TS EN 322                | 50 x 50 x 18          | 100                 |
| Su İçerisinde Kalınlık Artışı                 | TS EN 317                | 50 x 50 x 18          | 100                 |
| Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü | TS EN 310                | 410 x 50 x 18         | 100                 |
| Levha Yüzeyine Dik Çekme Direnci              | TS EN 319                | 50 x 50 x 18          | 100                 |
| Yüzey Sağlamlığının Belirlenmesi              | TS EN 311                | 50 x 50 x 18          | 100                 |
| Vida Tutma Direncinin Belirlenmesi            | TS EN 13446<br>TS EN 320 | 50 x 50 x 18          | 100                 |
| Formaldehit Emisyonunun Tayini                | TS EN 317-1              | 450 x 660 x 18        | 30                  |
| SEM Analizi                                   | -                        | 4 x 8 x 8             | 100                 |

Deney örnekleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\%65 \pm 5$  bağıl nem değerlerine göre ayarlanmış iklimlendirme kabiniinde 24 saat aralıklı ölçümlerde değişmez ağırlığa gelene kadar iklimlendirilmiştir. İklimlendirme sonrası hava kuru rutubet değerine getirilen deney örnekleri Türk Standartları Enstitüsünde yer alan  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve  $\%65 \pm 5$  bağıl nem değerlerine sahip test odasında deneylere tabi tutulmuştur. Bu sayede iklimlendirme sonrasında deney örneklerinin rutubet değerlerinin değişmesinin önüne geçilmiştir.

### 4.3. Metot

#### 4.3.1. Yoğunluğun belirlenmesi

TS EN 323 (1999) standardında belirtilen esaslara göre 50 x 50 x 18 mm boyutlarında her bir levha grubu in 10 adet olmak üzere toplam 100 adet deney örneği hazırlanmıştır. Levhalar, TS-EN 326-1 (1999) standardında belirtilen esaslara göre  $20 \pm 2$  °C ve bağıl

nemi  $\%65 \pm 5$  olan ortamda klimatize edilip, 0.01 gr hassasiyetli terazi ile tartılmıştır. Boyutları ise 0,01 hassasiyetli kumpasla ölçülmüştür. Bu değerler aşağıdaki eşitlikte yerlerine konularak, yoğunluk;

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4.1)$$

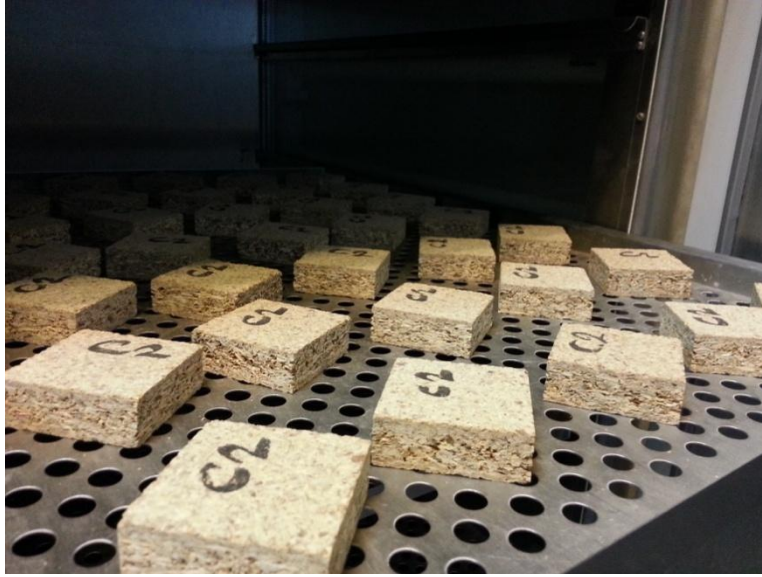
hesaplanmıştır. Burada;

$\rho$  = Yoğunluk ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$m$  = Deney örneği ağırlığı (g)

$V$  = Deney örneği hacmi ( $\text{cm}^3$ )

Resim 4.7’de iklimlendirme kabinindeki %50 haşhaş yongası ve %50 çam yongası karışımından üretilen levhalara ait deney örnekleri gösterilmiştir.



Resim 4.7. İklimlendirme kabininde bekletilen C2 tipi deney örnekleri

#### 4.3.2. Rutubet miktarının belirlenmesi

Rutubet miktarının belirlenmesinde TS-EN 322 (1999) standardında belirlenen esaslara göre işlem yapılmıştır. Levhanın rutubet miktarı, her bir levha grubu için 10 adet olmak üzere, toplamda 100 adet, standarda uygun olarak 50 x 50 x 18 mm boyutlarda hazırlanan deney örnekleri üzerinden belirlenmiştir. Deney örnekleri  $\pm 0,01$  g duyarlıkta terazi ile

tartılmış, etüve konulmuş ve  $103 \pm 2$  °C' de değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki ağırlık farkının, deney parçası ağırlıklarının 0,01'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu ağırlık değişmez ağırlık olarak kabul edilmiştir. Daha sonra deney örnekleri kurutma fırınından çıkarılarak desikatör içinde soğutulmuş ve 0,01 g duyarlılıkta terazi ile tartılmıştır. Değerler Eşitlik 4.2'de yerine konarak deney örneklerinin rutubet miktarları bulunmuştur.

$$r = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 \quad (4.2)$$

Burada;

r = Rutubet miktarı (%)

$m_r$  = Klimatize edilmiş durumdaki deney örneği ağırlığı (g)

$m_0$  = Tam kuru haldeki deney örneği ağırlığı (g)



Resim 4.8. Deney örneklerinin etüve konulması

### 4.3.3. Su içerisinde kalınlık artışının belirlenmesi

Su içerisinde kalınlık artışı için TS-EN 317 (1999) standardında belirtilen esaslara uygun olarak 100 adet örnek hazırlanmıştır. Kuru haldeki deney örneklerinin tam ortasından  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkta kumpasla ölçüm yapılmıştır. Daha sonra deney örnekleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklıkta saf suda 2 saat ve 24 saat süre ile su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 2 saat ve 24 saat sonra sudan çıkarılan deney örneklerinin fazla suları bir bezle kurulanmış ve kalınlıklar ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Bunlara göre kalınlık artışı Eşitlik 4.3'e göre hesaplanmıştır.

$$K = \frac{m_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (4.3)$$

Burada;

K = Su içerisinde kalınlık artışı (%)

$m_y$  = Suda bekletilen deney örneklerinin kalınlığı (mm)

$e_k$  = Klimatize edilmiş durumdaki deney örneklerinin kalınlığı (mm)



Resim 4.9. Deney örneklerinin su içerisine konulması

#### 4.3.4. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi için TS EN 310 standardında belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney örnekleri, 410 x 50 x 18 mm ölçülerinde, her bir gruptan 10 adet olmak üzere, toplamda 100 adet deney örneği hazırlanmıştır. Destek açıklıkları ( $L_1$ ) kalınlığın 20 katı, deney örneklerinin uzunlukları ( $L_2$ ) ise,  $L_1 + 50$  mm olarak alınmıştır. Deneylerde kullanılan desteklerin çapı  $15 \pm 0.5$  mm, yüklemenin yapıldığı başlığın çapı ise  $30 \pm 0.5$  mm'dir. Deney parçası boyuna eksenine desteklerin düşey eksenine dik olacak şekilde destekler üzerine düz olarak yerleştirilmiştir. Böylece deney parçasının enine eksenine ile kuvvet uygulama başlığının düşey eksenine aynı düzlemde olmuştur. Deneylerde kuvvet, parçanın tam ortasından sabit hızla ve deney cihazının yükleme hızı 2 mm/ dk. olacak şekilde ayarlanmıştır. Eğilme, deney parçasının ortasından (yükleme başlığı altından) 0.1 mm hassasiyetle ölçülmüş ve ölçüm sırasında uygulanan statik yükün değeri de 0,1 g hassasiyetle ölçülerek, yük-sehim diyagramı çizilmiştir. Kırılma anındaki maksimum yük ( $F_{max}$ ) için, eğilme direnci ( $\partial e$ ) Eşitlik 4.4 ile hesaplanmıştır.

$$\partial e = \frac{3xF_{max} \times L_1}{2xbxt^2} \quad (4.4)$$

Burada;

$\partial e$  = Eğilme direnci ( $N/mm^2$ )

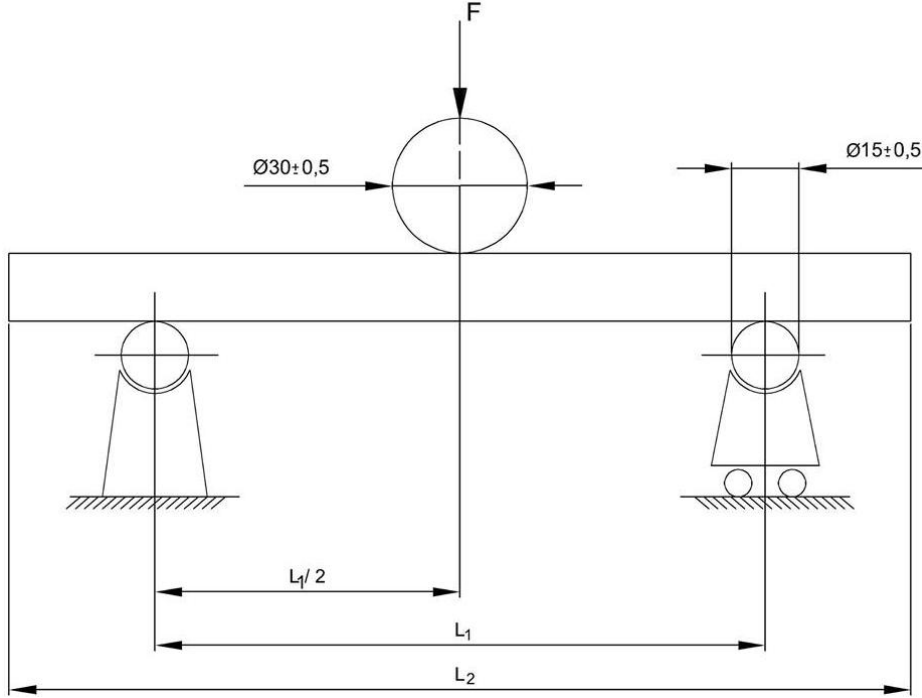
$F_{max}$  = Kırılma anındaki maksimum yük (N)

$L_1$  = Destek açıklıkları (mm)

B = Deney parçası genişliği (mm)

t =Deney parçası kalınlığıdır (mm)

Eğilme direnci deney örneği ve test düzeneği Şekil 4.1 ve Resim 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Eğilme direnci deney düzeneği

Eğilme deneylerinde, TS EN 310 standardına göre eğilmeye elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır. Elastikiyet modülü ( $E$ ), Eşitlik 4.5 ile hesaplanmıştır.

$$E = \frac{L_1^3}{4 \times b \times t^3} \cdot \frac{\Delta_F}{\Delta_f} \quad (4.5)$$

Burada;

$E$  = Elastikiyet modülü ( $N/mm^2$ )

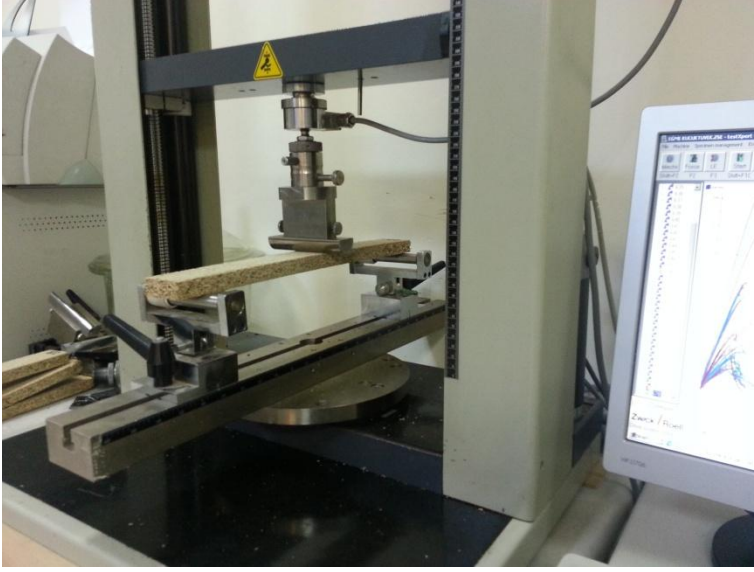
$L_1$  = Destek açıklıkları (mm)

$b$  = Deney parçası genişliği (mm)

$t$  = Deney parçası kalınlığı (mm)

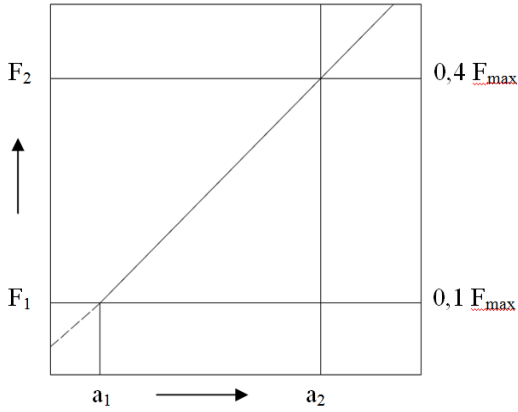
$\Delta_F$  =Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı ( $F_2-F_1$ ) (N)

$\Delta_f$  = Kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır (mm)



Resim 4.10. Eğilme direnci deneyi yapılışı

$F_1$  noktası değeri yaklaşık olarak maksimum yükün %10'u,  $F_2$  noktası değeri ise %40'ı olmalıdır.



Şekil 4.2. Yük-sehim diyagramı içerisindeki elastik bölge

#### 4.3.5. Levha yüzeyine dik çekme direncinin belirlenmesi

Deney örneklerinin levha yüzeyine dik çekme dirençlerinin belirlenmesi amacıyla; TS EN 319 standardında belirlenen esaslara uyulmuştur. Deney parçaları her gruptan 10 adet olmak üzere, toplam 100 adet, 50 x 50 x 18 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Deney parçalarının yüzeylerine standardında belirtilen şekilde, deney blokları yapıştırılmıştır. Yapıştırma işleminden sonra parçalar,  $65 \pm 5$  bağıl nem ve  $20 \pm 2$  °C sıcaklık



şartlarındaki iklimlendirme kabini içinde kondisyonlanmıştır. Deney örneklerinin test cihazına bağlanmaları için metalden yapılmış özel aparatlardan yararlanılmıştır. Deney örnekleri, test cihazının çeneleri arasına yerleştirildikten sonra statik çekme kuvveti uygulanarak kopartılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hızı 2-3 mm/ dk olarak ayarlanmıştır. Deney parçasının kopma anındaki uygulanan maksimum kuvvet cihazdan okunarak kaydedilmiştir. Deneme bölgesinin dışında meydana gelen kısmi çatlaklar, tutkallama hattında oluşan çatlaklar veya deney bloklarında meydana gelen çatlaklar değerlendirilmemiş, yeni deney parçaları kullanılarak deney tekrarlanmıştır.

Her deney parçasının levha yüzeyine dik yöndeki çekme direnci ( $\partial_{\zeta}$ ) Eşitlik 4.6 ile hesaplanmıştır.

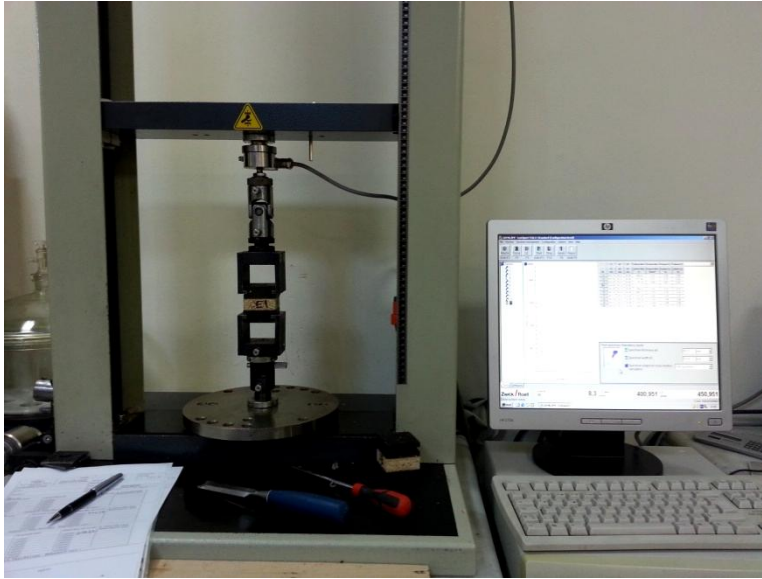
$$\partial_{\zeta} = \frac{F_{max}}{A} \quad (4.6)$$

Burada ;

$\partial_{\zeta}$  = Levha yüzeyine dik çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>)

$F_{max}$  = Kopma yükü (N)

A = Mukavemet alanı (mm<sup>2</sup>)'dir.

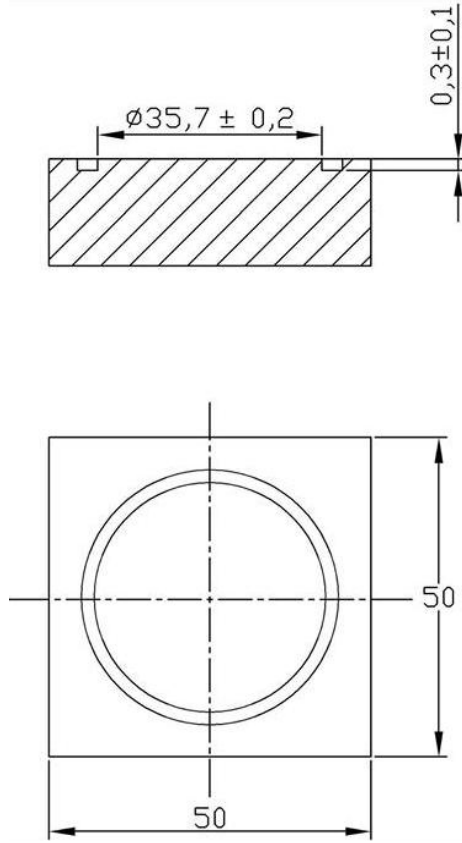


Resim 4.11. Yüzey dik çekme deneyinin yapılışı

Her gruptan alınan deney parçaları için bulunan değerin aritmetik ortalaması alınarak münferit grupların  $\bar{\sigma}_c$  , N/mm<sup>2</sup> olarak ifade edilmiştir.

#### 4.3.6. Yüzey sağlamlığının belirlenmesi

Deney örneklerinin yüzey sağlamlığının belirlenmesi amacıyla; TS EN 311 standardında belirlenen esaslara uyulmuştur. Deney parçaları her gruptan 10 adet olmak üzere, toplam 100 adet, 50 x 50 x 18 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Oyuk açan bir cihaz yardımıyla deney parçalarının yüzeyinde Şekil 4.3'te görüldüğü gibi dairevi bir oyuk açılmıştır.



Şekil 4.3. Dairevi oyuğun açılması

Oyuğun iç çapı  $35,7 \pm 0,2$  mm (1000mm<sup>2</sup>'lik bir alan) ve derinliği  $(0,3 \pm 0,1)$  mm'dir. Oyuğun derinliği TSE test laboratuvarında kullanılan derinlik ölçme yüzey kontrol komparatör saati ile ölçülmüştür. Erime noktası 150 °C'nin altında olan erimiş sıcak yapıştırıcı ısıtılan çelik yastığın alt yüzeyine, düzgünce yayılmıştır. Yastığın tam olarak deney parçası üzerinde konumlandırılması için merkezleme çerçevesi kullanılmıştır.

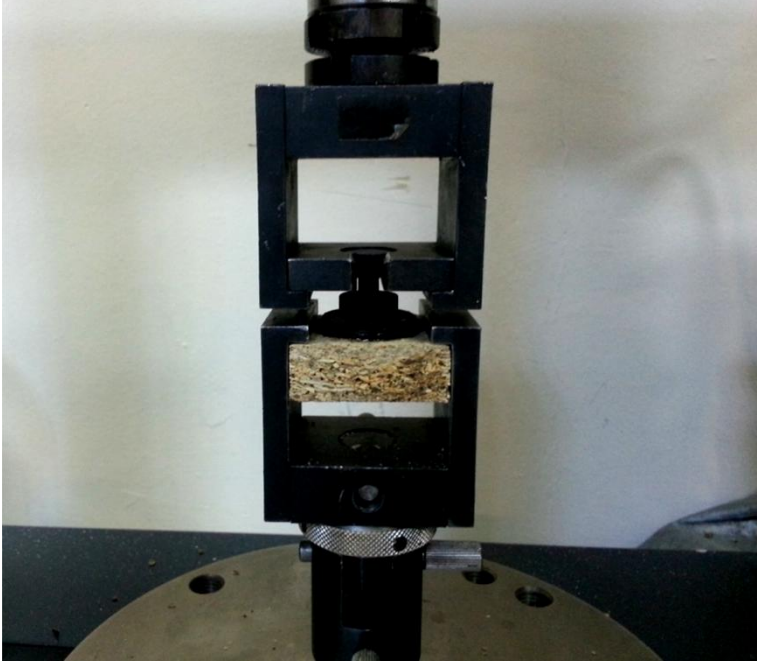
Yapıştırıcı akışkan hale geldikten sonra, deney örneklerinin ortasına, oyuk açılan kısma yapıştırılmıştır. Sıcak yastık merkezleme çerçevesi içinde iken deney parçasının yüzeyi üzerine yapıştırıcı tamamen soğuyup katılaşıncaya kadar yaklaşık  $0,1 \text{ N/mm}^2$  ile  $0,2 \text{ N/mm}^2$  arasında basınç uygulanmıştır.

Hazırlanan örnekler Resim 4.12’de gösterilmiştir.



Resim 4.12. Yüzey sağlamlığı deney örnekleri

Yapıştırma işleminden sonra parçalar,  $\%65 \pm 5$  bağıl nem ve  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık şartlarındaki iklimlendirme kabini içinde kondisyonlanmıştır. Deney örneklerinin test cihazına bağlanmaları için metalden yapılmış özel aparatlardan yararlanılmıştır. Deney örnekleri, test cihazının çeneleri arasına yerleştirildikten sonra statik çekme kuvveti uygulanarak kopartılmıştır. Kuvveti uygulayan başlığın hızı  $2\text{-}3 \text{ mm/dk}$  olarak ayarlanmıştır. Deney parçasının kopma anındaki uygulanan maksimum kuvvet cihazdan okunarak kaydedilmiştir.



Resim 4.13. Yüzeý sağlamlığı deneyinin yapılışı

Her deney parçasının yüzeý sağlamlığı (*SS*) Eşitlik 4.7 ile hesaplanmıştır.

$$SS = \frac{F_{\max}}{A} \text{ (N / mm}^2\text{)} \quad (4.7)$$

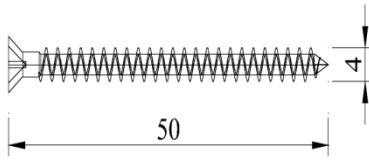
Burada ;

$F_{\max}$  = kopma yükü (N)

A = Mukavemet alanı (1000 mm<sup>2</sup>)'dir.

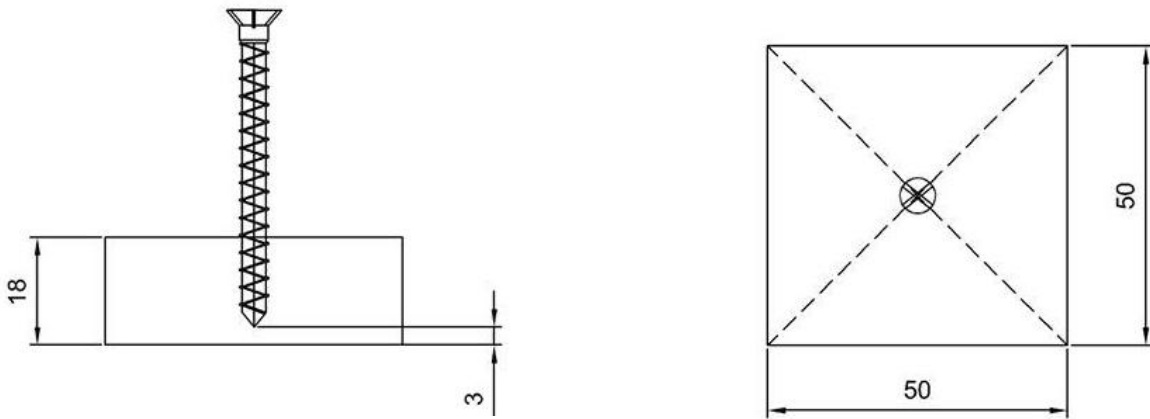
#### 4.3.7. Vida tutma direncinin belirlenmesi

Vida tutma kabiliyetinin belirlenmesi amacıyla TS EN 13446 ve TS EN 320'de belirlenen esaslara göre çekme testi uygulanmıştır. Deney parçaları her bir gruptan 10 adet toplamda 100 adet 50 x 50 x 18 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Parçalar %65 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarındaki iklimlendirme kabininde, değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Deneylerde 4 x 50mm ölçüsünde düşük karbon çelikli vidalar kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan vida Şekil 4.4'te gösterilmiştir.

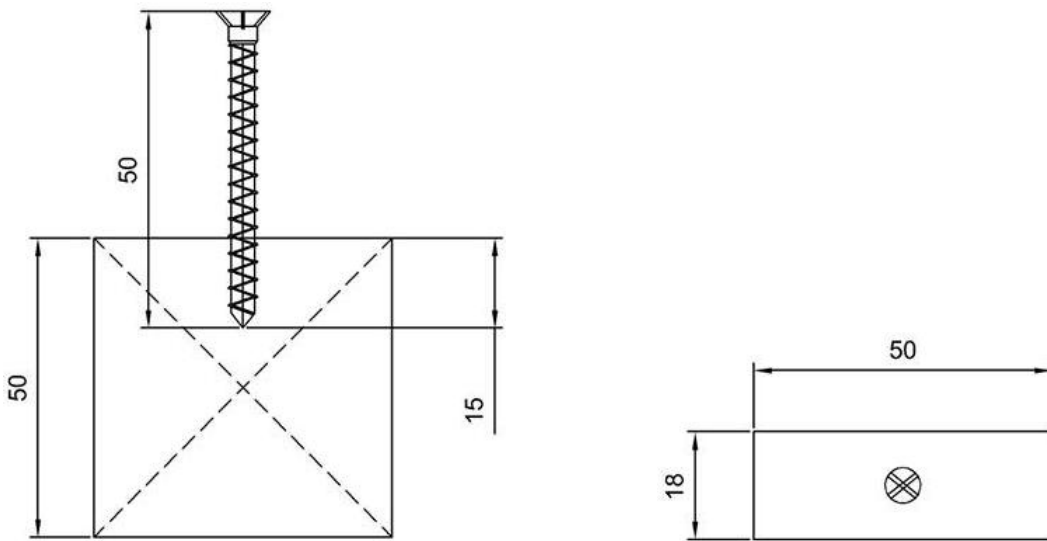


Şekil 4.4. Testlerde kullanılan vida ölçüleri (mm)

Deney örneklerinde hem yüzeye, hem de kenarlara vida diş dibi çapında (2,7 mm) pilot delikleri açılarak vidalama işlemi yapılmıştır. Vidalama işlemi Şekil 4.5'te gösterildiği gibi yapılmıştır.

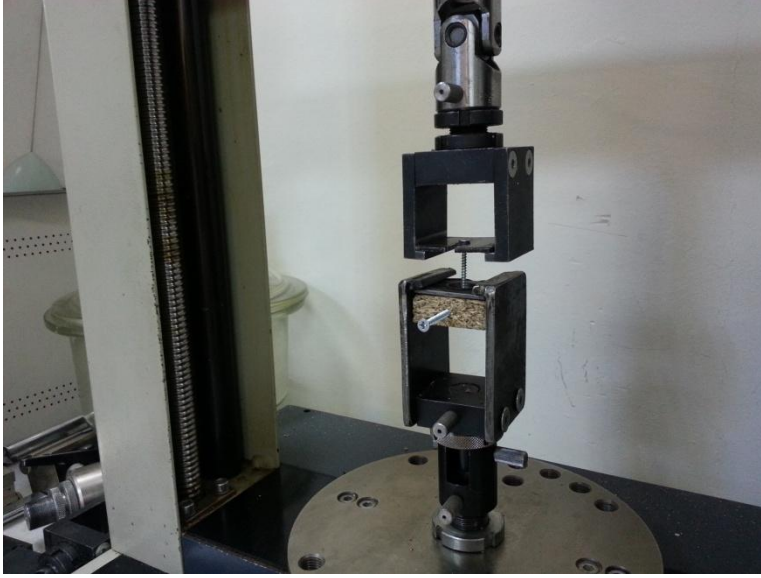


Şekil 4.5. Yüzeyde vida tutma deneyi, vida sabitleme noktaları ve vidalama derinlikleri (mm)



Şekil 4.6. Kenarda vida tutma deneyi, vida sabitleme noktaları ve vidalama derinlikleri (mm)

Vida tutma direnci levhaların hem yüzeyinde hem de kenarlarında test edilmiştir. Yüzeyde ve kenarda vida girme derinliği 15 mm'dir. Vida tutma test düzeneği Resim 4.14'te gösterilmiştir. Deneylede yükleme hızı 2-3 mm/dk ve vidanın geri çekilmeye karşı gösterdiği direnç ( $f$ ) ; Eşitlik4.8 ile hesaplanmıştır.



Resim 4.14. Vida tutma deneyinin yapılışı

$$f = \frac{F_{max}}{d \cdot l_p} \quad (4.8)$$

Burada;

$f$  = Vida tutma direnci ( $N/mm^2$ )

$F_{max}$  = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

$d$  = Vida çapı (mm)

$l_p$  = Levhaya girme mesafesi (mm)'dir.

Her gruptan alınan deney parçaları için bulunan değerlerin aritmetik ortalaması alınarak münferit grupların  $f$ ,  $N/mm^2$  olarak ifade edilmiştir.

#### 4.3.8. Formaldehit emisyonunun belirlenmesi

Deney örnekleri, TS 2470'e göre hazırlanarak, formaldehit emisyon miktarları TS EN ISO

16000-9 standardına göre geliştirilmiş portatif, dijital kontrollü gaz analiz kabininde TS EN 717-1 esaslarına göre belirlenmiştir. Bu standart, yaşanan ortam ile aynı iklim şartlarına sahip bir iklimleme odasındaki denge durumu konsantrasyonuna dayanılarak, ahşap esaslı levhalardan kaynaklanan formaldehit yayılmasının tayini için kullanılan oda metodu deneyini kapsamaktadır.

Deney örnekleri  $1 \text{ m}^2/\text{m}^3$  yükleme oranına uyacak şekilde ölçülendirilmiştir. Deney örnekleri hazırlandıktan sonra sıkıca sarılarak deney başlayıncaya kadar bekletilmiştir. Deney örneklerinin açık yan kenar uzunluğu (U), yüzey alanı ise (A) ile ifade edilmiş ve deney örneklerinin kesiminde  $U/A = 1,5 \text{ m}^2$  oranı göz önünde tutulmuştur.

Formaldehit yayılmasının tespiti için EN 717-1' de açıklanan kimyasal yöntem dışında gaz detektörü kullanılarak emisyon değerleri elde edilmiştir.

#### **4.3.9. Verilerin değerlendirilmesi**

Araştırmada, katkı maddesi ve tutkal oranının kompozit levhanın bazı fiziksel ve mekanik özelliklerine (yoğunluk, rutubet miktarı, su içerisinde kalınlık artışı, eğilme ve elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik çekme direnci, yüzey sağlamlığı ve yüzeyde ve kenarda vida tutma dirençleri ve formaldehit emisyonu tayini) etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu etkinin araştırılmasında katkı maddesi ve tutkal oranı bağımsız değişkenler, fiziksel, mekanik özellikler ve formaldehit emisyonu da bağımlı değişkenler olarak alınmıştır. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerinde tekli veya ikili etkileşim halinde etkili olup olmadığının belirlenmesinde "çoklu varyans analizi "(MANOVA), etkinin  $p < 0,05$ 'e göre istatistiksel anlamda önemli çıkması halinde ise homojenlik (Duncan) testi yapılmıştır. Homojenlik testindeki gruplamaya göre bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenlerle ilgili seviye değerleri sıralanarak bulgular yorumlanmıştır. Verilerin analizinde SPSS-22 (Statistical Package for the Social Sciences) paket programı kullanılmıştır.





## 5. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 5.1. Fiziksel Özellikler

#### 5.1.1. Yoğunluk

Kompozit levhalarda en düşük hava kuru yoğunluk  $0,65 \text{ g/cm}^3$  en yüksek hava kuru yoğunluk  $0,71 \text{ g/cm}^3$  ve ortalama hava kuru yoğunluk  $0,68 \text{ g/cm}^3$  olarak tespit edilmiştir. Kompozit levhaların yoğunluk miktarına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Yoğunluk miktarına ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ ) |            |            |                  |   |
|------------|------------------|------------------|------------------------------|------------|------------|------------------|---|
|            |                  |                  | N                            | $X_{\min}$ | $X_{\max}$ | $X_{\text{ort}}$ | v |
| A1         | 100              | 9                | 10                           | 0,61       | 0,71       | 0,65             | 1 |
| A2         | 100              | 11               | 10                           | 0,62       | 0,71       | 0,66             | 2 |
| B1         | 75               | 9                | 10                           | 0,61       | 0,71       | 0,66             | 1 |
| B2         | 75               | 11               | 10                           | 0,62       | 0,70       | 0,66             | 1 |
| C1         | 50               | 9                | 10                           | 0,65       | 0,81       | 0,68             | 2 |
| C2         | 50               | 11               | 10                           | 0,62       | 0,72       | 0,67             | 2 |
| D1         | 25               | 9                | 10                           | 0,64       | 0,73       | 0,69             | 1 |
| D2         | 25               | 11               | 10                           | 0,65       | 0,72       | 0,68             | 2 |
| E1         | 0                | 9                | 10                           | 0,67       | 0,74       | 0,71             | 2 |
| E2         | 0                | 11               | 10                           | 0,66       | 0,75       | 0,70             | 1 |

N: Numune adedi,  $X_{\min}$ : En düşük değer,  $X_{\max}$ : En yüksek değer,  $X_{\text{ort}}$ : Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

#### 4.1.2. Rutubet miktarı

Kompozit levhalarda en düşük rutubet miktarı %6,79, en yüksek rutubet miktarı %9,97 ve ortalama rutubet miktarı %8,34 olarak tespit edilmiştir. Kompozit levhaların rutubet miktarına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Rutubet miktarına ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Rutubet miktarı (%) |                  |                  |                  |   |
|------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|---|
|            |                  |                  | N                   | X <sub>min</sub> | X <sub>mak</sub> | X <sub>ort</sub> | v |
| A1         | 100              | 9                | 10                  | 8,05             | 9,97             | 8,93             | 7 |
| A2         | 100              | 11               | 10                  | 8,36             | 9,87             | 8,99             | 5 |
| B1         | 75               | 9                | 10                  | 7,84             | 8,97             | 8,45             | 4 |
| B2         | 75               | 11               | 10                  | 8,24             | 9,11             | 8,61             | 4 |
| C1         | 50               | 9                | 10                  | 7,16             | 8,75             | 8,13             | 8 |
| C2         | 50               | 11               | 10                  | 8,15             | 8,42             | 8,31             | 1 |
| D1         | 25               | 9                | 10                  | 7,37             | 8,91             | 8,05             | 7 |
| D2         | 25               | 11               | 10                  | 7,74             | 8,87             | 8,29             | 6 |
| E1         | 0                | 9                | 10                  | 7,68             | 7,87             | 7,75             | 1 |
| E2         | 0                | 11               | 10                  | 6,79             | 8,71             | 7,89             | 7 |

N: Numune adedi, X<sub>min</sub>: En düşük değer, X<sub>mak</sub>: En yüksek değer, X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

### 5.1.3. Su içerisinde kalınlık artışı

#### 2 saat su içerisinde kalınlık artışı

Kompozit levhaların 2 saat su içerisinde kalınlık artışına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. 2 saat su içerisinde kalınlık artışına ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Kalınlık artışı (%) |                  |                  |                  |    |
|------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N                   | X <sub>min</sub> | X <sub>mak</sub> | X <sub>ort</sub> | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10                  | 16,53            | 21,15            | 17,73            | 8  |
| A2         | 100              | 11               | 10                  | 15,36            | 19,40            | 17,39            | 8  |
| B1         | 75               | 9                | 10                  | 13,56            | 15,20            | 14,44            | 4  |
| B2         | 75               | 11               | 10                  | 11,83            | 14,81            | 13,70            | 8  |
| C1         | 50               | 9                | 10                  | 7,16             | 12,64            | 10,38            | 20 |
| C2         | 50               | 11               | 10                  | 7,34             | 10,36            | 8,65             | 12 |
| D1         | 25               | 9                | 10                  | 6,23             | 9,30             | 8,10             | 12 |
| D2         | 25               | 11               | 10                  | 6,29             | 8,95             | 7,16             | 13 |
| E1         | 0                | 9                | 10                  | 6,42             | 9,29             | 7,26             | 12 |
| E2         | 0                | 11               | 10                  | 4,77             | 8,28             | 6,74             | 20 |

N: Numune adedi, X<sub>min</sub>: En düşük değer, X<sub>mak</sub>: En yüksek değer, X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların 2 saat su içerisinde kalınlık artışı üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının etkileşimine ait 2 saat su içerisinde kalınlık artışı varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 18,37           | 18,37              | 12,30    | 0,0010                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 1637,54         | 409,39             | 274,17   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 5,77            | 1,44               | 0,97     | 0,4300                 |
| Hata               | 90                  | 134,39          | 1,49               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 14240,81        |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların 2 saat su içerisinde kalınlık artışı değeri üzerinde etkilidir. A x B etkileşimi ise eğilme direnci üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamaktadır. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Haşhaş yongası katkı oranının 2 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Kalınlık artışı (%) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|---------------------|------------------|
| 100                      | 17,56               | D                |
| 75                       | 14,07               | C                |
| 50                       | 9,52                | B                |
| 25                       | 7,63                | A                |
| 0                        | 7,00                | A                |

Çizelgeden görüleceği üzere %0 ve %25 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek kalınlık artışı değeri %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda (%17,56) görülürken, en düşük kalınlık artışı katkısız (%7,00) ve %25 haşhaş yongası katkılı (%7,63) levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların 2 saat su içerisinde kalınlık artışı değeri anlamlı şekilde yükselmektedir.

Tutkal oranına bağlı 2 saat su içerisinde kalınlık artışı değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Tutkal oranının 2 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Kalınlık artışı (%) | Homojenlik Grubu |
|------------------|---------------------|------------------|
| 9                | 11,58               | B                |
| 11               | 10,73               | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak 2 saat su içerisinde kalınlık artışı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek kalınlık artışı %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (% 11,58) görülürken, en düşük kalınlık artışı ise %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (% 10,73) olarak görülmektedir.

#### 24 saat su içerisinde kalınlık artışı

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kompozit levhaların 24 saat su içerisinde kalınlık artışına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. 24 saat su içerisinde kalınlık artışına ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Kalınlık artışı (%) |            |            |                  |    |
|------------|------------------|------------------|---------------------|------------|------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N                   | $X_{\min}$ | $X_{\max}$ | $X_{\text{ort}}$ | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10                  | 20,43      | 24,73      | 22,48            | 8  |
| A2         | 100              | 11               | 10                  | 18,75      | 23,68      | 21,78            | 7  |
| B1         | 75               | 9                | 10                  | 16,67      | 19,90      | 18,67            | 6  |
| B2         | 75               | 11               | 10                  | 14,37      | 21,93      | 17,36            | 13 |
| C1         | 50               | 9                | 10                  | 12,22      | 16,64      | 14,72            | 10 |
| C2         | 50               | 11               | 10                  | 9,62       | 13,69      | 11,70            | 12 |
| D1         | 25               | 9                | 10                  | 9,45       | 12,05      | 10,63            | 8  |
| D2         | 25               | 11               | 10                  | 9,49       | 11,29      | 10,45            | 6  |
| E1         | 0                | 9                | 10                  | 9,38       | 10,91      | 10,22            | 5  |
| E2         | 0                | 11               | 10                  | 8,07       | 11,80      | 9,72             | 14 |

N: Numune adedi,  $X_{\min}$ : En düşük değer,  $X_{\max}$ : En yüksek değer,  $X_{\text{ort}}$ : Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların 24 saat su içerisinde kalınlık artışı üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait 24 saat su içerisinde kalınlık artışı varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 32,52           | 32,52              | 16,80    | 0,0010                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 2161,46         | 540,37             | 279,11   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 25,47           | 6,37               | 3,29     | 0,0150                 |
| Hata               | 90                  | 174,25          | 1,94               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 24214,60        |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri ve A x B etkileşimi  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların 24 saat su içerisinde kalınlık artışı değeri üzerinde etkilidir. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5. 9. Haşhaş yongası katkı oranının 24 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Kalınlık artışı (%) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|---------------------|------------------|
| 100                      | 22,13               | D                |
| 75                       | 18,02               | C                |
| 50                       | 13,21               | B                |
| 25                       | 10,54               | A                |
| 0                        | 9,97                | A                |

Çizelgeden görüleceği üzere %0 ve %25 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek kalınlık artışı değeri %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda (%22,13) görülürken, en düşük kalınlık artışı katkısız (%9,97) ve %25 haşhaş yongası katkılı (%10,54) levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların 24 saat su içerisinde kalınlık artışı değeri anlamlı şekilde yükselmektedir. C, D ve E tipi kompozit levhalar TS EN 312 (2012)’de belirtilen Tip P3 (nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar) için 24 saat su

içerisinde kalınlık artışı değerini (%14) karşılamaktadır. Buna göre 24 saat su içerisinde kalınlık artışı açısından C, D ve E tipi levhalar Tip P3'e göre uygun bulunmuştur.

Tutkal oranına bağlı 24 saat su içerisinde kalınlık artışı değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5. 10. Tutkal oranının 24 saat su içerisinde kalınlık artışına etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Kalınlık artışı (%) | Homojenlik Grubu |
|------------------|---------------------|------------------|
| 9                | 15,34               | B                |
| 11               | 14,20               | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak 24 saat su içerisinde kalınlık artışı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek kalınlık artışı %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (%15,34) görülürken, en düşük kalınlık artışı ise %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (%14,20) olarak görülmektedir.

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranına bağlı 24 saat su içerisinde kalınlık artışı değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının 24 saat su içerisinde kalınlık artışına ilişkin Duncan testi sonuçları

| LEVHA TİPİ | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Kalınlık artışı (%) | Homojenlik Grubu |
|------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|
| A1         | 100              | 9                | 22,48               | F                |
| A2         | 100              | 11               | 21,78               | F                |
| B1         | 75               | 9                | 18,67               | E                |
| B2         | 75               | 11               | 17,36               | D                |
| C1         | 50               | 9                | 14,72               | C                |
| C2         | 50               | 11               | 11,70               | B                |
| D1         | 25               | 9                | 10,63               | AB               |
| D2         | 25               | 11               | 10,45               | AB               |
| E1         | 0                | 9                | 10,22               | A                |
| E2         | 0                | 11               | 9,72                | A                |

Çizelgede görüleceği üzere A1-A2, C2-D1-D2 ve D1-D2-E1-E2 tipi kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek kalınlık artışı %100 haşhaş yongası ile üretilen A1 (%22,48) ve A2 (%21,78) tipi kompozit levhalarda görülürken, en düşük kalınlık artışı D1 (%10,63), D2 (%10,45) E1 (%10,22) ve E2 (%9,72) tipi kompozit levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası katkı oranı arttıkça levhaların kalınlık artışı oranları anlamlı şekilde yükseldiği görülmektedir.

## 5.2. Mekanik Özellikler

### 5.2.1. Eğilme direnci

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kompozit levhaların eğilme direncine ait istatistiksel değerler Çizelge 5.12’de verilmiştir.



Çizelge 5.12. Eğilme direncine ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |                  |                  |                  |    |
|------------|------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N                                   | X <sub>min</sub> | X <sub>mak</sub> | X <sub>ort</sub> | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10                                  | 2,6              | 4,4              | 3,24             | 15 |
| A2         | 100              | 11               | 10                                  | 2,5              | 4,7              | 3,86             | 17 |
| B1         | 75               | 9                | 10                                  | 4,0              | 5,6              | 4,89             | 11 |
| B2         | 75               | 11               | 10                                  | 4,0              | 6,8              | 5,38             | 16 |
| C1         | 50               | 9                | 10                                  | 7,4              | 8,9              | 8,15             | 5  |
| C2         | 50               | 11               | 10                                  | 8,1              | 10,4             | 9,17             | 8  |
| D1         | 25               | 9                | 10                                  | 9,7              | 12,7             | 11,29            | 8  |
| D2         | 25               | 11               | 10                                  | 10,1             | 13,7             | 12,02            | 11 |
| E1         | 0                | 9                | 10                                  | 12,6             | 14,9             | 13,70            | 6  |
| E2         | 0                | 11               | 10                                  | 13,7             | 15,6             | 14,71            | 4  |

N: Numune adedi, X<sub>min</sub>: En düşük değer, X<sub>mak</sub>: En yüksek değer, X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların eğilme direnci üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.13'te verilmiştir.

Çizelge 5.13. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait eğilme direnci varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 15,13           | 15,13              | 24,46    | 0,0000                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 1564,46         | 391,12             | 632,25   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 1,13            | 0,28               | 0,46     | 0,7660                 |
| Hata               | 90                  | 55,68           | 0,62               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 9103,09         |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri p < 0,05 olduğu için kompozit levhaların eğilme direnci üzerinde etkilidir. A x B etkileşimi eğilme direnci üzerinde istatistiksel

olarak anlamlı bir fark oluşturmamaktadır. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.14'te verilmiştir.

Çizelge 5.14. Haşhaş yongası katkı oranının eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|-------------------------------------|------------------|
| 100                      | 3,6                                 | E                |
| 75                       | 5,4                                 | D                |
| 50                       | 8,9                                 | C                |
| 25                       | 11,7                                | B                |
| 0                        | 14,1                                | A                |

Çizelgede görüldüğü gibi haşhaş yongası katkı oranları bütün levha tiplerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. En yüksek eğilme direnci değeri katkısız levhalarda (14,1 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük eğilme direnci değeri ise %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda (3,6 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Tutkal oranına bağlı eğilme direnci değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.15'te verilmiştir.

Çizelge 5.15. Tutkal oranının eğilme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Eğilme Direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|------------------|-------------------------------------|------------------|
| 9                | 8,28                                | B                |
| 11               | 8,96                                | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak eğilme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek eğilme direnci %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (8,96 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük eğilme direnci ise %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (8,28 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Üretilen kompozit levhalar arasında en yüksek eğilme direnci haşhaş yongası katkısız ve %11 üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen E2 tipi yonga levhalarda ( $14,65 \text{ N/mm}^2$ ) görülürken, en düşük eğilme direnci A1 ( $3,5 \text{ N/mm}^2$ ) tipi yonga levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların eğilme dirençleri düşmektedir. D ve E tipi kompozit levhalar TS EN 312 (2012)'de belirtilen Tip P2 levhalar için eğilme direnci değerini ( $11 \text{ N/mm}^2$ ) karşılamaktadır. Buna göre eğilme direnci açısından D ve E tipi levhalar uygun bulunmuştur.

### 5.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kompozit levhaların eğilmede elastikiyet modülüne ait istatistiksel değerler Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Eğilmede elastikiyet modülüne ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Eğilmede Elastikiyet Modülü ( $\text{N/mm}^2$ ) |            |            |                  |    |
|------------|------------------|------------------|---|------------|------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N   | $X_{\min}$ | $X_{\max}$ | $X_{\text{ort}}$ | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10  | 511        | 736        | 583              | 10 |
| A2         | 100              | 11               | 10  | 585        | 836        | 688              | 15 |
| B1         | 75               | 9                | 10  | 834        | 1097       | 988              | 9  |
| B2         | 75               | 11               | 10  | 864        | 1251       | 1057             | 13 |
| C1         | 50               | 9                | 10  | 1256       | 1485       | 1430             | 5  |
| C2         | 50               | 11               | 10  | 1441       | 1759       | 1544             | 6  |
| D1         | 25               | 9                | 10  | 1702       | 2087       | 1841             | 9  |
| D2         | 25               | 11               | 10  | 1720       | 2029       | 1889             | 7  |
| E1         | 0                | 9                | 10  | 2086       | 2413       | 2282             | 7  |
| E2         | 0                | 11               | 10  | 2158       | 2560       | 2374             | 7  |

N: Numune adedi,  $X_{\min}$ : En düşük değer,  $X_{\max}$ : En yüksek değer,  $X_{\text{ort}}$ : Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların eğilmede elastikiyet modülü üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.17'de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait eğilmede elastikiyet modülü varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 172059,04       | 172059,04          | 11,90    | 0,0010                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 35882484,70     | 8970621,18         | 620,54   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 14776,86        | 3694,22            | 0,26     | 0,9060                 |
| Hata               | 90                  | 1301055,40      | 14456,17           |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 252990232,00    |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların eğilmede elastikiyet modülü üzerinde etkilidir. A x B etkileşimi eğilmede elastikiyet modülü üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamaktadır. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18. Haşhaş yongası katkı oranının eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|--|------------------|
| 100                      | 636  | E                |
| 75                       | 1023   | D                |
| 50                       | 1487   | C                |
| 25                       | 1841   | B                |
| 0                        | 2331   | A                |

Çizelgede görüldüğü gibi haşhaş yongası katkı oranları bütün levha tiplerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri katkısız levhalarda (2331 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük eğilmede elastikiyet modülü değeri ise %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda (636 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Tutkal oranına bağlı eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları izelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19. Tutkal oranının eğilmede elastikiyet modülüne etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|------------------|--|------------------|
| 9                | 1512   | B                |
| 11               | 1617   | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak eğilmede elastikiyet modülü değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (1617 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük eğilmede elastikiyet modülü ise %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (1512 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Üretilen kompozit levhalar arasında en yüksek eğilmede elastikiyet modülü haşhaş yongası katkısız ve %11 üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen E2 (2374 N/mm<sup>2</sup>) tipi kompozit levhalarda görülürken, en düşük eğilmede elastikiyet modülü A1 (583 N/mm<sup>2</sup>) tipi kompozit levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların eğilmede elastikiyet modülü düşmektedir. D ve E tipi kompozit levhalar TS EN 312 (2012)'de belirtilen Tip P2 levhalar için eğilmede elastikiyet modülü değerini (1600 N/mm<sup>2</sup>) karşılamaktadır. Buna göre eğilmede elastikiyet modülü açısından D ve E tipi levhalar uygun bulunmuştur.

### 5.2.3. Levha yüzeyine dik çekme direnci

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kompozit levhaların levha yüzeyine dik çekme direncine ait istatistiksel değerler izelge 5.20'de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Levha yüzeyine dik çekme direncine ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |                  |                  |                  |    |
|------------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N   | X <sub>min</sub> | X <sub>mak</sub> | X <sub>ort</sub> | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10  | 0,18             | 0,25             | 0,21             | 7  |
| A2         | 100              | 11               | 10  | 0,26             | 0,32             | 0,29             | 9  |
| B1         | 75               | 9                | 10  | 0,27             | 0,37             | 0,30             | 8  |
| B2         | 75               | 11               | 10  | 0,27             | 0,35             | 0,32             | 8  |
| C1         | 50               | 9                | 10  | 0,34             | 0,52             | 0,43             | 9  |
| C2         | 50               | 11               | 10  | 0,37             | 0,57             | 0,45             | 8  |
| D1         | 25               | 9                | 10  | 0,49             | 0,59             | 0,55             | 11 |
| D2         | 25               | 11               | 10  | 0,54             | 0,62             | 0,57             | 6  |
| E1         | 0                | 9                | 10  | 0,65             | 0,79             | 0,70             | 11 |
| E2         | 0                | 11               | 10  | 0,64             | 0,78             | 0,71             | 18 |

N: Numune adedi, X<sub>min</sub>: En düşük değer, X<sub>mak</sub>: En yüksek değer, X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların levha yüzeyine dik çekme direnci üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait levha yüzeyine dik çekme direnci varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 0,03            | 0,03               | 13,34    | 0,0000                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 2,74            | 0,69               | 336,14   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 0,02            | 0,00               | 1,91     | 0,1160                 |
| Hata               | 90                  | 0,18            | 0,00               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 23,39           |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların yüzeye dik çekme direnci üzerinde etkilidir. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.22’de verilmiştir.

Çizelge 5.22. Haşhaş yongası katkı oranının levha yüzeyine dik çekme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|---|------------------|
| 100                      | 0,25  | E                |
| 75                       | 0,31  | D                |
| 50                       | 0,44  | C                |
| 25                       | 0,56  | B                |
| 0                        | 0,70  | A                |

Çizelgede görüldüğü gibi haşhaş yongası katkı oranları bütün levha tiplerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. En yüksek levha yüzeyine dik çekme direnci değeri katkısız levhalarda (0,70 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük levha yüzeyine dik çekme direnci değeri ise %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda (0,25 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Tutkal oranına bağlı levha yüzeyine dik çekme direnci değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.23’te verilmiştir.

Çizelge 5.23. Tutkal oranının levha yüzeyine dik çekme direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Yüzeye dik çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|------------------|---|------------------|
| 9                | 0,49  | B                |
| 11               | 0,52  | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak levha yüzeyine dik çekme direnci değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek çekme direnci

%11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda ( $0,52 \text{ N/mm}^2$ ) görülürken, en düşük çekme direnci ise %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda ( $0,49 \text{ N/mm}^2$ ) görülmektedir.

#### 5.2.4. Yüzey sağlamlığı

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kompozit levhaların yüzey sağlamlığına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5.24. Yüzey sağlamlığına ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Yüzeye Dik Çekme Direnci ( $\text{N/mm}^2$ ) |            |            |                  |    |
|------------|------------------|------------------|--|------------|------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N  | $X_{\min}$ | $X_{\max}$ | $X_{\text{ort}}$ | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10   | 0,29       | 0,49       | 0,38             | 18 |
| A2         | 100              | 11               | 10   | 0,47       | 0,60       | 0,52             | 8  |
| B1         | 75               | 9                | 10   | 0,39       | 0,69       | 0,56             | 20 |
| B2         | 75               | 11               | 10   | 0,60       | 0,80       | 0,69             | 9  |
| C1         | 50               | 9                | 10   | 0,87       | 1,15       | 1,01             | 9  |
| C2         | 50               | 11               | 10   | 0,99       | 1,30       | 1,08             | 8  |
| D1         | 25               | 9                | 10   | 1,05       | 1,43       | 1,27             | 9  |
| D2         | 25               | 11               | 10   | 1,16       | 1,59       | 1,33             | 11 |
| E1         | 0                | 9                | 10   | 1,32       | 2,05       | 1,62             | 17 |
| E2         | 0                | 11               | 10   | 1,43       | 1,98       | 1,65             | 10 |

N: Numune adedi,  $X_{\min}$ : En düşük değer,  $X_{\max}$ : En yüksek değer,  
 $X_{\text{ort}}$ : Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların yüzey sağlamlığı üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.25'te verilmiştir.



Çizelge 5.25. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait yüzey sağlamlığı varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 0,18            | 0,18               | 9,96     | 0,0200                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 18,89           | 4,72               | 259,23   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 0,05            | 0,01               | 0,63     | 0,6400                 |
| Hata               | 90                  | 1,64            | 0,18               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 123,33          |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların yüzey sağlamlığı üzerinde etkilidir. A x B etkileşimi yüzey sağlamlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmamaktadır. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Haşhaş yongası katkı oranına bağlı yüzey sağlamlığı değerlerine ilişkin homojenlik grupları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Yüzey sağlamlığı (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|---------------------------------------|------------------|
| 100                      | 0,45                                  | E                |
| 75                       | 0,63                                  | D                |
| 50                       | 1,05                                  | C                |
| 25                       | 1,30                                  | B                |
| 0                        | 1,64                                  | A                |

Çizelgede görüldüğü gibi haşhaş yongası katkı oranları bütün levha tiplerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. En yüksek yüzey sağlamlığı değeri katkısız levhalarda (1,64N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük yüzey sağlamlığı değeri ise %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda (0,45 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Tutkal oranına bağı yüzey sağlamlığı değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.27’de verilmiştir.

Çizelge 5.27. Tutkal oranına bağı yüzey sağlamlığı değerlerine ilişkin homojenlik grupları

| Tutkal Oranı (%) | Yüzey sağlamlığı (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|------------------|---------------------------------------|------------------|
| 9                | 1,17                                  | B                |
| 11               | 1,23                                  | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağı olarak yüzey sağlamlığı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek yüzey sağlamlığı %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (1,23N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük yüzey sağlamlığı ise %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (1,17N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Üretilen kompozit levhalar arasında en yüksek yüzey sağlamlığı haşhaş yongası katkısız ve %11 üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen E2 (1,65 N/mm<sup>2</sup>) tipi kompozit levhalarda görülürken, en düşük yüzey sağlamlığı A1 (0,38 N/mm<sup>2</sup>) tipi kompozit levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların yüzey sağlamlığı düşmektedir. C, D ve E tipi kompozit levhalar TS EN 312 (2012)’de belirtilen Tip P2 levhalar için yüzey sağlamlığı değerini (0,8 N/mm<sup>2</sup>) karşılamaktadır. Buna göre yüzey sağlamlığı açısından C, D ve E tipi levhalar uygun bulunmuştur.

### 5.2.5. Vida tutma direnci

#### Yüzeyde vida tutma direnci

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kompozit levhaların yüzeyde vida tutma direncine ait istatistiksel değerler Çizelge 5.28’de verilmiştir.

Çizelge 5.28. Yüzeyde vida tutma direncine ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Yüzeyde vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |                  |                  |                  |    |
|------------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N   | X <sub>min</sub> | X <sub>mak</sub> | X <sub>ort</sub> | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10  | 3,96             | 5,29             | 4,79             | 11 |
| A2         | 100              | 11               | 10  | 8,80             | 11,56            | 9,53             | 8  |
| B1         | 75               | 9                | 10  | 9,69             | 11,88            | 10,43            | 6  |
| B2         | 75               | 11               | 10  | 9,06             | 14,11            | 12,32            | 13 |
| C1         | 50               | 9                | 10  | 11,07            | 15,70            | 13,13            | 15 |
| C2         | 50               | 11               | 10  | 11,65            | 15,87            | 13,66            | 11 |
| D1         | 25               | 9                | 10  | 12,30            | 14,55            | 13,72            | 5  |
| D2         | 25               | 11               | 10  | 13,31            | 16,84            | 14,43            | 9  |
| E1         | 0                | 9                | 10  | 13,71            | 17,49            | 15,94            | 9  |
| E2         | 0                | 11               | 10  | 15,72            | 21,62            | 18,86            | 11 |

N: Numune adedi, X<sub>min</sub>: En düşük değer, X<sub>mak</sub>: En yüksek değer, X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların yüzeyde vida tutma direnci üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.29'da verilmiştir.

Çizelge 5.29. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait yüzeyde vida tutma direnci varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 116,47          | 116,47             | 63,30    | 0,0000                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 1137,97         | 284,49             | 154,62   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 60,41           | 15,10              | 8,21     | 0,0000                 |
| Hata               | 90                  | 165,60          | 1,84               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 17564,27        |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri ve A x B etkileşimi  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların yüzeyde vida tutma direnci değeri üzerinde etkilidir. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.30'da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Haşhaş yongası katkı oranının yüzeyde vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Yüzeyde vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|---|------------------|
| 100                      | 7,16  | D                |
| 75                       | 11,38   | C                |
| 50                       | 13,40   | B                |
| 25                       | 14,08   | B                |
| 0                        | 17,40   | A                |

Çizelgeden görüleceği üzere %25 ve %50 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek yüzeyde vida tutma direnci haşhaş yongası katkısız (17,40 N/mm<sup>2</sup>) kompozit levhalarda görülürken, en düşük yüzeyde vida tutma direnci %100 haşhaş yongası katkılı (7,16 N/mm<sup>2</sup>) kompozit levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların yüzeyde vida tutma direnci değeri anlamlı şekilde azalmaktadır.

Tutkal oranına bağlı yüzeyde vida tutma direnci değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Tutkal oranının yüzeyde vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Yüzeyde vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|------------------|---|------------------|
| 9                | 11,60   | B                |
| 11               | 13,76   | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak yüzeyde vida tutma direnci değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek yüzeyde vida tutma direnci %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda ( $13,76 \text{ N/mm}^2$ ) görülürken, en düşük yüzeyde vida tutma direnci ise %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda ( $11,60 \text{ N/mm}^2$ ) olarak görülmektedir.

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranına bağlı yüzeyde vida tutma direnci değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.32'de verilmiştir.

Çizelge 5.32. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının yüzeyde vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| LEVHA<br>TİPİ | Haşhaş<br>Oranı (%) | Tutkal Oranı<br>(%) | Yüzeyde<br>vida tutma<br>direnci<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | Homojenlik<br>Grubu |
|---------------|---------------------|---------------------|---|---------------------|
| A1            | 100                 | 9                   | 4,79  | F                   |
| A2            | 100                 | 11                  | 9,53  | E                   |
| B1            | 75                  | 9                   | 10,43   | E                   |
| B2            | 75                  | 11                  | 12,32   | D                   |
| C1            | 50                  | 9                   | 13,13   | CD                  |
| C2            | 50                  | 11                  | 13,66   | C                   |
| D1            | 25                  | 9                   | 13,72   | C                   |
| D2            | 25                  | 11                  | 14,43   | C                   |
| E1            | 0                   | 9                   | 15,94   | B                   |
| E2            | 0                   | 11                  | 18,86   | A                   |

Çizelgede görüleceği üzere A2-B1, B2-C1 ve C1-C2-D1-D2 tipi kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek yüzeyde vida tutma direnci haşhaş yongası katkısız E2 ( $18,86 \text{ N/mm}^2$ ) tipi kompozit levhalarda görülürken, en düşük yüzeyde vida tutma direnci %100 haşhaş yongası katkılı A1 ( $4,79 \text{ N/mm}^2$ ) tipi kompozit levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası katkı oranı arttıkça levhaların yüzeyde vida tutma direnci anlamlı şekilde düşmektedir.

### Kenarda vida tutma direnci

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kenarda vida tutma direncine ait istatistiksel değerler Çizelge 5.33’de verilmiştir.

Çizelge 5.33. Kenarda vida tutma direncine ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Kenarda vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |                  |                  |                  |    |
|------------|------------------|------------------|---|------------------|------------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N   | X <sub>min</sub> | X <sub>mak</sub> | X <sub>ort</sub> | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10  | 2,87             | 4,26             | 3,63             | 14 |
| A2         | 100              | 11               | 10  | 5,98             | 8,66             | 7,10             | 11 |
| B1         | 75               | 9                | 10  | 6,43             | 8,99             | 7,79             | 8  |
| B2         | 75               | 11               | 10  | 7,04             | 12,87            | 9,65             | 17 |
| C1         | 50               | 9                | 10  | 8,79             | 11,27            | 9,99             | 19 |
| C2         | 50               | 11               | 10  | 9,81             | 12,38            | 10,91            | 14 |
| D1         | 25               | 9                | 10  | 10,44            | 11,68            | 11,18            | 7  |
| D2         | 25               | 11               | 10  | 9,90             | 14,00            | 12,24            | 11 |
| E1         | 0                | 9                | 10  | 10,64            | 13,22            | 12,39            | 12 |
| E2         | 0                | 11               | 10  | 12,75            | 15,68            | 14,30            | 14 |

N: Numune adedi, X<sub>min</sub>: En düşük değer, X<sub>mak</sub>: En yüksek değer,  
X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların kenarda vida tutma direnci üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.34’te verilmiştir.

Çizelge 5.34. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait kenarda vida tutma direnci varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 85,19           | 85,19              | 64,46    | 0,0000                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 748,61          | 187,15             | 141,62   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 20,48           | 5,12               | 3,88     | 0,0060                 |
| Hata               | 90                  | 118,94          | 1,32               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 10808,31        |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri ve A x B etkileşimi  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların kenarda vida tutma direnci değeri üzerinde etkilidir. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.35’te verilmiştir.

Çizelge 5.35. Haşhaş yongası katkı oranının kenarda vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Kenarda vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|---|------------------|
| 100                      | 5,36  | E                |
| 75                       | 8,72  | D                |
| 50                       | 10,45   | C                |
| 25                       | 11,71   | B                |
| 0                        | 13,35   | A                |

Çizelgede görüldüğü gibi haşhaş yongası katkı oranları bütün levha tiplerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. En yüksek kenarda vida tutma direnci haşhaş yongası katkısız (13,35 N/mm<sup>2</sup>) kompozit levhalarda görülürken, en düşük kenarda vida tutma direnci %100 haşhaş yongası katkılı (5,36 N/mm<sup>2</sup>) kompozit levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların kenarda vida tutma direnci değeri anlamlı şekilde azalmaktadır.

Tutkal oranına bağlı kenarda vida tutma direnci değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları izelge 5.36'da verilmiştir.

Çizelge 5.36. Tutkal oranının kenarda vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Kenarda vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|------------------|---|------------------|
| 9                | 8,99  | B                |
| 11               | 10,84   | A                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak kenarda vida tutma direnci değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek kenarda vida tutma direnci %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (10,84 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük kenarda vida tutma direnci ise %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (8,99 N/mm<sup>2</sup>) olarak görülmektedir.

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranına bağlı kenarda vida tutma direnci değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları izelge 5.37'de verilmiştir.



Çizelge 5.37. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kenarda vida tutma direncine etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| LEVHA TİPİ | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Kenarda vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Homojenlik Grubu |
|------------|------------------|------------------|---|------------------|
| A1         | 100              | 9                | 3,63  | G                |
| A2         | 100              | 11               | 7,10  | F                |
| B1         | 75               | 9                | 7,79  | F                |
| B2         | 75               | 11               | 9,65  | E                |
| C1         | 50               | 9                | 9,99  | DE               |
| C2         | 50               | 11               | 10,92   | CD               |
| D1         | 25               | 9                | 11,18   | C                |
| D2         | 25               | 11               | 12,24   | B                |
| E1         | 0                | 9                | 12,39   | B                |
| E2         | 0                | 11               | 14,30   | A                |

Çizelgede görüleceği üzere A2-B1, B2-C1, C1-C2, C2-D1 ve D2-E1 tipi kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek kenarda vida tutma direnci haşhaş yongası katkısız E2 (14,30 N/mm<sup>2</sup>) tipi kompozit levhalarda görülürken, en düşük kenarda vida tutma direnci %100 haşhaş yongası katkılı A1 (3,63 N/mm<sup>2</sup>) tipi kompozit levhalarda görülmektedir. Haşhaş yongası katkı oranı arttıkça levhaların kenarda vida tutma direnci anlamlı şekilde düşmektedir.

### 5.3. Formaldehit Emisyonu

Haşhaş ve üre formaldehit tutkalı oranına göre kompozit levhaların formaldehit emisyonuna ait istatistiksel değerler Çizelge 5.38’de verilmiştir.

Çizelge 5.38. Formaldehit emisyonuna ait istatistiksel değerler

| Levha Tipi | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Formaldehit emisyonu (ppm) |                  |                  |                  |    |
|------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------|------------------|------------------|----|
|            |                  |                  | N                          | X <sub>min</sub> | X <sub>mak</sub> | X <sub>ort</sub> | v  |
| A1         | 100              | 9                | 10                         | 0,680            | 0,740            | 0,710            | 39 |
| A2         | 100              | 11               | 10                         | 0,770            | 0,850            | 0,810            | 25 |
| B1         | 75               | 9                | 10                         | 0,810            | 0,850            | 0,830            | 34 |
| B2         | 75               | 11               | 10                         | 0,830            | 0,950            | 0,890            | 26 |
| C1         | 50               | 9                | 10                         | 0,820            | 0,900            | 0,860            | 27 |
| C2         | 50               | 11               | 10                         | 0,900            | 0,920            | 0,910            | 36 |
| D1         | 25               | 9                | 10                         | 0,870            | 0,970            | 0,920            | 16 |
| D2         | 25               | 11               | 10                         | 0,940            | 1,000            | 0,970            | 23 |
| E1         | 0                | 9                | 10                         | 0,910            | 0,970            | 0,940            | 32 |
| E2         | 0                | 11               | 10                         | 0,940            | 1,080            | 1,010            | 14 |

N: Numune adedi, X<sub>min</sub>: En düşük değer, X<sub>mak</sub>: En yüksek değer, X<sub>ort</sub>: Ortalama değer, v: Varyasyon katsayısı

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranının kompozit levhaların formaldehit emisyonu üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine yönelik varyans analizi Çizelge 5.39'da verilmiştir.

Çizelge 5.39. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranı etkileşimine ait formaldehit emisyonu varyans analizi

| Varyans Kaynakları | Serbestlik Derecesi | Kareler Toplamı | Kareler Ortalaması | F Değeri | Hata Seviyesi (p<0,05) |
|--------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|------------------------|
| Tutkal Oranı (A)   | 1                   | 1089,00         | 1089,00            | 184,93   | 0,0000                 |
| Yonga Oranı (B)    | 4                   | 5590,00         | 1397,50            | 237,31   | 0,0000                 |
| A x B              | 4                   | 86,00           | 21,50              | 3,65     | 0,0080                 |
| Hata               | 90                  | 530,00          | 5,89               |          |                        |
| Toplam             | 100                 | 790520,00       |                    |          |                        |

Çizelgede görüldüğü gibi A, B değişkenleri ve A x B etkileşimi  $p < 0,05$  olduğu için kompozit levhaların formaldehit emisyonu değeri üzerinde etkilidir. Etkili olan değişkenlere ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.40'ta verilmiştir.

Çizelge 5.40. Haşhaş yongası katkı oranının formaldehit emisyonuna etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Haşhaş Yongası Oranı (%) | Formaldehit emisyonu (ppm) | Homojenlik Grubu |
|--------------------------|----------------------------|------------------|
| 100                      | 0,76                       | A                |
| 75                       | 0,86                       | B                |
| 50                       | 0,89                       | B                |
| 25                       | 0,95                       | C                |
| 0                        | 0,98                       | D                |

Çizelgede görüldüğü gibi %75 ve %50 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek formaldehit emisyonu haşhaş yongası katkısız kompozit levhalarda (0,98 ppm) görülürken, en düşük formaldehit emisyonu %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda (0,76 ppm) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça formaldehit emisyonu değeri anlamlı şekilde azalmaktadır.

Tutkal oranına bağlı formaldehit emisyonu değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.41'de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Tutkal oranının formaldehit emisyonuna etkisine ilişkin Duncan testi sonuçları

| Tutkal Oranı (%) | Formaldehit emisyonu (ppm) | Homojenlik Grubu |
|------------------|----------------------------|------------------|
| 9                | 0,85                       | A                |
| 11               | 0,92                       | B                |

Çizelgede görüleceği üzere tutkal oranlarına bağlı olarak formaldehit emisyonu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşmuştur. En yüksek formaldehit emisyonu %11 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (0,92 ppm) görülürken, en düşük formaldehit emisyonu ise %9 tutkal oranına sahip kompozit levhalarda (0,85 ppm) görülmektedir.

Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranına bağlı formaldehit emisyonu değerleri arasındaki farklılığın belirlenmesine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 5.42'de verilmiştir.

Çizelge 5.42. Haşhaş yongası katkı oranı ve tutkal oranına bağlı formaldehit emisyonu değerlerine ilişkin homojenlik grupları

| LEVHA TİPİ | Haşhaş Oranı (%) | Tutkal Oranı (%) | Formaldehit emisyonu (ppm) | Homojenlik Grubu |
|------------|------------------|------------------|----------------------------|------------------|
| A1         | 100              | 9                | 0,710                      | H                |
| A2         | 100              | 11               | 0,810                      | G                |
| B1         | 75               | 9                | 0,830                      | G                |
| B2         | 75               | 11               | 0,890                      | F                |
| C1         | 50               | 9                | 0,860                      | E                |
| C2         | 50               | 11               | 0,910                      | DE               |
| D1         | 25               | 9                | 0,920                      | CD               |
| D2         | 25               | 11               | 0,970                      | C                |
| E1         | 0                | 9                | 0,940                      | B                |
| E2         | 0                | 11               | 1,010                      | A                |

Çizelgede görüleceği üzere A2-B1, C1-C2, C2-D1 ve D1-D2 tipi kompozit levhalar arasında istatistiksel fark olmadığı anlaşılmaktadır. En yüksek formaldehit emisyonu haşhaş yongası katkısız E2 tipi kompozit levhalarda (1,01 ppm) görülürken, en düşük formaldehit emisyonu %100 haşhaş yongası katkılı A1 tipi kompozit levhalarda (0,71 ppm) görülmektedir. Haşhaş yongası katkı oranı arttıkça levhaların formaldehit emisyonu anlamlı şekilde düşmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

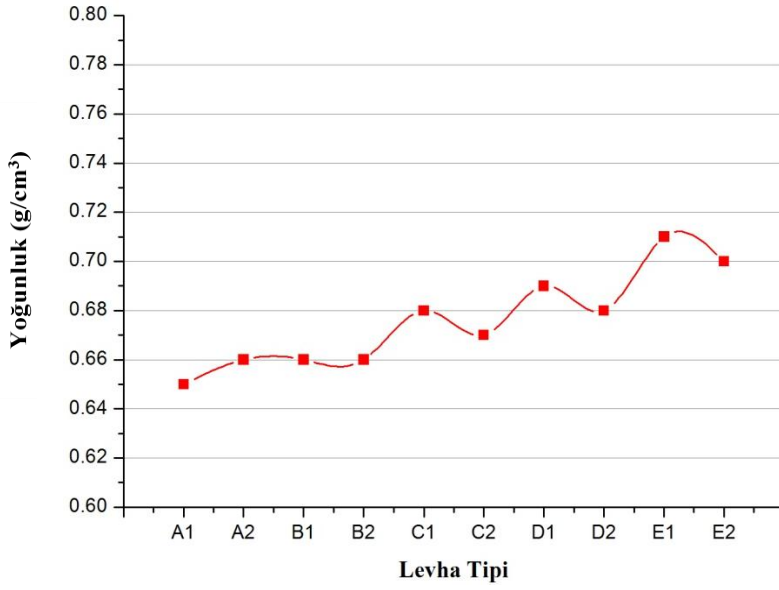
Bu çalışmada alkaloid fabrikası katı atıklarının geri dönüşümü amacıyla farklı katkı maddesi ve tutkal oranlarıyla kompozit levhalar üretilerek bazı teknolojik özellikleri araştırılmıştır.

Üretilen kompozit levhaların yoğunluk, rutubet miktarı, su içerisinde kalınlık artışı2 saat (K2) ve su içerisinde kalınlık artışı24 saat (K24) özellikleriyle ilgili olarak elde edilen veriler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Kompozit levhaların bazı fiziksel özellikleri

| Levha tipi | Üre-formaldehit tutkal oranı (%) | Katkı maddesi (%) |             | Kompozit levhaların bazı fiziksel özellikleri |                     |                                       |  |
|------------|----------------------------------|-------------------|-------------|---|---------------------|---------------------------------------|--|
|            |                                  | Haşhaş Yongası    | Çam yongası | Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )                 | Rutubet miktarı (%) | Su içerisinde kalınlık artışı (K2)(%) | Su içerisinde kalınlık artışı (K24)(%) |
| A1         | 9                                | 0                 | 100         | 0,65  | 8,93                | 17,73                                 | 22,48                                  |
| A2         | 11                               | 0                 | 100         | 0,66  | 8,99                | 17,39                                 | 21,78                                  |
| B1         | 9                                | 25                | 75          | 0,66  | 8,45                | 14,44                                 | 18,67                                  |
| B2         | 11                               | 25                | 75          | 0,66  | 8,61                | 13,7                                  | 17,36                                  |
| C1         | 9                                | 50                | 50          | 0,68  | 8,13                | 10,38                                 | 14,72                                  |
| C2         | 11                               | 50                | 50          | 0,67  | 8,31                | 8,65                                  | 11,70                                  |
| D1         | 9                                | 75                | 25          | 0,69  | 8,05                | 8,1                                   | 10,63                                  |
| D2         | 11                               | 75                | 25          | 0,68  | 8,29                | 7,16                                  | 10,45                                  |
| E1         | 9                                | 100               | 0           | 0,71  | 7,75                | 7,26                                  | 10,22                                  |
| E2         | 11                               | 100               | 0           | 0,70  | 7,89                | 6,74                                  | 9,72                                   |
| ORTALAMA   |                                  |                   |             | 0,68  | 8,34                | 11,13                                 | 14,79                                  |

*Yoğunluk:* Denemelere tabi tutulan bütün kompozit levhaların yoğunluk değerleri, orta yoğunlukta kompozit levha sınıfına girmektedir. Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin yoğunluğu, orta yoğunlukta kompozit levhalarda ön görülen 0,59 – 0,80 g/cm<sup>3</sup> değerleri aralığına uygundur. Kompozit levhalara ait yoğunluk değerleri Şekil 6.1’de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Yoğunluk

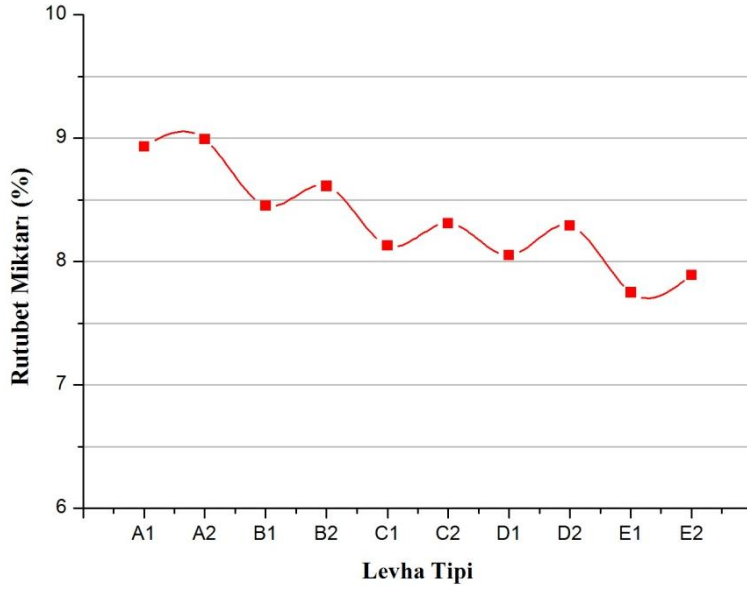
Hava kuru yoğunluk değerlerine ait ortalamalara bakıldığında en yüksek değer,  $0,71 \text{ g/cm}^3$  ile %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongasıyla üretilen E1 tipi kompozit levhalarda görülmüştür. En düşük değer ise  $0,65 \text{ g/cm}^3$  ile %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongasıyla üretilen A1 tipi kompozit levhalarda görülmektedir.

Türkiye’de mobilya endüstrisinde kullanılan bazı kompozit levhaların temel mekanik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada üç farklı firmaya ait kompozit levhaların hava kuru yoğunluklarının ortalaması  $0.65 \text{ g/cm}^3$  olarak bulunmuştur (Günsel, 2004).

Yoğunluk, kompozit levhaların mekanik ve fiziksel özelliklerini etkileyen en önemli faktördür. Yoğunluk ile şişme, elastikiyet modülü, eğilme direnci, kesme direnci, yüzey işleme özelliği, sertliği, vida ve çivi tutma direnci arasında doğrudan bir ilişki vardır. Birçok durumda mekanik özellikler ile yoğunluk doğru orantılı olarak artar. Fakat bu artış doğrusal olmayıp, mekanik özellikler üzerinde etkili olan diğer birçok faktörün etkisiyle parabolik bir eğri de verebilir (Göktaş, 2008; Bozkurt, 1985).

Kompozit levhaların üretiminin fabrikada yapılması halinde levhaların yoğunluk değerleri arasındaki farkın daha az olabileceği düşünülmektedir.

*Rutubet Miktarı:* Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin rutubet oranları incelenmiş, TS EN 312 standardının ön gördüğü %5 - %14 rutubet miktarı aralığındaki değerlere uygun oldukları gözlenmiştir. Kompozit levhalara ait rutubet miktarı Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Rutubet miktarı

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı rutubet miktarında sırası ile %4 %5, %9 ve %15'lik bir artış meydana getirmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların rutubet miktarında %9 tutkal kullanılan levhaların rutubet miktarına göre ortalama %2 artış görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek rutubet miktarı %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası ile üretilen kompozit levhalarda A2 (%8,99) görülürken, en düşük rutubet miktarı %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası katkılı kompozit levhalarda E1 (7,75) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların rutubet miktarı yükselmektedir.

Bazı mineral lifler kullanılarak kompozit levhaların yanma dayanımının artırılması amacıyla yapılan bir araştırmada üre formaldehit tutkallı kompozit levhalarda; %10, %15 ve %20'lik cam yünü katkısı, rutubet miktarında sırası ile %9, %24 ve %31'lik bir düşüş

sağlarken aynı oranlarda taşıyıcı katkısı sırası ile %10, %28 ve %37'lik düşüş sağlamaktadır (Ülker, 2013).

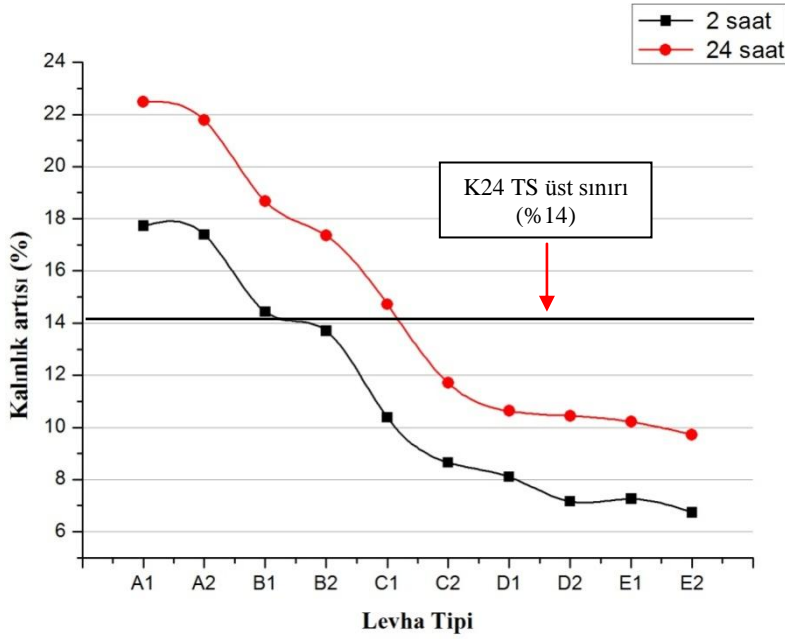
Bağ budama artıklarından elde edilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve mobilya köşe birleştirmelerinin performans özelliklerinin araştırılması amacıyla yapılan bir çalışmada üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin rutubet oranları incelenmiş, genel olarak TS EN 312-1 standardının ön gördüğü %5 - %13 rutubet miktarı aralığındaki değerlere yakın oldukları gözlenmiştir (Özen, 2009).

Rutubet miktarının farklı çıkmasının sebebi, haşhaş yongalarının adsorbsiyon ve desorbsiyon özelliğinin çam yongalarına göre farklı olmasından kaynaklanabilir. Tutkallama esnasında üretilen formaldehit tutkalı haşhaş yongalarınca çam yongalarına nispeten fazla absorbe edilmiş olabilir. Çam yongaları ise içinde bulundurduğu reçineler sayesinde daha az adsorbsiyon yapmış olabilir. Yongaların preslenmesi esnasında pres ısı nedeniyle karışım içerisindeki rutubet buharlaşarak azalmaktadır. Çam yongası oranı arttıkça buharlaşma miktarı daha fazla oluşmuş olabilir. Ayrıca kompozit levha üretiminde kullanılan haşhaş yongaları ve çam yongaları arasındaki boyut farklılığı da sıcak presleme esnasında desorbsiyon miktarına dolayısıyla rutubet miktarına etkisi olabilir.

Kompozit levhalar herhangi bir hidrofobik madde kullanılmadan üretilmiştir. Üretimde parafin benzeri bir hidrofobik madde kullanılması rutubet miktarı ve su içerisinde kalınlık artımı değerlerini olumlu yönde etkileyebilir.

*2 saat su içerisinde kalınlık artışı (K2) ve 24 saat su içerisinde kalınlık artışı (K24):* Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin su içerisinde kalınlık artışı (K24) oranları incelenmiş, C2, D1, D2, E1, E2 tipi kompozit levhalar TS EN 312 (2012)'de belirtilen Tip P3 (nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar) için 24 saat su içerisinde kalınlık artışı değerini (%14) karşıladığı görülmüştür. Standardı karşılamayan levhalar rutubetsiz ortamlarda kullanılabilir. Kompozit levhalara ait su içerisinde kalınlık artışı miktarı (K2, K24) Şekil 6.3'te gösterilmiştir.





Şekil 6.3. Kompozit levhalara ait su içerisinde kalınlık artışı miktarı (K2, K24)

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı su içerisinde kalınlık artışında (K2) sırası ile %9 %36, %101 ve %151'lik bir artış meydana getirmektedir.

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı su içerisinde kalınlık artışında (K24) sırası ile %6 %32, %81 ve %122'lik bir artış meydana getirmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların su içerisinde kalınlık artışında (K2) %9 tutkal kullanılan levhaların su içerisinde kalınlık artışı oranına göre ortalama %9 düşüş görülmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların su içerisinde kalınlık artışında (K24) %9 tutkal kullanılan levhaların su içerisinde kalınlık artışı oranına göre ortalama %9 düşüş görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek kalınlık artışı (K2) değeri %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (%17,73) görülürken, en düşük

kalınlık artışı (K2) %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası katkılı kompozit levhalarda E2 (%6,74) görölmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek kalınlık artışı değeri (K24) %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (%22,48) görölrken, en düşük kalınlık artışı (K24) %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası katkılı kompozit levhalarda E2 (%9.72) görölmektedir.

Kompozit levhalarda su içerisinde kalınlık artışı, doğrudan doğruya üretimde kullanılan değişkenlerle ilişkilidir. Kalınlık artış oranı ise üretimde kullanılan odun çeşidi, levha yoğunluğu, yonga boyutu, tutkal oranı, tutkalın yonga ile karıştırılmasındaki homojenlik ve presleme koşullarına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir (Bozkurt ve Göker, 1985).

Bunun yanı sıra kompozit levhalarda su içerisinde kalınlık artışı iki etkenin toplamı olarak belirlenir. Birincisi yonga odununda kalınlık artışı, diğeri ise presleme sonucu oluşan sıkışmanın bozulması ile oluşan kalınlık artışı (Bozkurt ve Göker, 1985).

Presleme basıncı arttıkça kompozit levha yoğunluğu artmaktadır. Yoğunluğu fazla olan kompozit levhaların, yoğunluğu az olan levhalara göre kalınlık artışı oranları daha fazla olmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

Reçine tutkallarının sertleştikten sonra su adsorbe etmemeleri nedeniyle, kompozit levha üretiminde kullanılan reçine tutkallarının yüzde olarak miktarları arttıkça, kompozit levhaların kalınlığına şişme oranında bir azalma olacaktır. Örneğin, tutkal yüzdesi %4'ten %12'ye yükseltilmesi, kompozit levhanın kalınlığına şişme oranını %17'den %9'a düşürmektedir. Bunların dışında kompozit levha üretiminde, tutkallama aşamasında tutkala karıştırılan hidrofobik malzemeler (genellikle parafin emülsiyonu) kompozit levhaların kalınlık artışı miktarlarını belirli bir ölçüde azaltmaya yaramaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

Türkiye'de mobilya endüstrisinde kullanılan bazı kompozit levhaların temel mekanik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada üç farklı firmaya ait kompozit levhaların su içerisinde 2 saat bekletildiğinde kalınlık artışı miktarları

ortalama %8, su içerisinde 24 saat bekletildiğinde kalınlık artışı miktarları ortalama %15 olarak bulunmuştur (Günsel, 2004).

Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların 24 saat su içerisinde kalınlık artışı değeri anlamlı şekilde yükselmesine rağmen üretilen levhaların su içerisinde kalınlık artışı miktarı literatürle uyumludur.

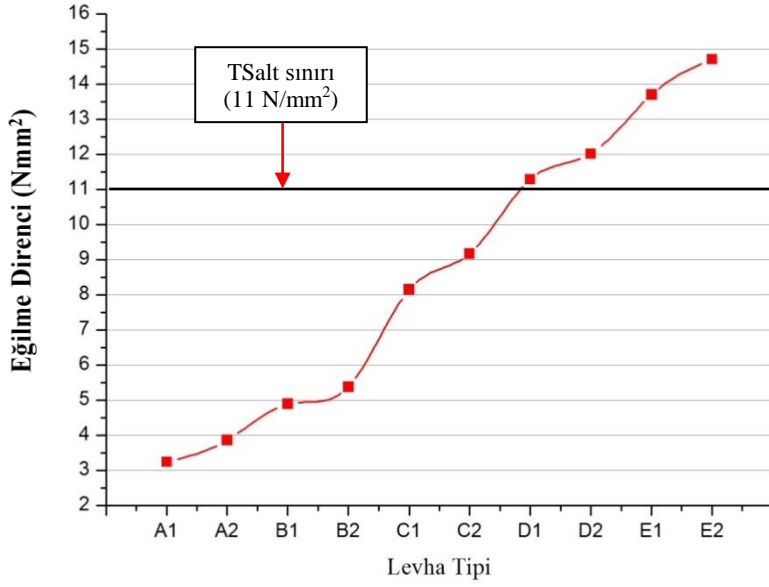
Su içerisinde kalınlık artışı miktarının farklı çıkmasının sebebi, haşhaş yongalarının desorbsiyon ve adsorbsiyon özelliğinin çam yongalarına göre farklı olması olabilir. Üretilen formaldehit tutkalı yerine fenol formaldehit veya melamin formaldehit tutkalı gibi kalınlık artışında daha yüksek direnci olan tutkal türleri kullanılarak kalınlık artış oranı düşürülebilir. Ancak günümüzde kompozit levha üretiminde düşük maliyetli olması nedeniyle üretilen formaldehit tutkalı tercih edilmektedir. Bu yüzden tutkal türünü değiştirmek yerine kompozit levhaların üretiminde parafin gibi hidrofobik maddeler kullanılarak kalınlık artışı oranı düşürülebilir.

Üretilen kompozit levhaların eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve levha yüzeyine dik çekme direnciyle ilgili elde edilen veriler Çizelge 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Kompozit levhaların bazı mekanik özellikleri

| Levha tipi | Üre formaldehit tutkal oranı (%) | Katkı maddesi (%) |             | Kompozit levhaların bazı mekanik özellikleri |  |   |
|------------|----------------------------------|-------------------|-------------|--|--|---|
|            |                                  | Haşhaş yongası    | Çam yongası | Eğilme direnci (N/mm <sup>2</sup> )          | Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm <sup>2</sup> ) | Yüzeye dik çekme direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |
| A1         | 9                                | 100               | 0           | 3,24   | 583  | 0,21  |
| A2         | 11                               | 100               | 0           | 3,86   | 688  | 0,29  |
| B1         | 9                                | 75                | 25          | 4,89   | 988  | 0,30  |
| B2         | 11                               | 75                | 25          | 5,38   | 1057   | 0,32  |
| C1         | 9                                | 50                | 50          | 8,15   | 1430   | 0,43  |
| C2         | 11                               | 50                | 50          | 9,17   | 1544   | 0,45  |
| D1         | 9                                | 25                | 75          | 11,29  | 1841   | 0,55  |
| D2         | 11                               | 25                | 75          | 12,02  | 1889   | 0,57  |
| E1         | 9                                | 0                 | 100         | 13,70  | 2282   | 0,70  |
| E2         | 11                               | 0                 | 100         | 14,71  | 2374   | 0,71  |
| ORTALAMA   |                                  |                   |             | 8,64   | 1468   | 0,45  |

*Eğilme direnci*; Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin eğilme direnci değerleri incelenmiş, D1, D2, E1 ve E2 tipi levhalar TS EN 312 standardının ön gördüğü minimum eğilme direnci değerine (11 N/mm<sup>2</sup>) uygun oldukları belirlenmiştir. Kompozit levhalara ait eğilme direnci değerleri Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Kompozit levhaların eğilme direnci değerleri

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı eğilme direncinde sırası ile %18 %39, %64 ve %75'lik bir düşüş meydana getirmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların eğilme direncinde %9 tutkal kullanılan levhaların eğilme direncine göre ortalama %5 artış görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek eğilme direnci %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası ile üretilen kompozit levhalarda E2 (14,71 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük eğilme direnci %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (3,24 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir.

Türkiye'de mobilya endüstrisinde kullanılan bazı kompozit levhaların temel mekanik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada üç farklı firmaya ait kompozit levhaların eğilme direnci değerleri ortalama 13,72 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Günsel, 2004).

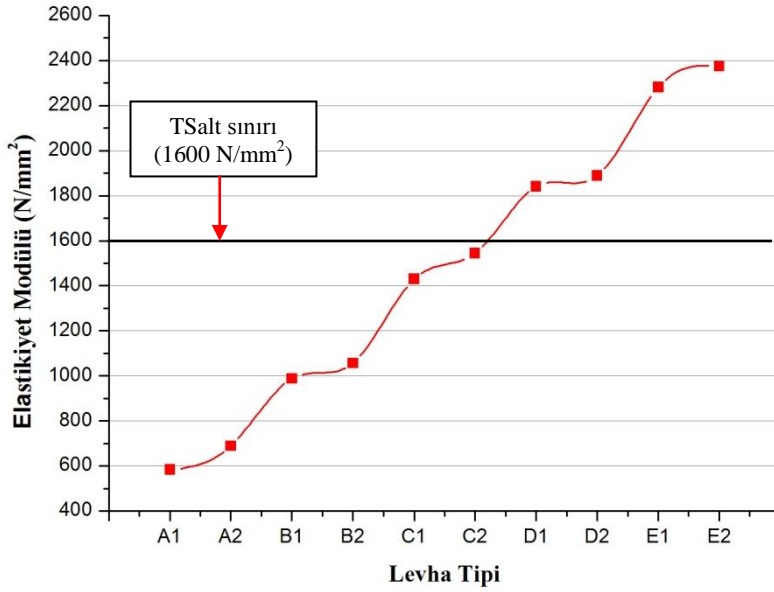
Yonga geometrisi üzerine yapılan araştırmalarda, kullanılan yapıştırıcı ve yonga ağırlığı aynı kalması halinde, ince ve uzun yongalardan üretilen kompozit levhaların eğilme dirençleri, kısa ve kalın yongalardan üretilen kompozit levhalardan daha yüksek olduğu belirtilmektedir (Bozkurt ve Göker,1985).

Taşıyünü ve cam yünü katkılı kompozit levhaların eğilme direnci değerleri sırasıyla 7,63 N/mm<sup>2</sup> ve 7,55 N/mm<sup>2</sup> olan bir araştırmada, cam yünü ve taş yünü katkısız levhalarının eğilme direnci değeri 14,89 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Buna göre, her iki katkı malzemesi kompozit levhaların eğilme direncinin azalmasına neden olmaktadır (Ülker, 2013).

Bağ budama atıklarından elde edilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmada bağ budama atıkları ve çam yongası karışımından üretilen kompozit levhaların eğilme dirençleri 4,49 – 5,85 N/mm<sup>2</sup> aralığında bulunmuştur (Özen, 2009)

Üretilen levhaların eğilme direnci, bağ budama atıklarıyla üretilen kompozit levhaların eğilme direncinden yüksek olduğu görülmektedir. Ancak haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların eğilme direnci değerlerinin düştüğü görülmüştür. Kompozit levhaların üretiminde kullanılan haşhaş yongaları alkaloid fabrikası atıklarından temin edilmiştir. Alkaloid fabrikasında haşhaş kapsüllerinin yongalama işlemi kompozit levha üretimine daha uygun yonga geometrisiyle yapılarak eğilme direnci yükseltilebilir. Bununla birlikte tutkal türü, pres sıcaklığı, pres süresi gibi parametreler değiştirilerek eğilme direnci yükseltilebilir.

*Eğilmede elastikiyet modülü;* Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin eğilmede elastikiyet modülü değerleri incelenmiş, D1, D2, E1 ve E2 tipi levhalar TS EN 312 standardının ön gördüğü minimum eğilmede elastikiyet modülü değerine (1600 N/mm<sup>2</sup>) uygun oldukları belirlenmiştir. Kompozit levhalara ait eğilmede elastikiyet modülü değerleri Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Kompozit levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı eğilmede elastikiyet modülüne sırası ile %20 %36, %56 ve %73'lük bir düşüş meydana getirmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların eğilme direncinde %9 tutkal kullanılan levhaların eğilme direncine göre ortalama %5 artış görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek eğilmede elastikiyet modülü %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası ile üretilen kompozit levhalarda E2 (2374 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük eğilme direnci %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (583 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerleri düşmektedir.

Türkiye'de mobilya endüstrisinde kullanılan bazı kompozit levhaların temel mekanik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada üç farklı firmaya ait kompozit levhaların eğilmede elastikiyet direnci değerleri ortalama 2346 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Günsel, 2004).

Elastikiyet modülü, kompozit levha üretiminde kullanılan tutkal miktarı, yonga uzunluğu, yonga geometrisi ve kompozit levhanın yoğunluğuna bağlı olarak değişebilmektedir.

Ayrıca levha kalınlığı arttıkça, elastikiyet modülü de artmaktadır. Bununla birlikte elastikiyet modülü ile levhanın dış tabakalarındaki nem oranı arasında da bir ilişki vardır. Nem oranı arttıkça elastikiyet modülünde bir azalma olmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

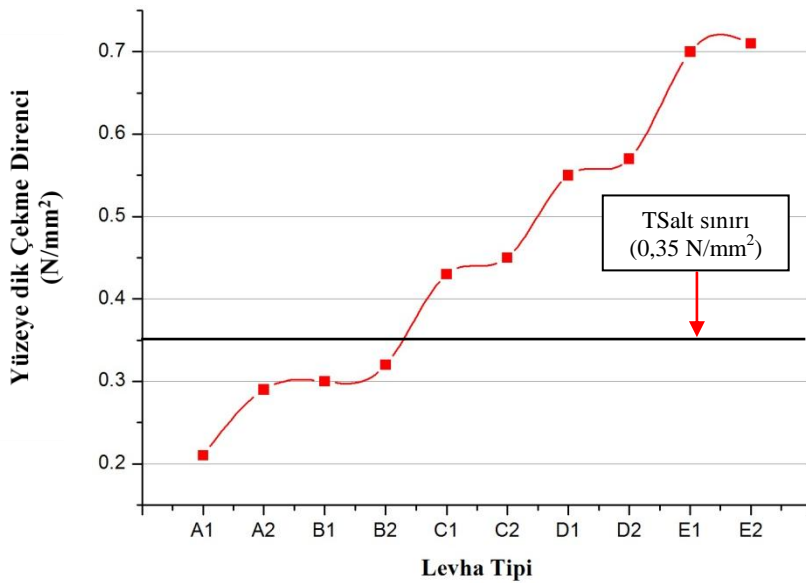
Bağ budama atıklarından elde edilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmada bağ budama atıkları ve çam yongası karışımından üretilen kompozit levhaların eğilmede elastikiyet modülü 675,08 – 1181,26 N/mm<sup>2</sup> aralığında bulunmuştur (Özen, 2009)

Benzer bir çalışmada, Wei ve Suchsland, tek tür ve karışık tür odunlardan elde edilen kompozit levhaların elastikiyet modülü, yoğunluk, eğilme direnci ve yüzeye dik çekme dirençleri test edilmiştir. Sonuç olarak tek tür ağaç kullanmanın kompozit levha üretiminde önemli olduğu sonucuna varmışlardır (Wei ve Suchsland, 1999).

Üretilen levhaların eğilmede elastikiyet modülü, bir diğer bitkisel atık olan bağ budama atıklarıyla üretilen kompozit levhaların eğilme direncinden yüksek olduğu görülmektedir. Ancak haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin düştüğü görülmüştür. Kompozit levhaların üretiminde kullanılan yonga geometrisi, tutkal türü, pres sıcaklığı, pres süresi gibi parametreler değiştirilerek eğilmede elastikiyet modülü direnci yükseltilebilir.

*Levha yüzeyine dik çekme direnci:* Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin levha yüzeyine dik çekme direnci değerleri incelenmiş, C1, C2, D1, D2, E1 ve E2 tipi levhalar TS EN 312 standardının ön gördüğü minimum levha yüzeyine dik çekme direnci değerine (0,35 N/mm<sup>2</sup>) uygun oldukları belirlenmiştir. Kompozit levhalara ait yüzeye dik çekme direnci değerleri Şekil 6.6'te gösterilmiştir.





Şekil 6.6. Kompozit levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı levha yüzeyine dik çekme direncinde sırası ile %21 %38, %56 ve %65'lik bir düşüş meydana getirmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların yüzeye dik çekme direncinde %9 tutkal kullanılan levhaların yüzeye dik çekme direnci miktarına göre ortalama %4 artış görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek levha yüzeyine dik çekme direnci %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası ile üretilen kompozit levhalarda E2 (0,71 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük levha yüzeyine dik çekme direnci %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (0,21 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların yüzeye dik çekme direnci düşmektedir.

Benzer bir araştırmada üç farklı firmaya ait kompozit levhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri ortalama 0,51 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Günsel, 2004).

Bağ budama atıklarından elde edilen levhalarla ilgili bir araştırmada farklı varyasyonlarda bağ budama atıkları ve çam yongası karışımından üretilen kompozit levhaların yüzeye dik çekme dirençleri 0,15 - 0,54 N/mm<sup>2</sup> aralığında bulunmuştur (Özen, 2009)

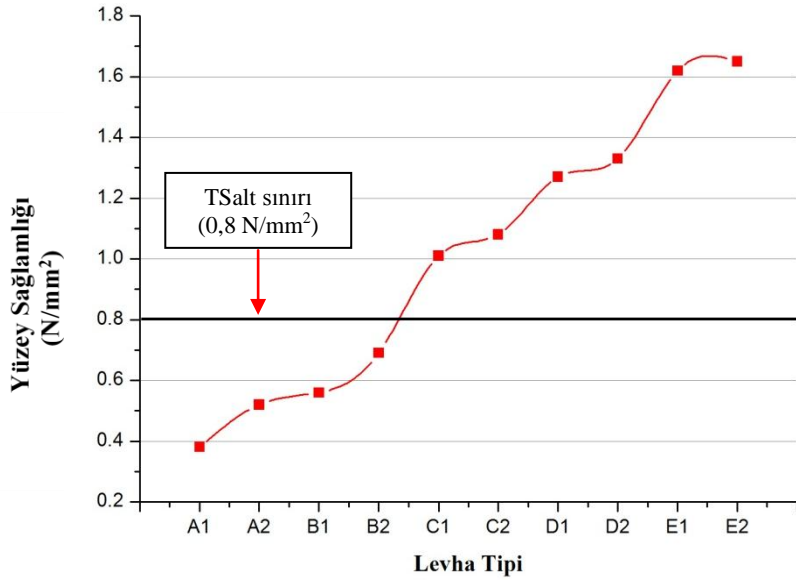
Serme yöntemi, yonga geometrisi, tutkal miktarı ve tutkallama yönteminin üretilen kompozit levhaların yüzeye dik çekme dirençleri üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır. Serme ve tutkallama işlemi, kompozit levha fabrikalarında yapılması halinde yüzeye dik çekme direncinin yükseleceği düşünülmektedir.

Üretilen kompozit levhaların yüzey sağlamlığı, yüzeyde vida tutma direnci ve kenarda vida tutma direnci ile ilgili elde edilen veriler Çizelge 6.3'te verilmiştir.

Çizelge 6.3. Kompozit levhaların bazı mekanik özellikleri

| Levha tipi | Üre formaldehit tutkal oranı (%) | Katkı maddesi (%) |             | Kompozit levhaların bazı mekanik özellikleri |   |   |
|------------|----------------------------------|-------------------|-------------|--|---|---|
|            |                                  | Haşhaş yongası    | Çam yongası | Yüzey sağlamlığı (N/mm <sup>2</sup> )        | Yüzeyde vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) | Kenarda vida tutma direnci (N/mm <sup>2</sup> ) |
| A1         | 9                                | 100               | 0           | 0,38   | 4,79  | 3,63  |
| A2         | 11                               | 100               | 0           | 0,52   | 9,53  | 7,10  |
| B1         | 9                                | 75                | 25          | 0,56   | 10,43   | 7,79  |
| B2         | 11                               | 75                | 25          | 0,69   | 12,32   | 9,65  |
| C1         | 9                                | 50                | 50          | 1,01   | 13,13   | 9,99  |
| C2         | 11                               | 50                | 50          | 1,08   | 13,66   | 10,91   |
| D1         | 9                                | 25                | 75          | 1,27   | 13,72   | 11,18   |
| D2         | 11                               | 25                | 75          | 1,33   | 14,43   | 12,24   |
| E1         | 9                                | 0                 | 100         | 1,62   | 15,94   | 12,39   |
| E2         | 11                               | 0                 | 100         | 1,65   | 18,86   | 14,30   |
| ORTALAMA   |                                  |                   |             | 1,01   | 12,68   | 9,92  |

*Yüzey sağlamlığı:* Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin yüzey sağlamlığı değerleri incelenmiş, C1, C2, D1, D2, E1 ve E2 tipi levhalar TS EN 312 standardının ön gördüğü minimum yüzey sağlamlığı değerine (0,8 N/mm<sup>2</sup>) uygun oldukları belirlenmiştir. Kompozit levhalara ait yüzey sağlamlığı değerleri Şekil 6.7'de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. Kompozit levhaların yüzey sağlamlığı değerleri

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı yüzey sağlamlığında sırası ile %20 %36, %62 ve %72'lik bir düşüş meydana getirmektedir.

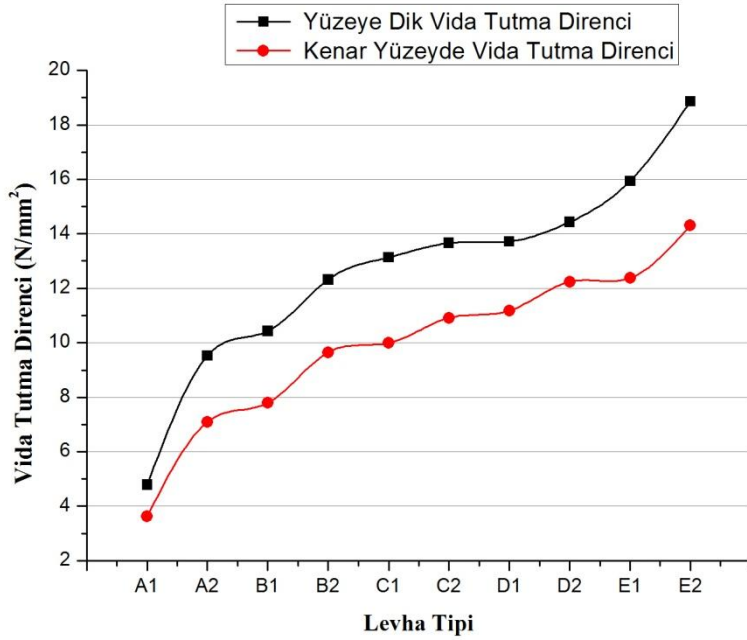
Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların yüzey sağlamlığında, %9 tutkal kullanılan levhaların yüzey sağlamlığı miktarına göre ortalama %9 artış görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek yüzey sağlamlığı değeri %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası ile üretilen kompozit levhalarda E2 (1,65 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük yüzey sağlamlığı değeri %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (0,38 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların yüzey sağlamlığı değeri düşmektedir.

Gündüz ve Masraf, üç tabakalı yatık yongalı kompozit levha üretiminde pres faktörleri ve talaş oranlarının etkisinin mekanik ve fiziksel özellikler bakımından incelendiği bir araştırmada yüzey sağlamlığı en düşük 0,758 N/mm<sup>2</sup> ve en yüksek 1,074 N/mm<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Bu farklılıkların tutkallamadan, ağaç türünden, presleme şartlarından ve serme şekline kaynaklandığı belirlenmiştir (Gündüz ve Masraf, 2005)

Serme yöntemi, pres faktörü, yüzey ve orta tabaka yonga geometrisi ve oranları, tutkallama yönteminin ve tutkal miktarının üretilen kompozit levhaların yüzey sağlamlığını arttıracakları düşünülmektedir. Kompozit levha üretiminin fabrikalarda yapılması halinde yüzey sağlamlığı değerinin yükseleceği düşünülmektedir.

*Yüzeyde ve kenarda vida tutma direnci:* Çalışma kapsamında üretilen levhalardan alınan deney örneklerinin yüzeyde ve kenarda vida tutma direnci incelenmiş ve literatürle uyumlu olduğu görülmüştür. Üretilen kompozit levhaların yüzeyde ve kenarda vida tutma direnci Şekil 6.8’te gösterilmiştir.



Şekil 6.8. Kompozit levhaların yüzeyde ve kenarda vida tutma direnci

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı yüzeyde vida tutma direncinde sırası ile %19 %23, %35 ve %59'lik bir düşüş meydana getirmektedir.

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı kenarda vida tutma direncinde sırası ile %12 %22, %35 ve %60'lik bir düşüş meydana getirmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların yüzeyde vida tutma direncinde, %9 tutkal kullanılan levhaların yüzeyde vida tutma direncine göre ortalama %19 artış görülmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların kenarda vida tutma direncinde, %9 tutkal kullanılan levhaların kenarda vida tutma direncine göre ortalama %20 artış görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek yüzeyde vida tutma direnci değeri %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası ile üretilen kompozit levhalarda E2 (18,86 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük levha yüzeyine dik vida tutma direnci %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (4,79 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların yüzeyde vida tutma direnci değeri düşmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek kenarda vida tutma direnci değeri %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası ile üretilen kompozit levhalarda E2 (18,86 N/mm<sup>2</sup>) görülürken, en düşük kenarda vida tutma direnci %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (4,79 N/mm<sup>2</sup>) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların kenarda vida tutma direnci değeri düşmektedir.

Yapılan bir araştırmada çam yongası ve bağ budama atıkları karışımından üretilen kompozit levhaların yüzeyde vida tutma direnci 8,56 – 14,03 N/mm<sup>2</sup> ve kenarda vida tutma direnci 6,91 – 11,31 N/mm<sup>2</sup> aralığında bulunmuştur (Özen, 2009).

Mobilya endüstrisinde kullanılan bazı kompozit levhaların temel mekanik ve fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan bir araştırmada üç farklı firmaya ait kompozit levhaların yüzeyde vida tutma dirençleri ortalama 6,65 N/mm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur (Günsel, 2004).

Kompozit levhaların vida tutma direnci üzerinde vidalama yönü, kompozit levhanın yoğunluğu, nem miktarı, vida girme derinliği, vida çapı, vida adımı, vida tipi, pilot deliği çapı ve derinliği, vidanın yapıldığı materyal, vida ucunun şekli, vidayı çekme kuvvetinin hızı gibi çok değişik faktörlerin etkisi vardır. Bunların dışında kenarda vida tutma direnci levha yüzeyine dik yöndeki vida tutma direncinden daha az olmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

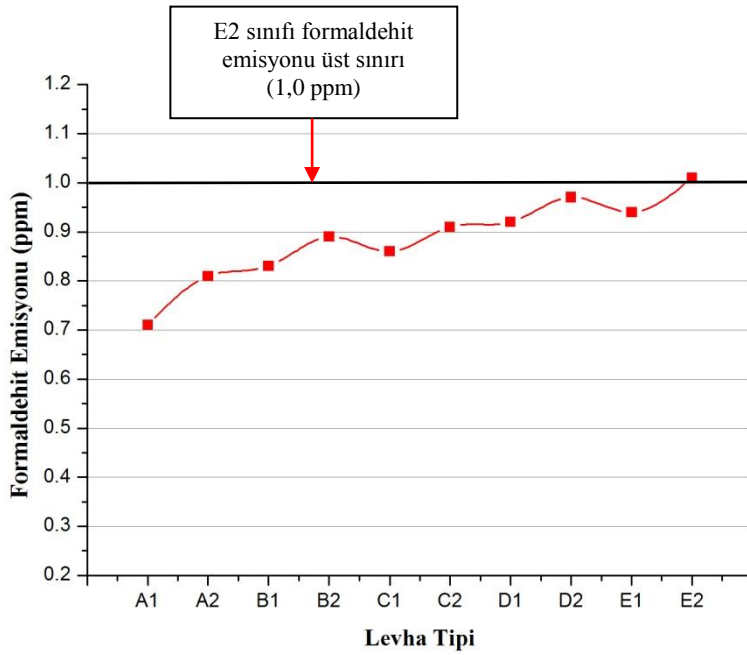
Buna göre yukarıda belirtilen parametreler değiştirilerek vida tutma dirençleri daha da yükseltilebilir.

Üretilen kompozit levhaların formaldehit emisyonu ile ilgili elde edilen veriler Çizelge 6.4'te verilmiştir.

Çizelge 6.4. Kompozit levhaların formaldehit emisyonu

| Levha tipi | Üre formaldehit tutkal oranı (%) | Katkı maddesi (%) |             | Kompozit levhaların formaldehit emisyonu (ppm) |
|------------|----------------------------------|-------------------|-------------|--|
|            |                                  | Haşhaş yongası    | Çam yongası |  |
| A1         | 9                                | 100               | 0           | 0,710  |
| A2         | 11                               | 100               | 0           | 0,810  |
| B1         | 9                                | 75                | 25          | 0,830  |
| B2         | 11                               | 75                | 25          | 0,890  |
| C1         | 9                                | 50                | 50          | 0,860  |
| C2         | 11                               | 50                | 50          | 0,910  |
| D1         | 9                                | 25                | 75          | 0,920  |
| D2         | 11                               | 25                | 75          | 0,970  |
| E1         | 9                                | 0                 | 100         | 0,940  |
| E2         | 11                               | 0                 | 100         | 1,010  |
| ORTALAMA   |                                  |                   |             | 0,890  |

*Formaldehit emisyonu:* Çalışma kapsamında üretilen kompozit levhalardan alınan deney örneklerinin formaldehit emisyonu miktarları incelenmiş olup E2' isimli levha haricindeki bütün levhaların E2 sınıfı (>0,1 – 1,0 ppm) formaldehit emisyonu miktarına sahip olduğu görülmektedir. Kompozit levhalara ait formaldehit emisyonu miktarları Şekil 6.9'de gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Kompozit levhaların formaldehit emisyonu miktarları

Kompozit levhalara %25, %50 %75 ve %100'lük haşhaş yongası katkısı formaldehit emisyonu miktarında sırası ile %3 %9, %12 ve %22'lik bir düşüş meydana getirmektedir.

Üretiminde %11 üre formaldehit tutkalı kullanılan kompozit levhaların formaldehit emisyonu miktarında %9 tutkal kullanılan levhaların formaldehit emisyonu miktarına göre ortalama %8 artış görülmektedir.

Bu sonuçlara göre en yüksek formaldehit emisyonu miktarı %11 üre formaldehit tutkalı ve %100 çam yongası ile üretilen kompozit levhalarda E2 (1,01 ppm) görülürken, en düşük formaldehit emisyonu miktarı %9 üre formaldehit tutkalı ve %100 haşhaş yongası katkılı kompozit levhalarda A1 (0,71 ppm) görülmektedir. Haşhaş yongası kullanım oranı arttıkça levhaların formaldehit emisyonu miktarı azalmaktadır.

E1 özellikle levha üretebilmek için öncelikle levha üretiminde kullanılan tutkalın üretiminden ileri gelen serbest formaldehit içeriğinin olduğunca düşük ve levhaya kazandıracığı direnç özelliklerinin de TSE ve EN standartlarının içerdiği değerleri karşılaması gerekmektedir. Ayrıca, tutkal yapısında oluşturulan bağların nemden ve sıcaklıktan daha az etkilenebilir özellikte olması sağlanmalıdır. Ancak, günümüzde belirtilen bu koşullar göz önünde bulundurularak üretilen tutkalların E1 özellikle levha

üretimini sağlayamayacağı açıktır. Tutkal üretimi sırasında son bir üre ilavesi ile ya da formaldehit bağlayıcıları gibi kimyasalların kullanımı ile bu olumsuzluklar giderilmeye çalışılmaktadır. Ancak, bu tür kimyasalların kullanımının da hem tutkalın karakteristik özelliklerini olumsuz etkileyebileceği ihtimali hem de ek bir maliyet getirdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenlerden dolayı odun esaslı panellerin üretiminde yaygın olarak kullanımı söz konusu olan tutkalların farklı kimyasallarla modifiye edilerek ve yasal düzenlemelere uygun olarak levha ürünlerinde ortaya çıkan formaldehitin azaltılması sağlanmalı ve böylece formaldehitin insan ve çevre sağlığına olan zararları en aza indirmeye çalışılmalıdır (Boran ve Usta, 2010)

Alkaloid fabrika katı atıklarından kompozit levha üretim imkanlarının araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada özetle aşağıdaki sonuç ve önerilere ulaşılmıştır.

#### *Sonuçlar:*

- %50'e kadar haşhaş yongası katkısı ile üretilen kompozit levhalar TS EN 312'de belirtilen kompozit levhalara ait standart değerleri büyük ölçüde karşılamaktadır,
- Haşhaş yongasının kompozit levha üretiminde kullanılması formaldehit emisyonunun azalmasını sağlayarak levhaya bu bakımdan üstün bir özellik katmaktadır,
- Kompozit matriste haşhaş oranı arttıkça üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bir düşüş görülmektedir,
- Alkaloid fabrika atıklarının ticari bir değeri olmadığı için haşhaş yongalarından ekonomik kompozit levhalar üretilebilir,
- Kompozit levhaların üretiminde haşhaş yongasının kullanılması orman varlığının korunmasına önemli katkı sağlayabilir,
- Araştırma kapsamında üretilen kompozit levhalar endüstriyel ürünlerin tasarımında, iç mimari, mobilya (masa, kitaplık, koltuk, kanepeler, karyola ve büro mobilyaları) ve inşaat sektöründe kullanılabilir.
- Üretilen odun esaslı kompozit levhalar hem akustik hem de dekoratif özellikleri nedeniyle özellikle konser, sinema ve tiyatro salonlarında duvar kaplama levhaları, duvar bölmeleri, zemin ve tavan kaplamalarında, otobüs ve trenlerin iç dekorasyonunda kullanılabilir. Ayrıca üretilen levhalar dekoratif kaplamalar yapılarak radyo, televizyon ve müzik seti gibi endüstriyel ürünlerin mobilya kısımlarında kullanılabilir.



*Öneriler:*

- Kompozit levhalarda aranılan önemli özelliklerden birisi de yanma dayanımıdır. Haşhaş yongalarından üretilen kompozit levhaların yanma dayanımıyla ilgili yeni bilimsel çalışmalar yapılabilir,
- Kompozit levhaların mekanik özelliklerini geliştirmek amacıyla farklı yonga geometrileri denenebilir,
- Parafin gibi hidrofobik maddeler ve farklı tutkal türleri denenerek üretilen kompozit levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin geliştirilmesiyle ilgili araştırmalar yapılabilir,
- Formaldehit emisyonunu düşürmek amacıyla araştırmalar yapılabilir.



## KAYNAKLAR

1. Akbulut, T. (2000). Yonga Levha Endüstrisi. *Laminart*, (7), 112-119.
2. Alvr, F. (2001). Yönlendirilmiş yonga levhaların üretimi, özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 20-80.
3. Bardak, S. (2010). Bazı faktörlerin yonga levhanın teknolojik özellikleri üzerine etkileri, *III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, V, 1887-1898.
4. Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H. (2002). Ayçiçeği saplarından üre-formaldehit tutkalı ile yonga levha üretimi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 49-56.
5. Bektaş, İ. (2000). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) saplarından yonga levha üretimi, DPT. *Sosyal Planlama Genel Md. Araştırma Projesi*, 98K122160.
6. Bengtsson, M., Oksman, K. (2006). The use of silane technology in crosslinking polyethylene/wood flour composites. *Composites, Part (A)* 37, 752-765.
7. Boran, S., Usta M. (2010). Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler. *III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*. V, 1968-1975.
8. Bardak, S. (2010). Bazı faktörlerin yonga levhanın teknolojik özellikleri üzerine etkileri. *III. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*. V, 1887-1898.
9. Bozkurt, A., Y., Göker, Y. (1985). Yonga levha endüstrisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, 100-263.
10. Bozkurt, A.Y., Göker Y. (1990). "Yonga levha endüstrisi ders kitabı". *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, 110-200.
11. Burdurlu, E. (1994). Ahşap kökenli kaplama ve levha üretim kullanım teknolojisi. *Bizim Büro Basımevi*, 201-322.
12. Çelik, Ç., Gürdal, E. (2005). Yerfıstığı kabuğunun agrega olarak kullanım olanakları. *İTÜ Dergisi/a Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 4(1), 37-46.
13. Çolakoğlu, G. (1993). Kontrplak üretim şartlarının formaldehit emisyonu ve teknik özelliklere etkisi. Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-137.
14. Çolakoğlu, G. (2001). "Tabakalı Ağaç malzeme ders kitabı". *K.T.Ü. Orman Fakültesi Yayınları*, 45-185.
15. Çöpür, Y., Güler, C., Akgül, M., Taşcıoğlu, C. (2006). Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Bioresource Technology* 88, 17-25.

16. Duran, A. (2004). Çimento kullanılarak üretilen levhaların fiziksel özellikleri. ktü orman endüstri mühendisliği. Lisans tezi, *KTÜ Orman Endüstri Mühendisliği*, 1-38.
17. Gertjeansen, R.O. (1972). Properties of particleboard from sunflower stalks and aspen planer shavings. *University of Minnesota Agriculture Experiment Station, Technical Bulletin*, USA, 311, 8.
18. Göker, Y. (2000). Değişik yöntemlerle üretilmiş yonga levhaların kullanım yerleri. *Laminart*, (7), 128-133
19. Göktaş, O., Alma M. H., Erdil, Y.Z., Günsel, U., Özen, E. Yeniocak, M, Dican, Ö. (2008). Ege bölgesi bağ budama artıklarının yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi. *TUBİTAK* Proje no: 105O513, 79.
20. Grubbström, G., Oksman, K. (2009). Influence of wood flour moisture content on the degree of silane-crosslinking and its relationship to structure–property relations of wood–thermoplastic composites. *Composites Science and Technology*, 69, 1045–1050.
21. Güler, C., Özen, R., Kalaycıoğlu, H. (2001). Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) saplarından üretilen yonga levhaların bazı teknolojik özellikleri. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(1), 99-108.
22. Güler, B. (2001). Odun kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 135-160.
23. Güler, C. (2001). Pamuk saplarından yonga levha üretimi olanaklarının araştırılması. Doktora Tezi, *Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 10-90.
24. Gündüz, G., Masraf, Y. (2005). “Üç tabakalı yatık yongalı yonga levha üretiminde üretim şartlarının değiştirilmesinin levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi”, *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 2005(2), 58-71.
25. Günsel, U. (2004). Türkiye mobilya endüstrisinde kullanılan bazı yonga levhaların temel fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 6-125.
26. Gürü, M., Tekeli, S., Bilici, İ. (2006). Manufacturing of urea formaldehyde based composite particleboard from almond shell. *Materials and Design*, (27), 1148 – 1151
27. He, Z., Zhang, Y., Wei, W. (2012). “Formaldehyde and VOC emissions at different manufacturing stages of wood-based panels”, *Building and Environment*, 47, 197-204.
28. Huş, S. (1977). Ağaç malzeme tutkalları. *İstanbul Üniversitesi Yayını*, İstanbul, 50-248.
29. John, Z.L., Xinfang, D., Qinglin, W., Kun, L. (2008). Chelating efficiency and thermal, mechanical and decay resistance performances of chitosan copper complex in wood–polymer composites. *Bioresource Technology*, 99, 5906- 5914.

30. Kalaycıoğlu, H., Nemli, G. (2001). Kenaf (*Hibiscus Canna birus* L.) bitkisinden yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi. *DPT projesi*. 97K121760.
31. Kalaycıoğlu, H. Nemli, G. (2006). Producing composite particleboard from kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) stalks. *Industrial Crops and Products*, 24, 177-180.
32. Karakuş B. (2007). Çeşitli bitkisel sera atıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü*, 16-45.
33. Karmarkar, A., Chauhan, S.S., Modak, J., Chanda, M. (2007). Mechanical properties of wood–fiber reinforced polypropylene composites. *Composites, Part A*:(38), 227-233.
34. Mengeloğlu, F., Alma, H. (2002). Buğday Saplarının Kompozit Levha Üretiminde Kullanılması. *KSU Fen ve Mühendislik Dergisi*, Kahramanmaraş, 5 (2): 37 – 48
35. Mohamed, Z.M., others. (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
36. Nemli, G., Kırıcı, H., Serdar, B., Ay, N. (2003). “Suitability of kiwi (*Actinidia sinensis* Planch.) prunings for particleboard manufacturing”, *Industrial Crops and Products* 17: 39-46
37. Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., Alp, T. (2001). “Suitability of Date Palm (*Phoenix dactylifera*) for Particleboard Production”, *Holz als Roh und Werkstoff*, 59(6): 411-412
38. Nemli, G., Kalaycıoğlu, H. (2000). “Yonga levha teknolojisi” *Laminart* (7) 120-126
39. Nicole, M.S., Laurent, M. (2007). “Matuana Characterization of weathered woodeplastic composite surfaces using FTIR spectroscopy”, *Polymer Degradation and Stability*, 92: 1883-1890
40. Örs, Y., As, N., Baykan, İ., Akbulut, T. (2000). Asma odununun yonga levha üretimine uygunluğu. *TÜBİTAK Araştırma projesi*, TOGTAG-2139.
41. Örs, Y., Kalaycıoğlu, H. (1991).Çay fabrikası artıklarının levha endüstrisinde değerlendirilmesi. *Doğa-Tr. J. of Agriculture and forestry*, 15, 968-974.
42. Özen, E. (2009). Bağ budama artıklarından elde edilen levhaların bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve mobilya köşe birleştirmelerinin performans özelliklerinin araştırılması. Doktora tezi, *Gazi Üniversitesi, Mobilya Dekarasyon Eğitimi*, 131-148.
43. Özen, R. (1980). Yonga levha endüstrisi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi*, Yayın No: 30, 1-58

44. Pablo, A.A., Ella, A.B., Perez, E.B., Casal, E.U. (1975). The manufacture of particleboard using mixtures of banana stalk (*Musa compreso Blanco*) and Kaatoan Bangkal (*Anthocephalus Chinensis Rich.*) wood particles. *Cimbat-Fiwr-22, Forpride Digest*, Vol. 4, 36-44.
45. Quea, Z., Furunoa, T., Katoha, S., Nishinob, Y. (2007). Evaluation of three test methods in determination of formaldehyde emission from particleboard bonded with different mole ratio in the urea–formaldehyde resin. *Building and Environment*, 42, 1242–1249.
46. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. (2001). Analiz Raporu: *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, 0109/2 BURSA 1-3.
47. TMO Genel Müdürlüğü (2014). 2013 Haşhaş Sektör Raporu. Ankara: TMO Genel Müdürlüğü, 1-16.
48. TS 642 ISO 554. (1999). Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler-özellikler. *T.S.E.* Ankara.
49. TS 2470. (1976). Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler. *T.S.E.* Ankara.
50. TS EN 13446. (2005). Ahşap esaslı levhalar – bağlayıcıların geri çıkma kapasitelerinin tayini. *T.S.E.* Ankara.
51. TS EN 309. (1999). Ahşapyonga levhalar – tarifler ve sınıflandırma. *T.S.E.* Ankara.
52. TS EN 310. (1999). Ahşap esaslı levhalar–eğilme dayanımı ve elastikiyet modülünün tayini. *T.S.E.* Ankara.
53. TS EN 311. (2005). Ahşap esaslı levhalar – Yüzey sağlamlığı - Deney metodu. *T.S.E.* Ankara.
54. TS EN 312. (2005). Yonga levhalar – genel özellikler. *T.S.E.* Ankara.
55. TS EN 317. (1999). Yonga levhalar ve lif levhalar–Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. *T.S.E.* Ankara.
56. TS EN 319. (1999). Yonga levhalar ve Lif levhalar–Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımının Tayini. *T.S.E.* Ankara.
57. TS EN 320. (1999). Lif levhalar – Vida tutma kabiliyetinin (mukavemetinin) tayini. *T.S.E.* Ankara.
58. TSE EN 322. (1999). Ahşap esaslı levhalar–Rutubet miktarının tayini. *T.S.E.* Ankara.

59. TS EN 323. (1999). Ahşap esaslı levhalar – Birim hacim ağırlığının tayini. **T.S.E.** Ankara.
60. TS EN 326–1. (1999). Ahşap esaslı levhalar – Numune alma kesme ve muayene bölüm 1: Deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi. **T.S.E.** Ankara.
61. TS EN 717–1. (2006). Ahşap esaslı levhalar – Formaldehit salınımının tayini – Bölüm 1: Oda metodu ile formaldehit yayılması. **T.S.E.** Ankara.
62. TS EN ISO 16000–9. (2006). İç mekan havası – Bölüm 9: Yapı malzemelerinden ve mobilyalardan uçucu organik bileşik emisyonlarının tayini – Emisyon deney odası metodu. **T.S.E.** Ankara.
63. Ülker, O. (2013). “Bazı mineral lifler kullanılarak yonga levhaların yanma dayanımının artırılması. Doktora tezi, **Gazi Üniversitesi, Mobilya Dekarasyon Eğitimi**.77-172.
64. Wang, D., Sun, X., S. (2002). Low density particleboard from wheat straw and corn pith. **Industrial Crops and Product**, 15, 43-50.
65. Wei, X., Suchsland, O. (1999). Within – Panel variability and selected property relationships of particleboard from single and mixed species processes. **Forest Products Journal**, 49 (10), 36-41.
66. Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R., Jenkins, B., Blunk, S. (2006). Properties of medium-density particleboard from saline Athel wood. **Industrial Crops and Products**, 23, 318-326.





## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı :KÜÇÜKTÜVEK, Mustafa  
Uyruğu :T.C.  
Doğum tarih ve yeri : 20.11.1977,  
Emirdağ/Afyonkarahisar  
e-mail :mkucuktuvek@gazi.edu.tr



### Eğitim

| Derece        | Eğitim Birimi                         | Mezuniyet tarihi |
|---------------|---------------------------------------|------------------|
| Doktora       | Gazi Üniversitesi/ End. Tekn. Eğitimi | 2015             |
| Yüksek lisans | Gazi Üniversitesi/ End. Tekn. Eğitimi | 2002             |
| Lisans        | Gazi Üniversitesi/ End. Tekn. Eğitimi | 1998             |

### İş Deneyimi

| Yıl         | Yer                    | Görev    |
|-------------|------------------------|----------|
| 1998 - 2015 | Milli Eğitim Bakanlığı | Öğretmen |

### Yabancı Dil

İngilizce – C1





*GAZİ GELECEKTİR..*