



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇAPRAZ LAMİNE**  
**KERESTE ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ**  
**ARAŞTIRILMASI**

**HAZIRLAYAN**  
**ZEYNEP EDA ÖZAN**

**DANIŞMAN**  
**YRD.DOÇ.DR. SAADETTİN MURAT ONAT**

**BARTIN-2017**



**T.C.**  
**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇAPRAZ LAMİNE KERESTE  
ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZIRLAYAN**  
**Zeynep Eda ÖZAN**

**JÜRİ ÜYELERİ**

Danışman : Yrd.Doç.Dr. S. Murat ONAT - Bartın Üniversitesi  
Üye : Doç.Dr. Deniz AYDEMİR - Bartın Üniversitesi  
Üye : Yrd.Doç.Dr. Hikmet YAZICI - Bülent Ecevit Üniversitesi

**BARTIN-2017**

## KABUL VE ONAY

Zeynep Eda ÖZAN tarafından hazırlanan “ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇAPRAZ LAMİNE KERESTE ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı bu çalışma, 12.09.2017 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. S. Murat ONAT (Danışman) .....

Üye : Doç. Dr. Deniz AYDEMİR .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hikmet YAZICI .....

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../2017 tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. H. Selma ÇELİKİYAY  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Yrd. Doç. Dr. Saadettin Murat ONAT danışmanlığında hazırlamış olduğum “ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇAPRAZ LAMİNE KERESTE ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

İmza

12.09.2017

Zeynep Eda ÖZAN

## ÖNSÖZ

“ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇAPRAZ LAMİNE KERESTE ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI” adlı bu çalışma, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Yüksek lisans tez konumun belirlenmesi ve yürütülmesinde bilimsel uyarı, öneri ve desteğini esirgemeyen kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. S. Murat ONAT’a teşekkür ederim.

Çalışma, Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2016-FEN-CY-001). BAP Koordinatörlüğü’ne teşekkürü borç bilirim. Ayrıca, tezde kullanılan silan esaslı malzemenin temininde karşılık beklemeden destek olan Stenkim markasına teşekkür ederim.

Deneyleerin uygulama aşamasında yol gösteren, aynı zamanda tezimin jüri üyesi değerli hocam Doç. Dr. Deniz AYDEMİR’e ve bilgilerinden faydalandığım, hiçbir konuda yardımını esirgemeyen saygıdeğer hocam Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ’e teşekkürü borç bilirim. Atölye çalışmalarında her aşamada destek olan öncelikle Mobilya Teknisyeni Veysel KARAGÜL’e, ardından Öğr. Gör. Kadir KAYAHAN’a ve Kadir YENİKÖY’e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bugüne kadar maddi-manevi her konuda gereken desteği sağlayan, her zaman ve her koşulda yanımda olan babam M. Atilla ÖZAN’a, annem Handan ÖZAN’a, kardeşim Erdem ÖZAN’a ve amcam B. Mete ÖZAN’a en içten şükranlarımı sunarım.

Tez dönemim süresince beni yalnız bırakmayan arkadaşlarım Hande Eymen ALTUNTAŞ’a, Hazel İLKAY’a, Muhsin TAŞ’a, Esra GÜNER’e, Gülyaz AL’a, Burcu GİTTİ’ye ve Aysun MUSTAK’a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın ileride bu konuda yapılacak olan çalışmalara ışık tutmasını ve ilgilenenlere yol gösterici olmasını dilerim.

Zeynep Eda ÖZAN

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ AHŞAP MALZEMENİN ÇAPRAZ LAMİNE KERESTE ÜRETİMİNDE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Zeynep Eda ÖZAN**

**Bartın Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Saadettin Murat ONAT**

**Bartın-2017, sayfa: XVI + 74**

Bu çalışmada, ısıtıl işlem görmüş ağaç malzemelerin, çapraz lamine kereste (ÇLK) üretiminde kullanım olanakları araştırılmıştır. Üç katlı ÇLK panel çalışması için, sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ağaç türleri kullanılmıştır. Katlar arasında tüm deney türlerinde poliüretan tutkalı tercih edilirken, bazı üst tabakalarda tutkala ek olarak silan ön muamele ile ilave edilmiştir. Ayrıca üst tabakalarda bazı deney türlerinde ısıtıl işleme tabi tutulmuş ağaç malzeme tercih edilmiştir. Bu işlemlerin ÇLK yapı malzemesinde; çekmede makaslama direnci, eğilmede makaslama direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci özellikleri üzerine etkisi irdelenmiştir. Buna ek olarak, ısıtıl işlem görmüş ahşap malzemenin renk değişimi incelenmiştir. Sekiz deney türüne ait yapılan deney ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda, silan astar muamele edilen masif (ısıtıl işlemsiz) ÇLK malzemenin, ısıtıl işlem uygulanan ÇLK malzemedan (üst panelde silan astar kullanılsa da kullanılmasa da) daha sağlam olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber, ısıtıl işlem uygulanmış sadece poliüretan tutkalı kullanılan test örnekleri ile ısıtıl işlem uygulanmış silan astar kullanılan ÇLK test örnekleri kıyaslandığında; eğilmede makaslama direnci için sarıçamda %14, Uludağ göknarında %25 oranında; eğilmede elastikiyet modülü için sarıçamda %7, Uludağ göknarında %5,8 oranında azalmanın ısıtıl işlem uygulanmış ahşap malzemedan silan astar kullanılan ÇLK test örneklerinde olduğu görülmüştür. Yüzeye dik çekme değerlerinde ise sarıçamda %35

oranında azalış, Uludağ göknarında %10 oranında artış ısıtma işlemi uygulanmış ÇLK malzemede silan astar kullanımıyla birlikte gerçekleşmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, ısıtma işlemi, sarıçam kontrol örneklerinde çekmede makaslama mukavemetinde %24, Uludağ göknarı kontrol örneklerinde %3,9 oranında azalmaya neden olmuştur. Bununla birlikte, silan ön muamelesi ısıtma işlemi görmüş sarıçam örneklerinde çekmede makaslama mukavemetini %4,8 oranında artırmış ancak ısıtma işlemi görmüş Uludağ göknarı örneklerinde %13 oranında azaltmıştır. Fakat çekmede makaslama direnci için yapılan istatistiksel analiz (ANOVA ve Tukey's) sonucunda gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir. Her iki ağaç türü için, masif (kontrol) ÇLK deney türü ile ısıtma işlemi uygulanmış ÇLK deney türleri karşılaştırıldığında, ısıtma işleminin çekmede makaslama ve yüzeye dik çekme mukavemetini azalttığı belirlenmiştir. Ayrıca eğilmede makaslama direnci ve eğilmede elastikiyet modülünde ısıtma işleminin önemli bir etkisinin olmadığı, değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Masif (kontrol) ÇLK deney türlerinde silan kullanımının eğilmede makaslama direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme direnci değerlerinde iyileşmeye sebep olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak; ısıtma işlemi uygulanmış deney türlerinin, masif (ısıtma işlemsiz) deney türlerine kıyasla ÇLK malzemesinde, mekanik özellikleri düşürdüğü tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, ÇLK üretiminde ısıtma işlemsiz (masif) ağaç malzemede silan kullanımıyla birlikte, yüksek sağlamlık ve yük taşıyabilme kapasitesine sahip ahşap yapı paneli elde edilebileceği sonucuna varılmıştır.

### **Anahtar Kelimeler**

Çapraz lamine kereste, ısıtma işlemi, mekanik özellikler, silan

### **Bilim Kodu**

502.15.01

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **FEASIBILITY OF USING HEAT TREATED WOOD FOR CROSS LAMINATED TIMBER PRODUCTION**

**Zeynep Eda ÖZAN**

**Bartın University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Forest Industrial Engineering**

**Thesis Advisor: Asst. Prof. Saadettin Murat ONAT**

**Bartın-2017, pp: XVI + 74**

In this study, the possibilities of using heat treated wood materials in the production of cross laminating timber (CLT) were investigated. For the triple-layer CLT panel study, Scots pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) and Uludağ fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) wood species were used. Among all the layers, polyurethane glue were preferred in all test types, while in some upper layers pretreated with silane primer. Furthermore, in the upper layers, heat treated wood material is placed in some experiment types. In these materials, shear resistance in tension, shear resistance in bending, modulus of elasticity in bending, and internal bonding strength tests were carried out. In addition, the color change of the heat treated material was also investigated. In accordance with the results of the experiment and the results obtained from the eight experiments, it was determined that the solid control (non-heat treated) CLT material treated with the silane liner was found strongest from the heat treated CLT material (whether or not using the silane liner in the top panel). Nevertheless, when compared with the heat-treated and only polyurethane-glued test samples and the heat treated CLT test samples using silane primer; for shear resistance in bending 14% decrease for Scots pine and 25% decrease for Uludağ fir was observed; for modulus of elasticity in bending it was found that 7% decrease in Scots pine and 5,8% decrease in Uludağ fir were found in the test samples using heat treated with silane primer. On the other hand, regarding the internal bonding strength values, for Scots pine samples it



was decreased by 35%, while Uludağ fir it was increased by 10% with heat treated CLT samples pretreated with silane primer. According to the results, heat treatment causes decrease on shear strength in tension by 24% on Scots pine control specimens and 3,9% on Uludağ fir control specimens. However, silane pretreatment improved the shear strength in heat treated Scots pine specimens by 4,8% but there is a decrease on heat treated Uludağ fir specimens by 13%. Statistical analysis (ANOVA and Tukey's) showed that there is no significant difference was found among groups. Compared to solid (control) CLT test type and heat treated CLT test types for both tree types, the heat treatment reduces the values of shear resistance and internal bonding strength, and shear resistance and modulus of elasticity in bending values were found to be close to each other. For silane pretreated solid (control) CLT samples; shear resistance, shear modulus and shear resistance to the surface were increased. As a result; it has been found that the heat treated specimens reduce the mechanical properties of the CLT material compared to the solid (non-heat treated) test specimens. In addition, the use of silane pretreatment in solid wood (non-heat treated) production of CLT has resulted in a wood structure panel with high durability and better load carrying capacity.

**Keywords**

Cross laminated timber, heat treatment, mechanical properties, silane.

**Science Code**

502.15.01

# İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL VE ONAY .....	ii
BEYANNAME.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER .....	1
1.1 Giriş.....	1
1.2 Amaç – Kapsam .....	2
1.3 Kullanılan Ağaç Türleri ve Özellikleri.....	3
1.3.1 Sarıçam( <i>Pinus sylvestris</i> L.).....	3
1.3.1.1 Etimolojisi .....	3
1.3.1.2 Morfolojik Özellikleri .....	3
1.3.1.3 Ekolojik Özellikleri .....	4
1.3.1.4 Türkiye’de Yayılış Alanları.....	4
1.3.1.5 Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....	5
1.3.2 Uludağ Göknaarı ( <i>Abies bornmülleriana</i> Mattf.) .....	6
1.3.2.1 Etimolojisi .....	6
1.3.2.2 Morfolojik Özellikleri .....	6
1.3.2.3 Ekolojik Özellikleri .....	7
1.3.2.4 Türkiye’de Yayılış Alanları.....	7
1.3.2.5 Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....	7
1.4 Ağaç Malzeme Hakkında Genel Bilgi.....	8
1.4.1 Ağaç Malzemede Olumsuz Özelliklerin Bertaraf Edilmesi .....	8
1.4.2 Isıl İşlem İle İlgili Genel Bilgi.....	9
1.4.2.1 Isıl İşlemin Tarihçesi .....	9
1.4.2.2 Isıl İşlem Görmüş Kereste.....	9

1.4.2.3	Isıl İşlemin Ahşap Malzemenin Özellikleri Üzerine Etkisi .....	11
1.4.2.4	Isıl İşlemin Ağaç Malz. Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi .....	11
1.4.2.5	Isıl İşlem Teknolojisi.....	14
1.5	Ahşap ve Ahşap Esaslı Ürünler.....	14
1.5.1	Lamine Ahşap Teknolojisi .....	15
1.5.2	Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler .....	16
1.5.2.1	Yapısal Kompozit Keresteler (SCL) .....	17
1.5.2.2	Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM).....	17
1.5.3	Çapraz Lamine Kereste (ÇLK).....	18
1.5.3.1	ÇLK'nin Sürdürülebilir Faydaları .....	19
1.5.3.2	Dünyada ÇLK Üretimi ve Kullanımı .....	20
1.5.3.3	ÇLK Yapılara Örnekler .....	22
1.6	Orman Endüstrisinde Kullanılan Tutkal Çeşitleri .....	24
1.6.1	Sentetik Reçineli Tutkallar - Termoset Tutkallar .....	24
1.6.1.1	İzosiyanat Tutkalı .....	25
1.6.1.2	Poliüretan Tutkalı (PU) .....	26
1.7	Literatür Özeti .....	27
<b>BÖLÜM 2 MATERYAL VE METOD .....</b>		<b>32</b>
2.1	Ağaç Malzeme.....	32
2.2	Tutkal.....	32
2.3	Deney Örneklerinin Hazırlanması .....	34
2.3.1	Rutubet-Yoğunluk Tayini.....	34
2.3.2	Çekmede Makaslama Direnci.....	36
2.3.3	Renk Ölçümü Tayini .....	39
2.3.4	Çapraz Lamine Kereste Malzemenin Hazırlanması .....	39
2.3.5	Eğilmede Makaslama Direnci ve Elastikiyet Modülü.....	42
2.3.6	Yüzeye Dik Çekme Direnci.....	44
2.3.7	İstatistiksel Değerlendirme .....	45
<b>BÖLÜM 3 BULGULAR .....</b>		<b>46</b>
3.1	Yoğunluk Değeri Ortalamaları .....	46

3.2	Renk Değişimi.....	47
3.3	Çapraz Lamine Kereste (ÇLK) Örneklerine Ait Bazı Mekanik Özelliklerin Ortalamaları.....	48
3.4	Deney Örneklerine Ait İstatistiksel Bulgular .....	48
3.4.1	Çekmede Makaslama Direncine Ait Bulgular.....	48
3.4.2	Eğilmede Makaslama Direncine Ait Bulgular.....	50
3.4.3	Eğilmede Elastikiyet Modülü Direncine Ait Bulgular .....	53
3.4.4	Yüzeye Dik Çekme Direncine Ait Bulgular .....	55
3.5	ÇLK Kırılma Çeşitleri .....	58
BÖLÜM 4 SONUÇ VE ÖNERİLER .....		61
KAYNAKLAR.....		65
ÖZGEÇMİŞ.....		74

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1. Sarıçam'ın Türkiye'deki yayılış alanları.....	4
2. Türkiye'deki göknar türlerinin coğrafi dağılışı.....	7
3. Isıl işlem prosesinin ahşap malzemeye sağladığı avantajlar .....	10
4. Masif (A) ve ısıl işlem görmüş (B) çam ağacının SEM görüntüsü.....	11
5. Ağaç malzemenin ana bileşenlerinde sıcaklığa bağlı olarak ısıl işlem uygulaması ile meydana gelen değişimler.....	12
6. Mühendislik ürünü ağaç malzemelerin sınıflandırılması.....	17
7. Glulam örneği.....	18
8. ÇLK panel üretimi.....	19
9. ÇLK montaj aşamasına örnek .....	19
10. ÇLK üreten ülkelerin yıllara göre üretim kapasiteleri .....	21
11. 2013 yılı ÇLK üretim yüzdeleri .....	21
12. ÇLK panellerle yapılmış Forte binasının yapım aşaması.....	22
13. ÇLK panellerle üretilen Bridport konutu .....	22
14. Glulam ve ÇLK kullanarak üretilmiş rüzgar gülü örneği .....	23
15. ÇLK yapı malzemesiyle yapılmış bina örneği .....	23
16. Orman endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bazı tutkallar.....	24
17. Poliüretan üretiminde kullanılan diizosiyanatlar.....	26
18. Kızılçam ve Japon sediri tomruk boyutları .....	31
19. Örneklerin iklimlendirme cihazına istiflenmesi ve kurutulması .....	35
20. Örneklerin etüv makinesinde ısıl işleme tabi tutulması .....	36
21. Termo wood uygulama yönteminin şematiksel diyagramı .....	36
22. Parçaların preslenmesi.....	37
23. Çekme makaslama deney örneği.....	37
24. Deney örneklerinin iklimlendirme cihazında bekletilmesi .....	38
25. Çekmede makaslama direnci deneyi.....	38
26. Kalınlık makinesinde yüzey düzgünlüğünün sağlanması .....	40
27. Örneklerin işkence ile sıkıştırılması.....	40
28. Tank zımpara ile yüzey düzgünlüğü .....	41
29. Tabakalar arası yapışmada presleme.....	41
30. Hazırlanan çapraz lamine panel örneği .....	42

31.	Eğilmede makaslama direnci ve elastikiyet modülü deney uygulaması .....	43
32.	Yüzeye dik çekme direnci deneyi için hazırlık aşaması .....	44
33.	Termal muamele sonrasında ahşap materyallerdeki renk değişimleri .....	47
34.	Çekmede makaslama direnci deneyinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri .....	50
35.	Eğilmede makaslama direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneylerinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri .....	55
36.	Yüzeye dik çekme direnci deneyinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri.....	58
37.	ÇLK örneklerinde eğilmede makaslama deneyinde kırılma şekilleri .....	59
38.	ÇLK örneklerinde yüzeye dik çekme deneyinde kırılma şekilleri.....	60

## TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
1. Sarıçamın fiziksel ve mekanik özellikleri .....	5
2. Uludağ göknarının fiziksel ve mekanik özellikleri .....	8
3. PU ahşap tutkalının teknik özellikleri .....	33
4. StenAst® S silan esaslı malzemenin teknik özellikleri.....	34
5. Deney türlerine verilen kısaltmaların açıklaması.....	46
6. Masif haldeki kontrol ve ısıt işlem görmüş test örneklerinin %12 rutubette, yoğunluk değerleri.....	46
7. Bazı mekanik test deneylerine ait ortalamalar .....	48
8. Çekmede makaslama direncine ait istatistik veriler.....	49
9. Elde edilen çekmede makaslama direnci sonuçları doğrultusunda varyans analizi...	49
10. Eğilmede makaslama direncine ait istatistik veriler.....	50
11. Elde edilen eğilmede makaslama direnci sonuçları doğrultusunda varyans analizi ..	51
12. Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede makaslama direncine etkisini gösteren Tukey testine ait eş gruplar ve ortalamaları.....	51
13. Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede makaslama direncine etkisini gösteren Tukey Testine ait interaksyonlar .....	52
14. Eğilmede elastikiyet modülü direncine ait istatistik veriler.....	53
15. Elde edilen eğilmede elastikiyet modülü sonuçları doğrultusunda varyans analizi...	53
16. Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede elastikiyet modülü etkisini gösteren Tukey Testine ait eş gruplar ve ortalamaları .....	54
17. Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede elastikiyet modülü etkisini gösteren Tukey Testine ait interaksyonlar .....	54
18. Yüzeye dik çekme direncine ait istatistik veriler .....	56
19. Elde edilen yüzeye dik çekme direnci sonuçları doğrultusunda varyans analizi .....	56
20. Deney türüne göre % 95 güven aralığında yüzeye dik çekme direnci etkisini gösteren Tukey Testine ait eş gruplar ve ortalamaları.....	57
21. Deney türüne göre % 95 güven aralığında yüzeye dik çekme direnci etkisini gösteren Tukey Testine ait interaksyonlar .....	57

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

### **SİMGELER**

CO <sub>2</sub>	:	Karbondioksit
°C	:	Santigrat derece
σM	:	Makaslama direnci
σE	:	Eğilme direnci
σÇ	:	Yüzeye dik çekme direnci

### **KISALTMALAR**

m	:	Metre
ÇLK	:	Çapraz lamine kereste / Çapraz lamine ahşap
OGM	:	Orman Genel Müdürlüğü
ASTM	:	American society for testing and materials
PU	:	Poliüretan
UF	:	Üre formaldehit
FF	:	Fenol formaldehit
OSB	:	Yönlendirilmiş yonga levha
MDF	:	Orta yoğunlukta lif levha
HDF	:	Yüksek yoğunlukta lif levha
PVAc	:	Polivinilasetat tutkalı
LVL	:	Tabakalanmış kaplama kereste
TAM	:	Tabakalanmış ağaç malzeme (GLULAM)
SCL	:	Yapısal kompozit keresteler
UNECE	:	Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
FAO	:	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü



TS	:	Türk Standartları
Ar-ge	:	Araştırma ve Geliştirme
Em	:	Eğilmede elastikiyet modülü
A1 - B1	:	Katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanan, 3 kat masif test örnekleri
A2 - B2	:	Üst tabaka arası silan astar ile desteklenen, katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanmış 3 kat masif test örnekleri
A3 - B3	:	Katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanan; üst tabaka ısıtılma işlemine tabi tutulmuş, diğer katlar masif test örnekleri
A4 - B4	:	Üst tabaka arası silan astar ile desteklenen, katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanmış, üst tabaka ısıtılma işlemine tabi tutulmuş, diğer katlar masif test örnekleri
ÇMD	:	Çekmede makaslama direnci
ED	:	Eğilmede makaslama direnci
EMOE	:	Eğilmede elastikiyet modülü
ÇD	:	Yüzeye dik çekme direnci

# BÖLÜM 1

## GENEL BİLGİLER

### 1.1 Giriş

Tasarımcıların kullanımına sunulan çok sayıda malzemedenden biri de ağaç malzemedir. Kendine has birçok avantajının olması ağaç malzemeyi bazı uygulamalar için cazip hale getirmektedir (Söğütlü ve Sönmez, 2008). Değişen iklim koşullarına karşı direnç göstermesi, emprenye edilerek böcek tahribatı ve çürümelere karşı korunması, enerji dostu olması, hafif olması, özel boya kullanımıyla yangın direncini artırması, onarım olanaklarının ve plan değişikliklerinin basit olması, beton-çelik-kerpiç-taş gibi malzemelerle birlikte kullanılabilmesi, depreme karşı dayanıklılık gösterebilmesi gibi özellikler ahşap malzemenin bütün ekolojik tasarım kriterleri ile uyduğunun kanıtıdır.

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması, beton ve çeliğe göre daha öncedir. Mühendislik bilimlerindeki ilerleme ile gelişen yapı teknikleri önceleri deneyime dayalıyken artık bilimsel olarak yapılanmaya başlamıştır. Ardından da ahşap yapıda kullanılan birleşim araçlarının da modern teknolojiyi takip ederek yönetmeliklerde yer almasıyla birlikte ahşap yapının yaygınlaşmasında büyük katkı sağlamıştır (Bostancıoğlu ve Birer, 2004).

Lamine ahşabın yapılarda taşıyıcı malzeme olarak kullanılması 19. yüzyılda başlamaktadır. Endüstri devriminin ardından malzeme teknolojilerindeki gelişmelerin ışığında mimari anlayış belirli ölçüde özgürlük kazanmıştır. Gelişen ekonominin ve tekniklerin etkisiyle masif ahşap tekrar yorumlanarak ahşaptan kompozit malzemeler elde edilmeye başlanmış, kullanım alanı genişlemiş ve esneklik kazanmıştır. II. Dünya Savaşı ve onu takip eden yıllarda, sanayi dallarında geliştirilmiş olan tutkal çeşitleri ile birlikte “tutkallı lamine konstrüksiyonlar” ortaya çıkmıştır. Bu sayede mimaride ahşap kullanımı farklı boyutlar kazanmıştır. Son yıllarda yapı endüstrisinde ahşap malzemenin tutkal ile kullanımının diğer yapı malzemelerine göre daha fazla olduğu görülmüştür (Uysal vd., 2005).

Dünyada var olan toplam enerjisinin yaklaşık %40'ını yapı endüstrisi kullanmaktadır. Bu çalışma ile: yapı üretiminde; yenilenebilir enerji kaynakları, sürdürülebilirlik, küresel ısınma, sera gazları gibi çevresel kavramların etkileri nedeniyle günümüze kadar kullanılan yapı malzemeleri yerine insan sağlığını tehdit etmeyen, çevre dostu yeni teknolojiye dayanan ÇLK yapı malzemesi hakkında bilgi verilerek olası bilgi eksikliklerinin giderilmesi düşünülmüştür.

## 1.2 Amaç – Kapsam

Bu çalışmada, ısıl işlem uygulanmış sarıçam ve Uludağ göknarı ağaç malzemelerinin çapraz lamine kereste (ÇLK) üretiminde kullanım olanakları araştırılacaktır. Poliüretan tutkalına ön muamele ile silan ilave edilerek yapışma özelliklerinin artırılması, mekanik özelliklerin iyileştirilmesi ve servis ömrünün artırılması amaçlanmıştır. Çalışmada ön görülen hipotezlerin başarılı olması durumunda, yapı malzemesinin kullanım ömrünü, dayanımını, çevreye daha verimli bir kompozit malzeme olmasını ve dış ortamla ısı alışverişini değerlendirme imkânı sağlanacaktır.

Önerilen projede:

- ◆ Dünyanın birçok ülkesinde, özellikle Avrupa'da, bilinen ÇLK malzemeyi tanıtmak,
- ◆ Ülkemizde hiç uygulaması olmayan bu malzemenin işlevsel açıdan uygun ve kullanışlı olduğunu ispatlamak,
- ◆ Oduna ekonomik değer kazandırarak direnci yüksek malzeme elde etmek,
- ◆ Tutkalın yapışma performansı incelenerek daha sağlam malzeme elde edilebilmesi için yol gösterici olmak,
- ◆ Çapraz lamine kereste (ÇLK) malzemenin üst tabakasında ısıl işlem görmüş ahşap malzeme kullanarak malzeme üzerindeki etkileri hakkında literatürdeki boşluğun doldurulmasını sağlamak ve yapılması muhtemel diğer bilimsel çalışmalara katkı sağlamak,
- ◆ Kolay kurulumu ve birçok olumlu özelliklerini göz önünde bulundurarak, ısıl işlem görmüş malzemenin prefabrik konut yapımında kullanımını sağlamak,
- ◆ Konu ile ilgilenen kurum ve kişilere kaynak bırakmak,

- ◆ Yapı malzemesi olarak önemli rolü olan bu malzemenin, ülkemizde de üretim ve kullanımına önayak olmak,
- ◆ Bu lisansüstü tez ve yayınlar ile araştırmacıların yetiştirmesine katkıda bulunulması hedeflenmektedir.

Literatürdeki eksikleri gidermeye yönelik bir çalışma olacağından dolayı özgün bir çalışmadır.

### **1.3 Kullanılan Ağaç Türleri ve Özellikleri**

Bu çalışmada, masif ve ısıtılmış işlem görmüş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) kullanılmıştır.

#### **1.3.1 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)**

Aşağıda sarıçamın etimolojisi, morfolojik özellikleri, ekolojik özellikleri, Türkiye'deki yayılış alanları, fiziksel ve mekaniksel özelliklerinden bahsedilmiştir.

##### **1.3.1.1 Etimolojisi**

Dünya üzerinde oldukça geniş alana yayılan sarıçam, birçok ülkede değişik isimlerle anılmaktadır. Örneğin, İngilizler 'scots pine', Fransızlar 'pin de riga', Almanlar ise 'gemeinekiefer' (adi orman çamı) adını kullanmaktadır. Ünlü botanikçi LINNE 1783 yılında bu türe '*Pinus sylvestris*' adını vermiştir. LINNE'den sonra; '*Pinus rubra* Mill', ismi verilen bu türün taksonomik kural gereğince geçerli ismi '*Pinus sylvestris* L.', diğerleri ise sinonimleridir (Eliçin, 1971).

##### **1.3.1.2 Morfolojik Özellikleri**

Adını, levhalar halinde ayrılan gövde kabuğunun tilki sarısı renginden almaktadır. Sivri tepe ve narin gövdeye sahip ince dallı bir ağaçtır. Yetişkin bireylerinin boyu 40 m'yi aşmaktadır. Genellikle 2-3, en fazla 4-5 yıl ömürleri vardır. İğne yaprakları ikili, mavi-yeşil renkte, sık dizilmiş, kıvrık, uçları ise sivridir. Genellikle 4-5 cm uzunluğunda olmaktadır. Kozalakları mat gri-kahverengi renkte, tek veya 2-3'ü bir arada, konik, kısa ya

da uzun saplı uçları aşağıya doğru olmaktadır. 3–7 cm uzunluk ve 2–4 cm genişliğindedir. Tohumları yumurta şeklinde gri veya siyahımsı renktedir (URL-1, 2014).

### 1.3.1.3 Ekolojik Özellikleri

Uygun yerlerde hızlı yetişmektedir. Soğuk iklim koşullarına ve rüzgâra karşı dayanıklıdır, kumlu ve killi topraklarda gelişmektedir. Kuru topraklarda ve bağıl nemi çok düşük olan iklimlerde gelişmemektedir. Fırtınalara dayanıklı olmalarının sebebi kazık kökleridir (URL-1, 2014).

### 1.3.1.4 Türkiye’de Yayılış Alanları

Türkiye’de sarıçam Şekil 1’de görüldüğü gibi kuzeyde 41°48' N (Ayancık), güneyde 38°34' N (Pınarbaşı) enlem dereceleri; doğuda 43°05' E (Kağızman), batıda 28°50' E (Orhaneli) boylam dereceleri arasında bulunmaktadır. Ülkemizde sarıçamın asıl yayılış bölgeleri Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı ve Orta Anadolu’dur. Kuzey Anadolu’nun iç mntıklarında oldukça yaygındır, bu mntıklardan İç Anadolu’ya da sarkmaktadır. Kuzey Anadolu mntıklarındaki ana yayılışı esas itibariyle deniz ikliminin ulaşmadığı sahil dağlarının iç taraflarında, yalnız Of-Sürmene arasında, Çamburnu’nda küçük sahalar halinde denize kadar inmektedir (Pehlivan, 2010).



Şekil 1: Sarıçam’ın Türkiye’deki yayılış alanları (OGM, 2014).

Yayılış alanları ifade edilen sarıçam, kereste yönünden üstün teknolojik özellikler göstermektedir. Bununla beraber kullanım alanları da oldukça geniştir. Sarıçam ormanları, ülkemizin toplam orman alanının %5,5'ini oluşturmaktadır. İğne yapraklılara katılma oranı ise yaklaşık %18'dir. Bu bakımdan sarıçam önemli bir orman ağacıdır (Tetik, 1986).

Düzgün, dolgun ve boylu gövde yapma özelliği sayesinde odunundan tamamen faydalanabilme imkânının olması sarıçamın ülke ekonomisi yönünden olan önemini arttırmaktadır (Saraçoğlu, 2011).

### 1.3.1.5 Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Ağaç malzemenin farklı kullanım alanlarında karşılaştığı faktörler sonucunda fiziksel ve mekaniksel etkilerden dolayı değişik sınıflandırmalar ortaya çıkmıştır (Yoğunluk, elastikiyet modülü, eğilme direnci, liflere paralel basınç direnci, dinamik eğilme direnci). Bu direnç çeşitleri, ağaç malzemenin kullanım alanlarında etkili olan dış faktörlere karşı gösterecek olduğu direncin bir ölçüsüdür. Kullanım alanlarına göre direnç özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak oldukça önemlidir (Bozkurt ve Erdin, 1990). Sarıçam odununun fiziksel ve mekaniksel özellikleri aşağıda Tablo 1'de verildiği gibidir.

Tablo 1: Sarıçamın fiziksel ve mekanik özellikleri (Bozkurt ve Erdin, 1989; Bozkurt ve Erdin 1990).

Fiziksel Özellikler		Mekanik Özellikler	
Hava kuru yoğunluk $D_{12}$	0.50-0.69 g/cm <sup>3</sup>	Elastikiyet modülü	6000-10000 N/mm <sup>2</sup>
Tam kuru yoğunluk $D_0$	<0.4 g/cm <sup>3</sup>	Eğilme direnci $\sigma E$	80 N/mm <sup>2</sup>
Radyal yönde daralma miktarı $B_r$	<% 3.0	Basınç direnci $\sigma B$	45 N/mm <sup>2</sup>
Teğet yönde daralma miktarı $B_t$	%5.0 - %6.5	Dinamik eğilme (şok) direnci	3.0-4.5 J/cm <sup>2</sup>
Hacmen daralma miktarı $B_v$	%9.9	Makaslama direnci $\sigma M$	10 N/mm <sup>2</sup>
Stabilite oranı	< %3	Çekme Direnci $\sigma \varphi$	100 N/mm <sup>2</sup>

### **1.3.2 Uludağ Gökmarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)**

Aşğıda Uludağ gökmarının etimolojisi, morfolojik özellikleri, ekolojik özellikleri, Türkiye'deki yayılış alanları, fiziksel ve mekaniksel özelliklerinden bahsedilmiştir.

#### **1.3.2.1 Etimolojisi**

Yeryüzünün başka hiçbir yerinde doğal olarak bulunmayan, ülkemize has (endemik) bir gökmar alt türüdür (Mataracı, 2002; Akkemik, 2007). Bu endemik alt türün isimlendirilmesinde, ünlü bir Alman botanist olan Joseph Nicolaus Bornmüller'in (1862–1948) adı verilmiştir (Yaltrık, 1993).

#### **1.3.2.2 Morfolojik Özellikleri**

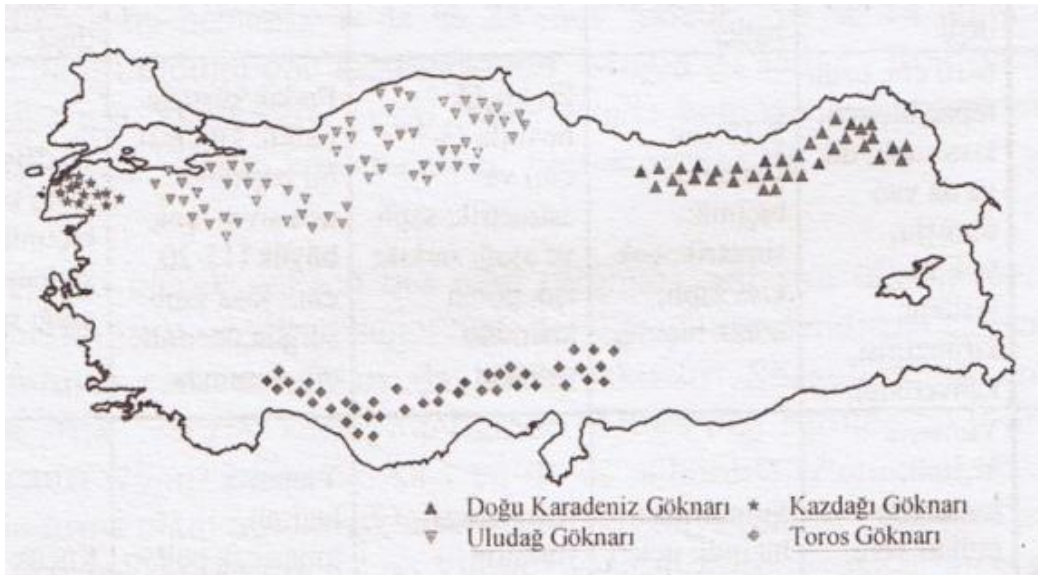
30–40 m boy, 1,40 m gövde çapı yapan her dem yeşil birinci sınıf orman ağacıdır. Tepe tacı gençken dar piramidal bir gövde yaparken, yaşlı ağaçlarda gövde yarı piramidal-sütunumsu bir taç yapısına kavuşmaktadır. Gövde kabuğu ve genç sürgünler gridir. Sürgünleri parlak, tüsüz ve kahverengindedir. Tomurcukları dörtlü, oval-konik, reçineli fakat tüsüzdürler. 2–3 cm uzunluğunda olan iğne yapraklar ışık alan sürgünlerde tarağımsı dizilmektedir. Yaprakların üst yüzleri koyu yeşil ve çukurlukludur. Alt yüzlerinde 2 adet stoma bandı yer almaktadır. Çiçekler, ilkbahar sonlarında geçen yılda oluşan sürgünlerin uçlarında görülmektedir. Erkek çiçekler sarı renktedir. Silindirik ve dik durumlu olan kozalakları 15–20 cm boyunda, 4–5 cm genişliğindedir (Saribaş, 2011). Ülkemizin en değerli orman ağaçlarından biri olan Uludağ gökmarının odunları kokusuz, çoğunlukla beyaz ya da kırmızımsı-kahverengindedir. Diri odun ve özodun renk bakımından farklı değildir. Öz ışınları çok ince olup makroskopik olarak görülmemektedir. Reçine kanalı yoktur. Odunu yumuşak, kolay işlenir, işlendiğinde düzgün ve pürüzsüz bir yüzey vermektedir. Ayrıca güzel boya ve cila kabul etmektedir. Kâğıt ve kibrit üretiminde önem taşımaktadır. Binaların iç kısımlarında kullanılması önerilmektedir. Son zamanlarda düzgün lifli bireylerinden müzik aletleri yapımında yararlanılabileceği ortaya çıkmıştır (Önal, 1984; Bozkurt, 1992; Saribaş, 2005).

### 1.3.2.3 Ekolojik Özellikleri

Göknarların toprak ve rutubet istekleri fazladır. Bağıl nemi yüksek, rutubetli ve derin topraklarda iyi gelişmektedir. Yaz kuraklığı olan, kontinental iklim şartlarına sahip yerlerden kaçmaktadır. Sıcaklık istekleri orta derecededir. Geç ilkbahar donlarından zarar görmektedir. Işık istekleri azdır ve tamamen bir gölge ağacıdır. Zehirli gazlara, kirli havaya, özellikle asit yağmurlarına karşı çok duyarlıdır (Yaltırık, 1993).

### 1.3.2.4 Türkiye’de Yayılış Alanları

Şekil 2 incelendiğinde Kızılırmak’ın denize döküldüğü yer ile Uludağ arasında kalan Batı Karadeniz Bölgesi ve Kocaeli havzasında yayılış yaptığı görülmektedir (Sarıbaş, 2011).



Şekil 2: Türkiye’deki göknar türlerinin coğrafi dağılışı (Çağlar, 2003).

Batı Karadeniz Bölgesi’ndeki dağlar Doğu Karadeniz’de olduğu gibi tipik sıradağlar karakterinde olmadığından yayılış sürekli değil yer yer ayrılmış vaziyettedir. Bazen saf, çok kere Fagetum ve Abietumzonlarında kayın ve çamlara karışır. 2000 metreye yani yukarı orman sınırına kadar yükselmektedir (Sarıbaş, 2011).

### 1.3.2.5 Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Uludağ göknarı odununun fiziksel ve mekaniksel özellikleri aşağıda Tablo 2’de verilmiştir:



Tablo 2: Uludağ göknarının fiziksel ve mekanik özellikleri (Merev, 1984; Yaltırık,1993).

Fiziksel Özellikler		Mekanik Özellikler	
Hava kuru yoğunluk $D_{12}$	0,429 g/cm <sup>3</sup>	Elastikiyet modülü	8300 N/mm <sup>2</sup>
Tam kuru yoğunluk $D_0$	0,4 g/cm <sup>3</sup>	Eğilme direnci $\sigma E$	73 N/mm <sup>2</sup>
Hacim ağırlık değeri	0,35 g/cm <sup>3</sup>	Basınç direnci $\sigma B$	37 N/mm <sup>2</sup>
Radyal yönde daralma miktarı $B_r$	% 4,3	Dinamik eğilme (şok) direnci	0,26 kN/cm
Teğet yönde daralma miktarı $B_t$	%8,6	Makaslama direnci $\sigma M$	5 N/mm <sup>2</sup>
Hacmen daralma miktarı $B_v$	%13	Çekme Direnci $\sigma \checkmark$	62 N/mm <sup>2</sup>
Brinel sertlik liflere paralel	19,5 N/mm <sup>2</sup>	Brinel sertlik liflere dik	8,6 N/mm <sup>2</sup>

#### 1.4 Ağaç Malzeme Hakkında Genel Bilgi

İnsan ihtiyaçlarının temelini karşılayan doğal kaynakların başında ormanlar gelmektedir. Orman ürünleri, doğanın insana sunduğu sayısız imkândan biridir. Ağaç malzeme, insanların kullandığı pek çok yapı malzemesi içinde en eski olanıdır. Çağımızın getirdiği teknik yeniliklere ve çok fazla yeni malzeme ile rekabetine rağmen, sahip olduğu üstün özellikleri sebebiyle pek çok kullanım alanında hâlâ önemini korumaktadır (Özalp, 1996).

##### 1.4.1 Ağaç Malzemedeki Olumsuz Özelliklerin Bertaraf Edilmesi

Kendi yapısına has pek çok olumlu özelliklerinden dolayı ağaç malzeme geniş kullanım alanlarına sahiptir. Bununla birlikte ağaç malzemenin yapısından ötürü kullanım alanını kısıtlayan ve kullanımı esnasında karşılaşılan bir takım problemler ortaya çıkmaktadır.

Ağaç malzemenin olumsuz özelliklerinin bertaraf edilmesi ya da en aza indirgenmesi, olumlu özelliklerinin ise daha da iyileştirilmesi için yapılan bilimsel ve endüstriyel çalışmalar sonucunda ortaya çıkan yöntemlere genel anlamda “Odun Modifikasyon Yöntemi” denilmektedir. Odunun modifiye edilmesi denince ilk akla gelen kullanılan kimyasal maddelerdir. Fakat kullanılan bu kimyasal maddelerin insan sağlığına ve çevreye verdiği zararlardan dolayı kullanımı yasaklanmış ya da sınırlandırılmıştır. Günümüzde ağaç malzemenin zararsız yöntemlerle modifiye edilmesi ile ilgili yapılan çalışmalar artış

göstermektedir. Isıl işlem yöntemi bu alanda yapılan çalışmalar arasındandır (Bourgois vd., 1989; Tjeerdsma vd.,1998).

## **1.4.2 Isıl İşlem İle İlgili Genel Bilgi**

Isıl işlem (termal muamele) görmüş kereste ile ilgili bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

### **1.4.2.1 Isıl İşlemin Tarihçesi**

100-250 °C arasında normal atmosfer, herhangi bir inert gaz veya azot gazı ortamında belli bir süre bekletilerek elde edilen oduna verilen ad ısıl işlemdir (Korkut, 2005).

Ahşabın ısıl isleme tabii tutulması ile ilgili bilimsel araştırmalar ilk kez 1930'lu yıllarda Almanya'da 'Stamm' ve 'Hansen' tarafından yapılmıştır. Ardından 1940'lı yıllarda Amerika'da 'Whiteve', 1950'li yıllarda Almanya'da 'Bavendam', 'Rundel' ve 'Buro' konu üzerine araştırmalar yapmışlardır. 1960'lı yıllarda ise 'Kollman' ve 'Schnoider' buldukları bilgileri yayınlamış, böylece bilimsel olarak daha fazla kişi konuyla alakalı tartışmaya başlamıştır. Özellikle 1990'lı yıllardan sonra Fransa, Hollanda ve Finlandiya'da bilim adamları tarafından bu alanda yapılan çalışmalar daha ayrıntılıdır ve son 10-15 yıldır daha da detaylı incelenmiştir.

Piyasada "ThermoWood", günümüzde ise ısıl işlem adıyla bilinen tekniğin uygulanışı Avrupa'nın birçok ülkesinde farklı isim ve yöntemle karşımıza çıkmaktadır. Bunlar; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Finlandiya Thermo wood yöntemi, Hollanda da buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi, Fransa inert gaz kullanılan yöntem ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir (Mayes ve Oksanen, 2002).

### **1.4.2.2 Isıl İşlem Görmüş Kereste**

Enerji tüketimini ve CO<sub>2</sub> emisyonunu en aza indirmek için dünyanın her yerinde sürdürülebilir inşaat materyallerine olan talep artmaktadır. Yapı endüstrisi çalışmalarının pek çok yerinde kullanılan güvenilir bir malzeme olan ahşap; bina, yol çalışmaları, mobilya, su sağlama işleri gibi geniş uygulama alanlarında tercih edilmektedir. Fakat insan nüfusundaki artış, yapı endüstrisi ve diğer amaçlar için kaliteli keresteye olan talebi

artırmaktadır. Bu da ormanlar üzerinde artan bir baskıya sebep olmaktadır. Mevcut ormanlardan dayanıklı kereste eldesi zorlaştığı için yüksek kaliteli üretimde de azalmalara yol açmaktadır. Ayrıca bu durum, hükümsel kısıtlayıcı yönetmeliklerin artan uygulamaları ile daha fazla azalmaktadır. Dayanıklılığı az olan ağaç türünün yeterli rezervlerinin kullanılması bir çözüm yolu olarak düşünülmektedir. Böylelikle kereste boyutsal stabilitesi ve dayanıklılığını iyileştirmek için teknoloji kullanımı kaçınılmaz olacaktır. Bu teknolojilerden en önemlilerinden biri ısı işlemidir. Isıl işlem, hücre çeperinin polimer bileşiklerinin kimyasal kompozisyonunda kalıcı değişmelerle sonuçlanan fiziksel bir işlemdir. Isıl işlem metodunda temel prensip kimyasal reaksiyonların hızlandığı yaklaşık 150 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağaç malzemenin ısı ile muamele edilmesidir (Boonstra, 2008). Şekil 3'de termal muamelenin ahşap malzemeye kattığı olumlu özellikler görülmektedir.



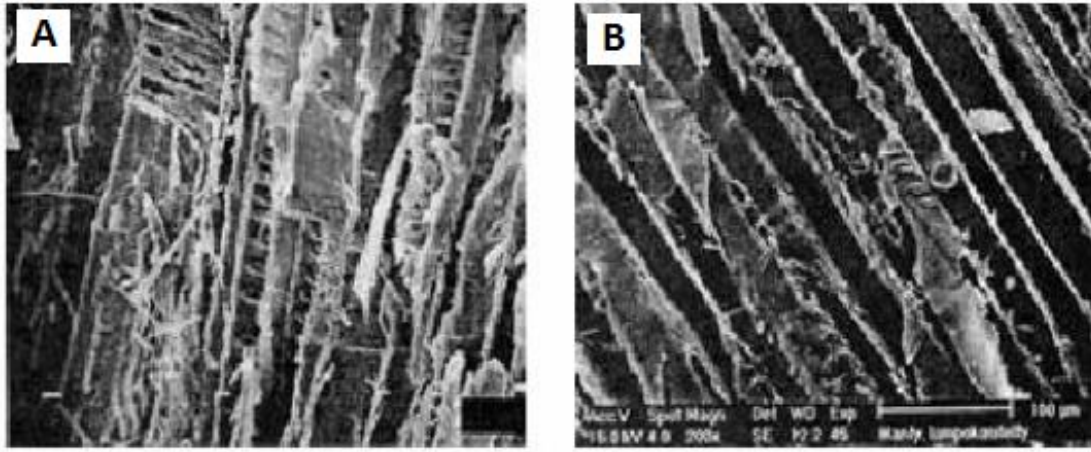
Şekil 3: Isıl işlem prosesisinin ahşap malzemeye sağladığı avantajlar (Akkılıç vd., 2014).

Odunun moleküler yapısının modifiye edilmesine neden olan ısı işlem uygulaması ağaç malzemenin performansını artırmaktadır. Isıl işlem uygulaması ile artan potansiyel niteliklere; denge rutubetinde azalma, genişleme ve daralmalardaki azalmayla bağlantılı artan boyutsal kararlılık, mantarlar tarafından çürümelere ve böceklere karşı biyolojik dayanıklılık, ısı yalıtım kabiliyetinde iyileşme, boya adhezyonu, dış hava koşullarına karşı daha iyi direnç gösterebilme, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzama söylenebilmektedir. Ayrıca kalitesi daha düşük olan ağaç türlerine yeni pazar imkânı sunarak bunların daha kaliteli türlere karşı rekabet gücünü artırmakta ve sürdürülebilir orman kaynaklarını desteklemektedir. Isıl işlem uygulaması bunun yanında kompozit malzemelerde liflere ve kaplamalara; kullanım süresinde uzama, dayanıklılıkta artma, ürün emniyetinde iyileşme, daha yüksek fiyat ederine sahip olma ve güvenilirlik gibi özellikler kazandırmaktadır. Doğayı ve insan sağlığını tehdit eden kimyasal malzemeler

kullanmaksızın elde edildiğinden ısıtma işlem uygulamasının empenyeye ekolojik bir alternatif olduğu düşünülmektedir (Wikberg, 2004; Enjily ve Jones, 2006).

#### 1.4.2.3 Isıl İşlemin Ahşap Malzemenin Özellikleri Üzerine Etkisi

Ahşap yüzeylerin açık ateşte yakılmasının ahşabı dış mekânda kullanım açısından daha dayanıklı hale getirdiği yüzyıllardır bilinmektedir. Isıl işlem uygulaması sonucunda ahşabın yapısı tekrar şekillenmektedir. Şekil 4’de taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenen masif ve ısıtma işlem uygulanmış çam ağacının yapısında meydana gelen değişim görülmektedir (Novawood, 2003).



Şekil 4: Masif (A) ve ısıtma işlem görmüş (B) çam ağacının SEM görüntüsü (Novawood, 2003).

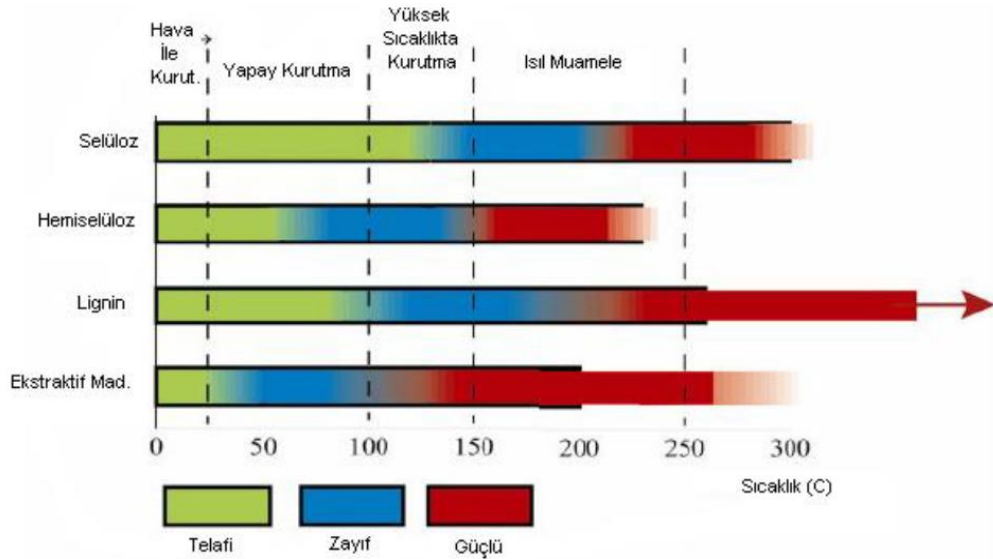
Isıl işlem sonrası, odunun kimyasal ve fiziksel özelliklerinde kalıcı değişiklikler olmaktadır. Bu değişim hemiselülozun termik yıkımı sonucunda meydana gelmektedir. Odundan birçok ekstraktif maddenin uzaklaşırken renkte koyulaşma gerçekleşmektedir (Ulucan, 2012). Masif ahşaptan daha dayanıklıdır fakat ahşabın eğilme mukavemetini azaltmaktadır (Novawood, 2003).

#### 1.4.2.4 Isıl İşlemin Ağaç Malzemenin Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

Odun polimerik bileşiklerden düşük moleküllü bileşiklere kadar karmaşık bir yapıya sahiptir. Termal muamele boyunca odunun mekanik ve fiziksel yapısında oluşan sayılamayacak kadar fazla değişimleri saptayabilmek için odunun fiziksel özelliklerine,

kimyasal yapısı ve bileşenlerine oldukça hakim olmak gerekmektedir (Sjöström, 1993). Bunun nedeni, odunun yapısında bulunan kimyasal maddelerin ısının da etkisiyle değişime uğraması aynı zamanda farklı bir yapıya sahip olarak ekzotermik ve endotermik tepkiler meydana getirmesidir (Johansson, 2008).

Ağaç malzeme; selüloz, hemiselüloz, lignin ve ekstraktif maddelerden meydana gelmektedir. Selüloz odunun tam kuru ağırlığına oranla %40-50, hemiselüloz %20-35, lignin ise %15-25'ini oluşturmaktadır. Yani ağaç malzemeyi oluşturan bileşenler her ağaç türünde farklı derecede olduğu için özellikleri de birbirinden farklıdır. 100 °C ısı işlem için minimum düzey olarak görülmektedir. 100 °C'den sonra ağaç malzeme sıcaklık artışıyla birlikte bozunmaya başlamaktadır. Sıcaklık ısı işlemde en büyük etkidir. Sıcaklık arttıkça odunun yapısında ağaç malzemedeki suyun etkisiyle şişme oranında azalma, renkte koyulaşma, biyolojik dayanıklılıkta artma, odun bileşenlerinden bazılarının uzaklaşmasından dolayı mekanik dayanımda azalmalar gerçekleşmektedir (Viitanen vd., 1994). Sıcaklığın 200 °C'nin üzerine çıkması ile odunun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi, yapısında hasarlar oluşması görülmektedir. 270 °C'nin üzerinde ise odunun pirolizi ve yanma olayı gerçekleşmektedir (Fengel ve Wegener, 1984). Bu durum Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5: Ağaç malzemenin ana bileşenlerinde sıcaklığa bağlı olarak ısı işlem uygulaması ile meydana gelen değişimler (Johansson, 2005).

Selüloz ( $C_6H_{10}O_5$ ), odunun saf odun ağırlığına oranla yaklaşık % 50'sini oluşturmaktadır. Selüloz molekülü dallanmamış, rijit zincir yapılı ve  $\beta$  (1→4) glikozidik bağ ile bağlanmış

anhidro-D-glikopiranoz halka ünitelerinden oluşmuş uzun ve düz polimerdir (Sjöström, 1993). Selülozların bozunması hemiselülozlardan daha yüksek sıcaklıklarda olmaktadır. Selülozun düşük sıcaklıklarda bozunmaya uğraması sınırlıdır. Yüksek derecede düzenli kristalimsi yapıya sahip olan selüloz, bu yapı sayesinde selüloz zincirlerine iyi bir kararlılık kazandırmakta ve onları hidroliz boyunca asit saldırısına karşı savunmaktadır. 250 °C'nin altında bir derecede; karbondioksit, su buharı gibi olan ortamda ısıtılma maruz bırakıldığında selüloz yapısının oldukça düşük düzeylerde bozunma gösterdiği görülmüştür. Bu yüzden 200 °C'de vakum ortamında ısıtılma işlemi uygulanan ağaç malzemenin selüloz kristallerinin arttığı belirlenmiştir (Roffael ve Schaller, 1971; Şafizadeh ve Bradbury, 1979; Hill, 2006).

Hemiselülozlar, diğer ana bileşenlere göre ısıtılma maruz kaldığında daha çok bozunmaktadır. Değişik 5 adet heksoz (glikoz, mannoz, galaktoz) ve pentoz (ksiloz ve arabinoz) şeklindeki basit şeker ünitelerinden oluşan dallanmış amorf polimerlerdir (Rowel, 1984; Sjöström, 1993). Hemiselülozların degrade olmasına sebep olan en önemli iki etken ısıtılma süresi ve sıcaklığıdır (Bourgois vd., 1989). Hemiselülozun daha az higroskopik olan furfural polimerlerine hidrolize olması boyutsal kararlılığı artırırken denge rutubet miktarını azaltmaktadır (Boonstra, 2008).

Lignin, ağaç malzemedeki üçüncü büyük ana bileşen olan karmaşık amorf bir polimerdir. Isıtılma işlemi esnasında lignindeki fenilpropan birimlerinin arasındaki bağların bir kısmı zayıflayarak kopmaktadır. Termal bozunmaya karşı en direnç gösteren ana bileşen yapı itibarıyla lignindir. 120-220 °C sıcaklık aralığında kondenzasyon reaksiyonları meydana gelmektedir. Bu sıcaklıkta odunda görülen renk değişiklikleri ligninden kaynaklı reaksiyonlar sonucu oluşmaktadır. Isıtılma sırasında ekstraktif maddelerin birçoğu ağaç malzemedeki buharlaşarak uzaklaşmaktadır. Bundan dolayı ağaç malzemenin kütlelerinde fark edilir azalma görülmektedir. Böylece ağaç malzemedeki yoğunlukta düşüş ve yoğunluğa bağlı olarak mekanik dayanıklılıkta da azalma dikkat çekmektedir (Fengel ve Wegener, 1984; Garrote vd., 1999; Kamdem vd., 2002; Kortelainen vd., 2006).

#### **1.4.2.5 Isıl İşlem Teknolojisi**

Ahşaba ısıl işlem uygulanması ülkemizde yeni yeni yaygınlaşmaya başlayan bir teknolojidir. Ağaç malzemenin fiziksel özelliklerinde meydana gelen memnun edici değişimler sayesinde, özellikle dış mekân uygulamaları ve yapı malzemesi olarak kullanılmasında oldukça uygun bir malzeme olduğu yapılan çalışmalarda da görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde tercih edilen yerli ve yabancı ağaç türlerinin ısıl işlem uygulamaları sonrası fiziksel ve mekanik özelliklerinin saptanması endüstriyel anlamda büyük öneme sahip olmaktadır (Ayan ve Ciritcioğlu, 2012).

Ağaç malzemenin dayanıklılık koşullarını artırabilmek ve daha ekonomik kullanımına olanak sağlamak amacıyla farklı ağaç türlerinin bir araya getirilmesi sonucu elde edilen lamine ahşap uygulamaları çok kullanılan bir tekniktir. Bu uygulamalar hem mühendislik (fiziksel, mekanik, ekonomik) hem de estetik açıdan ele alındığında dış ortama maruz kalan bölgelerde direnç özellikleri kuvvetli ve ticari değeri fazla olan, iç katmanlarda ise yoğunluğu az, ticari değeri düşük olan ağaç türleri tercih edilmektedir. Böylece kullanım yerlerinde dış yüzeylerde daha dayanımı yüksek ağaç malzemeleri daha ekonomik olarak kullanırken orta katmanda yoğunluğu düşük ve daha da uygun fiyatlı ağaç türlerin kullanılması ile istenen estetik görünüme sahip, daha ekonomik ve daha hafif yapı malzemeleri elde edilmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde lamine ahşap uygulamalarında ısıl işlemin etkilerini belirlemeye yönelik araştırmalara çok fazla rastlanılmamaktadır (Ayan ve Ciritcioğlu, 2012).

#### **1.5 Ahşap ve Ahşap Esaslı Ürünler**

Çağın endüstriyel hammaddesi olan ahşap, bir yapı malzemesi olarak Anadolu'da binlerce yıllık geçmişe sahiptir ve başka malzemelerin yetersiz kaldığı birçok mimari sorunu çözebilen çağdaş bir mühendislik malzemesidir. Geçmişte yaşanan irrasyonel tüketim gerçeğinin sakıncalarının fark edilmesi ve bu kavramın bilinçli kullanım olarak değiştirilmesi üzerine yoğun çaba harcanmıştır. Günümüzde ise yenilenebilir kaynaklar üzerinde durulmaktadır. Ahşap, klasik yenilenebilir kaynaktır. Günümüz teknolojisi, mevcut bulunan hammaddelerin ve bu hammaddelerden elde edilen malzemelerin özelliklerini tanıtıcı, değerlerini ve faydalarını artırıcı bir pozisyondadır. Bu sayede sahip olduğu çeşitli

özelliklerle, hammadde ve malzeme olarak ahşap gittikçe artan bir önem kazanmaktadır (Dönmez, 2005).

Talaş, lif, yonga, levha, kereste ve benzeri ahşap malzemenin bağlayıcı veya yapıştırıcı maddeler ile fabrika ortamında çeşitli şekillerde kombinasyonu sonucu oluşan, izotrop veya homojen malzemeye genel olarak endüstriyel ahşap denilmektedir. Bu malzeme, teknolojik ve mekanik özellikleri açısından masif ahşap malzemeye göre daha üstün değerlere sahiptir. Dünyada azalmakta olan orman kaynaklarının ahşap endüstrisinde daha rasyonalist (akılcı) bir şekilde kullanılmasına olanak veren endüstriyel ahşap teknolojisi aynı zamanda tüketicinin ihtiyaçlarını karşılayacak ve memnun edecek nitelikte ürünler elde edilmesine imkân sağlamaktadır. İşlenmiş ahşap ürünler; işlenebilme kolaylıkları, kullanım rahatlıkları, uygun fiyatlı olması, atık ahşapların değerlendirilebilmesi ve geri dönüştürülebilir olması özellikleriyle doğaya zarar teşkil etmemesinden dolayı günden güne daha da önem kazanmaktadır (Güzel ve Yesügey, 2015).

### **1.5.1 Lamine Ahşap Teknolojisi**

Ahşap ve ahşap esaslı endüstriyel ürünler geçmişten bugüne insan hayatının her aşamasında büyük öneme sahip olmuştur. Ahşabın moleküler ve mikroskobik özellikleri onun farklı alanlarda değişik amaçlar için kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu özelliklerinin yanında lifli bir yapıya sahip olması, mühendislik kullanımlarında yüksek mukavemet göstermesine ve esnek olmasına sebep olmaktadır. Ayrıca tercih edilme nedenlerinden biri de izolasyon özelliğidir (Becerem ve Arıoğlu, 2006).

Ahşap malzeme bilinen pek çok olumlu özelliklerinin yanı sıra homojen olmayan yapısal özelliklerinden ve dış etkilere kaynaklanan farklı kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler ile bunlardan kaynaklanan farklı etkilere farklı tepkiler, şekil değiştirme, alansal kalite farklılıkları, alansal ekstraktif yoğunlaşması gibi olumsuz özelliklere de sahiptir. Bu olumsuzlukların giderilebilmesi, daha ekonomik değerlendirilebilmesi ve farklı etkilere daha iyi tepkiler verilebilmesi için ahşap ya masif olarak ya da farklı fiziksel, kimyasal ve mekanik işlemlerle kompozit olarak yeniden yapılandırılmakta, farklı kullanım amaçlarına uygun yeni ahşap esaslı malzemeler üretilmektedir. Bu yapılardan birisi de 'laminasyon'dur (Burdurlu vd., 2005).

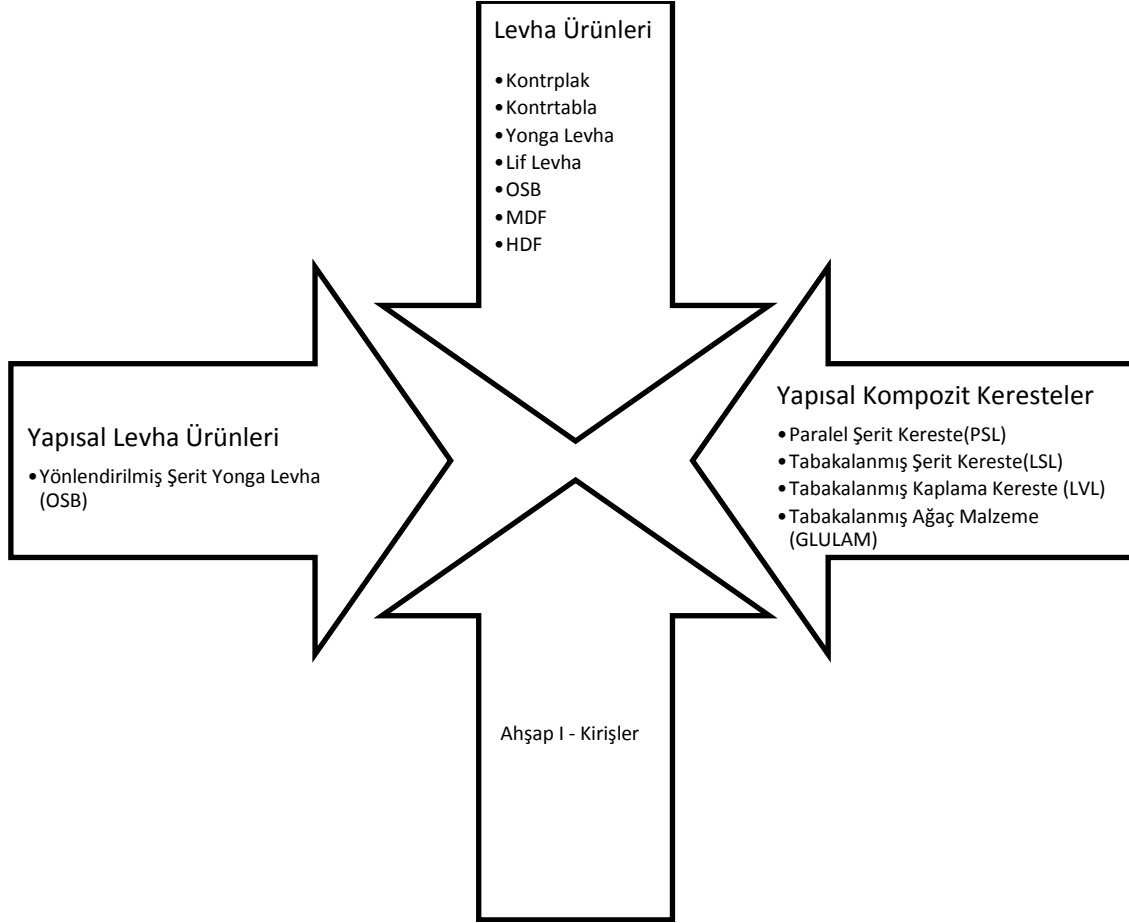


Lamine ağaç malzeme; Türk Standartları Enstitüsü'nün (TSE) belirlediği TS EN 386'ya (2006) göre, tabakaların lifleri birbirine ve sonuçta elde edilecek elemanın boyuna eksenine paralel gelecek şekilde, kereste lâminelerin (tabakaların) bir araya getirilerek yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır (TSE, 2006). Teknolojik, ekonomik ve estetik özellikler bakımından lamine ağaç malzemeler, masif ağaç malzemelere göre daha nitelikli özelliklere sahiptir. Masif bir kereste ile lamine ağaç malzeme kıyaslandığında, lamine ağaç malzeme, masif bir malzemedен daha kusursuz ve büyük boyutlarda malzeme olarak ön plana çıkmaktadır (Kol vd., 2008). Ayrıca, ahşap ile diğer endüstriyel malzemeleri kombine ederek farklı davranışlı kompozit malzemeler de üretilebilmektedir (Burdurlu vd., 2005).

### **1.5.2 Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler**

Doğrudan veya dolaylı yollarla birçok sektör ile alakalı olan orman ürünleri özellikle inşaat ve mobilya sektörlerinde ana veya yardımcı eleman olarak karşımıza çıkmaktadır. Türkiye, Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Yüzölçümünün %42'si de birinci derecede aktif bir deprem kuşağı üzerinde yer aldığından betonarme yapılar yerine ahşap yapılar tercih edilmesi önerilmektedir. Fakat yapısal olarak uygun ağaç bulunamaması, maliyet unsuru ve belli bir süre sonra deformasyona uğraması gibi sebeplerden dolayı ülkemizde ahşap yapılar tam olarak yer edinememiştir (Tankut ve Sözen, 2014).

Keresteler dünyada en fazla fiyat artışı olan malzemelerden birisidir. Kerestelerin tedarik edilmesi; çevre kuruluşlarının oluşturduğu baskılar, ormanda kesime gelen kısıtlamalar, orman alanlarındaki azalmalar gibi nedenlerle günden güne zorlaşmaktadır. Fiyatlardaki artış ve bununla birlikte ağaç kontsrüksiyon malzemesi olarak kullanılacak ebatlarda kerestelerin bulunabilme güçlükleri bu malzemelerin farklı yollarla üretim gerektirdiğini düşündürmüştür. Böylece daha küçük çaplı ve ekonomik anlamda pek fazla değeri olmayan ağaçların orman endüstrisine “mühendislik ürünü ağaç malzemeler” olarak kazandırılması sağlanmıştır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004). Mühendislik ürünü ağaç malzemelerin sınıflandırılması Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6: Mühendislik ürünü ağaç malzemelerin sınıflandırılması (Güller, 2001; Çavuş, 2008).

### 1.5.2.1 Yapısal Kompozit Keresteler (SCL)

Ahşap malzemelerin suya dayanımı olan yapıştırıcılarla kombinasyonu sonucu elde edilen ürüne genel anlamda yapısal kompozit keresteler denilmektedir. Bu keresteler hem iğne yapraklı hem de yapraklı ağaç odunlarından yaklaşık olarak 30 yıldır ticari olarak üretilmektedir (Haygreen ve Bowyer, 1996). Değeri düşük ve küçük boyutlu ağaç malzemelerden oldukça büyük boyutlu ve direnç özellikleri iyi ürünler elde edilmesi odun kompozit malzemelerin en önemli avantajıdır (OSİB, 2013).

### 1.5.2.2 Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM)

1893 yılında İsviçre Basel’de ilk kez bir oditoryum inşasında kullanılan bu malzeme bugün glulam olarak da adlandırılmaktadır (Güller, 2001).

Glulam ASTM D3737 standardına göre, dört ya da daha fazla tabakadan oluşan düz veya eğri biçimde uygun olarak seçilen ve hazırlanan kerestelerin, son ürünün boyuna paralel olacak şekilde yerleştirilmesiyle elde edilen malzeme olarak tanımlanmaktadır (Azambujaa ve Diasb, 2006). On tabakadan oluşan glulam malzemesi Şekil 7’de gösterilmiştir.



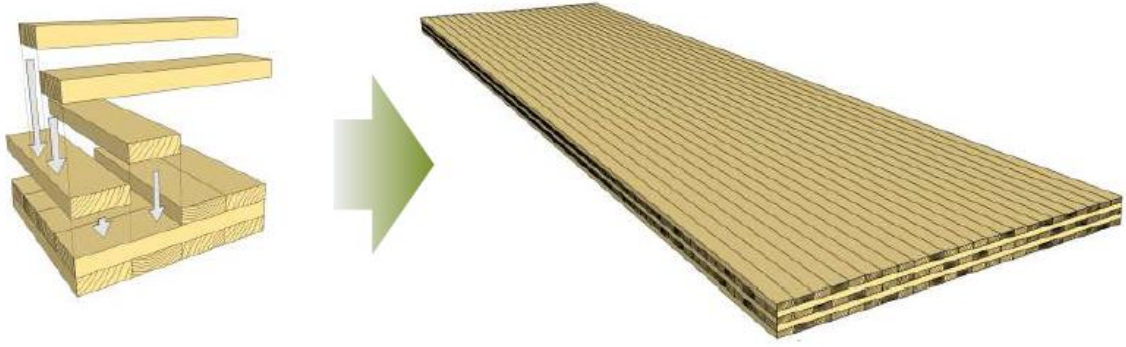
Şekil 7: Glulam örneği (URL-2, 2015).

TAM’ın yük taşıma kapasitesini artırmak, üretim hatalarını en aza indirmek ve malzeme maliyetini düşürmek için lifle desteklenmiş plastiklerin kullanılması da söz konusudur. Böylece direnç, sertlik ve yumuşaklık özellikleri iyileştirilebilmektedir (Kurt, 2002).

### 1.5.3 Çapraz Lamine Kereste (ÇLK)

Ülkemizde lamine ahşap malzeme ile ilgili kaynaklara sıkça rastlanılırken günümüzün yeni malzemesi olan çapraz lamine kereste (ÇLK) yapı malzemesi ile alakalı literatürde büyük eksik olduğu belirlenmiştir. Kompozit ahşap paneller arasında son buluş olan çapraz lamine kereste 1990’ların ortalarında Avusturya’da tasarlanmış ilk prefabrik ahşap paneldir. Avusturya, Styria’da Graz Teknik Üniversitesi’nde araştırma projesi olarak geliştirilmiştir. Bu ahşap panel ürünü, karbon tutma özelliğiyle beton veya çelik sistemlere alternatif bir sistemdir (Gagnon ve Pirvu, 2011).

ÇLK paneller Şekil 8’de görüldüğü şekilde, genellikle 3, 5, 7 veya daha fazla tabakalı masif ahşap yapıların lifleri birbirine dik olacak şekilde (genellikle 90°), en az 0,6 N/mm<sup>2</sup> basınç altında, birbirlerine geniş yüzeylerinden uygun tutkalla yapıştırılmış rijit, oldukça dayanıklı ve boyutsal stabilizasyona sahip elemanlardır (Güzel ve Yesügey, 2015). Malzemenin % 99.4’ü keresteden oluşurken % 0.6’sı tutkaldır (BBS, 2015).



Şekil 8: ÇLK panel üretimi (Wallwork, 2012).

Endüstriyel ahşap ürün olan çapraz lamine kereste dünyada CLT, KLH, BSP, X-LAM gibi farklı kısaltmalarla tanımlanmaktadır. 2000’li yılların başında yeşil bina yaklaşımıyla kullanımı yaygınlaşmaya başlayan çapraz lamine kereste teknolojisi, Avrupa’da ahşap bina yapım yönetmeliklerinin yeniden düzenlenmesine sebebiyet vermiştir. Avrupa’da ahşap yapılar için “Eurocode 5” standardı kullanılmaktadır (Güzel ve Yesügey, 2015). Şekil 9’da ÇLK paneller ile kolay ve hızlı montaj kurulumuna örnek gösterilmiştir.



Şekil 9: ÇLK montaj aşamasına örnek (Schickhofer, 2011).

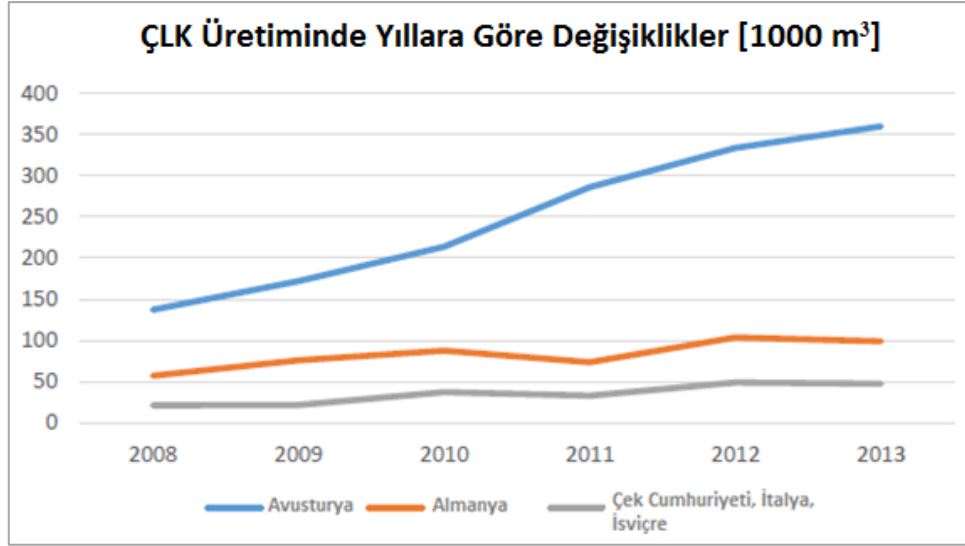
### 1.5.3.1 ÇLK’nin Sürdürülebilir Faydaları

- ◆ Doğaya ve insana karşı zararı bulunmayan doğal ve sıcak bir malzeme olan ahşap, hammadde olarak verimli kullanılması şartıyla yenilenebilir bir kaynaktır.
- ◆ Betonarme veya çelik malzemeli yapımlarla kıyaslandığında eşdeğer strüktürel dayanıma sahiptir (Güzel ve Yesügey, 2015).

- ◆ Yangına karşı diğer malzemelerden daha dayanıklıdır. Sebebi, yangın sırasında öndeki katmanın kömürleşmesi ve yangını arkaya geçirmemesidir.
- ◆ Daha hafif olması nedeniyle inşaat işlemlerini (montaj) kolaylaştırmaktadır.
- ◆ Isı yalıtımı betona göre daha yüksektir.
- ◆ Ahşap yapılar sera gazını atmosfere bırakmadan karbonu bünyesinde depoladığından beton gibi karbon salınımını artırmamakta, aksine azaltmaktadır (Risen, 2014). Bu sayede beton ve çeliğe göre %55 azalma sağlanabilmektedir (Head, 2008).
- ◆ CAD-CAM teknolojisi ile kolayca tasarlanan ürünler prefabrikasyon teknolojisi ile hızlı bir şekilde uygulanabilmektedir.
- ◆ Çoğunlukla diğer yapılardan daha yüksek hava sızdırmazlığı sağlamaktadır.
- ◆ Çalışma ve montaj hızı sayesinde zamandan kazanç sağlamaktadır.
- ◆ Esnek yük ve bükülme kapasitesine sahiptir.
- ◆ Çevre dostudur (Anon., 2013).
- ◆ Kereste ürünlerinin kaynaktan çıkartılması ve imalat aşamalarında inşaat malzemelerine göre çok daha az enerji harcamaktadır (Barber ve Gerard, 2014).
- ◆ Yeni Ar-ge çalışmalarında ÇLK katmanları arasına polimer karbon lifler ile uygulamalar araştırılmakta ve yeni gelişmeler beklenmektedir.

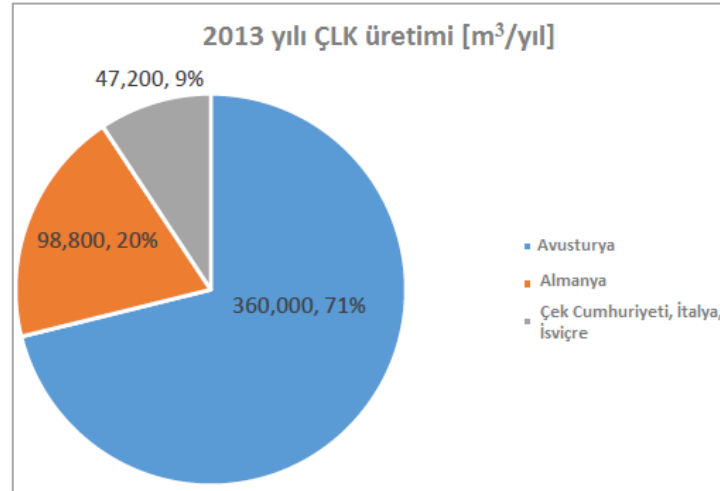
### **1.5.3.2 Dünyada ÇLK Üretimi ve Kullanımı**

UNECE/FAO'nun raporlarında yer alan bilgilere göre özellikle 2009 yılı küresel kriz çıkışı olarak ormancılık sektörünün yapısal bir değişime yöneldiği; yenilikçi ürün, üretim süreçleri ve inşaat metotları geliştirerek kendine çözümler bulmaya çalıştığı görülmektedir. Bu kapsamda inşaat sektöründe özellikle ÇLK kullanımının sektöre soluk aldırıcı bir ürün olduğu belirtilmektedir. 2008-2013 yılları arası bazı Avrupa ülkelerinin ÇLK üretimi istatistik verileri Şekil 10'da verilmiştir:



Şekil 10: ÇLK üreten ülkelerin yıllara göre üretim kapasiteleri (Stauder, 2013).

Yukarıda görülen Avrupa ülkelerinde yıllara göre değişen ÇLK üretimi incelendiğinde, üretim kapasitesinde sürekli artış olduğu görülmektedir. 2010-2011 yılları arasında bir önceki yıla göre % 7.2 oranında değişim belirlenmiştir. Fakat 2012-2013 yılları arasında ÇLK üretiminde % 25,2 oranında önemli bir artış olduğu görülmüştür (Stauder, 2013). Ayrıca 2013 yılı ÇLK üretimi Şekil 11’de pasta grafikte verilmiştir. Burada, Avusturya’da ÇLK üretiminde meydana gelen büyük artış dikkat çekmektedir.



Şekil 11: 2013 yılı ÇLK üretim yüzdeleri (Stauder, 2013).

### 1.5.3.3 ÇLK Yapılara Örnekler

**Forte**, Avustralya’da inşa edilmiş bu bina çapraz lamine kereste panellerle yapılmış dünyanın en yüksek konutudur. Yüksekliği 32,17 m olan bina 10 katlıdır. Yapının zemin katı betonarme,9 kat prefabrik panel sistemdir (Güzel ve Yesügey, 2015).



Şekil 12: ÇLK panellerle yapılmış Forte binasının yapım aşaması (Güzel ve Yesügey, 2015).

**Bridport konutu**, zemin kat da dâhil olmak üzere çapraz lamine kereste panelle üretimi gerçekleştirilen binadır (Güzel ve Yesügey, 2015).



Şekil 13: ÇLK panelle üretilen Bridport konutu (Güzel ve Yesügey, 2015).

**Kereste kuleleri**, Almanya’da bulunan 25 m uzunluğundaki bu kulelerin inşası, glulam ve ÇLK yapı malzemeleri ile 2 günde tamamlanmıştır. Bu yapı sayesinde 300 ton çelik tasarrufu sağlanmıştır (Wallwork, 2012).



Şekil 14: Glulam ve ÇLK kullanarak üretilmiş rüzgar gülü örneği (Wallwork, 2012).

**2013 Yılı HSB Stockholm Mimari Yarışması**, İsveç'te 2023 yılında tamamlanması hedeflenen 34 katlı olan güneş enerjili bu konut projesi birinci olmuştur. Binanın çekirdeği betonarme, kiriş, kolon ve döşeme elemanları ahşap malzemedir.



Şekil 15: ÇLK yapı malzemesiyle yapılmış bina örneği (URL-6, 2014).

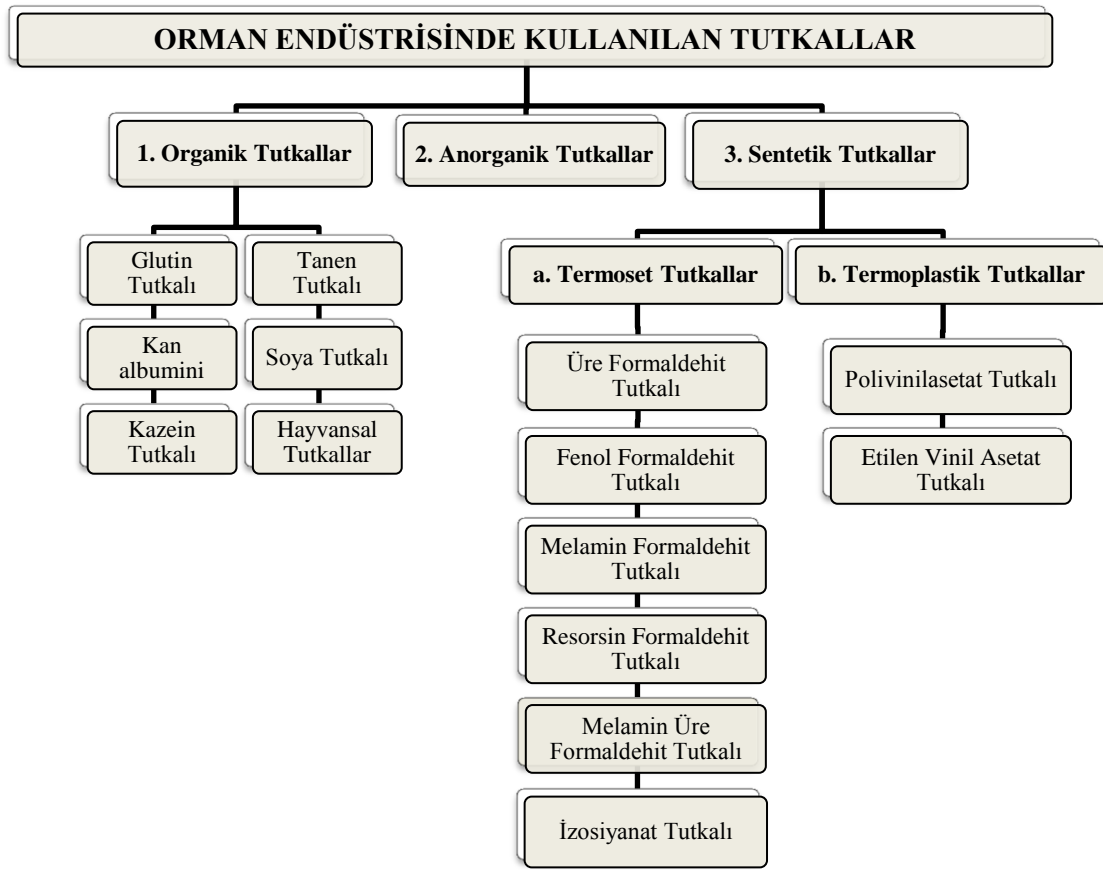
Çapraz lamine kereste, ülkemizde henüz kendini tanıtamamış bir malzemedir. İthal edilen ÇLK yapı malzemesi, Novawood ve Asmaz Ahşap Karkas Yapı şirketlerinde satışa sunulmaktadır. Bunun yanı sıra; Antalya ve Muğla'da bulunan Nasrettin Grup şirketinde, tabakalanmış ağaç malzeme (glulam) üretiminin yanında yakın zamanda ÇLK üretimine de başlanmıştır. Ülkemizde; lamine ahşap malzeme hakkında makale, yayın oldukça fazladır ve kullanımı yaygındır. Fakat ÇLK ile ilgili çalışmaya bilimiz dâhilinde



rastlanılmamaktadır. Bu proje, literatürdeki eksiklikleri ve ihtiyacı gidermeye fayda sağlayacaktır.

## 1.6 Orman Endüstrisinde Kullanılan Tutkal Çeşitleri

Türk standartlarından TS 93 (1993) yapıştırıcıları, yüzeylerini birleştirmek suretiyle değişik maddeleri birbirine bağlayan veya tutturan, inorganik veya organik, sentetik maddeler olarak tanımlanmaktadır (TSE, 1994). Orman endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bazı tutkal çeşitleri Şekil 16'da gösterilmiştir.



Şekil 16: Orman endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bazı tutkallar (Çavuş, 2008).

### 1.6.1 Sentetik Reçineli Tutkallar - Termoset Tutkallar

TS EN 301'e (2014) göre sentetik reçineli yapıştırıcılar, fenolik ve amino plastik polikondenzasyon ürünü yapıştırıcıların, belirli iklim şartlarında yük taşıyıcı ahşap yapılarda kullanım uygunluklarına göre sınıflandırılmasını kapsamaktadır. Yalnızca yük

taşıyıcı ahşap yapıların yapımında kullanılan bu tür yapıştırıcıların fabrika üretimi veya bu üretimin koşulları için yapıştırıcıların performans özelliklerini belirtmektedir (TSE, 2014).

Fenolik sentetik reçine, bir fenolün bir aldehit ile kondenzasyon tepkimesi sonucunda elde edilen ısı ile sertleşen sentetik reçine olarak tanımlanmaktadır (TSE, 2014). Aminoplastik sentetik reçine, amin veya amidlerin  $-NH$  veya  $-NH_2$  gruplarının aldehitler ile kondenzasyon tepkimesiyle elde edilen ısı ile sertleşen sentetik reçine olarak tanımlanmaktadır (TSE, 2014).

Polikondenzasyon yapıştırıcı ise suyun uzaklaştırılması yoluyla oluşan bir polimerizasyon tepkimesi vasıtasıyla elde edilen bir reçine ile bir sertleştiriciden oluşan yapıştırıcı karışım olarak belirtilmiştir (TSE, 2014).

Sentetik tutkallar olarak da bilinmektedir. Bu tutkallar, çapraz bağ yapısına sahip olup ısı yoluyla sertleşen polimerlerdir. Sertleşen tutkalı bozunmadan eski haline getirmek veya yumuşatmak imkânsızdır (Gerengi vd., 2012).

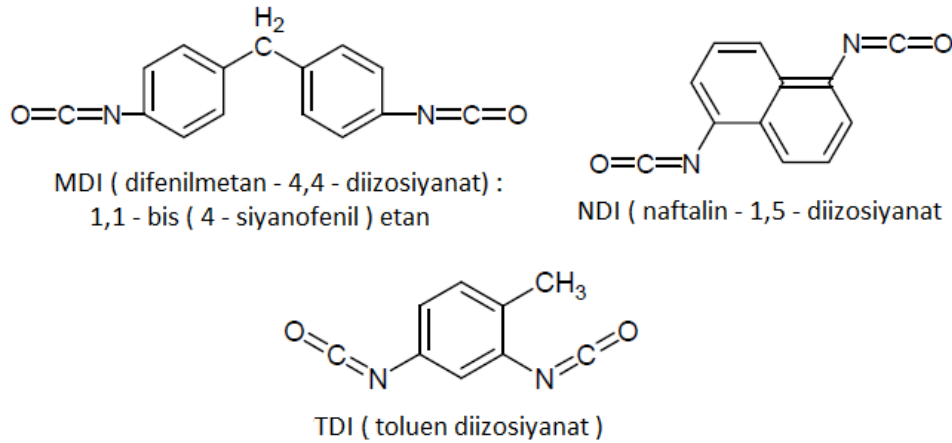
### **1.6.1.1 İzosiyanat Tutkalı**

İzosiyanat tutkallar, emülsiyon polimer izosiyanat tutkalı ve polimerik difenilmetan (PMDİ) diizosiyanat tutkalı olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Rutubete karşı yüksek mukavemet göstermesi, fenol formaldehit tutkalından çok daha iyi direnç özelliklerine sahip olması, presleme süresinin düşük olması gibi pek çok avantajı olan bu tutkalın fiyatının yüksek olması, kullanımının ilk zamanlarında özellikle yonga levhanın pres plakalarına yapışması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Schmidt, 1998).

Ticari amaçlı poliüretanların üretiminde kullanılan izosiyanatlar genellikle aromatik yapılı olmaktadır. Üretimde kullanılan izosiyanatın türü, elde edilen poliüretanın özelliklerini, kütleme sistemini ve işleme sistemini doğrudan etkilemektedir. Bir izosiyanatın en önemli özelliği fonksiyonalitesidir. Yani, her bir molekülde bulunan izosiyanat ( $-NCO$ ) gruplarının sayısıdır. Çapraz bağlı poliüretanların üretiminde uygun izosiyanatlar ikiden fazla fonksiyonel grup içermelidir.

Difonksiyonlu bir izosiyanat (diizosiyanat) bir difonksiyonlu poliyolle reaksiyona girdiğinde uzun, doğrusal poliüretan molekülü meydana gelmektedir.

Şekil 17’de poliüretan üretiminde kullanılan tipik diizosiyanat MDI (difenilmetan-4,4-diizosiyanat), NDI (naftalen-1,5-diizosiyanat), ve TDI’nın (toluendiizosiyanat) kimyasal formülü verilmiştir. Esnek köpük üretiminde kullanılan poliüretanların çoğu TDI ile elde edilmektedir (URL-3, 2015).



Şekil 17: Poliüretan üretiminde kullanılan diizosiyanatlar (URL-3, 2015).

Diizosiyonat tutkalında gerçek bir kimyasal bağ oluşmaktadır. Rutubete karşı direnci fenol formaldehit tutkalı ile eşdeğerdir. Normal hava şartlarında ise yapışma direnci FF tutkalından daha fazladır. İçerisinde su ve organik çözücü olmadığından tutkallama yonga rutubetini artırmamaktadır. Difenilmetan diizosiyonat odunun (OH)- gruplarıyla birleştiği için higroskopisitesini azaltmaktadır. Bu nedenle aynı iklim koşullarında, izosiyanat ile yapıştırılmış odun levhanın denge rutubeti, masif odunun denge rutubetinden daha azdır (Özen, 1981).

### 1.6.1.2 Poliüretan Tutkalı (PU)

Poliüretan tutkalı, çift bağlı alkolden ve uygun izosiyanattan üretilmektedir. Kohezyon ve adezyon kuvvetleri çok güçlüdür. Yağlara, asitlere, mikroorganizmalara ve kaynar suya karşı direnci yüksek bir tutkaldır. Tutkal, reaksiyonunu tamamladığında, hacminin yaklaşık 20 katı oranında genişleme olurken tutkal katında herhangi bir çekme gerçekleşmemektedir. Sıcaklık artışı, sertleşme süresini kısaltmaktadır. 60 °C'nin üstündeki sıcaklıklarda

preslemenin yapılması tavsiye edilmemektedir. Bu sıcaklığın üzerine çıkıldığında ortama, insan sağlığına zararlı gazlar salgılamaktadır. Havanın nemi ile sertleşmektedir. Su geçirmez, 150-200 gr/m<sup>2</sup> (yüzeyin pürüzlü veya pürüzsüz olmasına bağlı olarak) su kontrplağı gibi ahşap malzemeleri birbirine veya ahşabı metale, taşa, betona, bazı sentetik maddelere vb. birçok maddeye mükemmel yapıştırılmaktadır. Oda sıcaklığında (20°C) sertleşme süresi 60 dakikadır (Özalp vd., 2009). Yoğunluğu 20°C’ de 1.11±0.02 g/cm<sup>3</sup>, viskozitesi 25°C’ de 3300–4000 cps’dir. Soğuğa karşı oldukça dirençli bir tutkaldır (Dizel ve Uzun, 2007).

## 1.7 Literatür Özeti

Ülkemizde lamine ahşap malzeme ile ilgili kaynaklara sıkça rastlanılırken günümüzün yeni malzemesi olan Avrupa’da yaygın kullanıma sahip çapraz lamine kereste (ÇLK) yapı malzemesi ile alakalı çalışmaya ihtiyaç olduğu yapılan literatür taramasıyla belirlenmiştir.

Soltis ve Rammer (1994) lamine ahşap malzemede eğilme direncinin aynı boyuttaki masif ağaç malzemeye göre daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Keskin (2002) yaptığı çalışmada lamine edilmiş Uludağ göknarı, Keskin vd. (2003) ise lamine edilmiş sarıçam ağaç malzemesini kullanmışlardır. Polivinilasetat (PVAc-D4) tutkalı ile beş katmanlı hazırlanan deney örneklerinin makaslama direnci, eğilme direnci ve eğilmeye elastikiyet modülünü incelemişlerdir. Deneylerin sonucunda, kendi ağaç türlerini temsil eden lamine malzemelerin, masif ağaç malzemeye göre daha üstün özelliklere sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Kasal vd. (2010) doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve kavak (*Populus nigra*) odunlarından hazırladıkları örneklerle eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri yapmışlardır. Eğilme direnci değerlerini, tutkal hattına paralel lamine malzemelerde, tutkal hattına dik lamine malzemelerden daha düşük bulmuşlardır. Elastikiyet modülü değerlerini ise bu sonuçların tersi yönde saptamışlardır. Eğilme kalitesi değerlerinin laminasyon işleminde düşük çıktığını görmüşlerdir. Bu sonuçlara dayanarak, ekonomik ve teknik açıdan birçok avantajı bulunan lamine malzemelerin masif malzemelere alternatif yapı malzemesi olarak kullanılabilceğini ifade etmişlerdir.

Güntekin ve Aydın (2015) kızılçam odunu ile cam lifi ve çelik plakadan güçlendirilmiş tabakalı kerestelerin eğilmedeki performans özelliklerini araştırmışlardır. Tabakalı ağaç malzemede eğilme özelliklerini iyileştirmek için lokal güçlendirme uygulamışlardır. Üç noktada eğilme testine tabii tutulan çalışma sonuçlarına göre, kızılçam kullanarak üretilmiş tabakalı kerestelerin elastikiyet modülü cam lifi ile %14, çelik plaka ile %24 arttığını; cam lifi maksimum yük taşıma kapasitesinin %27, çelik plakanın ise %36 arttığını saptamışlardır.

Lamine ahşap teknolojisinin yaygın olarak kullanıldığı ülkelerdeki üretim incelendiğinde kendini çabuk yenileyebilen kozalaklı çam türlerinin işlendiğini gören Beceren ve Arıoğlu (2006) sarıçam odunuyla polivinil asetat, poliüretan, çift bileşenli poliüretan ve üre formaldehit tutkalları ile yaptığı deneylerde TS 5497 EN 408'e (1997) göre liflere dik eğilme dayanım deneyi sonucunda en yüksek değeri poliüretan tutkalının, en düşük değeri üre formaldehit tutkalının verdiğini görmüşlerdir. Ahşaptan beklenen özellikler ile birleştirme elemanı olan tutkaldan beklenen özelliklerin doğru şartlarda ve doğru yerde kullanıldığı sürece, istenilen sonuçları en iyi şekilde verebildiğini ifade etmişlerdir.

Özalp vd. (2009) oküme, kavak ve kayın kaplamaları kullanarak üretilen kontrplaklarda poliüretan, epoksi, polivinil asetat ve D3 tutkalının eğilme mukavemetine etkilerini incelemiş ve kullanılan tutkalların kontrplaklarda eğilme direncine etkilerinin minimum düzeyde olduğunu görmüşlerdir. Bu sonuca göre, kontrplak sıvı teması olan herhangi bir ortamda kullanılacak ise tutkalların kimyasal yapılarına dikkat edilmesi gerektiğini ve su ile temas olan yerlerde poliüretan tutkalının tercih edilmesinin daha uygun olduğunu belirlemişlerdir. Böylece malzemenin kalitesini artırıp ömrünü uzatacağını ifade etmişlerdir.

Korkut vd. (2008) kosipo (*Entandrophragma candollei* Harms.) ağacından yapmış olduğu çalışmada ahşap lamine pencere profil üretiminde hammaddenin alternatif bir ahşap olduğunu görmüşlerdir. Önceki test sonuçlarını bu çalışmadan elde edilen verilerle karşılaştırdıklarında kullanılan poliüretan ve polivinil asetat yapıştırıcıları için mukavemet özelliklerinin %95 oranında farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Poliüretan yapıştırıcının, polivinil asetat yapıştırıcı örneklerinin aksine daha iyi özellikler gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Feist ve Sell (1987) çalışmalarında kayın ve ladin odunlarına 175-195 °C sıcaklıklarda ısıtma işlemi uygulamış, dış ortam koşullarında bekletmişlerdir. Bunun sonucunda ısıtma işlemi uygulanmış örneklerin, kontrol örneklerine göre boyutsal kararlılığının daha iyi olduğunu saptamışlardır.

Ayan ve Ciritcioğlu (2012) yaptığı çalışmada lamine panel üretmek amacıyla sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve ticari değere sahip tropik bölge ağaçlarından iroko (*Chlorophora excelsa*) tercih etmişlerdir. Deney numunelerine “Thermo Wood” yöntemi kullanılarak ısıtma işlemi uygulamışlardır. Lamine paneller, ısıtma işlemi uygulanmış parçaların arasında polivinil asetat (PVAc-D4) tutkalı kullanılarak yüzeylerde sarıçam ve iroko, orta katmanda ise Uludağ göknarı olacak şekilde 3 katmanlı hazırlamışlardır. Test sonucunda tam kuru ve hava kurusu yoğunluk değerleri üzerinde anlamlı bir değişimin olmadığını fakat kalınlığına genişleme ve vida tutma dayanımı değerlerinin düşürdüğünü belirlemişlerdir. Isıtma işlemi uygulanmış ağaç malzeme kullanılarak üretilen lamine panellerde boyutsal stabilizasyon ve çevre etkilerine karşı dayanım özellikleri açısından olumlu katkılar sağlandığını görmüşlerdir. Bu açıdan, yapı elemanı olarak kullanılmasının uygun olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca ısıtma işleminin alternatif kimyasal yöntemlere karşı mühendislik, estetik ve sağlık boyutunda sağladığı avantaj-dezavantajlarının da göz önünde bulundurulmasının faydalı olacağını vurgulamışlardır.

Isıtma işlemi uygulaması sonucu artan potansiyel nitelikler; böcekler tarafından tahribe uğramada dayanıklılık, mantarlar tarafından kolayca çürütülememesi, denge rutubetinin düşük olması, termal izolasyon kabiliyetinin ve boyutsal kararlılığın artış göstermesi, boya adhezyonu, dış hava şartlarına daha iyi direnç gösterebilme, dekoratif renk çeşitliliği ve kullanım süresinde uzama olarak sıralanabilir. Akkılıç vd. (2014) yaptıkları çalışmada bunu kanıtlamışlardır. Bununla beraber ısıtma işlemi görmüş ahşap malzemenin dış cephe kaplaması olarak kullanımına ilişkin herhangi bir kaygı taşımadığını ve dış cephe kaplaması olarak kullanılan ahşap malzemenin servis ömrü sonunda doğada kolay bir şekilde bozunabileceğini vurgulamışlardır.

Isıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemenin yapışma performansını inceleyen Chow (1971) sıcaklık arttıkça odunda yapışma performansının başarısız olma ihtimalinin arttığını gözlemlerken yapışma direncinde de belirli oranlarda düşüşlerin meydana geldiğini ifade etmiştir.

Perçin vd. (2015) ısıtım işlem görmüş karaçam (*Pinus nigra*) ağacından dört katlı lamine kereste malzemenin LVL (lamine ahşap) yoğunluğu, hacimsel şişme, eğilme dayanımı ve basınç dayanımına etkisini araştırdıklarında tüm ısıtım işlem sıcaklığının azaldığını ifade etmişlerdir. Isıtım işlem uygulanmış lamine malzeme ile masif malzeme kıyaslandığında fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin daha üstün değerlere sahip olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, melamin formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış lamine örneklerin D-VTKA poliüretan tutkalı ile yapıştırılmışlardan daha iyi olduğunu görmüşlerdir.

Mohebbi ve Sanaei (2005) kayın odununa 160°C, 180°C ve 200°C’de; 4, 5 ve 6 saat süre ile ısıtım işlem uygulamışlardır. Bunun sonucunda meydana gelen piroliz ve porozite nedeniyle tam kuru yoğunluğunda çok az miktar düşüş olduğunu belirlemişlerdir.

Ceccotti vd. (2006) çapraz lamine kereste panellerden yapılmış çok katlı binaların, betonarme ve tuğlayla yapılan inşaya göre daha güçlü, daha ekonomik alternatif bir yapı malzemesi olduğunu vurgulamışlardır.

Stauder (2013) yaptığı araştırmada 1995-2013 yılları arası Avrupa’da ÇLK üretimini incelemiş ve bu araştırmaya sonucunda üretimin giderek arttığını, gelecek yıllarda daha da artış göstereceğini savunmuştur.

Serrano vd. (2010) İsveç’te son zamanlarda ahşaptan yapılmış birkaç inşadan biri olan konut yerleşimi “Limnologen” binasının zemin katının betonarme, diğer 7 katın çapraz lamine kereste paneller ile yapılmış olduğunu açıklamışlardır. Bağıl nem ve sıcaklık üzerine yapmış oldukları deney sonuçlarına göre nem içeriğinin %10 oranında düştüğünü tespit etmişlerdir.

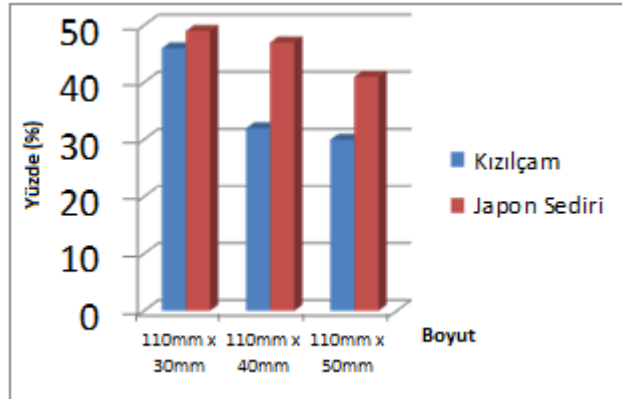
Mallo ve Espinoza (2015) ABD’nin mimarlık firmalarına ülke çapında uygulamış olduğu anket sonuçlarını incelediğinde, ÇLK konusunda farkındalık düzeyinin düşük olduğunu görmüşlerdir. Çapraz lamine kerestenin olumlu özelliklerini çevresel-yapısal performans ve yüksek estetik özellikler olarak belirtirken dezavantajlarını yüksek bakım maliyetleri ve yangın performansı olarak ifade etmişlerdir.

Steiger vd. (2008) yaptığı çalışmada; üç tabakalı ÇLK örneklerinin ara tabakalarına plastik küçük parçalar koyarak sismik dalgalarla, o alanda meydana gelecek sertlik değerlerini

incelemişlerdir. Yapılan araştırma sonucunda iğne yapraklı ağaç türlerinden Avrupa ve Norveç ladininden yapılmış deneylerde ÇLK numuneleri incelemiş, malzemenin sertlik değerlerinde artış olduğunu saptamışlardır.

Çapraz lamine kerestenin sürdürülebilir faydalarını ele alırken aynı zamanda karşılaşılan zorlukların da altını çizen Barber ve Arup (2014) ÇLK malzemesine bilgede olan boşluğun bahsedilen zorlukların en başında geldiğini savunmuşlardır. Bu grup 2010 yılında kurulan ‘Life Cycle Tower (LCT) Yaşam Döngüsü Kulesi ’ adı verilen 20 katlı ofis bina yapım çalışmasını ele alırken çalışmalarının amacını yüksek katlı bina yapımında kereste kullanarak güvenlikten feragat etmeden inşa yapılabileceğini göstermek olarak ifade etmişlerdir.

Jeong vd. (2013) Güney Kore’de çapraz lamine kereste üretimi için farklı lamine boyutlarını (110×30 mm, 110×40 mm, 110×50 mm, 50×30 mm, 30×30 mm) Japon kızılçamı (*Pinus densiflora*) ve Japon sediri (*Cryptomeria japonica*) türlerinde denerken optimum lamine boyutunu saptamayı amaçlamışlardır (Şekil 18) Bunun sonucunda türü ne olursa olsun, verimi maksimize etmek için çapraz lamine kereste boyutunun 110×30 mm olduğunu ifade etmişlerdir.



Şekil 18: Kızılçam ve Japon sediri tomruk boyutları (Jeong vd., 2013).



## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE METOD

#### 2.1 Ağaç Malzeme

Bu çalışmada, endüstride çokça rastlanan ve ülkemizde doğal olarak yetişen sarıçam (*Pinus slyvestris* Lipsky) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu deney malzemeleri Bartın ilinin yerel kereste ticaretinden Kartal Ağaç San. Tic. firmasından rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Ağaç malzemenin budaksız, çürüksüz ve düzgün lifli olması hususunda dikkat edilmiştir.

#### 2.2 Tutkal

Bu çalışmada, yapıştırıcı malzeme olarak poliüretan deniz tutkalı kullanılmıştır. Tek komponentli bir ahşap yapıştırıcı olan bu tutkal, ortamdaki ve ahşabın içindeki nem yardımıyla kürleşmektedir. Bu yapıştırıcının tercih edilmesindeki neden; suya, neme ve kimyasallara karşı dayanıklılığı, kolay uygulanabilmesi, düşük viskoziteye ve yüksek yapışma gücüne sahip olmasıdır. Hafif nemli yüzeylerde kullanılabilir.

Tutkal, difenilmetan -4,4 di-izosiyanat içermektedir. Gözleri, solunum sistemini ve deriyi tahriş edebilmektedir. Yeterince havalandırılmış ortamlarda kullanılmalıdır. Çalışırken koruyucu giysi ve eldiven kullanılması gerekmektedir. Çocuklardan mutlaka uzak tutulmalıdır (URL-4, 2017). PU tutkalına ait teknik özellikler Tablo 3’de verilmiştir:

Tablo 3: PU ahşap tutkalının teknik özellikleri (URL-4, 2017).

<b>Poliüretan Tutkalına Ait Teknik Özellikler</b>	
<b>Kimyasal Yapı</b>	Poliüretan prepolimer
<b>Renk</b>	Açık kahverengi
<b>Kürleşme Sistemi</b>	Nemle kürleşme
<b>Yoğunluk</b>	1,10 g/ml ± 0,05 (ASTM D 1875 )
<b>Viskozite</b>	5000-15000 cp cps 20°C (Spindle No 4, 12 rpm)
<b>Sıcaklık Dayanımı</b>	-30 °C ile +100 °C
<b>Yüzey Kuruma Süresi</b>	25-50 dk. (23 °C ve %50 R.H.) (ASTM C 679)
<b>Tüketim</b>	Yaklaşık 150 ml/m <sup>2</sup>
<b>Presleme Süresi</b>	Min. 2 saat*
<b>Uygulama Sıcaklığı</b>	+5 °C ile +35 °C

\*Presleme süresi; ortam sıcaklığı, nemi ile yapıştırılacak malzemelerin ne kadar gözenekli olduğuna (emciliğine) bağlıdır.

Bazı deney türlerinde tutkala ön muamele ile ilave edilerek silan astar kullanılmıştır. Ahşap yüzeyler üzerine uygulanan bu ürün; poliüretan malzemeler için hazırlanmış tek bileşenli, silan esaslı yüzey koşullandırıcı bir malzemedir. Film oluşturan astar malzemelerin aksine, birkaç molekül kalınlığında bir tabaka oluşturmaktadır. Bir ucu uygulanan yüzeyle, diğer bir ucu malzeme ile reaksiyona girerek yapışmayı kimyasal olarak güçlendirmektedir. Bu sayede yüzeyle malzeme arasında üçüncü bir katman oluşturmadan yapışmayı sağlamaktadır.

Kurduğunda herhangi bir iz bırakmayan bu ürün diğer astar türlerinde olduğu gibi gözle görülebilir bir film oluşturmamaktadır. Bu durum kullanıcıların uygulama yaptıkları yeri ayırımsamalarında daha dikkatli davranmalarını gerektirmektedir. Yüksek oranda solvent içerdiği için temizlik amacıyla kullanılmaması gerekmektedir. Cilde temasından kaçınılmalıdır. Silan astar malzemesinin teknik özellikleri Tablo 4’de verilmiştir:

Tablo 4: StenAst® S silan esaslı malzemenin teknik özellikleri (URL-5, 2017).

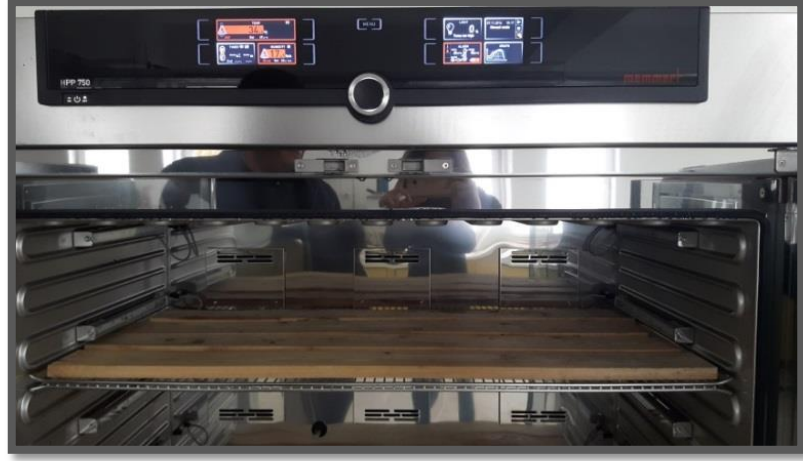
<b>Silan Astara Ait Teknik Özellikler</b>	
<b>Baz Polimer</b>	Silan
<b>Çözücüsü</b>	Tolüen
<b>Yoğunluk</b>	0,87± 0,05 g/cm <sup>3</sup>
<b>Uygulama Kalınlığı, Her katta</b>	Nano mertebede
<b>Renk</b>	Saydam
<b>Üst kat için bekleme süresi en az, 23°C</b>	15 dakika
<b>Üst kat için bekleme süresi en fazla, 23°C</b>	24 saat

### 2.3 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Sırasıyla 100x9x2 cm, 100x11x2 cm (uzunluk x genişlik x kalınlık) boyutunda olan sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) keresteleri iyi havalandırılabilen ayrıca direkt güneş ışığı almayan ortam şartlarında Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarında istifte bekletilmiştir.

#### 2.3.1 Rutubet-Yoğunluk Tayini

Rutubet tayini, TS 2471 esaslarına uyularak yapılmıştır (TSE, 1976a). Elektrikli rutubet ölçer ile ölçülen nem oranı değerleri sarıçamda %13, Uludağ göknarında %18 olarak saptanmıştır. Bu maksatla örneklerin ağırlıkları ( $M_r$ ), ± 0,01 g duyarlılıkla ölçüm yapabilen analitik terazide tartıldıktan sonra Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarında bulunan iklimlendirme cihazında 103±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar kurutulmuşlardır (Şekil 19). İklimlendirme cihazından alınan örnekler, soğutulduktan sonra tam kuru haldeki ağırlıkları ( $M_o$ ) tartılmıştır.



Şekil 19: Örneklerin iklimlendirme cihazına istiflenmesi ve kurutulması (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Bunlara göre rutubet (R):

$$R = \frac{M_r - M_o}{M_o} \times 100 \quad (1)$$

$M_r$  : Rutubetli ağırlık,

$M_o$  : Tam kuru ağırlık eşitliğinden hesaplanmıştır.

Hava kuru yoğunluk ise TS 2472 standardında belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir (TSE, 1976b). Bu maksatla deney örnekleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 5$  bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar bekletilmiştir. Bu durumda, ağırlıkları  $\pm 0,01$  gr duyarlıklı analitik terazide tartılarak (m), boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlıklı mikrometrik dijital kumpasla belirlendikten sonra hacimleri (v) hesaplanmıştır. Bu değerlere göre hava kuru yoğunluk;

$$d = \frac{m}{v} \quad (2)$$

d : Özgül ağırlığı ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ),

m : Örnek ağırlığı (gr),

v : Örnek hacmi ( $\text{cm}^3$ ) denkleminde hesaplanmıştır.

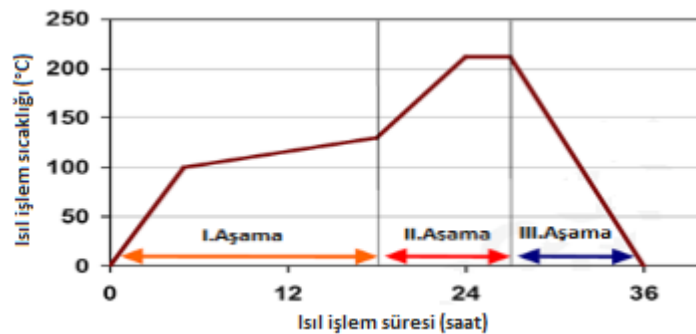
### 2.3.2 Çekmede Makaslama Direnci

Çekmede makaslama deneyinde ulusal standart (EN) 302-1 esaslarına uyulmuştur (EN, 2013). Her ağaç türü ve tutkal çeşidi için yedişer adet olmak üzere toplam 56 adet deney örneği hazırlanmıştır. Hazırlama aşamasında sarıçam ve Uludağ göknarı kerestelerinin bir kısmı ısıtma işlemine tabi tutulmuştur (Şekil 20). Tüm örnekler Bartın Üniversitesi Mobilya Dekorasyon Atölyesinde yaklaşık 46 cm uzunluğunda olacak şekilde gönye kesme makinesinde kesilmiştir.



Şekil 20: Örneklerin etüv makinesinde ısıtma işlemine tabi tutulması (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Thermo wood metoduna göre sarıçam ve Uludağ göknarı örnekleri Şekil 21’de görüldüğü gibi etüv makinesinde 110 °C’de 17 saat kalarak nem miktarının hemen hemen sıfıra indirgenmesi sağlanmıştır (1. aşama). Ardından 190 °C sıcaklıkta 4 saat bırakılan örneklere yoğun ısıtma işlemi (2. aşama) uygulanmıştır. Son olarak yavaş yavaş derece düşürülerek yeniden rutubetlendirme ve kondisyonlama işlemi ile odun rutubeti % 4 civarına getirilmiştir (3. aşama). Örnekler 12 saat boyunca oda koşullarında muhafaza edilmiştir.



Şekil 21: Thermo wood uygulama yönteminin şematiksel diyagramı (Mayes ve Oksanen, 2002).

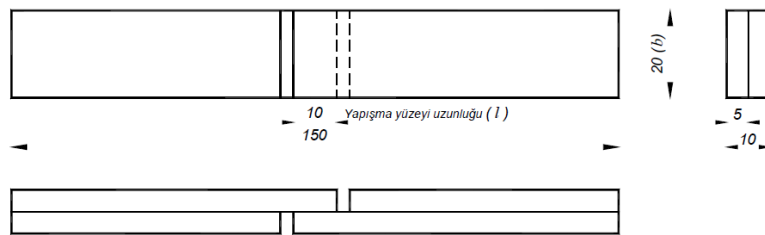
46 cm uzunluğundaki tüm örnekler Bartın Üniversitesi Mobilya Dekorasyon Atölyesinde yüksek devirli daire testere makinesinde  $5\pm 0,1$  mm kalınlıkta biçilmiştir. Kesim sonrası silan astar uygulanacak örneklere kullanım şartları dikkate alınarak astar uygulanmıştır. Astarın kuruması için örnekler uygun koşullarda bir gün süreyle bekletilmiştir.

Parçaların tutkallanmasında; poliüretan tutkalın üretici firma önerilerine uyularak  $1 \text{ m}^2$ 'de 200 gr tutkal olacak şekilde fırça yardımıyla sürülmüştür. Yapıştırma işlemi; pres basıncı sadece yapışmayı sağlayacak derecede ayarlanarak, pres sıcaklığı  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  ve presleme süresi ez az 2 saat süreyle Şekil 22'de görüldüğü gibi SSP 180 pres makinesinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 22: Parçaların preslenmesi (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Çekmede makaslama direnci için parçalar standarda uygun ölçülerde kesilerek deneylere hazır hale getirilmiştir (Şekil 23).



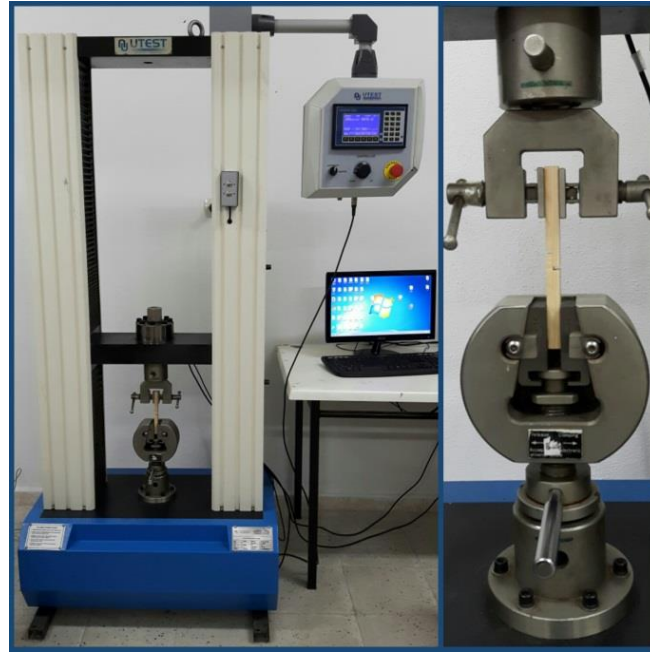
Şekil 23: Çekme makaslama deney örneği (ölçüler mm).

Deney örnekleri 20 °C sıcaklık % 65 bağıl nem koşullarında bir hafta boyunca iklimlendirme cihazında bekletilmiştir (Şekil 24).



Şekil 24: Deney örneklerinin iklimlendirme cihazında bekletilmesi (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

U test cihazında germe tertibatına yerleştirilen örneklere ters yönde 1,6 mm/dk yükleme hızında statik çekme kuvveti uygulanmıştır (Şekil 25).



Şekil 25: Çekmede makaslama direnci deneyi (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Dengeli ve kademeli uygulanan çekme kuvvetiyle, örnek tutkal hattından koparılmaya çalışılmıştır. Kopma anındaki maksimum kuvvet ( $F_{max}$ ) (N) tespit edilerek makaslama direnci aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır:

$$\sigma_M = \frac{F_{max}}{l \times b} = \frac{F_{max}}{A} \quad (N/mm^2) \quad (3)$$

- $\sigma_M$  : Makaslama Direnci ( $N/mm^2$ ),  
 A : Test yüzey alanı ( $mm^2$ ),  
 b : Yapışma yüzeyi genişliği (mm),  
 l : Yapışma yüzeyi uzunluğu (mm).

### 2.3.3 Renk Ölçümü Tayini

Örneklerin renk değerleri CIEL\*a\*b\* renk ölçüm sistemine göre, D65 ışık kaynağı cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her testte her bir deney grubu tespiti için 10'ar adet örnek kullanılmıştır. 2 gruba (kontrol+ ısıl işlem) ayrılan sarıçam ve Uludağ göknarı test örnekleri için renk değişimi ( $\Delta L$ ) aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

$$\Delta L = L_f - L_i$$

$$\Delta a = a_f - a_i$$

$$\Delta b = b_f - b_i$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (4)$$

Bu eşitlikte “f” alt indisi işlem sonrası değerleri, “i” alt indisi işlem öncesi değerleri  $\Delta E$  ise renklerin L, a, b yönlerinde meydana gelen toplam renk değişikliklerini göstermektedir.  $\Delta E$ ' nin düşük değerde olması renkte oldukça az miktarda değişim olduğunu ya da hiçbir değişiklik olmadığını göstermektedir (Söğütlü ve Sönmez, 2006).

### 2.3.4 Çapraz Lamine Kereste Malzemenin Hazırlanması

Yaklaşık 45,7x9x2 cm (uzunluk x genişlik x kalınlık) boyutlarında sarıçam (*Pinus Sylvestris*) ve Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana* Mattf) kerestelerinin yapılacak deneylerde daha doğru sonuçlar vermesi için Bartın Üniversitesi Mobilya Dekorasyon Atölyesinde bulunan kalınlık makinesinde yüzey düzgünlüğü (Şekil 26), planya



makinesinde ise kenar düzgünlüğü sağlanmıştır. Pürüzsüz bir yüzey elde edildikten sonra kerestelerin daire testere makinesinde genişlikleri ayarlanmıştır.



Şekil 26: Kalınlık makinesinde yüzey düzgünlüğünün sağlanması (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

ÇLK deneyinde üst tabakada ısıl işlem uygulanacak deney örnekleri, etüv makinesinde Thermo wood yöntemiyle ısıl işleme tabi tutulmuştur.

Yüzey düzgünlükleri sağlanan ve boyutları ayarlanan bütün örnekler beş parça yan yana olacak şekilde poliüretan tutkalı ile yapıştırılmıştır. Sağlam ve düzgün bir yapışma gerçekleştirebilmek için beşli parçalar işkence yardımıyla sıkıştırılmıştır. Tutkalın üretici firma önerilerine uyularak tam kuruma sağlanmıştır (Şekil 27).



Şekil 27: Örneklerin işkence ile sıkıştırılması (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Yapışma sonrası; tutkalın dışarı taşması, ısı işlem sonrası odunda meydana gelen deformasyonlar vb. çeşitli olumsuzlukların bertaraf edilmesi adına tank zımpara ile yüzey düzgünlüğü sağlanmıştır (Şekil 28). Bu durum, kat aralarında kullanılan tutkalın yapışma performansını etkilememesi, stabil bir yapışmanın sağlanması adına yapılmıştır. Silan astar uygulanacak örnekler bir fırça yardımıyla üretici firma talimatlarına uygun şekilde sürülerek kurumması beklenmiştir.



Şekil 28: Tank zımpara ile yüzey düzgünlüğü (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Üç tabakalı, 45x45x2 cm olan çapraz lamine kereste deney örneklerinde yıllık halkaların birbiriyle aynı yönlü olmamasına dikkat edilmiştir. Tabakalar arasına 1 m<sup>2</sup>'de 200 gr. olacak şekilde poliüretan tutkalı kullanılmıştır. Hazırlanan örnekler alt ve üst tabaka sıcaklığı olmaksızın 4 bor basınç altında tutkalın firma tavsiyelerine uyularak Şekil 29'da görüldüğü gibi Cemil Usta SSP 180 pres makinesinde en az 2 saat süreyle preslenmiştir.



Şekil 29: Tabakalar arası yapışmada presleme (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

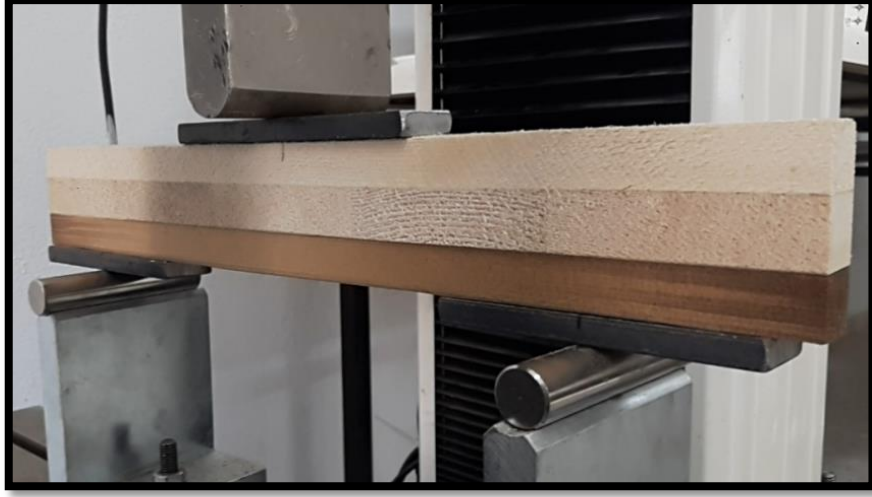
Bir gün sonunda deney örnekleri prestan çıkarılmıştır. Bu durumda, deneylerde kullanılmak üzere hazırlanmış 45x45x6 cm ebatlarında her iki ağaç türü için 5 adet, toplamda 10 adet çapraz lamine panel örneği Bartın Üniversitesi Mobilya Dekorasyon Atölyesinde uygun bir şekilde istiflenerek 1 hafta süreyle bekletilmiştir (Şekil 30).



Şekil 30: Hazırlanan çapraz lamine panel örneği (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

### 2.3.5 Eğilmede Makaslama Direnci ve Elastikiyet Modülü

Eğilmede makaslama ve eğilmede elastikiyet modülü deneyleri TS-EN 310 standartlarına uygun olarak yapılmışlardır (TSE, 1999). Numuneler 420x20x60 mm boyutunda ebatlandırılmıştır. Deney numuneleri % 65±5 °C nispi rutubet ve 20±2 °C sıcaklık şartlarında değişmez kütleye ulaşmaya kadar kondisyonlanmıştır. Bir gün ara ile yapılan tartmalarda birbirini takip eden iki ölçme arasında kütle farkının, deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu kütle değişmez olarak kabul edilmiştir. Toplam 121 adet numunenin klimatize edilme işlemi tamamlandıktan sonra genişlikte yükün uygulanacağı bir noktadan, kalınlıklarda ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde bulunan iki noktadan 0,01 mm duyarlılıkta dijital kumpasla ölçülerek ortalaması alınmıştır. Yük deney örneklerinin tam orta noktasından uygulanmıştır. Deneyler U test cihazında yapılmıştır. Eğilmede makaslama ve eğilmede elastikiyet modülü deney örneği Şekil 31'de verilmiştir.



Şekil 31: Eğilmede makaslama direnci ve elastikiyet modülü deney uygulaması (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Deneyde aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır:

$$\sigma_E = \frac{3 \times F_{\max} \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (5)$$

- $\sigma_E$  : Eğilme direnci ( $N/mm^2$ ),  
F : Kırılma anında uygulanan maksimum kuvvet (N),  
L : Mesnetler arası mesafe (mm),  
b : Örnek genişliği (mm),  
h : Örnek yüksekliğidir (mm).

$$E_m = \frac{\Delta F \times L^3}{4bh^3 \times \Delta d} \quad (6)$$

- $E_m$  : Eğilmede elastikiyet modülü ( $N/mm^2$ ),  
 $\Delta F$  : Elastikiyet deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N), ( $F_2 - F_1$ ),  
L : Mesnetler arası mesafe (mm),  
b : Örnek genişliği (mm),  
h : Örnek yüksekliği (mm),

$\Delta d$  : (F2-F1) Kuvvet artışı nedeni ile test örneği uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır (mm).

### 2.3.6 Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci deneyi BS EN 205 standardına uygun şekilde, U test cihazı kullanılarak yapılmıştır (EN, 2016). İlk kez uygulanan bu deney için bu standart tercih edilmiştir. 50x50x60 mm boyutundaki numuneler deneyin uygulanabilmesi için Şekil 32’de görüldüğü gibi metal aksanlara silikon yardımıyla yapıştırılarak deneyin yapılmasına uygun pozisyona getirilmiştir. Hazırlanan toplam 64 adet numune test makinasının kavrama çeneleri arasına yerleştirilmiş ve çekme kuvveti uygulanarak kırılmıştır. Yükleme hızı 60 mm/sn olarak sabit tutulmuştur. Kuvveti uygulayan başlığın hareket hızı, yükü deney boyunca stabil olarak uygulayarak, deney parçasını koparacak maksimum kuvvete ulaşacak şekilde ayarlanmıştır.



Şekil 32: Yüzeye dik çekme direnci deneyi için hazırlık aşaması (Fotoğraf: Z.Eda ÖZAN, 2017).

Buna göre yüzeye dik çekme direnci eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$\sigma_{\text{Ç}} = \frac{F_{\text{max}}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(7)

Burada;

$\sigma_C$  : Yüzeye dik çekme direnci (N/mm<sup>2</sup>),

Fmax : Kopma yükü (N),

a,b : Deney numunesinin uzunluk ve genişliğidir (mm).

### **2.3.7 İstatistiksel Değerlendirme**

Bu çalışmada; deney sonuçlarına ait veriler, Statgraphics Centurion paket programı kullanarak, tek yönlü varyans analizi, %95 güven aralığında Tukey testi ve interaksyonları yapılmıştır.

## BÖLÜM 3

### BULGULAR

Bu bölümde, sarıçam ve Uludağ göknarı odunu kullanılarak hazırlanan ÇLK odun örneklerine ait bazı mekanik analizler istatistiksel olarak yorumlanarak verilmiştir. Deneyleerde kullanılan örnekler Tablo 5’de verilmiştir:

Tablo 5: Deney türlerine verilen kısaltmaların açıklaması.

Deney Türü		Açıklama
Sarıçam	Uludağ göknarı	
A1	B1	Katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanan, 3 kat masif test örnekleri
A2	B2	Üst tabaka arası silan astar ile desteklenen, katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanmış 3 kat masif test örnekleri
A3	B3	Katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanan; üst tabaka ısıtılma işlemine tabi tutulmuş, diğer katlar masif test örnekleri
A4	B4	Üst tabaka arası silan astar ile desteklenen, katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanmış, üst tabaka ısıtılma işlemine tabi tutulmuş, diğer katlar masif test örnekleri

#### 3.1 Yoğunluk Değeri Ortalamaları

Malzemelerin, ortalama hava kuru yoğunluk değerleri Tablo 6’da gösterilmiştir:

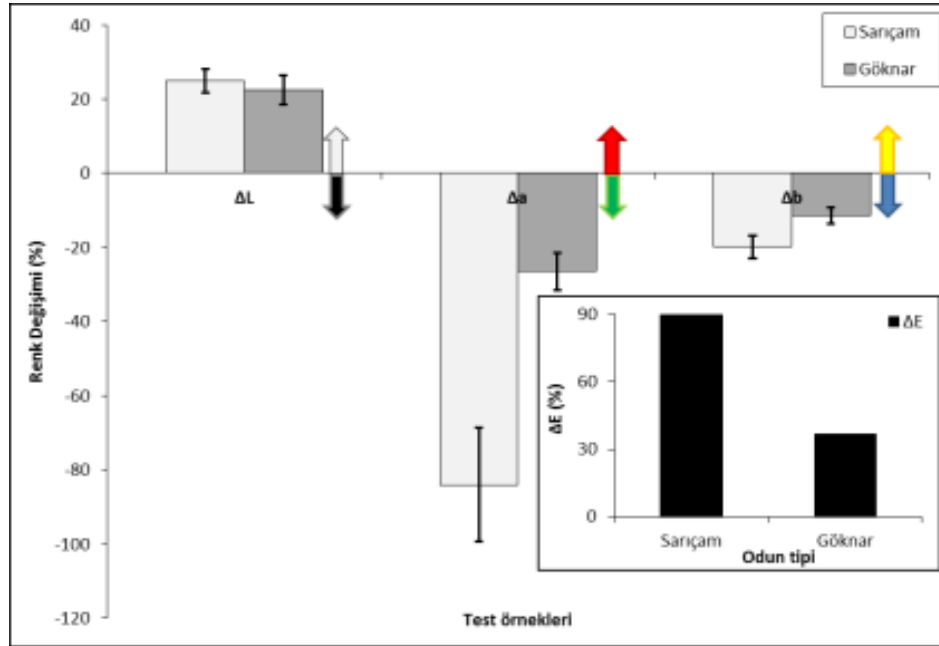
Tablo 6: Masif haldeki kontrol ve ısıtılma işlem görmüş test örneklerinin %12 rutubette, yoğunluk değerleri.

Ağaç Türü	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	
	Kontrol	Isıl İşlem
Sarıçam	0,47	0,42
Uludağ Göknarı	0,33	0,31

Sarıçam ve Uludağ göknarına ait kontrol ve ısıtma işlem görmüş test örnekleri incelendiğinde, yoğunluk bakımından sırasıyla %10,6 ve % 6 oranında azalma olduğu belirlenmiştir.

### 3.2 Renk Değişimi

Renk değişimi, ağaç malzemenin fotokimyasal reaksiyonları başlatan elektromanyetik radyasyonun bütün dalga boylarını absorbe etmesinden kaynaklanmaktadır (Hon, 1981). CIELab sistemi Şekil 33’de görüldüğü gibi L, a, b (renklilik koordinatları) olmak üzere üç parametreden oluşmaktadır. L değeri 0 ile 100 arasında bir değer olup, 0 siyahlığı 100 ise beyazlığı temsil etmektedir. Rakam küçüldükçe parlaklığın azaldığı anlaşılmaktadır.  $a > 0$  kırmızı,  $a < 0$  yeşil rengini;  $b > 0$  sarı,  $b < 0$  mavi rengini temsil etmektedir. Isıl işlem (termal muamele) sonrası  $\Delta L$  değeri Uludağ göknarı test örneklerinde %22,5 oranında, sarıçam test örneklerinde %25 oranında artış göstermiştir. Ton beyaza yaklaşmıştır.  $\Delta a$  değerlerine göre Uludağ göknarı ve sarıçam test örnekleri sırasıyla %26,5 – %84;  $\Delta b$  değerleri de %11,4 – %19,9 oranında azalmıştır. a renk tonu yeşil, b mavidir. Sarıçamın %89,9, Uludağ göknarının % 36,6 değer gösterdiği  $\Delta E$  renk değişiminin fazla olduğunu göstermektedir. Sarıçam odunu göknar odununa göre daha fazla renk değişimine uğramıştır.



Şekil 33: Termal muamele sonrasında ahşap materyallerdeki renk değişimleri.



### 3.3 Çapraz Lamine Kereste (ÇLK) Örneklerine Ait Bazı Mekanik Özelliklerin Ortalamaları

Bazı mekanik özelliklerin deney türlerine göre ortalamaları Tablo 7’de verilmiştir:

Tablo 7: Bazı mekanik test deneylerine ait ortalamalar (N/mm<sup>2</sup>).

Deney Türü	$\sigma_M$	$\sigma_E$	Em	$\sigma_C$
A1	8,816	38,458	2302	0,651
A2	7,371	38,718	2344,4	1,125
A3	6,630	38,104	2229,4	0,269
A4	6,951	32,739	2073,1	0,174
B1	8,041	51,632	3025,4	0,894
B2	7,624	58,503	3236,5	0,913
B3	7,744	55,242	3078,2	0,385
B4	6,731	41,269	2899,6	0,428

Ortalamaları verilen bazı mekanik özelliklere ait sonuçların minimum ve maksimum değerleri Tablo 7’de koyu renkli olarak gösterilmiştir. Bu bulgular incelendiğinde, çekmede makaslama direnci en yüksek değerinin A1, en düşük değerinin A3 deney türünde; eğilmede makaslama direnci ve eğilmede elastikiyet modülü en yüksek değerlerinin B2, en düşük değerlerinin A4; yüzeye dik çekme direnci en yüksek değerinin A2, en düşük değerinin A4 deney türünde olduğu saptanmıştır.

### 3.4 Deney Örneklerine Ait İstatistiksel Bulgular

Bu çalışma sonucunda elde edilen çekmede makaslama direnci, eğilmede makaslama ve elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direncine ait istatistiksel bulgular aşağıda verilmiştir.

#### 3.4.1 Çekmede Makaslama Direncine Ait Bulgular

Çekmede makaslama direncine ait istatistik verileri Tablo 8’de gösterilmiştir:

Tablo 8: Çekmede makaslama direncine ait istatistik veriler.

Deney Türü	Örnek Sayısı	$X_{ort}(N/mm^2)$	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)	Min. Değer	Max. Değer
A1	7	8,816	0,384	17,42	6,070	11,045
A2	7	7,371	0,248	13,44	5,425	8,705
A3	7	6,630	0,520	31,37	3,820	9,005
A4	7	6,951	0,286	16,47	5,390	8,355
B1	7	8,041	0,492	24,49	6,055	11,130
B2	7	7,624	0,429	22,49	5,810	10,190
B3	7	7,744	0,235	12,15	6,840	9,210
B4	7	6,731	0,345	20,48	5,130	8,600

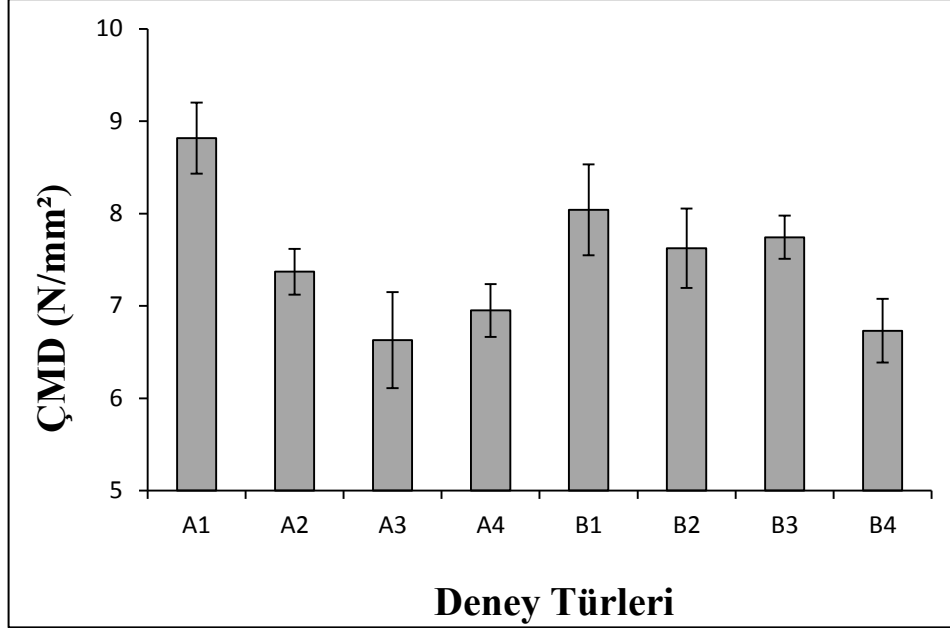
Elde edilen çekmede makaslama direnci deney sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı yapılan varyans analizi ile irdelenmiştir. Yapılan varyans analizi sonucu Tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: Elde edilen çekmede makaslama direnci sonuçları doğrultusunda varyans analizi.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar arası	26,35	7	3,764	1,62	0,152
Gruplar içi	111,453	48	2,322		
<b>Toplam</b>	<b>137,803</b>	<b>55</b>			

\*p<0,05

Varyans analizi tablosuna bakıldığında gruplar arası (sekiz grup arasındaki farkı gösteren), gruplar içi (hata) ve toplam (bağımlı değişkendeki toplam değişimi gösteren) değerlerine ait kareler toplamı, serbestlik derecesi, kareler ortalaması, f istatistiği değeri ve p değeri olduğu görülmektedir. F test istatistiği 1,62 olarak hesaplanmıştır. P-değeri=0,152 olasılığına sahiptir. Bu değer 0,05’ten büyük olduğu için grup ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olmadığını göstermektedir. Bu durum sonucunda; sıfır hipotezinin 0,05 anlamlılık düzeyinde reddedilmediği, yani varyansların birbirine eşit olduğu ve makaslama dirençleri arasında istatistiksel bir farkın olmadığı kanısına varılmıştır. Çekmede makaslama direnci deneyinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 34’de gösterilmiştir.



Şekil 34: Çekmede makaslama direnci deneyinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri.

### 3.4.2 Eğilmede Makaslama Direncine Ait Bulgular

Eğilmede makaslama direncine ait istatistik veriler Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10: Eğilmede makaslama direncine ait istatistik veriler.

Deney Türü	Örnek Sayısı	$X_{ort}(N/mm^2)$	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)	Min. Değer	Max. Değer
A1	10	38,458	7,902	20,55	23,475	52,298
A2	8	38,718	10,611	27,40	23,085	49,980
A3	13	38,104	5,681	14,91	22,980	45,390
A4	25	32,739	7,268	22,20	21,075	46,148
B1	14	51,632	9,935	19,24	29,108	66,368
B2	13	58,503	4,283	7,32	51,203	67,260
B3	13	55,242	5,635	10,20	42,345	62,303
B4	25	41,269	10,726	25,99	25,433	58,868

Eğilmede makaslama direncine ait bulguların istatistiksel olarak önemli olup olmadığı yapılan varyans analizi ile irdelenmiştir. Buna göre yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 11’de görüldüğü gibidir.

Tablo 11: Elde edilen eğilmede makaslama direnci sonuçları doğrultusunda varyans analizi.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
<b>Gruplar arası</b>	9475,71	7	1353,67	19,99	0,00
<b>Gruplar içi</b>	7650,3	113	67,7018		
<b>Toplam</b>	17126	120			

\*p<0,05

Varyans analizi tablosu incelendiğinde gruplar arası (sekiz grup arasındaki farkı gösteren), gruplar içi (hata) ve toplam (bağımlı değişkendeki toplam değişimi gösteren) değerlerine ait kareler toplamı, serbestlik derecesi, kareler ortalaması, f istatistiği değeri ve p değeri olduğu görülmektedir. F test istatistiği 19,99 olarak hesaplanmıştır. P-değeri=0 olasılığına sahiptir. Bu değer 0,05'ten küçük olması grup ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan %95 güven aralığında Tukey testine ait sonuçlar Tablo 12'de, interaksiyonları ise Tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 12: Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede makaslama direncine etkisini gösteren Tukey testine ait eş gruplar ve ortalamaları.

Deney Türü	N	X <sub>ort</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Eş Gruplar
<b>A4</b>	25	32,739	X
<b>A3</b>	13	38,104	XX
<b>A1</b>	10	38,458	XX
<b>A2</b>	8	38,718	XX
<b>B4</b>	25	41,269	X
<b>B1</b>	14	51,632	X
<b>B3</b>	13	55,242	X
<b>B2</b>	13	58,503	X

Tablo 13: Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede makaslama direncine etkisini gösteren Tukey Testine ait interaksyonlar.

İteraksiyon	Fark	Limit (±)	İteraksiyon	Fark	Limit (±)
A1 - A2	-0,260	12,054	A3 - B1*	-13,528	9,787
A1 - A3	0,354	10,688	A3 - B2*	-20,400	9,967
A1 - A4	5,719	9,508	A3 - B3*	-17,139	9,967
A1 - B1*	-13,174	10,521	A3 - B4	-3,165	8,689
A1 - B2*	-20,045	10,688	A4 - B1*	-18,893	8,482
A1 - B3*	-16,784	10,688	A4 - B2*	-25,764	8,689
A1 - B4	-2,811	9,508	A4 - B3*	-22,504	8,689
A2 - A3	0,614	11,419	A4 - B4*	-8,530	7,187
A2 - A4	5,979	10,322	B1 - B2	-6,871	9,787
A2 - B1*	-12,914	11,262	B1 - B3	-3,611	9,787
A2 - B2*	-19,785	11,419	B1 - B4*	10,363	8,482
A2 - B3*	-16,525	11,419	B2 - B3	3,261	9,967
A2 - B4	-2,551	10,322	B2 - B4*	17,235	8,689
A3 - A4	5,365	8,689	B3 - B4*	13,974	8,689

\*) P<0,05

Toplam sekiz deney türü için eğilmede makaslama direnci test sonuçları doğrultusunda, %95 güven aralığında yapılan Tukey testi sonuçlarına göre; 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğu görülmüştür.

% 95 güven aralığında yapılan eğilmede makaslama direnci Tukey testi ve interaksiyon sonuçlarına göre, A1, A2, A3 ve B1, B2, B3 deney türlerinin kendi aralarında anlamlı olduğu görülmüştür. A grubu (sarıçam) deney türleri incelendiğinde, kendi içinde hiçbir farkın olmadığı belirlenmiştir. Bu farkın, B1, B2, B3 deney türleri ile A1, A2, A3, A4, B4 arasında olduğu görülmüştür. B grubu (Uludağ göknarı) deney türleri irdelendiğinde, B4'ün diğer B gruplarından farklı olduğu görülmüştür. Ayrıca; A4 deney türünün, B grubu deney türlerinin tümüyle arasında önemli bir farkın olduğu belirlenmiştir.

### 3.4.3 Eğilmede Elastikiyet Modülü Direncine Ait Bulgular

Eğilmede elastikiyet modülüne ait istatistik veriler Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14: Eğilmede elastikiyet modülüne ait istatistik veriler.

<b>Deney Türü</b>	<b>Örnek Sayısı</b>	<b>X<sub>ort</sub>(N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Standart Sapma</b>	<b>Varyasyon Katsayısı (%)</b>	<b>Min. Değer</b>	<b>Max. Değer</b>
<b>A1</b>	9	2302	316,039	13,73	1901	2872
<b>A2</b>	8	2344,4	623,293	26,59	1901	3857
<b>A3</b>	9	2229,4	506,98	22,74	1627	3214
<b>A4</b>	20	2073,1	567,778	27,39	1174	3375
<b>B1</b>	14	3025,4	613,798	20,29	2250	3857
<b>B2</b>	13	3236,5	439,296	13,57	2700	4500
<b>B3</b>	10	3078,2	463,268	15,05	2077	3375
<b>B4</b>	22	2899,6	583,268	20,12	2077	3857

Elde edilen eğilmede elastikiyet modülü deney sonuçlarının istatistiksel olarak önemli olup olmadığı yapılan varyans analizi ile irdelenmiştir. Buna göre yapılan varyans analizi Tablo 15’de gösterilmiştir.

Tablo 15: Elde edilen eğilmede elastikiyet modülü sonuçları doğrultusunda varyans analizi

<b>Varyasyon Kaynağı</b>	<b>Kareler Toplamı</b>	<b>Serbestlik Derecesi</b>	<b>Kareler Ortalaması</b>	<b>F-Oranı</b>	<b>P-Değeri</b>
<b>Gruplar arası</b>	1,97E+07	7	2,82E+06	9,76	0,00
<b>Gruplar içi</b>	2,80E+07	97	288547		
<b>Toplam</b>	4,77E+07	104			

\*p<0,05

Varyans analizi tablosuna bakıldığında gruplar arası (sekiz grup arasındaki farkı gösteren), gruplar içi (hata) ve toplam (bağımlı değişkendeki toplam değişimi gösteren) değerlerine ait kareler toplamı, serbestlik derecesi, kareler ortalaması, f istatistiği değeri ve p değeri olduğu görülmektedir. F test istatistiği 9,76 olarak hesaplanmıştır. P-değeri=0 olasılığına sahiptir. Bu değer 0,05’ten küçük olması grup ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan %95 güven aralığında Tukey testine ait sonuçlar Tablo 16’da ve interaksiyonları ise Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 16: Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede elastikiyet modülü etkisini gösteren Tukey Testine ait eş gruplar ve ortalamaları.

Deney Türü	N	$X_{ort}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Eş Gruplar
A4	20	2073,1	X
A3	9	2229,44	X
A1	9	2302	XX
A2	8	2344,38	XXX
B4	22	2899,64	XXX
B1	14	3025,43	XX
B3	10	3078,2	XX
B2	13	3236,54	X

Tablo 17: Deney türüne göre % 95 güven aralığında eğilmede elastikiyet modülü etkisini gösteren Tukey Testine ait interaksiyonlar.

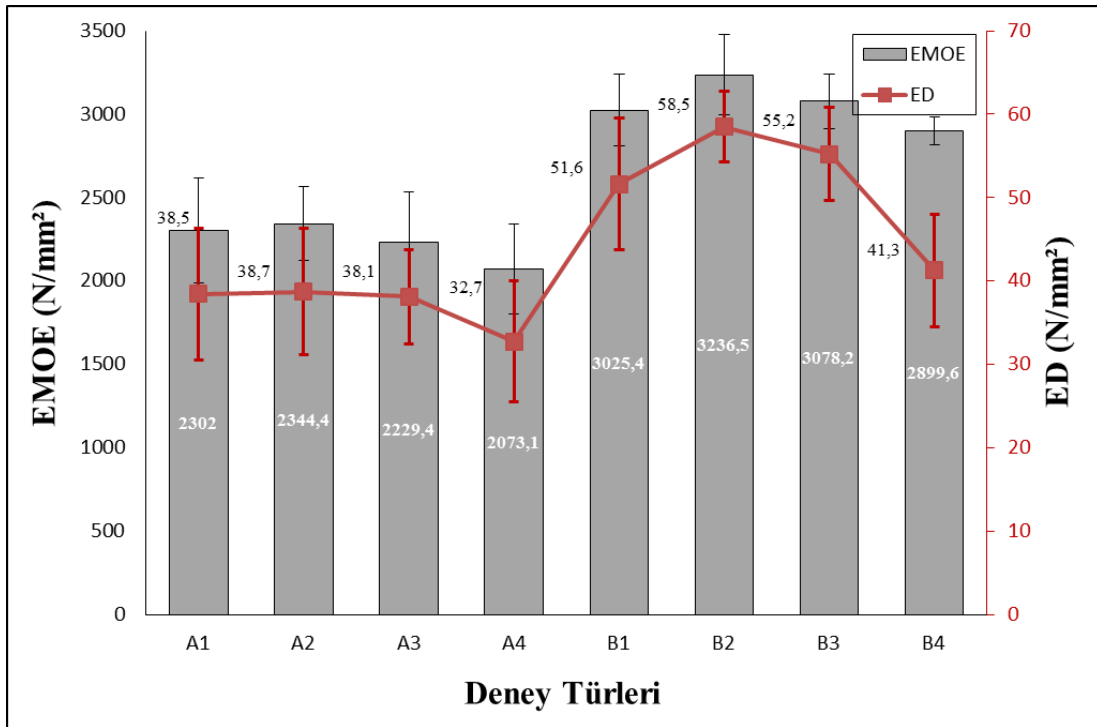
İnteraksiyon	Fark	Limit (±)	İnteraksiyon	Fark	Limit (±)
A1 - A2	-42,375	808,614	A3-B1*	-795,984	710,987
A1 - A3	72,5556	784,47	A3-B2*	-1007,09	721,608
A1 - A4	228,9	667,952	A3-B3*	-848,756	764,607
A1 - B1*	-723,429	710,987	A3-B4*	-670,192	658,463
A1 - B2*	-934,538	721,608	A4-B1*	-952,329	579,887
A1 - B3*	-776,2	764,607	A4-B2*	-1163,44	592,861
A1 - B4	-597,636	658,463	A4-B3*	-1005,1	644,508
A2 - A3	114,931	808,614	A4-B4*	-826,536	514,14
A2 - A4	271,275	696,148	B1-B2	-211,11	640,957
A2 - B1	-681,054	737,539	B1-B3	-52,7714	689,008
A2 - B2*	-892,163	747,783	B1-B4	125,792	568,93
A2 - B3	-733,825	789,358	B2-B3	158,338	699,963
A2 - B4	-555,261	687,048	B2-B4	336,902	582,149
A3 - A4	156,344	667,952	B3-B4	178,564	634,668

\*) P<0,05

Toplam sekiz deney türü için eğilmede elastikiyet modülü test sonuçları doğrultusunda, %95 güven aralığında yapılan Tukey testi ile 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğu görülmüştür (Tablo 17).

% 95 güven aralığında yapılan eğilmede elastikiyet modülü Tukey testi ve interaksiyon sonuçlarına göre, A ve B gruplarının kendi aralarında anlamlı olduğu görülmüştür. A3 ve A4 deney türü, B grubu deney türlerinin tümüyle farklılık göstermiştir. Yanı sıra, A1 deney türünün B1, B2, B3 deney türleri ile; A2 deney türünün de B2 deney türü ile arasında anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir.

Eğilmede makaslama direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneylerinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 35’de gösterilmiştir.



Şekil 35: Eğilmede makaslama direnci ve eğilmede elastikiyet modülü deneylerinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri.

### 3.4.4 Yüzeye Dik Çekme Direncine Ait Bulgular

Yüzeye dik çekme direncine ait istatistik veriler Tablo 18’de verilmiştir.



Tablo 18: Yüzeye dik çekme direncine ait istatistik veriler.

Deney Türü	Örnek Sayısı	$X_{ort}(N/mm^2)$	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)	Min. Değer	Max. Değer
A1	8	0,651	0,077	11,88	0,53	0,75
A2	8	1,125	0,056	5,01	1,04	1,21
A3	8	0,269	0,064	23,82	0,17	0,37
A4	8	0,174	0,045	25,91	0,12	0,26
B1	8	0,894	0,054	6,10	0,8	0,97
B2	8	0,913	0,166	18,19	0,71	1,22
B3	8	0,385	0,088	22,98	0,27	0,51
B4	8	0,428	0,114	26,58	0,27	0,62

Elde edilen yüzeye dik çekme direnci deney sonuçlarının istatistiksel olarak önemli olup olmadığı yapılan varyans analizi ile irdelenmiştir. Buna göre yapılan varyans analizi Tablo 19’da gösterilmiştir.

Tablo 19: Elde edilen yüzeye dik çekme direnci sonuçları doğrultusunda varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar arası	6,63534	7	0,947906	114	0,00
Gruplar içi	0,46565	56	0,00831518		
<b>Toplam</b>	<b>7,10099</b>	<b>63</b>			

\*p<0,05

Varyans analizi tablosuna bakıldığında gruplar arası (sekiz grup arasındaki farkı gösteren), gruplar içi (hata) ve toplam (bağımlı değişkendeki toplam değişimi gösteren) değerlerine ait kareler toplamı, serbestlik derecesi, kareler ortalaması, f istatistiği değeri ve p değeri olduğu görülmektedir. F test istatistiği 114 olarak hesaplanmıştır. P-değeri=0 olasılığına sahiptir. Bu değer 0,05’ten küçük olması grup ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olduğunu göstermektedir. Bu farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için yapılan %95 güven aralığında Tukey testine ait sonuçlar Tablo 20’de ve interaksiyonları ise Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 20: Deney türüne göre % 95 güven aralığında yüzeye dik çekme direnci etkisini gösteren Tukey Testine ait eş gruplar ve ortalamaları.

Deney Türü	N	$X_{ort}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Eş Gruplar
A4	8	0,174	X
A3	8	0,269	XX
B3	8	0,385	XX
B4	8	0,428	X
A1	8	0,651	X
B1	8	0,894	X
B2	8	0,913	X
A2	8	1,125	X

Tablo 21: Deney türüne göre % 95 güven aralığında yüzeye dik çekme direnci etkisini gösteren Tukey Testine ait interaksiyonlar.

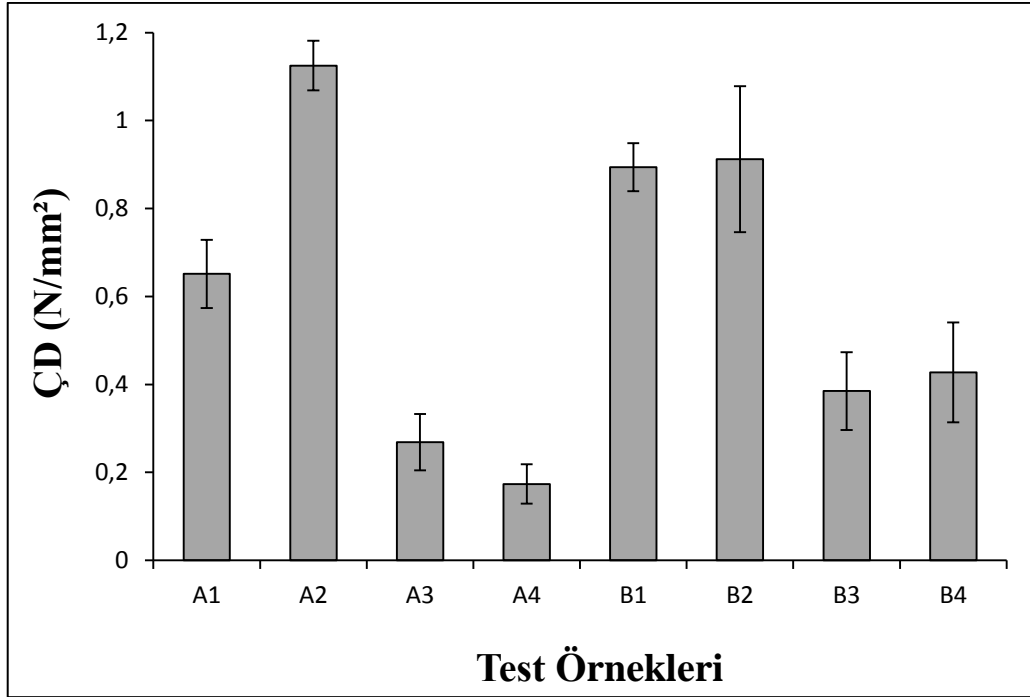
İnteraksiyon	Fark	Limit (±)	İnteraksiyon	Fark	Limit (±)
A1 - A2*	-0,474	0,144	A3 - B1*	-0,625	0,144
A1 - A3*	0,383	0,144	A3 - B2*	-0,644	0,144
A1 - A4*	0,478	0,144	A3 - B3	-0,116	0,144
A1 - B1*	-0,243	0,144	A3 - B4*	-0,159	0,144
A1 - B2*	-0,261	0,144	A4 - B1*	-0,720	0,144
A1 - B3*	0,266	0,144	A4 - B2*	-0,739	0,144
A1 - B4*	0,224	0,144	A4 - B3*	-0,211	0,144
A2 - A3*	0,856	0,144	A4 - B4*	-0,254	0,144
A2 - A4*	0,951	0,144	B1 - B2	-0,019	0,144
A2 - B1*	0,231	0,144	B1 - B3*	0,509	0,144
A2 - B2*	0,213	0,144	B1 - B4*	0,466	0,144
A2 - B3*	0,740	0,144	B2 - B3*	0,528	0,144
A2 - B4*	0,698	0,144	B2 - B4*	0,485	0,144
A3 - A4	0,095	0,144	B3 - B4	-0,043	0,144

\*) P<0,05

Toplam sekiz deney türü için yüzeye dik çekme direnci test sonuçları doğrultusunda, % 95 güven aralığında yapılan Tukey testi ile 0,05 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak önemli bir farklılık olduğu sonucuna varılmıştır.

% 95 güven aralığında yapılan yüzeye dik çekme direnci Tukey testi ve interaksiyon sonuçlarına göre, A3-A4, A3-B3, B3-B4 ve B1-B2 deney türlerinin kendi aralarında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Bunun dışında kalan deney türlerinin birbirleri arasında anlamlı bir fark olduğu belirlenmiştir.

Yüzeye dik çekme direnci deneyinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri Şekil 36’da gösterilmiştir.



Şekil 36: Yüzeye dik çekme direnci deneyinde test türlerine göre ortalama ve standart sapma değerleri.

### 3.5 ÇLK Kırılma Çeşitleri

Sarıçam (A) ve Uludağ göknarı (B) ÇLK test örneklerinde daha çok görülen kırılma çeşitleri Şekil 37’de verilmiştir:



**A1-B1**



**A2-B2**



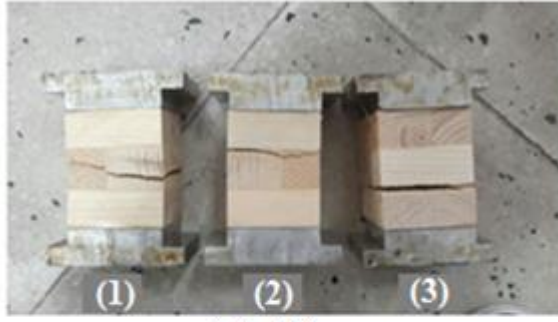
**A3-B3**



**A4-B4**

Şekil 37: ÇLK örneklerinde eğilmede makaslama deneyinde kırılma şekilleri (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

Eğilmede makaslama direnci deneyinde deney türlerine ait çoğunlukla görülen kırılma şekilleri Şekil 37’de gösterilmiştir. Katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanan, üç kat masif test örneklerine (A1-B1, kontrol) bakıldığında, örneklerde parçalı kırılma meydana geldiği görülmüştür. Burada, hem makaslama hem de eğilme etkileri söz konusudur. Üst tabaka arasında tutkal silan astar ile desteklenen, üç kat masif (ısıtılmış odun) test örnekleri (A2-B2) ve katlar arası sadece PU tutkalı kullanılan, üst tabaka ısıtılmış odun tabakası tutulmuş, diğer katlar masif (ısıtılmış odun) test örneklerine (A3-B3) bakıldığında örneklerin çoğunda makaslama kırılması olduğu tespit edilmiştir. Örnekler şekilde görüldüğü gibi ısıtılmış odun tabakanın tam orta noktasından kırılmaya uğramıştır. Üst tabaka arası tutkal silan astar ile desteklenen ve ısıtılmış odun tabakası tutulmuş, katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanmış, diğer katlar masif (ısıtılmış odun) test örneklerinde (A4-B4) eğilme kırılması gerçekleşmiştir.



**A1-B1**



**A2-B2**



**A3-B3**



**A4-B4**

Şekil 38: ÇLK örneklerinde yüzeye dik çekme deneyinde kırılma şekilleri (Fotoğraf: Z. Eda ÖZAN, 2017).

ÇLK örneklerine ait yüzeye dik çekme direnci deneyinde meydana gelen kırılma şekilleri Şekil 38’de görülmektedir. Katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanan, üç kat masif test örneklerinin (A1-B1, kontrol) kırılma şekillerine bakıldığında, (3) numaralı örneğin tutkal hattından kırıldığı görülmüştür. (1) ve (2) numaralı deney örneklerinde odundan kırılma gerçekleşmiştir. Bu deney türünde genellikle odunda kırılma olmuştur. Üst tabaka arası tutkal silan astar ile desteklenen, katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanmış üç kat masif (ısıtılmış) test örnekleri (A2-B2) silan astar uygulanmış tabakadan kopmamıştır. Katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanan; üst tabaka ısıtılmış tutulmuş, diğer katlar masif (ısıtılmış) test örnekleri (A3-B3) ve üst tabaka arası tutkal silan astar ile desteklenen, katlar arası PU tutkalı kullanılarak hazırlanmış, üst tabaka ısıtılmış tutulmuş, diğer katlar masif (ısıtılmış) test örnekleri (A4-B4) incelendiğinde bütün örneklerde kopmanın ısıtılmış tutkal hattında gerçekleştiği görülmüştür. Isıtılmanın yapışma kabiliyetini azalttığını bu sonuçlar doğrultusunda anlaşılmıştır.

## BÖLÜM 4

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Bartın ilinin yerel kereste ticareti Kartal Ağaç San. Tic. firmasından rastgele seçim yöntemi ile temin edilen, ülkemizde doğal olarak yetişen sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) kullanılmıştır. Yapı malzemesi olan çapraz lamine keresteye ısı işlem uygulanarak, bazı mekanik özellikler üzerine etkisi ve buna bağlı olarak kullanım olanakları araştırılmıştır. Yapılan araştırmalar incelendiğinde, ısı işlem görmüş ağaç malzemenin ÇLK üretiminde bilgimiz dâhilinde araştırılmadığı görülmüştür.

Isıl işlem sonrası yoğunluk değerleri irdelendiğinde, sarıçam odun örneklerinde %10.6, Uludağ göknarı odun örneklerinde % 6 oranında azalma olduğu belirlenmiştir. Altınok vd. (2010) 185-212 °C'de ısı işlem uygulaması ile karaçam ve diş budak örneklerinde sıcaklıkla birlikte yoğunluğun azaldığını tespit etmişlerdir.

Odunda meydana gelen renk değişimi incelendiğinde; ısı işlem sonrası toplam renk değişikliği ( $\Delta E$ ) sonuçlarına göre sarıçam test örnekleri % 89.9, Uludağ göknarı test örnekleri % 36,6 değer göstermiştir. Değerlerden de anlaşılacağı üzere sarıçam odunu, Uludağ göknar odununa göre daha fazla renk değişimine uğramıştır. Bekhta ve Niemz (2003) kayın odunu ile yaptığı çalışmada, mekanik özelliklerin %5-%40 oranında azaldığını, sıcaklığa bağlı olarak boyutsal stabilizasyonun arttığı ve odunun renginin koyulaştığını belirlemişlerdir.

Yapılan istatistikî sonuçlara göre, bazı mekanik özelliklerin deney türlerine ait minimum-maksimum ortalamalarına bakıldığında, çekmede makaslama direnci en yüksek değeri  $A1=8,816 \text{ N/mm}^2$ , en düşük değeri  $A3=6,630 \text{ N/mm}^2$ ; eğilmede makaslama direnci en yüksek değeri  $B2=58,503 \text{ N/mm}^2$ , en düşük değerleri  $A4=32,739 \text{ N/mm}^2$ ; eğilmede elastikiyet modülü en yüksek değeri  $B2=3236,5 \text{ N/mm}^2$ , en düşük değeri  $A4=2073,1 \text{ N/mm}^2$ ; yüzeye dik çekme direnci en yüksek değeri  $A2=1,125 \text{ N/mm}^2$ , en düşük değeri  $A4= 0,174 \text{ N/mm}^2$  olarak belirlenmiştir.

Çekmede makaslama direnci varyans analizi sonucu doğrultusunda, grup ortalamaları arasında önemli bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Çekmede makaslama direnci ortalamaları için, her iki ağaç türünde en yüksek değerlerin kontrol örneklerinde olduğu görülmüştür. Sarıçam ağaç türü değerleri incelendiğinde; ısıtma işlemi uygulanan deney türlerinde, silan astar iradesiyle yaklaşık %5 oranında iyileşme olduğu tespit edilmiştir. Fakat buradaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır. Uludağ göknarında silan astarın ısıtma işlemi üzerine hiçbir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bunun nedeni yoğunluğunun düşük olması ile ilişkilendirilmiştir. Söğütü ve Döngel (2007) PU tutkalı kullanarak masif ağaç malzeme ile yaptığı çalışmada çekmede makaslama direnci ortalama değerlerini akasya, armut, kestane, meşe ve Toros sediri için sırasıyla; 11.25 N/mm<sup>2</sup>, 8.55 N/mm<sup>2</sup>, 8.70 N/mm<sup>2</sup>, 10.36 N/mm<sup>2</sup> ve 6.29 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlemiştir.

Eğilmede makaslama direnci varyans analizi sonucu incelendiğinde, grup ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olduğu tespit edilmiştir. Eğilmede makaslama direnci ortalamalarına bakıldığında, Uludağ göknarı değerlerinin sarıçam değerlerinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeninin; Uludağ göknarının tutkalın emme kapasitesinin, sarıçamdan daha fazla olması olarak düşünülmüştür. Bu durum ispatlanmak istenirse, elektromikroskop ile kesitlerin görüntüsü alınarak inceleme yapılabilir. En yüksek değerlerin her iki ağaç türünde de, ısıtma işlemi uygulanmamış silan astar ön muameleli (A2,B2) deney türlerinde olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar doğrultusunda, ısıtma işlemlisiz deney türlerinde silan astarın oldukça etkili olduğu fakat ısıtma işlemi uygulamasının değerleri düşürdüğü belirlenmiştir.

Eğilmede elastikiyet modülü varyans analizi sonucu irdelendiğinde grup ortalamaları arasında önemli bir farkın olduğu saptanmıştır. Eğilmede makaslama direnci ortalama sonuçları gibi göknar değerleri sarıçam değerlerinden daha yüksek çıkmıştır. En yüksek değerler silan astar uygulanmış ısıtma işlemlisiz (A2,B2) deney türlerinde görülmüştür. Isıtma işlemi silan astar uygulamasının düşmeye sebep olduğu belirlenmiştir. Isıtma işlemi malzemesinde silan uygulaması olumlu sonuç vermemiştir.

Hekimoğlu (2014) ÇLK üzerine yaptığı çalışmada, tabakalar arası yapışmada polivinil asetat tutkalı (PVAc D-3) ile kontrol ve tutkala nanokil ilaveli olarak, % 1, % 2 ve % 4 oranda karışım hazırlamıştır. Deney sonuçlarına göre, göknar ÇLK örneklerine ilave ettiği nanokil miktarına bağlı olarak, eğilme dirençlerinde ve eğilmede elastikiyet modüllerinde artış

olduğunu belirlemiştir. Sarıçam ÇLK örneklerinin eğilme dirençlerinde ilave ettiği nanokil miktarına bağlı olarak artış gözlemlerken sarıçam ÇLK örneklerinin eğilmede elastikiyet modüllerinde ilave ettiği nanokil miktarlarında % 1 ve % 2 oranında artış, % 4 oranında azalma meydana geldiğini tespit etmiştir. Ayrıca, epoksi tutkalı ile hazırladığı örneklerde, göknar ÇLK değerlerinin en düşük, sarıçam ÇLK değerlerinin ise diğer örneklere göre en yüksek sonuç verdiğini görmüştür.

Yüze dik çekme direnci varyans analizi sonucuna göre, grup ortalamaları arasında önemli bir farkın olduğu belirlenmiştir. Silan astarın deneylerde etkisi incelendiğinde; ısı işlem uygulanmamış deney türleri (A2-B2), kontrol örnekleri (A1-B1) ile kıyaslandığında, sarıçam ve Uludağ göknarında sırasıyla %42, % 2 oranında artış olduğu görülmüştür. Isıl işlem uygulanmış deney türlerinde ise sarıçamda %35'lik düşüşe sebep olurken, Uludağ göknarında %10 oranında artış sağladığı belirlenmiştir. Sonuçlar doğrultusunda ısı işlem uygulanmamış sarıçam deney türünde silan astarın önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Fakat ısı işlem uygulamasının hiçbir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bilgimiz dâhilinde, ÇLK üretiminde yüze dik çekme direnci tespiti hususunda daha önce bir çalışma yapılmamış olması nedeniyle bu çalışma bir ilk olup, literatürdeki mevcut bilgi eksikliğine katkı sağlayacağı ve daha sonra yapılacak olan çalışmalara bir temel oluşturacağı düşünülmüştür.

Bu çalışma ile birlikte, doğal dayanıklılığı az olan ağaç türü ile oduna ekonomik değer kazandırarak direnci yüksek malzeme elde edilmiştir. ÇLK üretiminde tutkalın yapışma performansı ve bazı mekanik özellikleri silan astar malzemesi ile birlikte artırılmıştır. Masif (kontrol) ÇLK üretiminde silan astar malzemesi tutkalın yapışma performansını artırarak mekanik özelliklerin iyileşmesini bu sayede de su iticilik özelliklerinin de artmasını sağlamıştır. Böylece dış hava koşullarına uygun bir malzeme olduğu belirlenmiştir.

Isıl işlem görmüş malzemenin, çalışmada yapılan mekanik özelliklerde direnç azalmasına sebep olduğu görülmüştür. Bunun sebebini Kotilainen (2000) yaptığı çalışmada ısı işlem ile ahşapta meydana gelen ağırlık kayıpları ve hemiselülozun bozunması olarak açıklamıştır. Bu sebeple ısı işlem uygulaması iyi işlenme özelliklerinin olduğu, stabilite ve görselin önemli bulunduğu alanlarda kullanılması önerilebilir.



Yapı sektöründe ÇLK malzemenin kullanımıyla birlikte, inşaatın tamamlanmasında zamandan oldukça fazla kazanç sağlanacaktır. Ayrıca enerji tüketimi de minimum seviyeye düşürülecektir. Bu çalışma sayesinde; kolay kurulumu, ısı yalıtımı gibi olumlu özellikleri göz önünde bulundurularak, doğal afet gibi durumlarda prefabrik konutların kullanımına olanak sağlanmıştır. Bu çalışma bu açıdan, ülkemiz inşaat sektörü için yol gösterici nitelik taşımaktadır. Ayrıca kullanılan tutkal türü değiştirilerek ÇLK malzeme üzerinde etkisi incelenebilir. Polimerin termal kararlılığı ve mekanik özelliklerini artıran çapraz bağlayıcılar (organik peroksitler, aminler veya amitler, epoksitler, serbest radikal ve UV kür monomerleri, izosiyanatlar) kullanarak sonuçların irdelenmesi önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- Akkemik, Ü. (2007). Dendroloji (Dendroloji, Odunsu Bitkiler ve Bitki Materyali Dersleri İçin) Ders Notları, İstanbul, 26 s.
- Akkılıç, H., Kaymakçı, A. ve Ünsal, Ö. (2014). Isıl işlem uygulanmış ahşap malzemenin dış cephe kaplaması. 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3– 4 Nisan 2014, Yıldız Teknik Üniversitesi, Beşiktaş – İstanbul.
- Altınok, M. (2002). Ahşap tutkallı birleşmelerde yapışma performansına sıcaklık artışının etkileri. *Politeknik Dergisi*, 5(4): 341-345.
- Altınok, M., Perçin, O. ve Doruk, G. (2010). Isıl işlemin (thermo-process) ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisinin incelenmesi. D.P.Ü., *Fen Bilimleri Dergisi*, 23: 71-84.
- Anon., (2013). XLAM NZ LTD. *Cross Laminated Timber Design Guide*, Mart 2013.
- Ayan, S. ve Ciritcioğlu, H.H. (2012). Isıl işlemin ahşap lamine panellerin bazı fiziksel özellikleri ve vida tutma dayanımına etkisinin belirlenmesi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 1(1): 35-46.
- Azambujaa, M. ve Diasb, A. (2006). Use of castor oil-based polyurethane adhesive in the production of glued laminated timber beams materials research. Vol. 9, No. 3, pp. 287–291.
- Barber, D. ve Gerard, R. (2014). [http://www.yanginguvenlik.com.tr/yayin/0/yuksekatli-ahsap-binalar\\_6773.html#.VngW-baLTIU](http://www.yanginguvenlik.com.tr/yayin/0/yuksekatli-ahsap-binalar_6773.html#.VngW-baLTIU), Eylül 2014, Yüksek Katlı Ahşap Binalar. *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, 21 Aralık 2015.
- BBS, (Binderholz Building Systems) (2015). BBS Ahşap Yapı. [http://www.binderholz.com/fileadmin/PDF/Services\\_Kontakt/Videos\\_Download/Prospekte/BBS\\_TR\\_WEB.pdf](http://www.binderholz.com/fileadmin/PDF/Services_Kontakt/Videos_Download/Prospekte/BBS_TR_WEB.pdf), 30 Haziran 2015.
- Beceren Öztürk, R. ve Arnoğlu, N. (2006). Türk sarıçamından lamine ahşap kirişlerin mekanik özellikleri. *İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık, Planlama, Tasarım Dergisi*, 5(2): 25-36.
- Bekhta, P. ve Niemz, P. (2003). Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. *Holzforschung*, 57(5): 539-546.
- Boonstra, M.J. (2008). A two-stage thermal modification of wood. Ph.D. dissertation in co supervision Ghent University and Université Henry Poincaré - Nancy pp. 1-297, ISBN 978-90-5989-210-1.
- Bostancıoğlu, E. ve Birer Düzgün, E. (2004). Ekoloji ve ahşap–Türkiye’de ahşap malzemenin geleceği. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 9(2): 37-44.

- Bourgois, J., Bartholin, M.C. ve Guyennet, R. (1989). Thermal treatment of wood: analysis of the obtained product. *Wood Science and Technology*, 23(4): 303-310.
- Bozkurt, Y. (1992). Odun Anatomisi, Fakülte Yayın No. 415, Üniversite Yayın No 3652, İstanbul Üniversitesi Basım evi ve Film Merkezi, İstanbul, 298 s.
- Bozkurt, A.Y. ve Erdin, N. (1989). Ticarete Önemli Yabancı Ağaçlar. D.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, D.Ü. Yayın No:3572, O.F. Yayın No:4 İstanbul, s. 180-182.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. (1990). Ticarete kullanılan ağaçlarda fiziksel ve mekanik özellikler. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, Seri: B, 40(1).
- Burdurlu, E., Kılıç, M., İlçe, A.C. ve Uzun Kavak, O. (2005). Kayın (*Fagus orientalis* Lipsky.) ve kavaktan (*Populus nigra*) üretilen kompozit lamine malzemelerde katman organizasyonun eğilme dayanımı ve elastikiyet modülü üzerine etkileri. *Journal of Qafqaz University*, 149 (164).
- Ceccotti, A., Follesa, M., Lauriola, M.P., Sandhaas, C., Minowa, C. ve Yasumura, M. (2006). Which seismic behave our factor for multi-storey buildings made of cross-laminated wooden panels?. Meeting 39 of the Working Commission W18-Timber Structures, CIB. Florence, Italy, paper CIB-W18/39-15-4.
- Chow, S.Z. (1971). Infrared spectral characteristics and surface activation of wood at high temperatures. *Wood Science Technology*, 5: 27-39.
- Çağlar, Y. (2003). Dendroloji (Ağaç bilim) ve Orman Ekoljisi "Okulu" Ders Notları, Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği Yayın No 13, Ankara, 155 s.
- Çavuş, V. (2008). I-214 (*Populus X Euramericana*) Melez Kavak Klonundan Fenol Formaldehit ve Üre Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilmiş Paralel Şerit Kerestelerinin (PŞK) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 59 s.
- Dizel, T. ve Uzun, İ. (2007). Yonga levha ile birleştirilen kenar masifinin yapışma direncine kullanılan tutkalın etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8 (1): 15-25.
- Dönmez, K. (2005). Gökmar (*Abies Ssp.*), Sarıçam (*Pinus sylvestris*) ve Karaçam (*Pinus nigra*) Keresteleri Kalite ve Verim İlişkileri. Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
- Eliçin, G. (1971). Türkiye Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)'larında Morfogenetik Araştırmalar. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, no:180, İstanbul.
- EN, (2013). EN 302-1, Adhesives for load-bearing timber structures - Test methods - Part 1: Determination of longitudinal tensile shear strength.

- EN, (2016). Adhesives. Wood adhesives for non-structural applications. Determination of tensile shear strength of lap joints.
- Enjily, V. ve Jones, D. (2006). The potential for modified materials in the panel products industry. Wood Resources and Panel Properties Conference, COST Action E44/E49, 12-14 June, 2006, Valencia, Spain.
- Feist, W.C., Sell, J. (1987). Weathering behaviour of dimensionally stabilized wood by heating under pressure of nitrogen gas. *Wood and Fiber Science*, 19(2): 183– 195.
- Fengel, D. ve Wegener, G. (1984). Wood: Chemistry, ultrastructure, reactions. *Walter De Gruyter*, Berlin, 613.
- Filiz, M., Usta, P. ve Şahin, H.T. (2011). Melamin, üre formaldehit tutkalı, kızılçam ve çay atıkları ile elde edilen yonga levhanın bazı teknik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 15(2): 88-93.
- Frihart, R.C. (2005). Wood adhesion and adhesives. USDA, Forest Service, Forest Product Laboratory, Madison, pp. 250-251.
- Gagnon, S. ve Pirvu, C. (2011). CLT Handbook: Cross-Laminated Timber. FP Innovations, Vancouver, BC.
- Garrote, G., Domínguez, H. ve Parajó, J.C. (1999). Hydro thermal processing of lignocellulosic materials, *Holz Als Roh- Und Werkstoff*, 57(3): 191-202.
- Gerengi, H., Akçay, Ç., Güler, C. ve Şahin, H.İ. (2012). Orman ürünleri endüstrisinde kullanılan fenol ve melamin formaldehit tutkallarının paslanmaz çelik (AISI 316L) korozyonuna etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 13: 155-161.
- Gindl, W., Zargar-Yaghubi, F. ve Wimmer, R. (2003). Impregnation of softwood cell walls with melamine-formaldehyde resin. *Bioresource Technology*, 87: 325–330.
- Göker, Y. (1976). Kontrplak, kontrtabla ve yonga levhaları sanayiinde kullanılan tutkallar. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 1(B): cilt XXVI.
- Güller, B. (2001). Odun kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, A(2): 135-160.
- Güntekin, E. ve Aydın Yılmaz, T. (2015). Kızılçamdan (*Pinus brutia* Ten.) üretilen tabakalı kerestede cam lifi ve çelik plaka ile güçlendirmenin eğilme performansına etkisi. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1): 73-77.
- Güzel, N. ve Yesügey, S.C. (2015). Çapraz lamine ahşap (CLT) malzeme ile çok katlı ahşap yapılar. *Mimarlık 382 Dergisi*, Mart-Nisan 2015.
- Haygreen, J.G. ve Bowyer, J.L. (1996). Forest products and wood science. Third Edition. Iowa State University Press, Ames, USA.

- Head, P. (2008). Entering the ecological age: The engineer's role. Brunel Lecture/Arup, Institution of Civil Engineers.
- Hekimoğlu, V. (2014). Gök nar ve Sarıçam Odunlarından Nanokil İlaveli Çapraz Lamine Kereste Üretim Olanaklarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, BÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 75 s.
- Hon, D.N.S. (1981). Photochemical degradation of lignocellulosic material, in: Developments in Polymer Degradations. N. Grassie, ed. Appl. Sci. Publ., London.
- Huş, S. (1962). Ağaç malzeme tutkalları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2(B): cilt XII.
- Jeong, G.Y., Lee, J.J., Yeo, H., Hong, J., Kim, H.K., So W.T. ve Chung, W.Y. (2013). Optimized lamina size maximizing yield for cross laminated timber using domestic trees. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 41(2): 141-148.
- Johansson, D. (2005). Drying and heat treatment of wood: Influences on internal checking. *Proceedings 3rd Nordic Drying Conference*, Karlstad, Sweden, pp. 1-3.
- Johansson, D. (2008). Heat treatment of solid wood - Effects on Absorption, Strength and Colour. Ph.D Thesis, *Luleå University of Technology*, Sweden, 142 pp.
- Kamdem, D.P., Pizzi, A., Jermannaud, A. (2002). Durability of heat-treated wood. *Holz als Rohund Werkstoff*, 60(1): 1-6.
- Kasal, A., Efe, H. ve Dizel, T. (2010). Masif ve lamine edilmiş ağaç malzemelerde eğilme direnci ve elastikiyet modülünün belirlenmesi. *Politeknik Dergisi*, 13(3): 183-190.
- Keskin, H. (2002). Lamine Uludağ göknarı (*Abies Bornmülleriana* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Y.10, S.11, s. 127-136.
- Keskin, H., Atar, M. ve Kurt, R. (2003). Lamine edilmiş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1): 75-84.
- Kol Şahin, H., Özçifçi, A. ve Altun, S. (2008). Üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalı ile üretilen lamine ağaç malzemelerin ısı iletkenliği katsayısı üzerine empenye maddelerinin etkileri. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 8(2): 125-130.
- Korkut, S. (2005). Gürge n yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* S.) odununun bazı mekanik özellikleri üzerine ısı l işlem sıcaklık ve süresinin etkisi. *Ormancılık Dergisi*.
- Korkut, D.S, Korkut S. ve Dilik T. (2008). Effect of heat treatment on some mechanical properties of laminated window profiles manufactured using two types of adhesives. *International Journal of Molecular Sciences*, 9: 454-463.

- Kortelainen, S.M., Antikainen, T. ve Viitaniemi, P. (2006). The water absorption of sapwood and heart wood of scots pine ad Norway spruce heat-treated at 170 °C, 190 °c, 210 °C and 230 °C. *Holzals Rohund Werkstoff*, 64(3): 192-197.
- Kurt, R. (2002). Applications of fiber rein forced plactics (FRP) for glued laminated timber (Glulam). *IV. GAP Engineering Conference* (6-8 June), Sanliurfa.
- Kotilainen, R. (2000). Chemical kotilainen r. chemical changes in wood during heating at 150–260 °C. Ph.D. thesis, Jyva` skyla` University. Research report 80, Finland.
- Mallo, M.F.L.ve Espinoza, O. (2015). Awareness, perceptions and willingness to adopt Cross-Laminated Timber by the architecture community in the United States. *Journal of Cleaner Production*, 94: 198-210.
- Mataracı, T. (2002). Doğa Severler İçin Rehber Kitap (Ağaçlar): Marmara Bölgesi Doğal Egzotik Ağaç ve Çalılıarı. TEMA Vakfı Yayınları, İstanbul, 371 s.
- Mayes, D. ve Oksanen, O. (2002). ThermoWood Handbook. *Finnforest*, Finland.
- Mengeloğlu, F. ve Kurt, R. (2004). Mühendislik ürünü ağaç malzemeler tabakalanmış kaplama kereste (TAK) ve tabakalanmış ağaç malzeme (TAM). *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1): 39-44.
- Merev, N. (1984). Odun Anatomisi ve Odun Tanıtımı. Ders Notları, KTÜ Orm. Fak. Yay. 3652. Trabzon.
- Mohebbi, B. ve Sanaei, Ğ. (2005). Influences of the hydro-thermal treatment on physical properties of beech wood (*Fagus orientalis*). *Paper Prepared For 36th Annual Meeting*, Bangalore, India, 1-9 pp.
- Novawood, (2003). (ITWA),  
[http://novawood.com/upload/dosyalar/Thermowood\\_El\\_Kitabi.pdf](http://novawood.com/upload/dosyalar/Thermowood_El_Kitabi.pdf), Thermowood El Kitabı, Uluslararası Thermowood Derneği, 21 Aralık 2015.
- OGM, (2014). <http://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Orman%20Atlasi.pdf>, Orman Atlası. Orman Genel Müdürlüğü, 12 Aralık 2015.
- Önal, S. (1984). Müzik aletleri yapımında kullanılan yerli ağaç türleri ve özellikleri. *Ormanlık Araştırma Dergisi*, 30 (59):169–163.
- OSİB, (2013). Ormanlardan faydalanma. çalışma grubu 10. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Şura Çalışma Belgesi, Mart 2013.
- Özalp, M. (1996). Kontrplaklarda Dolgu Maddesi Oranının Eğilme Mukavemeti ve Formaldehit Ayrışmasına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Özalp, M., Atılğan, A., Esen, Z. ve Kaya, S. (2009). Comparing the resistance and bending in the plywoods which each made with different glues. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18: 99-104, ISSN-1302-3055.

- Özen, R. (1981). Kimyasal Kağıt Hamuru Atık Sularının Yonga Levha Üretiminde Yapıştırıcı Madde Olarak Değerlendirilmesi Olanakları. K.T.Ü., Trabzon, 152 s.
- Pehlivan, S. (2010). Sarıçam (*Pinus Sylvestris* L.) Ağaç Hacim Tablolarının Düzenlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 63 s.
- Perçin, O., Sofuoğlu Dündar, S. ve Altınok, M. (2015). Effect of heat treatment on some physical and mechanical properties of laminated wood. Proceeding of the XXVII. International Conference, *Research For Furniture Industry*, Gazi University, pp. 149-155.
- Pizzi, A. (1994). Advanced Wood Adhesives Technology. Prs. Marcel Dekker, New York, 235 pp.
- Risen, C. (2014). <http://www.popsci.com/article/technology/worlds-most-advanced-building-material-wood-0>, Mart 2014, The World's Most Advanced Building Material is... Wood. *Popüler Science Dergisi*, 21 Aralık 2015.
- Roffael, E. ve Schaller, K (1971). The influence of thermal treatment on cellulose. *Holzals Roh-und Werkstoff*, 29 (7): 275-278.
- Rowell, R. (1984). The chemistry of solid wood. *Advances in Chemistry 207*, American Chemical Society, Washington, DC, 614 pp.
- Saraçoğlu, Ö. (2011). Batı Karadeniz Yöresi Sarıçam Meşcerelerinde Artım ve Büyüme. Doktora Tezi, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Müh. Anabilim Dalı, İstanbul, 215 s.
- Sarıbaş, M. (2005). Türkiye'nin Odunsu Endemik Bitkileri. ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Yayınları, Bartın, 101 s.
- Sarıbaş, M. (2011.) Dendroloji I (Gymnospermae) II. Cilt, Dönmez Ofset, Ankara, 321s.
- Schickhofer, G. (2011). CLT structural engineering research in Europe, Cross-Laminated Timber Symposium and Workshop Delta Beausejour in Moncton, New Brunswick, Canada, Institute for Timber Engineering and Wood Technology, Graz University of Technology, Institute for Timber Engineering Moncton, Canada and Wood Technology.
- Schmidt, R.G. (1998). Aspect of wood adhesion: Application Of 3C CP/MAS NMRA and fracture testing. Doctoratethesis, Virginia Polytechnic Institute and State University January 30, 1998 Blacksburg, Virginia s.10.
- Serrano, E., Enquist B. ve Vessby, J. (2010). Vertical relative displacements in a medium-rise CLT-building. Structures and Architecture – Cruz (Ed.), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-49249-2.
- Shafizadeh, F. ve Bradbury, A.G.W. (1979). Thermal degradation of cellulose in air and nitrogen at low temperature. *J. Appl. Polym. Science*, 23: 1431-1442.

- Sjöström, E. (1993). *Wood chemistry: Fundamentals and applications*. Second Edition, Academic Press, San Diego-California 92101-4495 USA, 293 pp.
- Soltis, L.A. ve Rammer, D.R. (1994). Shear strength of unchecked glued-laminated beams. *Forest Products Journal*, 44: 51-57.
- Sögütlü, C. ve Sönmez, A. (2006). The effect of uv lights on color changes on some local wood processed with differential preservatives. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, Cilt 21(1): 151-159.
- Sögütlü, C. ve Döngel, N. (2007). Polivinilasetat (PVAc) ve poliüretan (PU) tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda çekmede makaslama dirençleri. *Politeknik Dergisi*, 10(3): 287-293.
- Sögütlü, C. ve Sönmez, A. (2008). Kündekari tekniğinde yapılmış ahşap panellerin boyutsal değişimlerinin belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(2): 349-356.
- Stauder, C. (2013). Cross laminated timber. An analysis of the Austrian industry and ideas for fostering its development in America, Fachhochschule Salzburg: University Of Applied Sciences.
- Steiger, R., Güllow, A. ve Gsell, D. (2008). Nondestructive evaluation of elastic material properties of cross laminated timber (CLT). Conference COST E53.
- Tankut, N. ve Sözen, E. (2014). Ülkemiz orman endüstrisinde mühendislik ürünü ağaç malzemeleri ve orman varlığına etkileri. II. Ulusal Akdeniz Orman Ve Çevre Sempozyumu, Akdeniz ormanlarının geleceği: Sürdürülebilir toplum ve çevre, Isparta.
- Tetik, M. (1986). Kuzeydoğu Anadolu'daki Saf Sarıçam (*Pinus Silvestris* L.) Ormanlarının Ekolojik Şartları. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 177.
- Tjeerdsma, B.F., Boonstra, M. ve Militz, H. (1998). Thermal modification of non-durable wood species2. Improved wood properties of thermal treated wood. In Proceedings of 29th Annual meeting, Maastricht-The Low Countries, 14-19 May, Doc. No. IRG/WP/98-40124.
- TSE, (1976a). TS 2471, Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini. Ankara.
- TSE, (1976b). TS 2472, Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. s.1-5.
- TSE, (1994). TS 93, Yapıştırıcılar – Sentetik reçineli (Fenolik ve Aminoplastik)- Rutubete dayanıklı (MR) –Ahşap malzemeler için. s.1-5.
- TSE, (1999). TS-EN 310, Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini.



- TSE, (2006). TS EN 386, Tutkallanmış lâmine kereste- performans özellikleri ve asgarî imalât şartları. s.1-11.
- TSE, (2014). TS EN 301, Yapıştırıcılar – Fenolik ve amino plastik – Yüke dayanımının gerekli olduğu ahşap yapılar için - Sınıflandırma ve performans özellikleri. s. 5-6.
- Ulucan, D. (2012). Isıl İşlem Koşullarının Ağaç Malzemenin Bazı Özellikleri Üzerine Etkisi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi.
- URL-1, (2014). [https://tr.wikipedia.org/wiki/Sar%C4%B1%C3%A7am\\_\(bitki\)](https://tr.wikipedia.org/wiki/Sar%C4%B1%C3%A7am_(bitki)), Sarıçam Bitkisi Hakkında Bilgi, 19 Haziran 2015.
- URL-2, (2015). <http://www.timber.net.au/index.php/long-span-timber-beams-types-of-long-span-timber-beams.html>, Glulam Şekli, 17 Aralık 2015.
- URL-3, (2015). [http://www.bayar.edu.tr/besergil/endustri\\_polimerleri.pdf](http://www.bayar.edu.tr/besergil/endustri_polimerleri.pdf), Endüstri Polimerleri, 29 Haziran 2015.
- URL-4, (2017). [http://www.akfix.com/\\_img/upload/PA360\\_WoodGlue-TDS-TR.pdf](http://www.akfix.com/_img/upload/PA360_WoodGlue-TDS-TR.pdf), Poliüretan Ahşap Tutkalı Hakkında Bilgi, 16 Mart 2017.
- URL-5, (2017). [http://www.stenkim.com.tr/data/images/urunler/pdf/stenasts\\_20160719160998608.pdf](http://www.stenkim.com.tr/data/images/urunler/pdf/stenasts_20160719160998608.pdf), Silan Malzeme Hakkında Bilgi, 17 Mart 2017.
- URL-6, (2014). <http://www.engenuiti.com/cms/upload/downloads/Advanced%20Timber%20Structures%20-%20Presentation.pdf>, Engenuiti, Mart 2014, Advanced Timber Structures. 21 Aralık 2015.
- Uysal, B. ve Kurt, Ş. (2005). Dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured by using different adhesives after the steam test. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4): 681-691.
- Uysal, B., Özçifçi A., Kurt, Ş. ve Yapıcı, F. (2005). Lamine malzemede su buharının boyutsal değişime etkisi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilgisi Dergisi*, 17(4): 655-663.
- Viitanen, H., Jämsä, S., Paajanen, L., Nurmi, A. ve Viitaniemi, P. (1994). The effect of heat treatment on the properties of spruce. *IRG/WP/40032 Annual Meeting*, Indonesia, Section4:1-4.
- Wallwork, T. (2012). Associate director buildings and design-CLT Sunumu. <http://ahc1893.com/wp-content/uploads/2012/04/Alfred-Horie-Construction-CLTNorwichAcademyandOtherEuropeanProjects.pdf>, 13 Kasım 2015.
- Wikberg, H. (2004). Advanced solid state nmr spectroscopic techniques in the study of thermally modified wood, Academic Dissertation. University of Helsinki, Department of Chemistry, Laboratory of Polymer Chemistry, Helsinki- Finland.

Yaltırık, F. (1993). İğne yapraklılardan: Göknarlar. *Cumhuriyet Bilim Teknik Dergisi*, Sayı: 313, 18 s.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Zeynep Eda ÖZAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : Altındağ / 23.08.1988

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi - Orman Fakültesi - Orman Endüstri Mühendisliği  
Yüksek Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi - Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı- Odun Mekaniği ve Teknolojisi Bilim Dalı  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce  
Makale : Sarıçam ve Uludağ Göknaar Odunlarının Bazı Özellikler Üzerine Termal Muamelenin Etkileri

### İş Deneyimi

Stajlar : TSE Ankara – 2010  
Yataş Ankara Mobilya Fabrikası – 2011  
Çalışma : Beş Hekim OSGB - İş Güvenliği Uzmanı  
Alınan Belgeler : İngilizce (ilk, orta, ileri kademe), MEB Sertifikası, 2010-2011  
Mobilya Endüstrisinde Fabrika Planlama Semineri Katılım Belgesi, Bartın Üniversitesi, 2011  
Geleceğini Netleştir“ adlı organizasyonda Katılım Belgesi Bartın Üniversitesi, 2011  
4. Kariyer Günleri’12 Katılım Sertifikası, İstanbul Üniversitesi, 2012  
3D Max Sertifikası, Bartın Üniversitesi, 2012  
İş Güvenliği Uzmanlığı Belgesi, 2013  
Bilgisayar Kullanımı (Bilgisayar İşletmenliği–Operatör Belgesi), MEB Sertifikası, 2014

### İletişim

E-Posta Adresi : z.edaozan@hotmail.com

Tarih : 12/09/2017