

**BAHÇE OTURMA MOBİLYA KONSTRÜKSİYONLARINDA ISIL İŞLEM  
UYGULANMIŞ AĞAÇ MALZEMENİN KULLANIM İMKANLARININ  
MÜHENDİSLİK TASARIMI YAKLAŞIMIYLA İNCELENMESİ**

**Mustafa ZOR**

**Bartın Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN  
Haziran 2011**




**KABUL:**

Mustafa ZOR tarafından hazırlanan “BAHÇE OTURMA MOBİLYA KONSTRÜKSİYONLARINDA ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AĞAÇ MALZEMENİN KULLANIM İMKANLARININ MÜHENDİSLİK TASARIMI YAKLAŞIMIYLA İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle (veya oyçokluğuyla) kabul edilmiştir. 27/06/2011

Başkan: Doç. Dr. Nurgül TANKUT (BÜ)

Üye : Doç. Dr. Ali Naci TANKUT (BÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI (KÜ)



**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 30/6/2011



Doç. Dr. Ali Naci TANKUT  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Mustafa ZOR



## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BAHÇE OTURMA MOBİLYA KONSTRÜKSİYONLARINDA ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ AĞAÇ MALZEMENİN KULLANIM İMKANLARININ MÜHENDİSLİK TASARIMI YAKLAŞIMIYLA İNCELENMESİ

Mustafa ZOR

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nurgül TANKUT

Haziran 2011, 143 sayfa

Bu çalışmada; karaçam (*Pinus nigra* L.), sarıçam (*Pinus slyvestris* L.), doğu ladini (*Picea orientalis* L.), ırocco (*Choropher excelsa*) ve dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.) odunlarından hazırlanan T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin mekanik performansları üzerine, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlem muamelesinin etkileri araştırılmıştır. 5 ağaç türü x 2 birleştirme tipi (açık zıvana ve kör zıvana) x 2 ısıl işlem özelliği x 2 yükleme tipi (eğilme direnci ve çekme direnci) x 6 tekerrür olmak üzere toplam 240 adet T-tipi birleştirme örnekleri hazırlanmıştır.

Eğilme deneyi sonuçlarına göre; ısıl işlem uygulanmış örneklerde iğne yapraklı ağaç türlerinden sarıçam türü açık zıvanalı birleştirmeleri, yapraklı ağaç türlerinden ırocco türü kör zıvanalı birleştirmeleri yüksek eğilme direnci değerleri göstermiştir. Birleştirme yerindeki sertlik değerinde, en yüksek performansı karaçam türü kör zıvanalı birleştirme ile sarıçam

## **ÖZET (devam ediyor)**

türü açık zıvanalı birleştirme göstermiştir. Birleştirme yeri rijitlik analizinde, en yüksek performansı karaçam türü kör zıvanalı birleştirme göstermiştir.

Çekme deneyi sonuçlarına göre, ısıl işlem uygulanmış örneklerde iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam türü kör zıvanalı birleştirmeleri, yapraklı ağaç türlerinden ırocco türü açık zıvanalı birleştirmeleri yüksek çekme direnci değerleri göstermiştir.

Sonuç olarak, ısıl işlem uygulanmış bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında kullanılacak olan ağaç malzemelerin mekanik performansları açısından hem eğilme hem de çekme direnci etkileşimleri incelendiğinde, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Genel olarak bakıldığında, üretilecek olan bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında, karaçam türü kör zıvanalı birleştirmeler kullanıma daha uygun görülmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Mobilya, Mühendislik Tasarımı, Isıl İşlem, Gerinim pulları, LVDT

**Bilim Kodu:** 502.07.01



## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **UTILIZATION OF HEAT TREATED WOODEN MATERIAL IN THE PRODUCTION OF GARDEN SITTING FURNITURE WITH THE AID OF ENGINEERING DESIGN PRINCIPLES**

**Mustafa ZOR**

**Bartın University**

**Graduate School of Natural and Applied Science**

**Department of Forest Industry Engineering**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof. Nurgül TANKUT**

**June 2011, 143 pages**

In this study, the effect of heat-treatment, wood and joint type on mechanical performance of T-type mortise and tenon post-rail joints prepared using Black pine (*Pinus nigra* L.), Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), Oriental Spruce (*Picea orientalis* L.), Iroko (*Choropher excelsa*) and Ash (*Fraxinus excelsior* L.) was investigated. Total of 240 T-type joint specimens including 5 wood material x 2 joint types (mortise-tenon and blind mortise-tenon) x 2 heat-treatment properties x 2 test types (bending strength and tension strength) x 6 replicates were prepared.

According to bending strength results, the maximum bending strength was found in Iroko (hardwood) for blind mortise and tenon joints and Scotch pine (softwood) for mortise and tenon joints. In terms of joint stiffness, the maximum performance in joint stiffness was determined for Black pine for blind mortise and tenon joints and Scotch pine (softwood) for

## **ABSTRACT (continued)**

mortise and tenon joints. In analyzes of joint rigidity, the maximum performance was found in Black pine for blind mortise and tenon joints.

The results of tension test showed that the maximum value of tension strength was obtained in Black pine (softwood) for blind mortise and tenon joints and Iroko (hardwood) for mortise and tenon joints.

Mechanical performance of heat-treated wood material used to produce garden sitting furniture in terms of both tension and bending interactions were investigated. It was found that heat-treatment, wood and joint type had a significant effect on T-type mortise and tenon post-rail joints. In general, for garden sitting furniture constructions to be produced with heat-treated Black pine was found to be suitable using with blind mortise and tenon joints.

**Key Words:** Furniture, Engineering Design, Heat Treatment, Strain Gauge, LVDT

**Science Code:** 502.07.01

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezinin bilimsel danışmanlığını üstlenerek gerek konunun seçiminde gerekse hazırlanması sırasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, çalışmaların her aşamasında görüşlerinden yaralandığım hocam Sayın Doç. Dr. Nurgül TANKUT'a (BÜ), çalışmalar süresince öneri ve tecrübelerini benden esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. Ali Naci TANKUT'a (BÜ) ve jüri sınavıma katılan hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Fatih YAPICI'ya (KÜ) teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayata hazırlanmamda her türlü destek ve emeği benden esirgemeyen çok kıymetli Rektör Yardımcısı Sayın Prof. Dr. Azize TOPER KAYGIN'a (BÜ), Sayın Yrd. Doç. Dr. Bülent KAYGIN'a (BÜ) ve Sayın Araş. Gör. Yafes YILDIZ'a (BÜ), istatistiksel verilerde yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Kenan MELEMEZ'e (BÜ), Sayın Yrd. Doç. Dr. S. Murat ONAT'a (BÜ) ve Araş. Gör. Deniz AYDEMİR'e (BÜ) teşekkür ederim.

Laboratuarda deneylerin yapım aşamasında desteklerini esirgemeyen arkadaşım Mehmet ULUNAM'a, tez yazım aşamasında bana destek veren değerli meslektaşım Yüksek Orman Endüstri Mühendisi Merve ENGİN'e, Seray ÖZDEN'e ve atölye çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Malzeme temininde yardımcı olan NOVA Orman Ürünleri A.Ş.'ye ayrıca teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteği esirgemeyen Babam ve Annem'e, bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren Amcam Zeki Zor ve Dayım Muzaffer Zor'a, varlığıyla beni mutlu eden canım yeğenim Buğra'ya en içten duygularıyla teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez, 110O038 nolu TÜBİTAK projesiyle desteklenmiştir. Her türlü teçhizat ve donanım ekipmanlarını kullanma imkânlarına olanak sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim.



## İÇİNDEKİLER

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| KABUL .....  | ii           |
| ÖZET .....   | iii          |
| ABSTRACT .....   | v            |
| TEŞEKKÜR .....   | vii          |
| İÇİNDEKİLER .....  | ix           |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                      | xiii         |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                    | xvii         |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....                       | xix          |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER .....                               | 1            |
| <br>   |              |
| 1.1 GİRİŞ .....  | 1            |
| 1.2 BAHÇE MOBİLYASININ TARİHÇESİ .....                     | 4            |
| 1.3 BAHÇE MOBİLYASININ TANIMI .....                        | 8            |
| 1.4 BAHÇE MOBİLYASI TÜRLERİ .....                          | 8            |
| 1.4.1 Bahçe Koltuğu .....                                  | 8            |
| 1.4.2 Bahçe Sandalyesi .....                               | 9            |
| 1.4.3 Bahçe Masası .....                                   | 10           |
| 1.4.4 Bahçe Sehpa .....                                    | 11           |
| 1.4.5 Salıncak .....                                       | 12           |
| 1.4.6 Şezlong .....  | 13           |
| 1.4.7 Servis Arabası .....                                 | 13           |
| 1.4.8 Şemsiye .....  | 14           |
| 1.4.9 Çardak (Pergule) .....                               | 14           |
| 1.4.10 Hamak .....   | 15           |
| 1.4.11 Banklar .....                                       | 17           |
| 1.5 BAHÇE OTURMA MOBİLYASINDA AĞAÇ MALZEME KULLANIMI ..... | 18           |
| 1.6 ISIL İŞLEM YÖNTEMİ (ThermoWood) .....                  | 19           |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|   | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 1.7 ISIL İŞLEM YÖNTEMİNİN SINIFLANDIRILMASI VE<br>KULLANILDIKLARI YERLER..... | 21           |
| 1.8 ISIL İŞLEMİN AĞAÇ MALZEME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ .....                | 22           |
| 1.8.1 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Kimyasal Değişimler .....            | 22           |
| 1.8.2 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Fiziksel Değişimler. ....            | 25           |
| 1.8.3 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Mekanik Değişimler .....             | 26           |
| 1.8.4 Isıl İşlem Sürecinde Meydana Gelen Biyolojik Değişimler.....            | 28           |
| 1.9 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....   | 29           |
| 1.9.1 Ayak-Kayıt Birleştirmeler .....   | 29           |
| 1.9.2 Birleştirme Tipi .....  | 32           |
| 1.9.3 Mobilyada Mukavemet Analizi.....  | 35           |
| 1.9.4 Isıl İşlem.....   | 39           |
| 1.10 GERİNİM ÖLÇÜMÜ ve DEFORMASYON .....                                      | 42           |
| 1.10.1 Genel Tanımlama .....  | 42           |
| 1.10.2 Gerinim Pulu ile Gerinim Ölçümü .....                                  | 44           |
| 1.10.3 Ağaç Malzemedeki Gerinim Pulu Kullanımı .....                          | 48           |
| 1.10.4 LVDT (Linear Variable Displacement Transducer) .....                   | 50           |
| <b>BÖLÜM 2 MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>  | <b>53</b>    |
| <b>2.1 MATERYAL.....</b>  | <b>53</b>    |
| 2.1.1 Ağaç Malzeme .....  | 53           |
| 2.1.1.1 Sarıçam .....   | 53           |
| 2.1.1.2 Karaçam .....   | 54           |
| 2.1.1.3 Irocco .....  | 54           |
| 2.1.1.4 Doğu Ladini .....   | 54           |
| 2.1.1.5 Dişbudak .....  | 54           |
| 2.1.2 Poliüretan Tutkalı (Desmodur-VTKA).....                                 | 55           |
| <b>2.2 YÖNTEM.....</b>  | <b>55</b>    |
| 2.2.1 Deneme Deseni .....   | 55           |
| 2.2.2 Birleştirmeler .....  | 57           |
| 2.2.3 Deney Örneklerinin Hazırlanması .....                                   | 62           |
| 2.2.4 Gerinim Pulunun Yapıştırılması ve LVDT (Linear Variable                 |              |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Displacement Tranducer) Bağlantısı .....   | 66           |
| 2.3 DENEY METODU .....   | 69           |
| 2.3.1 Test Cihazı .....  | 69           |
| 2.3.2 Gerilme Analizleri .....   | 70           |
| 2.3.2.1 Eğilme Direnci .....   | 70           |
| 2.3.2.2 Çekme Direnci .....  | 77           |
| 2.3.3 Kütle (Ağırlık) Kaybı.....   | 78           |
| 2.3.4 Yoğunluk Kaybı.....  | 78           |
| 2.3.5 Verilerin Değerlendirilmesi .....  | 79           |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 3 BULGULAR VE TARTIŞMA .....   | 81           |
| <br>   |              |
| 3.1 T-TİPİ AYAK-KAYIT BİRLEŞTİRMELERİNİN EĞİLME DİRENCİ .....                                  | 81           |
| 3.1.1 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştiriminin Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi.....        | 82           |
| 3.1.2 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştiriminin Eğilme Direnci Üzerine Birleştirme Tipinin Etkisi..... | 83           |
| 3.1.3 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştiriminin Eğilme Direnci Üzerine Isıl İşlemin Etkisi.....        | 84           |
| 3.1.4 Kırılma Tipi .....   | 88           |
| 3.2 MUKAVEMET ANALİZİ .....  | 92           |
| 3.2.1 Yük-Deformasyon Analizi .....  | 92           |
| 3.2.1.1 İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Yük-Deformasyon Analizi .....                            | 92           |
| 3.2.1.2 Yapraklı Ağaç Türlerinde Yük-Deformasyon Analizi .....                                 | 94           |
| 3.2.2 Birleştirme Sertliği .....   | 96           |
| 3.2.3 Gerilme-Gerinim Analizi.....   | 100          |
| 3.2.3.1 İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Birleşim Yerindeki Gerilme-Gerinim Analizi .....         | 100          |
| 3.2.3.2 Yapraklı Ağaç Türlerinin Birleşim Yerindeki Gerilme-Gerinim Analizi .....              | 103          |
| 3.2.4 Birleştirmede Rijitlik Analizi .....   | 104          |
| 3.3 T-TİPİ AYAK-KAYIT BİRLEŞTİRMELERİNİN ÇEKME DİRENCİ .....                                   | 111          |

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

|  | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| 3.3.1 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmenin Çekme Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi.....        | 111          |
| 3.3.2 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmenin Çekme Direnci Üzerine Birleştirme Tipinin Etkisi..... | 113          |
| 3.3.3 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmenin Çekme Direnci Üzerine Isıl İşlemin Etkisi.....        | 114          |
| 3.3.4 Kırılma Tipi .....   | 116          |
| 3.4 KÜTLE (AĞIRLIK) KAYBI .....  | 121          |
| 3.5 YOĞUNLUK KAYBI.....  | 122          |
| <br>   |              |
| BÖLÜM 4 SONUÇ VE ÖNERİLER.....   | 125          |
| <br>   |              |
| KAYNAKLAR.....   | 133          |
| ÖZGEÇMİŞ. ....   | 143          |



## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <u>No</u> |   | <u>Sayfa</u> |
|-----------|---|--------------|
| 1.1       | XIV. ve XVI. yy'dan günümüze ulaşabilmiş taştan yapılmış bahçe koltuklarına ait bir örnek ..... | 5            |
| 1.2       | XVII. ve XVIII .yy'da sıkça uygulanan çardak düzenlemesine ait bir örnek.....                   | 6            |
| 1.3       | XVIII. yy'da demirden oyularak yapılmış oturma mobilyasına ait bir örnek....                    | 7            |
| 1.4       | XX yy. düzenlemesine ait bir örnek.....   | 7            |
| 1.5       | Çeşitli malzemelerden imal edilmiş bahçe koltuğuna ait bir örnek.....                           | 9            |
| 1.6       | Bahçe sandalyesine ait bir örnek.....   | 10           |
| 1.7       | Çeşitli malzemelerden imal edilmiş bahçe masasına ait bir örnek.....                            | 11           |
| 1.8       | Dikdörtgen sehpaye ait bir örnek.....   | 12           |
| 1.9       | Bahçe salıncağına ait bir örnek.....  | 12           |
| 1.10      | Bahçe şezlonguna ait bir örnek.....   | 13           |
| 1.11      | Servis arabasına ait bir örnek.....   | 14           |
| 1.12      | Bahçe şemsiyesine ait bir örnek.....  | 14           |
| 1.13      | Bahçe pergulesine ait bir örnek.....  | 15           |
| 1.14      | Hamak'a ait bir örnek.....  | 16           |
| 1.15      | Çeşitli malzemelerden imal edilmiş banka ait bir örnek.....                                     | 17           |
| 1.16      | Ahşap bahçe mobilyasına ait örnekler.....   | 18           |
| 1.17      | Isıl İşlem Safhaları.....   | 20           |
| 1.18      | Selülozun olası degradasyon oluşumu (Fengel ve Wegener 1989).....                               | 24           |
| 1.19      | Hemiselülozun olası degradasyon oluşumu (Fengel ve Wegener 1989).....                           | 25           |
| 1.20      | Isıl işlem özellikleri.....   | 40           |
| 1.21      | Gerinim.....  | 42           |
| 1.22      | Direnç telleri.....   | 43           |
| 1.23      | Gerinim pulu ölçme akış şeması.....   | 44           |
| 1.24      | Wheatstone köprüsü.....   | 45           |
| 1.25      | Ankastre bir kirişte eğilme kuvveti uygulanarak birim deformasyon ölçümü...                     | 48           |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u> |   | <u>Sayfa</u> |
|-----------|---|--------------|
| 2.1       | T-tipi açık zıvanalı tutkallı birleştirmenin üç görünüş ve perspektif görünüşü..      | 57           |
| 2.2       | T-tipi kör zıvanalı tutkallı birleştirmenin üç görünüş ve perspektif görünüşü..       | 58           |
| 2.3       | T-tipi açık zıvanalı birleştirmede 2 görünüş.....                                     | 59           |
| 2.4       | T-tipi kör zıvanalı birleştirmede 2 görünüş.....                                      | 60           |
| 2.5       | Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerine ait örnek.....                               | 61           |
| 2.6       | Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerine ait örnek.....                                | 62           |
| 2.7       | Örneklerin kaba ölçümlerinin alınması.....  | 63           |
| 2.8       | Örneklere yüz-cumba açılması.....   | 63           |
| 2.9       | Örnek kalınlıklarının ayarlanması.....  | 64           |
| 2.10      | Örneklere boy ölçülendirmesi yapılması.....   | 64           |
| 2.11      | Örneklerin lamba genişliklerinin açılması.....  | 64           |
| 2.12      | Örneklere zıvana deliklerinin açılması.....   | 65           |
| 2.13      | Örneklere tutkal sürülmesi.....   | 65           |
| 2.14      | Örneklerin mengene ile sıkıştırılması.....  | 65           |
| 2.15      | Numune üzerine yapıştırılan Gerinim Pulları.....                                      | 66           |
| 2.16      | Veri aktarım kablosu ile Gerinim Pulu arasındaki bağlantıyı sağlayan soketler.        | 67           |
| 2.17      | LVDT cihazının numuneye bağlanması.....   | 67           |
| 2.18      | LVDT ve Gerinim pulunun eğilme deneyine tabi tutulması.....                           | 68           |
| 2.19      | Irocco türünün eğilme deneyi esnasında okunan Gerinim ve LVDT deformasyon değeri..... | 69           |
| 2.20      | Eğilme deneyinde Gerinim Pulu ve LVDT deney düzeneği.....                             | 69           |
| 2.21      | Ankastre mesnette birleştirmenin rijit olduğu durum.....                              | 71           |
| 2.22      | Sabit mesnette birleştirmenin rijit olmadığı durum.....                               | 72           |
| 2.23      | Birleştirmelerden elde edilen rijitlik skalası.....                                   | 73           |
| 2.24      | Ankastre mesnet birleştirmelerinde rotasyon durumu.....                               | 75           |
| 2.25      | Yük-Deformasyon grafiğinde birleştirme sertliği.....                                  | 76           |
| 2.26      | Çekme direnci deney düzeneği.....   | 78           |
| 3.1       | Açık zıvanalı birleştirmelerdeki eğilme direnci değişim oranları.....                 | 82           |
| 3.2       | Kör zıvanalı birleştirmelerdeki eğilme direnci değişim oranları.....                  | 83           |
| 3.3       | Birleştirme tipine göre ortalama eğilme dayanımı değerlerinin                         |              |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u> |   | <u>Sayfa</u> |
|-----------|---|--------------|
|           | karşılaştırılması.....  | 84           |
| 3.4       | Isıl işlem özelliğine göre ortalama eğilme dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.....                 | 85           |
| 3.5       | Ortalama maksimum eğilme taşıma kapasite değerlerinin karşılaştırılması                                 | 86           |
| 3.6       | Eğilme deneyinde sarıçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....                                    | 89           |
| 3.7       | Eğilme deneyinde dişbudak türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....                                   | 89           |
| 3.8       | Eğilme deneyinde karaçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....                                    | 89           |
| 3.9       | Eğilme deneyinde doğu ladini türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....                                | 90           |
| 3.10      | Eğilme deneyinde ırocco türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....                                     | 90           |
| 3.11      | Eğilme deneyinde ırocco türü TW örneklerinin kırılma tipi.....  | 91           |
| 3.12      | Eğilme deneyinde sarıçam türü TW örneklerinin kırılma tipi.....   | 91           |
| 3.13      | Eğilme deneyinde doğu ladini türü TW örneklerinin kırılma tipi.....                                     | 91           |
| 3.14      | Eğilme deneyinde karaçam türü TW örneklerinin kırılma tipi.....   | 92           |
| 3.15      | Eğilme deneyinde dişbudak türü TW örneklerinin kırılma tipi.....  | 92           |
| 3.16      | Doğu Ladini türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.....   | 93           |
| 3.17      | Sarıçam türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.....   | 93           |
| 3.18      | Karaçam türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.....   | 94           |
| 3.19      | Dişbudak türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.....  | 95           |
| 3.20      | Irocco türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.....  | 95           |
| 3.21      | Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre sertlik değişimi..... | 97           |
| 3.22      | Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre sertlik değişimi.....  | 98           |
| 3.23      | Gruplar arasındaki sertlik değerinin ortalamalarının karşılaştırılması.....                             | 100          |
| 3.24      | Doğu Ladini türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.....   | 100          |
| 3.25      | Sarıçam türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.....   | 101          |
| 3.26      | Karaçam türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.....   | 102          |
| 3.27      | Dişbudak türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.....  | 103          |
| 3.28      | Irocco türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.....  | 104          |
| 3.29      | Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna                            |              |

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

| <u>No</u> |  | <u>Sayfa</u> |
|-----------|--|--------------|
|           | rijitlik değişimi.....   | 106          |
| 3.30      | Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısı işlem grubunun, kontrol grubuna göre rijitlik değişimi.....       | 106          |
| 3.31      | Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısı işlem grubunun, kontrol grubuna göre çekme direnci değişimi..... | 112          |
| 3.32      | Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısı işlem grubunun, kontrol grubuna göre çekme direnci değişimi.....  | 113          |
| 3.33      | Birleştirme tipine göre ortalama çekme dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.....                          | 114          |
| 3.34      | Isı işlem özelliğine göre ortalama çekme dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.....                        | 114          |
| 3.35      | Çekme deneyinde dişbudak türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....   | 117          |
| 3.36      | Çekme deneyinde doğu ladini türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....                                      | 118          |
| 3.37      | Çekme deneyinde ırocco türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....   | 118          |
| 3.38      | Çekme deneyinde karaçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....  | 118          |
| 3.39      | Çekme deneyinde sarıçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi.....  | 119          |
| 3.40      | Çekme deneyinde doğu ladini türü TW örneklerinin kırılma tipi.....   | 119          |
| 3.41      | Çekme deneyinde karaçam türü TW örneklerinin kırılma tipi.....   | 119          |
| 3.42      | Çekme deneyinde sarıçam türü TW örneklerinin kırılma tipi.....   | 120          |
| 3.43      | Çekme deneyinde dişbudak türü TW örneklerinin kırılma tipi.....  | 120          |
| 3.44      | Çekme deneyinde ırocco türü TW örneklerinin kırılma tipi.....  | 120          |
| 3.45      | Kütle (Ağırlık) kaybı değişimi.....  | 121          |
| 3.46      | Yoğunluk kaybı değişimi.....   | 123          |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>No</u> |  | <u>Sayfa</u> |
|-----------|--|--------------|
| 1.1       | Bahçe Koltuğuna ait Standart Ölçüler.....  | 8            |
| 1.2       | Bahçe Sandalyesine ait Standart Ölçüler.....   | 10           |
| 1.3       | Bahçe Masasına ait Standart Ölçüler.....   | 11           |
| 1.4       | Bahçe Sehпасına ait Standart Ölçüler.....  | 11           |
| 1.5       | Bahçe Salıncağına ait Standart Ölçüler.....  | 12           |
| 1.6       | Bahçe Şezlonguna ait Standart Ölçüler.....   | 13           |
| 1.7       | Servis Arabasına ait Standart Ölçüler.....   | 13           |
| 1.8       | Banklara ait Standart Ölçüler.....   | 17           |
| 1.9       | Isıl işlem görmüş iğne yapraklı ve yapraklı ağaçların kullanımı.....   | 21           |
| 1.10      | Birim gerinim için direnç değişimi.....  | 44           |
| 1.11      | LVDT'nin temel karakteristik özellikleri.....  | 51           |
| 2.1       | Deneyde kullanılan deneme deseni.....  | 56           |
| 2.2       | Deney örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülleri.....  | 71           |
| 3.1       | Ortalama maksimum eğilme direnci ve ortalama maksimum eğilme momenti taşıma kapasitesi.....  | 81           |
| 3.2       | Kontrol grubu ve ısıl işlem grubu için ortalama eğilme direnci değerlerinin ağaç türü ve birleştirme tipi açısından karşılaştırılması..... | 82           |
| 3.3       | Eğilme direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....  | 86           |
| 3.4       | Eğilme direncinde ağaç türüne ait Duncan sonuçları.....  | 87           |
| 3.5       | Eğilme direncinde birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.....   | 87           |
| 3.6       | Eğilme direncinde ısıl işleme ait Duncan sonuçları.....  | 87           |
| 3.7       | Ortalama Birleştirme Sertlik Değerleri.....  | 96           |
| 3.8       | Birleştirme sertlik analizine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....   | 98           |
| 3.9       | Birleştirme yeri sertlik analizinde birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.....   | 99           |
| 3.10      | Birleştirme yeri sertlik analizinde ısıl işleme ait Duncan sonuçları.....  | 99           |
| 3.11      | Rijitlik analizinde LVDT <sub>1</sub> 'den hesaplanan ortalama rijitlik katsayı değerlerin oluşturulan skala ile karşılaştırılması.....    | 105          |

| <u>No</u> | <b>ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)</b>  | <u>Sayfa</u> |
|-----------|--|--------------|
| 3.12      | Birleştirmede rijitlik analizine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....  | 107          |
| 3.13      | Birleştirmede rijitlik analizinde ağaç türüne ait Duncan sonuçları.....  | 108          |
| 3.14      | Birleştirmede kararlılık analizinde LVDT <sub>1</sub> ve LVDT <sub>2</sub> 'den hesaplanan rotasyon değerleri.....                       | 109          |
| 3.15      | Birleştirmede rotasyonel kararlılık değerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....  | 109          |
| 3.16      | Birleştirmede rotasyonel kararlılık analizinin ağaç türüne ait Duncan sonuçları.....   | 110          |
| 3.17      | Birleştirmede rotasyonel kararlılık analizinin birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.....  | 110          |
| 3.18      | Birleştirmede rotasyonel kararlılık analizinin ısıtılma işlemine ait Duncan sonuçları.....   | 110          |
| 3.19      | Ortalama maksimum çekme direnci değerleri.....   | 111          |
| 3.20      | Kontrol grubu ve ısıtılma işlem grubu ortalama çekme direnci değerlerinin ağaç türü ve birleştirme tipi açısından karşılaştırılması..... | 112          |
| 3.21      | Çekme direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.....   | 115          |
| 3.22      | Çekme direncinde ağaç türüne ait Duncan sonuçları.....   | 115          |
| 3.23      | Çekme direncinde birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.....  | 116          |
| 3.24      | Çekme direncinde ısıtılma işlemine ait Duncan sonuçları.....   | 116          |
| 3.25      | Ağaç türlerine göre hava kurusu haldeki kütle (gr) değerleri.....  | 121          |
| 3.26      | Ağaç türlerine göre hava kurusu haldeki yoğunluk (gr/cm <sup>3</sup> ) değerleri.....  | 122          |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| <b>cm</b>                          | : Santimetre                 |
| <b>mm</b>                          | : Milimetre                  |
| <b>N</b>                           | : Newton                     |
| <b>F</b>                           | : Kuvvet                     |
| <b>vb.</b>                         | : ve benzeri                 |
| <b>GF</b>                          | : Gauge Factor (Ölçüm oranı) |
| <b>GAIN</b>                        | : Kazanç Faktörü             |
| <b><math>\varepsilon</math></b>    | : Gerinim                    |
| <b><math>\mu\varepsilon</math></b> | : Mikro gerinim              |
| <b><math>\Omega</math></b>         | : Ohm                        |
| <b><math>V_i</math></b>            | : İkaz Gerinimi              |
| <b><math>V_0</math></b>            | : Gerinim Farkı              |

## KISALTMALAR

|                |   |
|----------------|---|
| <b>TS</b>      | : Türk Standartları   |
| <b>TSE</b>     | : Türk Standartları Enstitüsü   |
| <b>TÜBİTAK</b> | : Türkiye Bilimsel Teknik Araştırma Kurumu  |
| <b>SG</b>      | : Strain Gauge (Gerinim Pulu)   |
| <b>LVDT</b>    | : Linear Variable Displacement Transducer (Doğrusal Değişken Fark Transformatörü) |
| <b>KNT</b>     | : Kontrol örnekleri   |
| <b>TW</b>      | : Isıl işlem örnekleri  |
| <b>MANOVA</b>  | : Multiple Analysis of Variance (Çoklu Varyans Analizi)                           |
| <b>AZ</b>      | : Açık zıvana   |
| <b>KZ</b>      | : Kör zıvana  |





## BÖLÜM 1

### GENEL BİLGİLER

#### 1.1 GİRİŞ

Mobilya denilince ilk akla gelen ahşap mobilyadır. Özellikle, masa, dolap, karyola, komodin, kitaplık gibi konut donatılarında, çeşitli büro donatılarında, okul sıra ve masalarında çoğunlukla ahşap malzeme kullanılmaktadır. Günümüzde mobilya yapımında çelik, alüminyum, cam ve plastik gibi diğer malzemeler kullanılmaya başlanmış ise de halen ahşap malzeme bu konuda popülaritesini sürdürmektedir.

Kolayca işlenebilmesi, birbirlerine kolayca birleştirilebilmesi, direncinin yüksek oluşu, eskidiğinde kolayca değiştirilebilmesi, boyanabilmesi gibi özellikler, ağaç malzemenin mobilya yapımında daha fazla tercih edilmesinin ana nedenleridir.

Ülkemizde ilerleyen teknolojiye paralel olarak yükselen yaşam standardı yanında hızlı bir kalkınma ve gittikçe endüstriyel kentleşmeye doğru büyüyen bir gelişme görülmektedir. Özellikle konut sektöründeki kavramsal değişimler, giderek küçülen mekânların daha esnek ve fonksiyonel kullanımları gerekli kıldığı gözlenmektedir (Eckelman 1966).

Tüketicinin giderek bilinçlenmesi, beğenilerin ve beklentilerin hızla değişmesi hala geçerliliğini büyük ölçüde koruyan kalıplaşmış mobilya çizgisinin değişimini kaçınılmaz kılmaktadır. Geçmişin el emeği yoğun, ağır yapılı mobilyalarına artık günümüzde rastlanılmamaktadır. Bu konuda, tasarımcılar ve mobilya üreticileri ürün tipini belirlerken; modülerlik, fonksiyonel, sağlamlık ve esnek kullanım gibi kriterleri göz önünde bulundurmaları hem eşyanın değerini artıracak hem de geniş pazar olanağı sağlayacaktır.

Mobilya üretiminde, dikkate alınması gereken önemli üç tasarım alanı vardır. Bunlar; estetik, tasarım, fonksiyonel tasarım ve mühendislik tasarımıdır. Estetik tasarım, bir mobilyada form,

orantı, renk, doku vb. unsurların tasarlanmasını konu alır. Fonksiyonel tasarım, mobilyadan beklenen fonksiyonların tespiti ve bu fonksiyonları karşılayacak mobilyanın tasarlanmasıdır. Mühendislik tasarımı ise, mobilyanın, direnci ve muhtemel yükler karşısındaki davranışlarının hesaplanmasını konu alır. Mühendislik tasarımı etkileyen faktörler; ergonomi, malzeme, konstrüksiyon ve üretim teknolojisi olarak belirtilmektedir (Efe 1994).

Bir mobilyanın mühendislik tasarımı, aşağıdaki safhalardan oluşan bir işlem sürecidir:

-Muhtemel yüklerin analizi; mobilyanın kullanım esnasında maruz kalacağı yüklerin belirlenmesi,

-Elemanların muhtemel ölçülerinin belirlenmesi ve deney düzeneğinin hazırlanması; söz konusu yükleri taşıyacak elemanların ya da parçaların tahmini ölçülerinin çıkarılması ve bir deneme düzeneğinin hazırlanması,

-Yük altındaki elemanlarda oluşan iç kuvvetlerin büyüklük ve dağılım analizi; deneydeki mobilya ve elemanların dış kuvvetlerin etkisi altında iken oluşan iç kuvvetlerin büyüklük ve analizlerin yapılması,

-İç gerilmelerin optimizasyonu; eğer gerekli ise; deney yapısının tekrar düzenlenmesi ve hiçbir parçada gereğinden fazla gerilme kalmayınca kadar işlemlerin tekrar edilmesi,

-Güvenilir bir konstrüksiyon-birleştirme-tasarımı; mobilyanın kullanım esnasında üzerine alacağı dış yükler ile bu yüklerin meydana getireceği iç gerilmeleri güvenle taşıyacak bir konstrüksiyonun-birleştirmenin-tasarımı.

Burada birinci safha, mobilyanın kullanım esnasında karşı koymak durumunda olduğu yüklerin tutarlı bir mantıkla belirlenmesidir. Mukavemet etme durumuna bağlı olarak yükler alternatifli olarak tasarlanabilir. Bir mutfak dolabına ne kadar ve ne ağırlıkta tabak konulacaktır ya da bir kitap rafına ne kadar yük konulacaktır gibi.

İkinci safha, mobilyanın üzerine gelmesi muhtemel yükleri güvenle taşıyıp taşıyamamasının deneneceği bir deney düzeneğinin oluşturulmasıdır. Kullanılan malzemenin kopma

mukavemeti birincil öneme sahip olmalı, ayrıca yorulma ve şok mukavemetleri, yük altında eğilip eğilmemesi, geliştirilmiş güçlü fabrikasyon birleştirmeler için uygun olup olmadığı ve bu özelliklerin her parçadaki değişimleri bilinmelidir. Mühendislik işlemleri sürecinde son safha, birleştirmelerin tasarımıdır. Böylece analizlerin tamamlanması ve eleman ölçülerinin tespitinden sonra her birleştirmeye gelen zorlama kuvvetleri güvenilir doğrulukta tanımlanır. Burada zayıf birleştirmeler nedeniyle sistemin deforme olduğu söylenebilir (Efe 1994).

Ahşap mobilya, konstrüksiyon tasarımı bakımından üç grupta incelenebilir. Bunlar; bileşenlerinin büyük çoğunluğunu tablaların oluşturduğu mobilyalar kutu (tabla) konstrüksiyonlu, masif kayıtların egemen olduğu mobilyalar çerçeve konstrüksiyonlu ve iki grubun ortaklaşa oluşturduğu mobilyalar kombine konstrüksiyonlu mobilyalar olarak adlandırılmaktadır. Plastik mobilyalarda ise kabuk tipi konstrüksiyonlar söz konusudur (Efe 1994).

Mobilya elemanlarının birbirine bağlanmasında kavelalı ve zıvanalı birleştirme gibi geleneksel teknikler yanında konut veya ofislerde monte edilen ve kullanımı hızla yaygınlaşmakta olan demonte (Ready-To-Assemble) mobilyaların konstrüksiyonunda metal veya metal+plastikten üretilen mekânîk bağlantı elemanları kullanılmaktadır (Trinka 1989).

Günümüzde, mobilyaların estetik olmasının yanında performans testleri sayesinde kullanım ömürleri de tahmin edilebilmektedir. Ülkemizde, henüz belirli büyük işletmeler dışında pek yaygın olmayan uluslararası ve ulusal standartlara uygun mobilya üretimi konusu, mobilya endüstrisinin en önemli kalite sorunlarından birisini oluşturmaktadır. Standartlara uygun kaliteli mobilyaların tasarımı safhasında, mobilya ürün mühendisliğinin ihtiyaç duyacağı sayısal verilerin oluşturulması gerekmektedir (Dizel 2005).

Son yıllarda dekorasyona karşı artan ilgi bahçe mobilyalarını da etkilemektedir. Çoğu zaman balkon ve terasları gece gündüz yaşanacak mekânlara çevirmektedirler. Bütün bunları gerçekleştirirken en önemli rolü bahçe mobilyaları üstlenmektedir.

Yazlık mekânlarda kullanılan mobilyalardan özellikle bahçe mobilyaları, göz zevkini dolduran şık, estetik ve lüks bir görünüşe sahiptirler. Açık alanlarda kullanılan mobilya olma özelliğini taşıyan bahçe mobilyalarının ısıya, neme kısaca hava koşullarına dayanıklı malzemedir yapılmalı gerekir. Park ve bahçelerde kullanılan mobilya çeşitleri, masa,

koltuk, sandalye, sehpa, şezlong, kanepeler, bank vb. 'dır. Bu mobilyalar; kır gazinoları, çay bahçeleri, otel, motel bahçeleri, balkon, teras, kısaca açık alanlar ile piknik alanlarında kullanılır.

Bahçe mobilyaları günümüzde üretilen ve yaygın olarak kullanılan önemli mobilya tiplerinden birisi olmasına rağmen, ne yapısal özellikleri bilimsel olarak araştırılmış ne de rasyonel tasarım prosedürleri geliştirilmiştir. Spesifik olarak konstrüksiyonel değişkenlerin bahçe oturma mobilyalarında kullanılan lamba zıvanalı birleştirmelerin direnci üzerine etkileri hakkında bilgi yok denecek kadar azdır. Ayrıca farklı yıkımlara karşı bu tip mobilyaların daha dirençli üretilmesi konusunda da bilgi eksikliği vardır. Bu sebeple deneysel çalışma ile birlikte mühendislik tasarımı da gereklidir.

Bu çalışmada, dış hava koşullarına karşı daha dayanıklı ve ticari adı “*Thermowood*” olarak adlandırılan ısıtma işlemi uygulanarak imal edilen bahçe oturma mobilyaları konstrüksiyonunda kullanılan açık ve kör lamba zıvanalı ayak-kayıt birleştirmelerinin mukavemet özellikleri üzerine etkisi incelenecektir.

## 1.2 BAHÇE MOBİLYASININ TARİHÇESİ

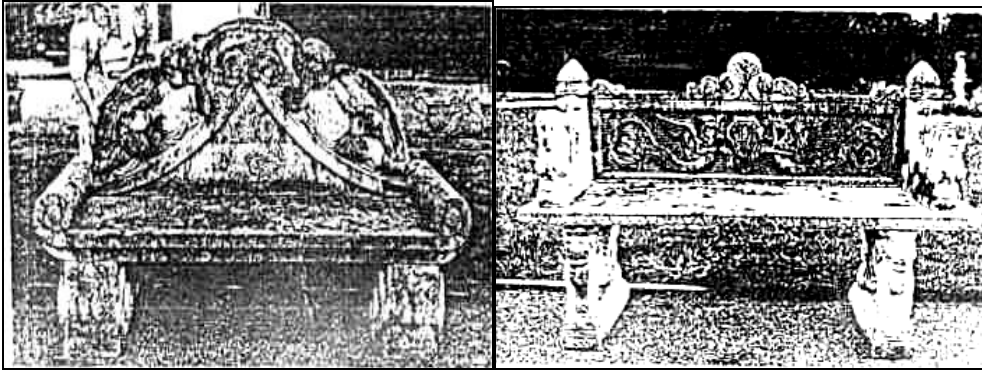
Tarihte rastlanan en eski bahçeler, zigguratların (Babil Toprakları) asma bahçeleridir. Piramit gövdeli, eğik yüzeyli yapılar olan zigguratların tepelerinde, kare biçimi birer teras yer alırdı; Gökyüzünün kutsallığına adanmış topraklar olmalarının yanı sıra, din adamları gökbilim çalışmalarında bu anıt yapılar da gerçekleştiriyorlardı.

Zigguratları tarihte, kokulu ve lezzetli meyve ağaçları ve bitkilerle dolu birer sebze-meyve bahçesi olan Eski Yunan bahçeleri izledi. Bu bahçelerde günümüzdekinden farklı olarak meyve ve sebzelerle çeşitli süs bitkileri ve çiçekler bir arada yetiştiriliyordu. Roma bahçeleri ise, duvarlar arasında düzenlenirdi.

İslam dünyasında bahçe anlayışı, bir cennet yaratma, doğayı güzelleştirme anlayışına dayanıyordu. Bahçenin cennet simgesi olarak ele alınması, Haçlı seferleriyle, Avrupa'ya da aktarıldı. Ortaçağda en güzel bahçeler, Güney Fransa'da gerçekleştirildi. Toulouse kontunun sarayındaki bahçeler, Avrupa'nın en gösterişli bahçeleriydiler.

Dünyada fikir ve sanat akımlarının yaşandığı XIV-XV. yy.'da bahçe mobilyası da şekillenmeye anlam kazanmaya başladı. Tamamı taştan oyularak yapılan bahçe mobilyaları bahçeleri süslemeye başladı. Kullanılan mobilyalar ise; iki kişilik banklar, tek kişilik koltuklar ve masalardan oluştu.

XV. yy'ın sonlarındaysa bahçe mobilyası hemen yanı başlarında yer alan heykel ve büstlerle bir bütünlük kazandı. Küçük insan figürleri, doğadan alınan çiçek ve dal motifleri, hayvan figürleri ve dönemin kralının isminin baş harfi bahçe mobilyasında süsleme tekniklerini oluşturdu. Fakat mobilyaların kabalığı kaçınılmaz bir gerçektir. Tamamı taştan, bir kısmı da ağaçtan yapılan bu mobilyalar ağır özelliklere sahiptilerdi (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 XIV. ve XVI. yy'dan günümüze ulaşabilmiş taştan yapılmış bahçe koltuklarına ait bir örnek (URL-1 2011).

XVI. yüzyılda, yeşillik, insanın hareket ve davranışlarının temel dekoru haline geldi. Bahçelerde Mermer Eskiçağ büstlerine, heykellere, küçük tapınlara yer vermeye bağlandı ve XV. yüzyıl sonunda belirmiş olan beğenin iyice yaygınlaşmasıyla, bahçeler, tepecikler ve teraslarla hareketlendirilip, birer arkeoloji müzesi haline getirildiler. Böylece bahçenin sebze bahçesi halinden, kesinlikle ayrılması gerçekleşti. Bahçe, doğa güzelliğinin hayranlıkla seyredilebileceği bir yer, bostansa "üretim" yeri olarak düşünölmeye başlandı. XVII. yüzyılda, akılcı felsefe akımının etkisiyle doğan yapının bir parçası olma, yapıyla bütünleşme, konutu dört bir yandan çevirme özellikleri taşıyan İtalyan bahçe üslubu gelişti. Bahçe düzenlenirken görkemli bir doğa görünümü yaratmak amaç alınıyor, geometrik biçimler verilmiş çitler duvar yerine, ağaçlarsa sütun gibi kullanılıyordu. Ayrıca heykeller, saksılar ve sütunların süsleme öğesi olarak kullanılmasına geniş ölçüde yer veriliyordu.

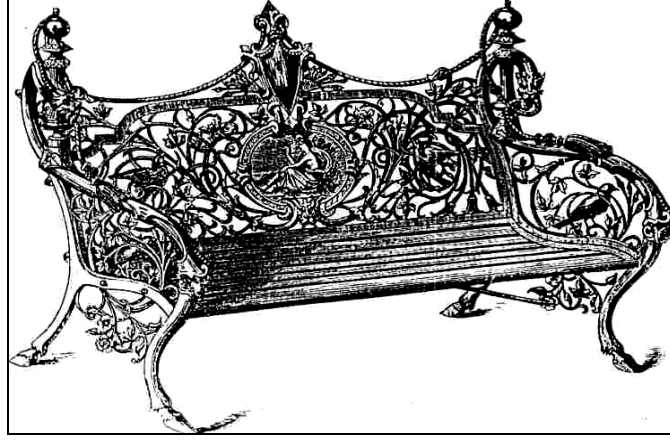
XVI. ve XVII. yy'larda ise akılcı felsefenin de etkisiyle mobilyalar biraz daha sadeleştirilip boyutları daha küçük hali getirildi. Artık bahçe içerisinde ve teraslarda oturma ve sohbet etme eylemleri için ayrı bir bölüm oluşturulmayıp başlandı. Çardaklar, heykeller, büstler, çanaklar ve oymalı mobilyalar bahçeyi tamamlayan bir bütün haline geldi.

Romantik anlayışın yaygınlaştığı dönemlerdeyse, Avrupa'da, İngiliz üslubu bahçeler yaygınlaştı. İngiliz bahçesinde doğa kavramı, ormanın yabani durumu olarak ele alındı. XVII. yy. sonlarına doğru İngiltere'de, o tarihe kadar normal düzenli bahçeler gerçekleştirilirken, bahçeye bir doğa görünümünün taklidi olarak düzenleme anlayışı benimsendi. Böylece bahçeler, mimarın kesin ölçüleri ve perspektifleri yerine, bir ressamın kırsal görüntülerini ve bahçıvanın doğa sevgisini de yansıtmaya başladı (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 XVII. ve XVIII. yy'da sıkça uygulanan çardak düzenlemesine ait bir örnek (URL-1 2011).

XVIII. ve XIX. yy'larda ise romantizm felsefesi daha fazla doğallığı ön plana çıkardı. Ahşap malzeme taştan daha fazla kullanılmaya başlandı. Mermer sütunların ve heykellerin dikmelerin oluşturduğu büyük çardak tipi yapılar ortaya kondu. Mobilya süslemeciliğinde aşırı denebilecek boyutlarda figürler oluşturuldu. Malzeme çeşitlenmeye başlanmıştı. Mobilyalarda demir aksamlar kullanılmaya başlandı. Tamamı demir mobilyaların kullanılması bu döneme tesadüf eder. Farklı malzemelerin mobilyada bir araya getirilmesi bu dönemde olmuştur (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 XVIII. yy'da demirden oyularak yapılmış oturma mobilyasına ait bir örnek (URL-1 2011).

XX. yy' da bahçe, konutun süsleyici ögesi haline geldi. Bahçenin biçimsel güzelliği, yapıma nedeninden, perspektif ve çizginin aranışından kaynaklanır. Ama bu iki ögenin bahçenin kullanılabilirliğini bozmamasına dikkat edilmelidir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 XX. yy. düzenlemesine ait bir örnek (URL-1 2011).

Günümüzdeyse bahçe mobilyaları çok çeşitli tür ve kompozit malzemelerle bu alanda renk kazanmıştır. Geçmiş ve doğallığı doğunun gizemiyle bütünleştiren Bambu mobilyalar, her dönemde ihtişamını koruyan ahşap malzemeden imal edilen mobilyalar, bir döneme damgasını vuran metal malzemeden imal edilen mobilyalar ve plastik malzemeden imal edilen mobilyalar tüketicilerin beğenisine sunulmaktadır.

### 1.3 BAHÇE MOBİLYASININ TANIMI

Evin yalnız içinde değil, dışında da, özellikle güzel havalarda yararlanılan ve görünüşleriyle evin iç döşemesini tamamlayabilen alanların başında bahçe gelir. Bu alanlarda insana oturma, uyuma, sohbet etmek yemek yeme gibi etkinliklerinde kolaylık ve rahatlık sağlayan eşyalara ‘Bahçe Mobilyaları’ denir.

### 1.4 BAHÇE MOBİLYASI TÜRLERİ

#### 1.4.1 Bahçe Koltuğu

Bahçe ya da terasın vazgeçilmez unsurlarından olan bahçe koltukları çeşitli formlarda ve birçok değişik malzemeden imal edilebilir.

Bahçe koltuklarında kullanılan malzemeler şöyle bir gözden geçirilecek olursa önümüze şunlar çıkar; ahşap malzeme, taş, mermer, plastik, metal malzemeler, hint kamışı (Bambus) ve suni ahşap malzemeler. Bu malzemelerin bir arada kullanıldığı kompozit formlarda mevcuttur (Şekil 1.5).

Geçmişten günümüze ulaşabilmiş çeşitli bahçe koltuklarını yazılı bilgileri de göz önünde tuttuğumuz takdirde bahçe koltuklarındaki insan ergonomisine uygun boyutlar Çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 Bahçe koltuğuna ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

| Oturma Yüksekliği | Oturma Derinliği | Oturma Genişliği | Yaslanma Yüksekliği | Yaslanma Eğimi |
|-------------------|------------------|------------------|---------------------|----------------|
| 32-35             | 38-42            | 42-58            | 71-82               | 7° - 20°       |





Şekil 1.5 Çeşitli malzemelerden imal edilmiş bahçe koltuğuna ait bir örnek (URL-1 2011).

Bahçe koltuklarında insan rahatlığını göz önüne alan birçok faktör bir arada bulunur. Arkalık eğimi insanı dinlendirip rahatlatacak açıda düşünülmüştür. Arkalık eğimleri; insanların koltuklarda aradıkları fonksiyon doğrultusunda değişir. Yatıp uzanma amacıyla kullanılan koltuklarda arkalık açısı;  $16^{\circ}$ - $20^{\circ}$  arasındadır. Oturup, dinlenme amacıyla kullanılan koltuklarda açı;  $7^{\circ}$ - $10^{\circ}$  arasındadır.

Oturma kısmının diz kıvrımına isabet eden bölümüne bir ovalik kazandırılmış ya da keskin olması engellenmiştir. Oturma ve yaslanma formu insanların rahatlık şekline göre düşünülmüştür. Açık havada bulunan bu mobilyaların oturma kısmının yumuşaklığı için dış etkenlere dayanıklı esneyebilen malzemeler kullanılmıştır. Kolçaklarla kolların ağırlığı giderilmiştir.

#### 1.4.2 Bahçe Sandalyesi

Bahçenin oturma bölümünün vazgeçilmez bir unsuru da sandalyelerdir. Bahçe sandalyesinin imalatında da birçok farklı malzeme ve form kullanılır. Bahçe koltuğunda kullanılan tüm malzemeler bahçe sandalyesinde de kullanılır. Bahçe mobilyaları buldukları ortam itibarıyla dış etkenlere (nem, güneş, U. V. I., organik zararlılar, haşereler vb.) dayanıklı malzemelerden imal edilmişlerdir. Ayrıca ek koruma tedbirleri de uygulanmıştır.

Bahçe sandalyelerinde yaslanma eğimi çok fazla değildir. Çünkü bu rahatlık koltuklarla giderilmiştir. Rahatlığı artırmak için oturma ve yaslanma bölümlerine kalınlığı 1-2 cm olan kauçuk örtüler konulabilir. Bahçe sandalyelerinde fazla keskin hatlara rastlanılmaz. Özellikler son yıllarda meydana çıkarılan plastik bahçe sandalyelerinde düz ve keskin bir hatta rastlamak

imkânsızdır. Bahçe mobilyalarının tümünde olduğu gibi bahçe sandalyelerinde de ayakların yere batmaması için yerle temasta olan kısım geniş yüzeyledir (Şekil 1.6).

Çizelge 1.2 Bahçe sandalyesine ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

| Oturma Yüksekliği | Oturma Derinliği | Oturma Genişliği | Kolçak Yüksekliği | Yaslanma Yüksekliği | Yaslanma Eğimi |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------|----------------|
| 40-50             | 38-42            | 40-45            | 54-62             | 75-86               | 4° - 12°       |

Bahçe sandalyelerinde en önemli olan husus sağlamlıktır. Bilhassa ahşap bahçe sandalyelerinde yapışma ve birleşme kısımlarındaki deformasyon önemli bir olumsuzluktur. Bu olumsuzluğun önüne geçmek için yapışma ve konstrüksiyon fonksiyonların artırılmasının yanı sıra ahşap çivilerde kullanılmaktadır.



Şekil 1.6 Bahçe sandalyesine ait bir örnek (URL-1 2011).

### 1.4.3 Bahçe Masası

Bahçedeki keyfiyete büyük ölçüde katılan elemanlardan biriside bahçe masasıdır. Bahçede kullanılan masalar ev masaları kadar ihtişamlı ve ağır olmazlar. Genellikle hafif malzemelerden imal edilirler. Taşıma ve ağırlıkta kolaylık sağladığı için de monte veya katlanır özellikte olması tercih edilir. Ahşaptan imal edilmiş modellerinde, büyük tablalar fazla kullanılmaz.

Bahçe masalarında tabla biçim; kare, dikdörtgen, daire, elips olan masalar en çok rastlanan modellerdir (Şekil 1.7).

Çizelge 1.3 Bahçe masasına ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

|            | Genişlik | Uzunluk | Yükseklik |
|------------|----------|---------|-----------|
| Dikdörtgen | 70-90    | 120-90  | 75-82     |
| Kare       | 70-100   | -       | 75-82     |
| Daire      | 80-110   | -       | 75-82     |



Şekil 1.7 Çeşitli malzemelerden imal edilmiş bahçe masasına ait bir örnek (URL-1 2011).

#### 1.4.4 Bahçe Sehpa

Bahçedeki oturma bölümlerinde koltuklar arası iletişimi sağlayan, fonksiyonellik açısından masadan daha değerli olan mobilyalardır. Boyutları, kolay taşınabilirliği, ağırlığı, çok iş bilirligi ve diğer faktörlere iyi uyum sağlaması sehpanın artı özelliklerindedir. Sehpaların en önemli özelliği dinlenme anında insanın pozisyonunu bozmadan kullandığı bir nesneyi sehpa üzerinden kolayca alabilmesidir. Bu yüzden sehpalar oturma gruplarının özelliklerde koltukların yanında bulunur ve oturma yüksekliğinde imal edilirler. Bahçe sehpaları; plastik, demir, bambu ahşap malzemelerinden imal edilirler. Birçok formda yapılabilirler. Umumiyetle ait olduğu oturma grubunun özelliklerini taşıyan küçük bir maket gibidir. Bahçe sehpalarının ağır malzemedan yapılmamasına özen gösterilir (Şekil 1.8).

Çizelge 1.4 Bahçe sehpaasına ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

|            | Genişlik | Uzunluk | Yükseklik |
|------------|----------|---------|-----------|
| Dikdörtgen | 50-72    | 100-160 | 32-44     |
| Kare       | 54-68    | -       | 32-44     |
| Daire      | 52-78    | -       | 32-44     |



Şekil 1.8 Dikdörtgen sehpaye ait bir örnek (URL-1 2011).

#### 1.4.5 Salıncak

Bahçe mobilyasında önemli bir yeri vardır. Arkalıkları uzun ve normal olarak yapılmışları vardır. Salıncak yapımında kullanılan en önemli ağaç malzeme *Teak* ağacından yapılanıdır.

Çizelge 1.5 Bahçe salıncağına ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

| En      | Boy     | Yükseklik |
|---------|---------|-----------|
| 140-190 | 190-210 | 60-185    |

Ayrıca üzerini kapatmak için su geçirmez plastik tente kullanılır. Oturma yerinde ise döşenmiş minderler kullanılır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Bahçe salıncağına ait bir örnek (URL-1 2011).

#### 1.4.6 Şezlong

Güneşlenmek için bahçelerde mutlaka bulunması gereken şezlongların hafif, rahat, portatif olması arzu edilir. Piyasa da şezlongların çok çeşitli tipleri bulunmaktadır. Baş, ayak bölümleri ayarlanabilen tipleri olabildiği gibi, sökülüp takılan, tek kişilik küçük bir karyola haline gelenleri de vardır. Oturma özel bir plastikten beyaz deniz yatakları değişik renkler minderlerde plaj şemsiyesinin takıldığı altlıkta ve lake kaplı masa ve sandalyelerde güzel uyum sağlayabilirler (Şekil 1.10). Kullanılan en önemli ağaç malzeme türü *Teak* ağacıdır. Diğer ağaç türleri de kullanılmaktadır.

Çizelge 1.6 Bahçe şezlonguna ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

| En    | Boy     | Yükseklik |
|-------|---------|-----------|
| 60-75 | 160-200 | 30-90     |



Şekil 1.10 Bahçe şezlonguna ait bir örnek (URL-1 2011).

#### 1.4.7 Servis arabası

Bahçede yiyecek ve içeceklerin servis yapılmasında kullanılır. Ön tarafı tekerlekli, arkası sabit olarak yapılır. Tekerleklerin dış kısmında lastik kullanılır (Şekil 1.11). Servis arabasında kullanılan en önemli ağaç malzeme *Teak* ağacıdır.

Çizelge 1.7 Servis arabasına ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

| En    | Boy   | Yükseklik |
|-------|-------|-----------|
| 80-85 | 45-50 | 80-86     |



Şekil 1.11 Servis arabasına ait bir örnek (URL-1 2011).

#### 1.4.8 Şemsiye

Dış mekân şemsiyeleri güneş ışınları, hafif yağmur ve rüzgârlardan etkilenmemek için tasarlanmıştır. Kaliteli bahçe şemsiyesi konstrüksiyonu ahşaptan üretilenidir. Ahşap gövdeli şemsiyeler alüminyum gövdeliye kıyasla çok daha dayanıklıdır. Bu şemsiyeler ahşap mobilyalarla beraber kullanıldığında oldukça şık bir görüntü oluşturur. Bahçe şemsiyesinde dikkat edilmesi gereken konu, konstrüksiyonu, kumaşın kalitesi ve taşıyıcı ayaklarıdır. Ayak seçenekleri şemsiyenin boyuna göre seçilmelidir. En kullanışlı şemsiye modeli yandan bombeli olanlardır (Şekil 1.12).



Şekil 1.12 Bahçe şemsiyesine ait bir örnek (URL-1 2011).

#### 1.4.9 Çardak (Pergule)

Özellikle bol güneş alan bahçelerde ya da sıcak iklimli bölgelerde, güneşin yakıcı ışınlarından korunmak için mutlaka gölgelik alanlar oluşturulması gerekir. Bu gereksinim sonucunda

ortaya çıkmış olan çardaklar ve kamelyalar bahçeye estetik ve daha düzenli bir görüntü verirler.

Çardak ve kamelyalar çeşitli biçimlerde olabilir, değişik malzemelerle yapılabilirler; ama ne tür malzeme kullanılırsa kullanılsın, atmosfer olaylarına dayanıklı, hızla yetişip büyüyen tırmanıcı bitkilerin dal ve yapraklarını kaldırabilecek kadar sağlam olmalıdırlar.

Çardağın, bitkilerin ağırlığını taşıyacağına güvenebilmek için toprağa (50-70 cm derinliğine) beton bloklarla tutturulan dikmeler çakılmalıdır. Çardağın bir yanı duvara dayanıyorsa, kirişler sağlam demir konsollarla tutturulmalıdır.

Alışılmış çardaklar, ahşap kazıklar üstüne oturtulmuş, birleşme noktalarında ip ve sazla bağlanmış, üstlerine genellikle bir asma sardırılmıştır. "Örtülü balkon" biçiminde yapılabileceği gibi "sundurma" biçiminde de yapılabilir, yani bir yanı duvara yaslatıp demir desteklerle taşınabilir.

Kamelyayı çardaktan ayıran en büyük özellik, daha toplu ve sınırlı bir alanda yer alması, genellikle kare ya da yuvarlak bir biçimde olması ve yalnızca üstün değil, çevresinin de dikmelere saldıran bitkilerle kaplanmasıdır (Şekil 1.13).



Şekil 1.13 Bahçe pergulesine ait bir örnek (URL-1 2011).

#### 1.4.10 Hamak

Ülkemizde kullanımı yok denecek kadar az olan hamaklar, dış ülkelerde oldukça yaygın kullanılan mobilyalardandır. İnsan yattığında, boyuna rahatlıkla yetecek uzunlukta, ge-

nişliyse insanı kavrayabilecek genişlikteki kalın iplerin ya da sepet dokunun iki uçunun sağlam yerlere bağlanması sonucu oluşan ve insan yattığında yüksekliği; yerden 50-60 cm yükseklikte olan dinlenme araçlarıdır. Branda bezi, sağlam iki yuvarlak tahta çita ve iki parça kalın ip kullanılarak rahat ve güzel görünümlü bir hamak yapılabilir (Şekil 1.14).

İşletmelerde imal edilen hamaklar genellikle üç kısımdan meydana gelir. Zemine basan kısım, ahşap gerdirme kısmı ve uzanılan kısım'dır.

Zemin basan kısım iki yatay ayaktan oluşur. Hamağın devrilmeden ayakta durmasını sağlayan ayaklar 15°-20°'lik açıyla gerdirme kısmına sağlam cıvatalarla tutturulur. Umumiyetle; kalınlıkları 5 cm, genişlikleri: 10 cm, boyları ise: 80-100 cm olacak şeklindedir.

Ahşap gerdirme kısmının biçimi bir dairenin çevre olarak 2/0.8'lik kısmını oluşturur. Hamağın boyu; bir uçundan diğer ucuna 340-450 cm'dir. Bu uçların yerden yüksekliği ise 120-150 cm'dir. Üretimde vereceği fireden dolayı bu kısım üç parçadan oluşur. Bu üç parçada cıvatalarla birbirlerine bağlanabilir. Bu üç parçadan ikisi çeyrek daireyi oluşturur ve üçüncü parçada ikisine cıvatalarla bağlanır. Bu parçaların imalatı ise 1 cm kalınlığındaki ve 5 cm genişliğindeki 12-15 ahşap çitaların uygun biçimi verecek kalıpla soğuk presler de preslenmesinden oluşur. Bu kısmın iki parçadan imal edildiği modellerde mevcuttur. Uzanılan kısmının imalatında ise plastik içeren makrome iplik gibi veya ince urganların örgü yöntemiyle örülmesinden oluşur. Genişliği umumiyetle 100-120 cm'dir. Genellikle esnek yapılı malzemeler kullanılır. Bu esneklik, örgünün yapısından da kazandırılabilir. Örgü kısmı iki uçundan yerden, 50-60 cm yukarıda olacak şekilde gerdirme kısımlarına metal bilezik veya zincirlerle cıvatalanır.



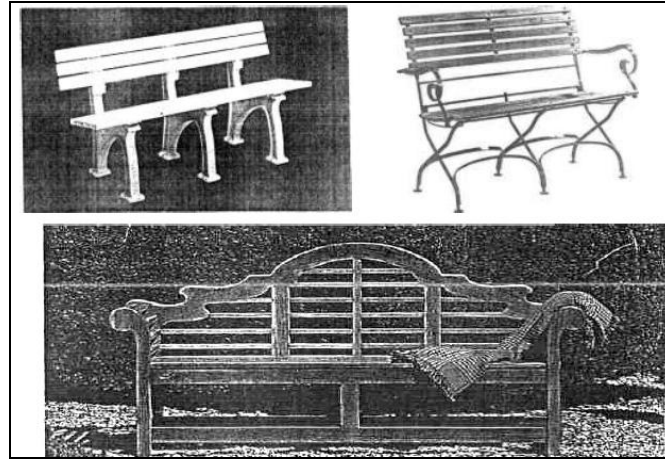
Şekil 1.14 Hamak'a ait bir örnek (URL-1 2011).



#### 1.4.11 Banklar

Özel konutların bahçe ve beraberinde umuma açık parklar, botanik bahçeler, piknik yerlerinde, cadde üzerlerinde bulunan komple elemanlardır. Kompledendir kasıt bu elemanların oturma ve masa kısımlarının bir arada bulundurmalarıdır. Ayrı olma durumları da mümkündür.

Banklar göreceği işlevlerinden dolayı kaba ölçülü mobilyalardır. Umuma yönelik eşyalar olduklarından dolayı sağlam konstrüksiyonlu elemanlardır. Birleşim yerleri mümkün olduğu kadar sağlam yapılmıştır. Taş, mermer, plastik, metal, ahşap, beton, suni ahşap malzemeler en çok rastlanan imal malzemeleridir (Şekil 1.15).



Şekil 1.15 Çeşitli malzemelerden imal edilmiş banka ait bir örnek (URL-1 2011).

Sürekli dış etkenlerle maruz kalan banklar ölçüsü ve konstrüksiyonundaki sağlamlığı malzemesinde de ihtiva etmektedir. Malzemenin mukavemetini artırıcı birçok ek tedbir alınmaktadır.

Çizelge 1.8 Banklara ait standart ölçüler (cm) (URL-1 2011).

| Oturma Yüksekliği | Kolçak Yüksekliği | Oturma Derinliği | Genişlik | Yaslanma Yüksekliği |
|-------------------|-------------------|------------------|----------|---------------------|
| 38-46             | 58-66             | 44-50            | 200-250  | 86-95               |

## 1.5 BAHÇE OTURMA MOBİLYASINDA AĞAÇ MALZEME KULLANIMI

Bahçe mobilyalarının yapımında en sık kullanılan sağlıklı ve kullanışlı malzeme türü ‘*ağaç malzeme*’ dir (Şekil 1.16). Bahçe mobilyası yapımında en çok kullanılan ve bu tür özellikleri bulunan ağaç türleri *Teak, Kestane, Bambu, Irocco, Çam, Gürgen, Meşe, Maun* gibi ağaçlardır. Ağaç malzemedan başka bahçe yapımında kullanılan diğer malzemeler plastik, metal, alüminyum, ferforjedir. Plastik ülkemizde çok yaygın olarak üretilmektedir. Yağmurdan ve nemden etkilenmediği için ağaç malzemedan sonra en çok kullanılan plastik malzemedir. Metal adı altında ferforje de ülkemizde pek yaygın olmakla beraber daha yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır. Bahçe mobilyaları alüminyum, plastik ve ağaç malzemedan üretilebilirler. Gerek iç, gerekse dış mekânlardaki mobilyaların yapımında çelik, alüminyum ve plastik gibi materyalde kullanılmakta ise de halen ağaç malzeme bu hususta popülaritesini sürdürmektedir. Plastik ve metalden yapılan mobilyalara göre ağaç malzeme daha dayanıklı ve daha sağlamdır.

Ağaç malzeme olarak kullanılacak ağaç türünün seçimini yaparken her türlü zor hava koşullarına karşı dayanımı estetik görünüşü, kolay işlenebilirliği, üst yüzey işlemleri ve fiziksel özellikleri göz önünde bulundurulmaları gerekir. Üst yüzey işlemlerinin uygulanması ağaç malzemedan daha olumlu sonuç vermektedir. Diğer malzemelere göre çevre ile daha uyumlu olması, kolay işlenmesi, maliyeti, ısıyı iyi yalıtması, sağlıklı ve dayanıklı olması ağaç malzemenin, bahçe mobilyası üretiminde tercih edilme sebepleri arasında sayılabilir. Bu çalışmada da belirtilen özelliklerinden dolayı *ağaç malzeme* kullanılacaktır (Şekil 1.16).



Şekil 1.16 Ahşap bahçe mobilyasına ait örnekler.

Bahçe mobilyaları yapımında aranan genel özellikler şunlardır;

- Malzemede güzel görünüm yani renk ve tekstür bakımından üstünlük kazanması.
- Ağaç malzeme budaksız olmalı ve kolay işlenmelidir.
- Şekil verme esnasında yüzey düzgünlüğü sağlanmalıdır.
- İyi cilalanma özelliğine sahip olmalıdır.
- Daralma ve genişleme yüzdeleri düşük, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yeterli olması.
- Isıya, neme ve dış hava koşullarına dayanıklı olmalıdır.

Son yıllarda dekorasyona karşı artan ilgi bahçe mobilyalarını da etkilemiştir. Daha çok yazlık mekân olarak adlandırdığımız park, bahçe, teras, balkon, kır gazinoları (piknik alanları), çay bahçeleri, otel, motel bahçeleri, yazlık evlerde ve tropikal yerleri andıran yerlerde kullanılan mobilyalar çok değişik yapıdadır. Bu tür yazlık mekânlarda kullanılan mobilyalar özellikle göz zevkini dolduran şık, estetik ve lüks bir görünüşe sahiptirler.

## 1.6 ISIL İŞLEM YÖNTEMİ (ThermoWood)

Odunun ısıyla muamele edilmesi bilimsel olarak ilk defa Almanya'da 1930'lu yıllarda Stamm ve Hansen tarafında yapılmıştır. 1940'lı yıllarda Amerika'da White ve 1950'li yıllarda Almanya'da Bavendam, Rundel ve Buro bu konuda araştırmalar yapmışlardır. Kollman ve Schneider 1960'lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar ve bilimsel olarak tartışılmaya başlanmıştır.

Isıl işlem görmüş odunun koruyucu etkileri yüzyıllardır bilinmesine rağmen konu, bir araştırma olgusu olarak bilim adamları tarafından son 10 yılda geniş bir şekilde ele alınmaya başlanmıştır (Şekil 1.17) (URL-2 2011).

Isıl işlem safhaları;

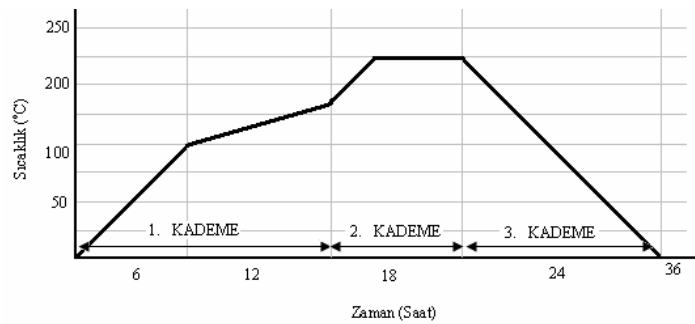
**1.Safha-** Isıl işlem uygulamada en fazla zaman gerektiren safha: 1. safha yüksek sıcaklıkta kurutma safhası olarak da adlandırılır. Bu safha (ısıl işlem safhası başlamadan önceki safha) boyunca odunun rutubet içeriği % 0'a doğru azalır. Kurutma safhasının süresi odun türü, kereste kalınlığı ve odunun rutubet içeriğine bağlıdır. Hammadde taze veya kurutulmuş odun olabilir.

Başarılı bir kurutma iç çatlaklardan kaçınmak için önemlidir. Odun yüksek sıcaklıklarda elastik özellik kazanması sonucu geleneksel fırında kurutma yöntemine nazaran daha iyi deformasyon mukavemeti gösterir.

**2. Safha-** Isıl İşlem Safhası: Isıl işlem uygulaması işlem düzeyine bağlı olarak kapalı bir odada sıcaklığın 185-215°C'ye artırılması ile uygulanır. Hedeflenen sıcaklığa ulaşıldığında sıcaklık, ısıl işlem uygulama amacına bağlı olarak 2-3 saatlik bir süre sabit tutulur. Isıl işlem safhası yüksek sıcaklıkta kurutma safhasından sonra derhal başlatılır. Isıl işlem boyunca odunda oluşan kimyasal değişmelerin etkilerini ve odunun yanmasını önlemek amacıyla koruyucu gaz kullanılır.

**3. Safha-** Soğutma ve Denkleştirme: Isıl işlemden sonra odunu kontrollü olarak soğutmak için kondisyonlama (*denkleştirme*) periyodu uygulanır. Çatlaklara sebep olan odun ve dış hava arasındaki yüksek sıcaklık farklılıkları bu safhada minimize edilir.

İlaveten odunun rutubet içeriğini son kullanım yeri için gerekli olan rutubet düzeyine getirmek için tekrar nemlendirme işlemi gerçekleştirilir. Odunun nihai nem seviyesi onun çalışma özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Örneğin kuru odunun işlenmesi zordur. Kondisyonlamadan sonra odunun nem içeriği % 5-7 olmalıdır. İşlem sıcaklığı ve keresteye bağlı olan kondisyonlama safhası 5-15 saat sürer.



Şekil 1.17 Isıl işlem safhaları (Mayes ve Oksanen 2002).

## 1.7 ISIL İŞLEM YÖNTEMİNİN SINIFLANDIRILMASI VE KULLANILDIKLARI YERLER

İğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinde özelliklerine göre farklı sınıflandırma yapılmaktadır. Isıl işlem 2 standart muameleye göre sınıflandırılır. Bunlar: Thermo-S ve Thermo-D olarak 2'ye ayrılırlar:

**Thermo-S;** S harfi kararlılık (*Stability*) anlamına gelmektedir. Kararlılık bu tür ürünlerin son kullanım yerinde anahtar bir özelliktir. Ortalama rutubetten dolayı teğet yöndeki şişme ve daralma Thermo-S sınıfı muamele edilmiş odunda %6-8 arasındadır.

**Thermo-D;** D harfi direnç (*Durability*) anlamına gelmektedir. Bu ürünlerin karakteristik özellikleri biyolojik zararlara karşı direnç anahtar bir özelliktir. Ortalama nemden dolayı teğet yönde şişme ve daralma Thermo-D sınıfı ısıl işlem görmüş odunda %5-6 dolaylarındadır.

**Thermo-S** ( $190^{\circ}\text{C} \pm 3$ ) ve **Thermo-D** ( $212^{\circ}\text{C} \pm 3$ ) iğne yapraklı ağaçlar için muamele sınıfıdır. Yapraklı ağaçlar için ise ( $185^{\circ}\text{C} \pm 3$ ) ve ( $200^{\circ}\text{C} \pm 3$ ) kadardır. İYA ve YA için Thermo-S ve Thermo-D kullanım yerleri Çizelge 1.9'da verilmiştir (Mayes ve Oksanen 2002).

Çizelge 1.9 Isıl işlem görmüş iğne yapraklı ve yapraklı ağaçların kullanımı.

| <b>Thermo-S Yumuşak Ağaç</b>   | <b>Thermo-S Sert Ağaç</b>  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Yapı malzemeleri</li><li>- Kuru ortamlardaki döşemecilik</li><li>- Kuru ortamlarda sabit eşya</li><li>- Mobilya</li><li>- <i>Bahçe Mobilyası</i></li><li>- Sauna Bankları</li><li>- Kapı ve pencere malzemeleri</li><li>- Dış Cephe Kaplamaları</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Döşemecilik</li><li>- Sabit eşya</li><li>- Mobilya</li><li>- Zemin kaplama</li><li>- Sauna yapıları</li><li>- <i>Bahçe mobilyası</i></li></ul>                       |
| <b>Thermo-D Yumuşak Ağaç</b>   | <b>Thermo-D Sert Ağaç</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Dış Cephe Kaplama</li><li>- İç ve Dış Kapı</li><li>- Kapı pencere kafesi, panjur</li><li>- Çevresel yapılar</li><li>- Sauna ve banyo mobilyası</li><li>- Zemin Döşeme</li><li>- <i>Bahçe mobilyası</i></li></ul>   | <ul style="list-style-type: none"><li>- İç Cephe Kaplamaları</li><li>- İç Mekân Mobilyaları</li><li>- <i>Bahçe Mobilyası</i></li><li>- Yer Kaplamaları (Parke)</li><li>- Sauna ve Sauna Elamanları</li></ul> |

## 1.8 ISIL İŞLEMİN AĞAÇ MALZEME ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

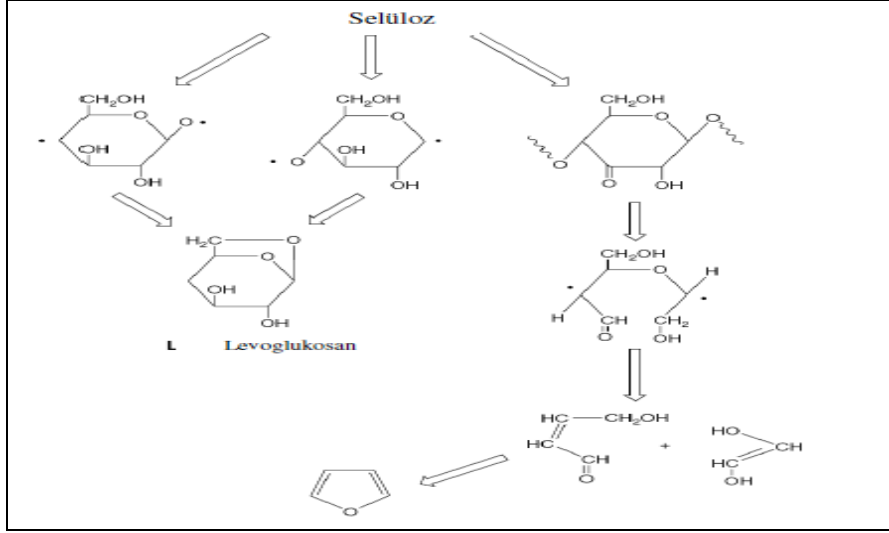
Isıl işlem görmüş keresteler arasında doğal farklılıktan dolayı özelliklerindeki değişimlerde farklı olabilmektedir. Isıl işlem görmüş odunun kimyasal ve fiziksel özellikleri kalıcı bir şekilde değişir. Özelliklerdeki değişim tamamen hemiselülozun termik degradasyonundan dolayı meydana gelmektedir. İstenilen değişimler yaklaşık olarak 150°C’de elde edilmeye başlanır ve bu değişimler her kademedeki sıcaklığın artırılmasıyla devam eder. Sonuçta nemden dolayı oluşan şişme ve büzülme düşer, biyolojik direnç artar, renk koyulaşır ve odundan birçok ekstraktif madde uzaklaşmış olur. Isıl işlemde sıcaklık en önemli etkidir. Ancak ağaç türü, ısıl işlem süresi, işlem atmosferi, basınç, rutubet miktarı ve sıcaklığın eşit dağılımı sonuca doğrudan etkisi bulunmaktadır (Viitanen vd. 1994b). Odunun termal bozunması 100°C sınırından itibaren başlamaktadır. 200°C’nin üzerinde yapısal hasar, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve gaz fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumlar söz konusu olmaktadır. 270°C’nin üzerinde odunun piroliz ve yanma olayı başlamaktadır (Fengel ve Wegener 1989).

### 1.8.1 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Kimyasal Değişimler

Yüksek sıcaklıklarda muamele sürecinde hemiselülozların, diğer makro moleküler bileşenlerden daha fazla degrade olduğu kabul edilir. Fakat selüloz ve lignin direncini belirlemek zordur. Genellikle polisakkaritlerin kaybı özellikle 180°C’nin üzerindeki sıcaklıklarda başlamaktadır. Fakat bu durum muamele şartlarına bağlı olarak değişebilir. Farklı bileşiklerin degradasyonlarının net oranları kullanılan deney metodlarına bağlıdır. Bu alandaki çalışmaların çoğunda makromoleküler bileşenlerin nispi oranlarını belirlemek için standart gravimetrik analiz metodu kullanılmıştır (Beall 1969; 1971). Termal analiz tekniğinin kullanımı sonucunda elde edilen veriler; deney parametrelerinin, özellikle ısıtma ve atmosfer kadar materyallerin hazırlanmasına da bağlı olduğunu göstermiştir. Odun yüksek sıcaklıkta ısıtılırken 140°C altındaki sıcaklıklarda su ve uçucu ekstraktiflerin kaybıyla yoğunlaşabilen parçacıkların oluşumu başlar. Bu sıcaklıkların üzerinde hücre duvarı polimerlerine bağlı olan daha gevşek yapılardan oluşan selülar parçalanma ürünlerinin oluşumu çok daha önemlidir. Bu durum özellikle hemiselülozun parçalanmasıyla meydana gelen asetik asit formasyonundan dolayı kaynaklanmaktadır. Bunun yanında odun ısıtılmaya devam ederken yoğunlaşan gazların (özellikle CO<sub>2</sub>) oluşumu kadar formik asit ve metanolün de bu şekilde etki yapabilmektedir. 140°C sıcaklıkların üzerinde “suyun yapı taşı” olarak adlandırılan

dehidrasyon reaksiyonlarının oluşumu başlar. OH içeriğinde düşüş meydana gelir ve sıcaklığın artmasıyla başlayan bu durumun çok daha önemli olduğu düşünülmektedir. Sıcaklık artarken CO ve CO<sub>2</sub> ayrıca oluşan gazlar içerisinde belirlenmiştir (Bourgois vd. 1991). 270°C sıcaklıkta ekzotermik reaksiyonların gerçekleşmesinden dolayı reaksiyon kinetiklerinde önemli değişimler meydana gelmiştir. Artan sıcaklıklar süresince oluşan reaksiyonların doğasında açık bir değişim belirlenmiştir. Oksitlenmenin olduğu şartlar altında ki ısıtma da karbonil içeren grupların sayısında bir artış gözlenmiştir. İç atmosferdeki veya sıcaklıklardaki düşüş oksijen içerikli bileşiklerin kaybolmasına yol açarken, OH içeriğinde düşüş olmasına rağmen karbonil fonksiyonlarında çok küçük bir artış olabilmektedir. Oksijen ortamında odunun ısıtılması ilerleyen ısıtma süresince karbonil içeriğindeki artışı takiben bir düşüş meydana gelebilmektedir (Chow 1971). Bu düşüşün oksidasyon karboksilasyonundan dolayı gerçekleşen artışlarla ester bağlı ve karboksil içerikli gruplardaki düşümlere katkısı vardır. Karbonil band yoğunluğundaki düşüş nitrojen ortamında ısıtma yapıldığında belirlenmektedir. Bu durum daha uzun muamele zamanlarında daha da netleşmektedir (Bourgois vd. 1991).

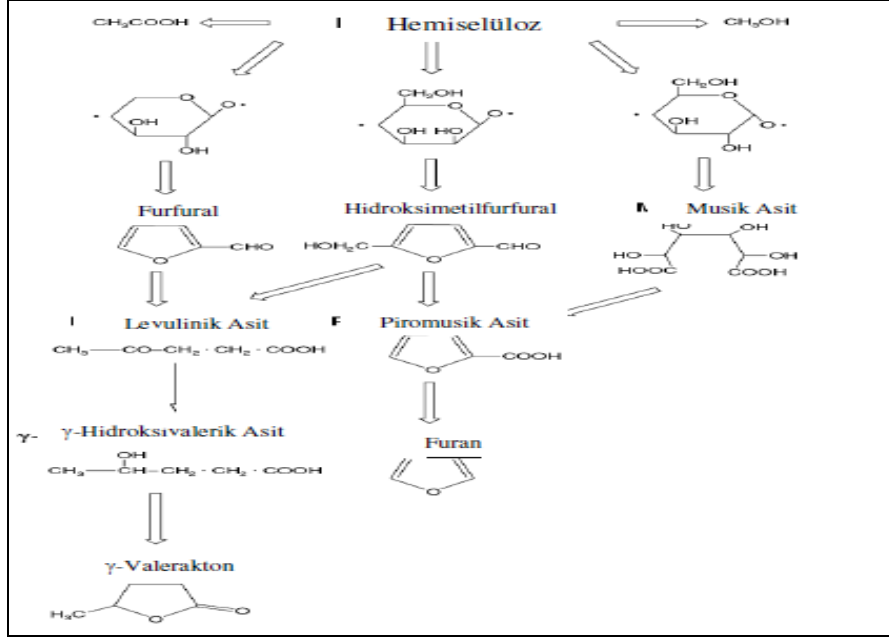
Odunun en önemli bileşenlerinden olan selüloz yapısı gereği çok sağlam bir polimerdir. Bazı kanıtlar tersini söylemesine rağmen selüloz degradasyonu, hemiselülozlardan daha yüksek sıcaklıkta olduğu kabul edilmektedir. Selülozun amorf kısımları termal degradasyondan en fazla etkilenen kısımlardır. Bu bölgeler, hemiselülozun heksozan bileşiklerine benzemektedir. Selülozun kristalin bölgeleri 300–340°C sıcaklıklarda degrade olmaktadır (Kim vd. 2001). Selülozun degradasyonu su varlığında yapılırsa amorf bölgeleri iyileştirerek daha stabil kristalin bölgeler oluşumunu sağlarlar (Fengel ve Wegener 1989). Selüloz zincirlerinin parçalanması selülozun kristallik derecesinde ve DP'deki düşümler, alkalın ortamda çözülebilen oligosakkaritlerin oluşumuna sebebiyet verir. Selülozun polimerizasyon derecesi, 150°C sıcaklıkta hava ortamında ısıtılırken hızlı bir düşüş göstermektedir (Şekil 1.18).



Şekil 1.18 Selülozun olası degradasyon oluşumu (Fengel ve Wegener 1989).

Odun ısıtıldığında odunun polimerik bileşenlerinin çoğu termal muamele sonucunda yumuşayarak parçalanmaya başlar ve bunun sonucunda çeşitli uçucu heterofilik bileşenler (furanlar,-valerakton..vb.), asetik asit ve metanol oluşumu gerçekleşir. Hemiselülozun degradasyonu, sıcaklık ve ısıtma zamanıyla artar (Bourgeois vd. 1989). Hemiselülozların kaybı odun örneklerinin kristalizesi üzerinde bir artışa sebebiyet verir. Stamm (1964), odunun termal degradasyonun ilk periyodu süresince hemiselülozlardan daha az higroskopolan furfural polimerleri hemiselülozun parçalanmasıyla oluşurlar. Bu sıcaklıklarda hemiselülozun kaybıyla holoselüloz içeriği düşer. Çünkü selüloz içeriği 150°C ve üzerinde değişmeden kalabilir (Sadece DP bir değişim meydana gelir). Hemiselülozlardaki kayıplar genellikle şeker hidrolizinin kataliziyle oluşan asidik buhar oluşumundan dolayı kapalı sistemlerde çok daha hızlı gerçekleşir. Hemiselülozlar, selülozdan daha stabil olmalarına rağmen degradasyon süresince oluşan mekanizmada farklılıklar bulunmaktadır. Odunun farklı termal analizi (DTA) sonuçları, hücre duvarındaki bağlı suyun buharlaşmasından dolayı 90°C den 150°C kadar uzayan geniş bir endoterm reaksiyonların olduğunu göstermiştir. Daha sonra hücre duvarı polimerik bileşenlerinin 200°C degradasyonu ile ekzotermik peakler gözlenmiştir (Fengel ve Wegener 1989) (Şekil 1.19).





Şekil 1.19 Hemiselülozun olası deşredasyon oluşumu (Fengel ve Wegener 1989).

Isıtma süresince polisakkarit materyallerin kaybı odunun lignin içeriğinde bir artışa yol açar. Lignin hücre duvarı bileşenlerinin termal olarak en fazla stabil olan yapı taşı olarak bilinir. Fakat ligninin termal deşredasyonu düşük sıcaklıkta, çeşitli fenolik parçalanma ürünlerinin oluşmasıyla gerçekleşir (Sanderman ve Augustin 1964). Helyum gazı altında DTA (Farklı Termal Analiz) kullanılarak izole edilen lignin incelemiş ve ekzotermik reaksiyonları ve etkinliklerini, kullanılan ısıtma oranlarının ciddi olarak etkilediği belirlenmiştir (Nassar ve McKay 1984). Bu durum herhangi bir kalıntı polisakkarit varlığında değişim gösterdiği görülmüştür. DTA termogramları  $50^\circ\text{C}$ 'den  $200^\circ\text{C}$ 'ye artan sıcaklıklar da endotermik reaksiyonlar meydana geldiği ve  $220^\circ\text{C}$ 'ye doğru küçük ekzotermik reaksiyon oluşumlarının baş gösterdiği gözlenmiştir. Diğer ekzotermik reaksiyon oluşumları bu sıcaklıklar üzerinde ki değerlerde meydana gelmektedir.

### 1.8.2 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Fiziksel Değişimler

Odunun ısıtılması; muamele metodu, sıcaklık ve maruz zamanına bağlı olarak odunun hacminde ve kütleinde düşüşe sebep olur (Rusche 1973a; Fung vd. 1974). Isıl muamele ile meydana gelen ağırlık kayıpları, mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen odun yapısındaki suyun kaybı, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozların parçalanmasıyla meydana geldiği düşünölmektedir (Viitanen vd. 1994a; Fengel ve Wegener 1989).  $110\text{--}180^\circ\text{C}$  sıcaklıklarda ısıl işleme maruz bırakılan kayın ve çam diri odununda

meydana gelen kurutma deformasyonu incelenmiştir. Çam diri odununda boyuna yönde yüzey çatlaklarıyla, kollaps ve çarpılmalar olmaksızın kurutulmuştur. Buna karşın birçok durumda iç çatlaklar meydana gelmiştir. Kayın odununda, yüksek sıcaklıkta uygulanan ısı muamelesinden sonra boyuna yüzey üzerinde herhangi bir yüzey çatlağı görülmemiştir. Fakat iç çatlak oluşumları çam diri odununkinden çok daha belirgin olmuştur (Schneider ve Rusche 1973).

Termal degradasyonun nemli şartlar altında kuru şartlara göre daha fazla gerçekleştiği belirlenmiştir. Termal muameleden dolayı oluşan kütle kaybı, hidro ya da higrotermal proses kullanıldığı zaman daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bunun yanında hidro termal muamele ısıtılmış buhar muamelesiyle karşılaştırıldığında ağırlık kaybı oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. YA genellikle, belirli şartlar altında ısıtıldığında İYA'dan daha yüksek kütle kaybı gösterirler. Çam ve kayının kütle kaybının 200°C de daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Fakat direnç kayıpları sadece kütle kaybına ve tür özelliklerine bağlıdır. Ladinin kayına göre termal olarak daha stabil olduğu, ısıtma süresince oluşan kütle kaybı değerlerinden belirlenmiştir (Schneider ve Rusche 1973; Rusche 1973a). 200°C sıcaklıkta kuru şartlar altında kesikli ve sürekli ısıtma yapılarak iki yöntem karşılaştırılmış ve sonuçların ısıtma zamanıyla yakından ilgili olduğu görülmüştür. Isıl muamele sonucunda soğutma yapılması odunun yapısını etkili bir şekilde dengeleyen bir periyot olduğu ve böylece ısıl işlem süresince kristallikte fazla oranlarda değişimin olması engellenebilmektedir (Bhuiyan vd. 2001).

Sehlstedt-Person (2003), 65–95°C'de sarıçam ve ladinin diri odununun termal muamelesinde renk değişimleri gerçekleştiği belirlenmiştir. Ekstraktiflerdeki bileşikler bu değişikliklerin ana sebebi olduğu görülmüştür. Sonuç olarak renk değişimleri kompleks değişimlerin orijinlerinde lignin, hemiselülozun degradasyonu ve belirli ekstraktif bileşiklerden kaynaklandığını görülmüştür.

### **1.8.3 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Mekanik Değişimler**

Isıl muamele süresince gerek odun içerisinde gerekse yüzeylerde meydana gelen çatlaklar ve yarılmalar ağaç materyalin direncinde ciddi sorunlara yol açmakta ve bu durumda mekaniksel özellikleri olumsuz etkilemektedir. Özellikle yüksek sıcaklıklarda olduğu bilinen formik ve asetik asit formasyonu öncelikle hemiselülozdan başlayarak birçok odun bileşenini tahrip eder

ve bunun sonucunda kütle kayıpları meydana gelir. Kütle kayıpları sonucunda özgül kütle düşüşü diğer özgül kütleyle bağlı olan mekanik özellikleri de olumsuz yönde etkilemektedir.

Odunun direnci sıcaklıkla birinci dereceden ilgilidir. Dirençteki lineer düşüşler,  $-200^{\circ}\text{C}$ 'den  $160^{\circ}\text{C}$ 'ye doğru değişen sıcaklıklardaki artışlarda daha net göze çarpar. Isının odun üzerinde etkileri 2 tipte toplanabilir. Artan sıcaklıkla oluşan ani etkiler ve odun polimerlerinin termal parçalanmasına neden olan kalıcı etkiler. Isıyla oluşan ani etkiler düzeltilir. Fakat kalıcı etkiler düzeltilemez. Ani ve kalıcı etkilerin birleşimi daha fazla zarar meydana getirir. Sıcaklık  $55-65^{\circ}\text{C}$ 'de ilerleyen periyotlarda (2-3 ay) hemiselüloz ve hemiselülozünde polimerizasyonu yavaşça baş gösterir (Feist vd. 1973; LeVan vd. 1990). Bu süre ilerledikçe pirolizin  $250^{\circ}\text{C}$ 'de hızlı gerçekleştiği görülmüş olan hücre duvarı polimerlerinin buharlaşması, havasız ortamdaki kömürleşme oluşumu ve hava varlığında gerçekleşen tutuşma artar.  $102^{\circ}\text{C}$ 'de 335 gün fırında ısıtılan Douglas Göknarı'nın MOE %17, MOR %45 ve liflerde oluşan stresin sınırları %33 oranlarında düşmektedir (Millet ve Gerhards 1972). Aynı kayıtlar  $160^{\circ}\text{C}$  de 7 gün içinde gözlenebilmektedir. Havasız ortamda 10 dk.  $210^{\circ}\text{C}$ 'de ısıtılan İYA'nın MOR %2, sertliği %5 ve yüzey kabalığı %5 oranlarında düşmektedir.  $280^{\circ}\text{C}$ 'de aynı şartlar altında MOR %17, sertlik %21 ve yüzey kabalığı %40 oranlarında düşer. Her iki örnekte ısı, hava ve zamanın birleşik etkilerini göstermektedir.

Yüksek sıcaklıkta odunun muamelesi, direnç, yüzey kabalığı ve aşınma direncinde bir düşüşe sebep olur (Chang ve Keith 1978). Yüksek sıcaklıklarda muamele sonuçlarına göre mekanik özelliklerde düşüş göze çarpmaktadır. Yine diğer bir çalışmada elde edilen sonuçlar, direnç düşüşlerinin  $200^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilerek minimize edilebileceği belirtilmiştir (Boonstra vd. 1998). Dirençteki düşüş, yapılan ısı işlemine göre ciddi oranda etkilenir. Ayrıca direnç kayıplarında higrotermal, hidrotermal şartlarda ve hava ortamında, havasız ortamda karşılaştırıldığında kapalı sistemlerde açık sistemlerde karşılaştırıldığında düşüş daha fazladır. YA aynı şartlar altında muamele edildiğinde İYA'dan daha fazla direnç kaybı olduğu yapılan tezde de belirlenmiştir.

Eğilme direncinde genelde düşüş  $220^{\circ}\text{C}$ 'den sonra başlamaktadır. Sonuçlar ısı işlem görmüş odunun elastikiyet modülünün değişmesi üzerinde önemli olmadığını göstermiştir. Odun örnekleri %45 ve %65 nispi nemde kondisyonlanmaktadır. Odunda budak bulunması ısı işlem görmüş odunun direnç değerlerini, ısı işlem uygulanmamış olana göre daha düşük olur. Bu diğer faktörler arasında reçinenin odundan ekstarkt edilmesindedir. %12 rutubetteki

ladinin referans değerleri; Elastikiyet Direnci 40–50 N/mm<sup>2</sup>, Elastikiyet Modülü 9,700–12,000 N/mm<sup>2</sup>. Eğilme Direnci, ısıl işlem görmemiş odunla karşılaştırıldığında %40'dan daha fazla düşüş gösterdiği görülmüştür. Bu kusurlu olan bölgelerde daha da fazla olmaktadır. Fakat 4 saat 190°C'lik düşük sıcaklıklarda ısıl işlem görmüş odunda bu düşüş çok daha azdır. Isıl işlem görmüş olan odundaki az ya da çok orandaki düşüşten dolayı ısıl işlem görmüş odunun yapılarda kullanılması tavsiye edilmemektedir. Birçok çalışmada, odun termal olarak kısa zaman periyotlarında muamele edilmiş ve MOE'de küçük bir artış olduğu belirlenmiştir. MOE'deki düşüş muamele sıcaklığı ve diğer şartlara bağlı olarak değişmektedir. Kayının termal degradasyonunun ve çamın farklı sıcaklık ve zaman periyotlarında ısıl işlem çalışmalarında direnç ve maksimum yükteki kayba kütle kaybına 1. etkisi olmasına rağmen, muamele ve türleri hesaba katmadan, MOE deki kayıp, kütle kaybı %8 geçtiği zaman önemli bir durum almaktadır (Rusche 1973b; Green 1999; Yıldız vd. 2006).

Kim vd. (1998), nemli odun örnekleri ile kuru fırın olan odunun ısıtıldığı da MOE'de ciddi bir düşüş olduğu görüldü; fakat kısa ısıtma periyotlarında herhangi bir düşüş eğilimi görülmez. Termal olarak muamele görmüş odunun mekaniksel özellikleri belirlenirken budak gibi kusurların uzaklaştırılması önemlidir. Çoğu çalışmada değişik olmasına rağmen ısıl işlem görmüş odun için bazı limitler belirlenmiştir. Bengtsson vd. (2003), 220°C'de higrotermal olarak muamele edilen ladin ve çam örnekleri (45x145 mm ve 4,5m) çalışılmış ve eğilme direncinde %50'lik bir düşüş bulundu ve buna paralel olarak MOE'de kayıplar gözlenmiştir. Termal olarak modifiye olmuş odunun normal oduna göre daha fazla gevrek olduğu bulunmuştur.

#### **1.8.4 Isıl İşlem Süresince Meydana Gelen Biyolojik Değişimler**

Isıl işlem görmüş odunun biyolojik direncini ölçmek için 3 tip test yapılır. Bu testler EN113 standartlarına göre gerçekleştirilmektedir. Deneyler küçük örneklerde kısa sürelerde yapılır. 8, 16, 24 ve 32 haftalar arası test mantarı *Coniopharaputeara* ve *Poriaplacentaki* bu mantarlar en yaygın ve en fazla çürümeye sebep olan biyolojik zararlıdır. Sonuçlar kahverengi çürüklüğe karşı direncin ısıl işlem görmüş odunda daha iyi olduğunu göstermiştir. Fengel ve Wegener (1989), yapılan çalışmalarda ısıyla muameleyle tahrip edici mikroorganizmalara karşı odun biyolojik olarak dayanımının arttığı gözlenmiştir. Bunun üç temeli bulunmaktadır. İlki, odunun yapısında doğal olarak bulunan suyun buharlaşması, mevcut hidroksil gruplarının azalması ve bu grupların çürüklüğe daha dirençli olan gruplarla yer değiştirmesinden dolayı

olduğu belirlenmiştir. Kavak, ladin ve göknar örnekleri 200–260 termal olarak muamele edilmiş ve sonuçta mikrobiyolojik saldırılara karşı örneklerin dirençlerinin arttığı belirlenmiştir. Troya ve Navarrete (1994), kavak odunu 220, 230, 240, 250 ve 260°C sıcaklıklarda 5, 10, 15, 20 saat termal muamele sonucunda kavak odununun çürüme direnci ciddi oranlarda arttığı belirlenmiştir. Rapp ve Sailer (2000), sıcak hava ve sıcak yağla yapılan ısı muameleden sonra deniz zararlıları ile ilgili çalışmalar halen devam etmesine rağmen ilk yayınlanan sonuçlara göre ısı işlem uygulamasının olumlu etkiler gösterdiği belirlenmiştir.

Yapılan testlere göre, ısı işlem görmüş odunun böceklere karşı direncinin iyi olduğunu göstermiştir. Fakat özellikle ısı işlem görmüş çam ağacına bal arılarının yumurtalarını bırakmaları için en uygun yer olduğunu göstermiştir. Bunun nedeninin de ısı işlem görmüş odunun terpen emülsiyonunun normal odundan daha düşük olduğundandır. Aynı zamanda bu durum termitler içinde geçerli olduğu için tehlikeli bir durum arz etmektedir. Çeşitli türlerin odun örnekleri 150°C buhar ortamında ve 150°C’de hava ortamında çeşitli periyotlar süresince *C. formosonus* da *R. speratustermit* türleriyle saldırı ortamında ısıtma yapılmıştır (Doi vd. 1997; 1999). Buharla yapılmış olan ısı işlemin böcek saldırılarına karşı etkili olduğu görülmüş ve buna karşın ısı ile yapılan ısı işlemin çok az etkisi olduğu belirlenmiştir.

## 1.9 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

### 1.9.1 Ayak-Kayıt Birleştirmeler

Masa, sandalye vb. mobilyalarda ayaklar mobilyanın genel formuna ve stiline uygun olarak yapılır. Ayaklar, çok değişik biçimlerde yapıldığı halde, ayak-kayıt birleştirmelerde büyük bir değişme olmamış, yüzyıllardan beri benzer birleştirmeler kullanılmıştır. Günümüz mobilya endüstrisinde yaygın olarak uygulanan ayak-kayıt birleştirme çeşitleri aşağıda verilmiştir:

- Düz zıvanalı ayak-kayıt birleştirme
- Hampaylı zıvanalı ayak-kayıt birleştirme
- Bindirme kayıtlı ve zıvanalı ayak-kayıt birleştirme
- Kertmeli ve zıvanalı ayak-kayıt birleştirme
- Kavelalı ve zıvanalı ayak-kayıt birleştirme
- Kavelalı ayak-kayıt birleştirme
- Kavelalı ve 45 derece konumlu ayak-kayıt birleştirme

- Kırlangıçkuyruğu ve 45 derece konumlu ayak-kayıt birleştirme
- 45 derece konumlu ve çift zıvanalı ayak-kayıt birleştirme
- Kertme geçmeli putlama ayak-kayıt birleştirme (Zorlu 2001).

Yapılan araştırmalarda; kama dişli birleştirmeli ağağ malzemede, “lambalı”, “zıvanalı”, “yarma-geçme” birleştirme yöntemleri ile birleştirilen ağağ malzemeye oranla %60- 80 daha fazla mukavemet sağlandığı sonucuna varılmıştır. Kama dişli birleşmelerde, PVAc tutkalı kullanımı halinde ağağ malzemenin kapalı ortamlarda, üre formaldehit tutkalı ile normal iklim koşullarında pencere vb. üretiminde, fenol formaldehit tutkalı ile açık hava iklim koşullarında kullanılabileceği belirtilmiştir (Örs 1987).

Sandalye konstrüksiyon tasarımında kullanılan kavelalı, zıvanalı ve kavelalı-zıvanalı birleştirme tekniklerinin, çekme ve eğilme test elemanları üzerine denendiği araştırmanın sonuçlarına göre, sandalyenin ön ve arka ayakları, ayaklara kavelalı birleştirme ile, yan kayıtları ön ve arka ayaklara zıvanalı birleştirme ile bağlamanın uygun olacağı bildirilmiştir (Kürelı 1988).

Eckelman (2003); Kürelı (1988), masif mobilyada ayak-kayıt birleştirme dirençlerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, kavelalar arası uzaklık artışının direnci arttırdığını belirtmişlerdir. Kutu tipi mobilyada kavelalı köşe birleştirmede kavela sayısı artışının birleştirme direncini arttırdığını belirtmişlerdir (Cai ve Wang 1993). Çerçeve konstrüksiyonda ve kutu tipi mobilyada çeşitli birleştirme dirençlerini araştırılmış ve demonte birleştirmelerin daha dirençli olduğunu açıklamışlardır (Efe 1994).

Mobilya elemanlarının birbirine bağlanmasında kavelalı ve zıvanalı birleştirme gibi geleneksel teknikler yanında konut veya ofislerde monte edilen ve kullanımı hızla yaygınlaşmakta olan demonte (Ready-To-Assemble) mobilyaların konstrüksiyonunda metal veya metal-plastikten üretilen mekanik bağlantı elemanları kullanılmaktadır (Trinka 1989).

Mobilya masa ayak-kayıt birleştirmelerde demonte mekanik bağlantı sağlayan soket-vidalı birleştirmeler, rijit birleştirme sağlayan tutkallı birleştirmelere göre daha başarılı bulunmuştur (Kasal 1998).

Çerçeve konstrüksiyonlu masa ayak-kayıt birleştirmelerinde, köşe takozunun eğilme direncine etkisi, soket-vidalı demonte birleştirmelerde sabit birleştirmelerden daha başarılı bulunmuştur (Efe 1999).

Çalışmada, kayın odunundan hazırlanan deney örneklerinde, sabit birleştirmelerde PVAc tutkalı kullanılmış, demonte birleştirmelerde ise bağlantı soket-vidalarla yapılmıştır. Ayak-kayıt birleştirmelerde ise kavela kullanılmıştır. Araştırmada dört değişik köşe takozu birleştirme tipi (kınışlı, lambalı, düz, yabancı çıtalı birleştirme), üç değişik genişlikte köşe takozu (100x125, 75x125, 50x125 mm) ve iki bağlantı türü (tutkallı, demonte) kullanılarak, örneklerin eğilme dirençleri tespit edilmiştir. Soket-vidalı demonte birleştirmelerin, sabit birleştirmelerden daha başarılı bulunduğu ve sabit birleştirmelerde 50 mm köşe takozlu birleştirmenin en iyi sonuç verdiği bildirilmektedir (Efe 1999).

Çerçeve konstrüksiyonlu masif mobilya üretiminde uygulanan T-tipi birleştirmelerden tutkallı (sabit) birleştirmeler ile tutkalsız (demonte) birleştirme örneklerinin çekme ve eğilme direnç özellikleri araştırılmıştır. Deney örnekleri, sarıçam (*Pinus sylvestris*), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve meşe (*Quercus borealis* Lipsky) odunlarından hazırlanmıştır. Tutkallı (sabit) numuneler zıvanalı ve kavelalı olarak PVAc tutkalı ile tutkallanmış, tutkalsız (demonte) numuneler ise minifix ile birleştirilmiştir. Sonuçlara göre demonte birleştirmeler sabit birleştirmelere göre daha başarılı bulunmuştur (İmirzi 2000).

Ayak-kayıt sistemi için kullanılan malzeme, birleştirme tipi, elemanların ebatları, köşe takozunun türü ve yapısı, kavelanın çeşidi ve yapısı vb. gibi değişkenler birleştirmenin dayanımı üzerine etkili olmaktadır. Araştırmada, birleştirme çeşidi esas olmak üzere, birleştirme ve köşe takozu bağlantı tipi sisteminin eğilme dayanımı üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır (Yıldırıncı ve Uzunal 2001).

Ayak-kayıt birleştirmeler içerisinde en çok kullanılan birleştirme tipi, zıvanalı ayak-kayıt birleştirmelerdir. Bu birleştirmeler, hem yapımı kolay hem de sağlam oldukları için tercih edilirler (Zorlu 2001). Zıvanalı birleştirme uygulanmış kitaplık iskeletlerinin tasarımı ve dayanımı üzerine çalışma yapılmıştır. Zıvanalar arasındaki birleşme yeterli uygunlukta sağlandığı zaman dayanıklılığında arttığını bulunmuştur (Tankut vd. 2003).

Masa, sehpa gibi mobilyaların ayak-kayıt birleştirmelerinde uygulanan ayak-kayıt birleştirme ve köşe takozu bağlantı tipinin eğilme direnci üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, daha çok tercih edilen zıvanalı ve kavelalı olmak üzere iki adet ayak-kayıt birleştirme tipi, kinişli ve vidalı olmak üzere iki adet köşe takozu bağlantı türü seçilmiştir. Köşe elemanlarının bağlanmasında PVAc tutkalı kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre en yüksek eğilme direnci kavelalı birleştirmede elde edilmiştir (Burdurlu vd. 2003).

Zıvanalı birleştirmeler yüzyıllardır kullanılmaktadır. Kavelalı birleştirmelerin artmasına rağmen, hala bir çok konstrüksiyon türlerin için özellikle sandalyelerde tercih edilmektedirler. ereve köşe birleştirmelerinde, T-tipi birleştirmelerde ve ayak-kayıt birleştirmelerde; açık zıvanalı, yarım açık zıvanalı, ham paylı zıvanalı vb. gibi çeşitli zıvanalı birleştirme teknikleri vardır (Alexander 1994; Kasal 2004).

### **1.9.2 Birleştirme Tipi**

Araştırmada, sıkıştırılmış zıvanalı bağlantı elemanlarının sıradan birleştirme yöntemlerinden daha güçlü olmadığı sonucuna varmıştır (Willard 1966;1966a;1967). Lamba ve zıvana bağlama elemanlarıyla ilgili kapsamlı alışma Sparkes (1968) tarafından yapılmıştır ve birleştirme geometrisinin eğilme direnci üzerine etkisi, zıvananın genişliği ve uzunluğunun arttırdığını, birleşme direncinde aynı zamanda iyileştirdiğini öne sürmüştür.

En güçlü bağlantı elemanlarının lamba-zıvana birleştirmeler arasındaki yakın bir toleransla sağladığını ve ayrıca destek birleştiriminin eğilme direnci üzerine belirgin bir etkisi olduğunu ifade etmiştir (Milham 1949).

Dupont (1963), lamba-zıvana birleştirmelerin kullanım yerindeki uygunluğu, tutkalın birbiri üzerinde kapanma teloransının önemini vurgulamıştır. Tutkalın lamba-zıvananın kenarlarına uygulandığında optimum sağlamlığın kazanıldığını bulmuştur.

Kavela bağlantı elemanlarının artan kullanımına rağmen, lamba-zıvana birleştirmeler asırlarca yaygın olarak kullanılmıştır ve halen pek çok yapıda tercih edilir. Temel bağlantı elemanlarının "*kör, anahtarlı, açık lamba zıvanalı*" olmak üzere pek çok çeşidi vardır (Feiher 1963).



Şeker akçaağacı (*Acer saccharum*), meşe (*Quercus borealis*) ve kavak (*Populus sp.*) odunların üzerinde piyasadan elde edilen kavelalar ile yapılan tek kavelalı çekme ve eğilme denemeleri sonuçlarına göre kavela çapı, direnç üzerinde doğrudan etkilidir. Kavela boyunun ise en fazla 50 mm'ye kadar etkili olacağı, kavela çapı ile direnç arasında ise doğrusal bir ilişki bulunduğu, diğer şartlar eşit olmak üzere, tek kavelalı 'T' tipi birleştirmenin boy birleştirmeye oranla çekme mukavemetinde %70 oranında daha büyük olacağı belirtilmiştir (Eckelman 1969).

Hill ve Eckelman (1973), belirli boyutlarda tasarlanmış lamba zıvanalı birleştirmelerde eğilme direncinin tahmini için kullanılacak formüller geliştirmiştir. T-tipi lamba zıvana birleştirmelerinin eğilme direnci ve bükülebilme özelliği üzerine araştırma yapmışlardır. Test sonuçlarına göre, birleştirmenin direnciyle beraber ortalama nihai direnci de arttığı yönde sonuç çıkarmışlardır.

Paulenkova (1984), her bir birleştirme geometrisinin uygun kullanımını tavsiye edilen yönde elde ederek, kama birleştirme ve kavela birleştirme ile lamba zıvana birleştirmelerin eğilmede moment kapasitelerini kıyaslamıştır. Kavela ve lamba zıvananın direncini karşılaştırmış ve lamba zıvananın daha avantajlı bir dirence sahip olmasıyla birleştirme boyutlarının karşılaştırılabilir olduğunu belirtmiştir (Watanuki vd. 1981).

Ağaç türü ve zıvana uzunluğunun zıvanalı boy birleştirmede eğilme direncine etkileri araştırılmış ve en yüksek eğilme direnci kontrol örneklerinde bulunmuş ve zıvana uzunluğu arttıkça eğilme direncinin azaldığı bildirilmiştir (Uysal 1998).

Araştırmacı Eckelman vd. (2001), yuvarlak lamba-zıvana birleştirmelerin mobilya konstrüksiyonunda yüklemelere yüksek ölçüde direnç gösterdiğini açıklamışlardır.

Çalışmada nominal olarak aynı şartlarda ve farklı biçimlerde yuvarlatılmış lamba-zıvana, dikdörtgen lamba-zıvana, dikdörtgen zıvanalı/yuvarlatılmış lambalı birleştirmelerin direnç değerleri araştırılmış, her üç biçim farklı kayıt genişliklerinde ve iki zıvana genişliğinde karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, dikdörtgen zıvanalı birleştirmelerin hem yuvarlatılmış zıvanalı hem de dikdörtgen zıvanalı/yuvarlatılmış lambalı birleştirmelerden yaklaşık %15 daha dirençli olduğunu göstermiştir. Ayrıca birleştirme geometrisi, birleştirmelerin direnci üzerinde

önemli derecede etkili çıkmıştır. Zıvana genişliği ve uzunluğu arttıkça birleştirmelerin direnci iyileşmiştir (Tankut ve Tankut 2005).

Tutkal hattı kalınlığı, yapıştırma tipi ve rutubet oranının, lamba-zıvana birleştirmenin direnç özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. PVAc, PÜ ve hayvansal tutkal kullanılmış ve bunlar 3 farklı tutkal hattı kalınlığında kombine edilmiştir. Sonuçlar, lamba-zıvana birleştirme arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir (Tankut 2007).

"L" tipi kavelalı, lamba zıvanalı ve kama birleştirmeleri kıyaslamış ve kama birleştirmenin en büyük moment eğilme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. Ishii ve Miyajima (1981), moment kapasitesinin eğilme direnci üzerine kavela derinliği ve uzunluğunun etkisini araştırmış ve moment kapasitesi ile bu faktörler arasında lineer bir yakın ilişki olduğunu bulunmuştur (Miyajima ve Sato 1977).

Mobilyada çerçeve konstrüksiyon için alternatif bağlantı elemanları ile geleneksel bağlantı elemanlarının mekanik performanslarını karşılaştırmış ve statik yükleme altında alternatif bağlantı elemanlarının performansı geleneksel bağlantı elemanlarından daha iyi sonuç verdiğini açıklamıştır (Örs ve Efe 1998).

Gelişen ve gelişmekte olan ülkelerde okul sıraları ve sandalyeleri tasarlanmış ve test edilmiştir. Konstrüksiyon için yuvarlak lamba zıvana kullanılmıştır. Yuvarlak lamba zıvana birleştirmeler yüksek dirençli yüklemelere ve bu yüklerin taşımayı etkilediği yönünde sonuca varmışlardır (Haviarova vd. 2001).

Küçük çaplı, baltalık genç odundan lamba zıvanalı birleştirme kullanılarak ahşap ev karkası yapımı araştırılmıştır (Eckelman vd. 2000). Takiben lamba-zıvanalı birleştirme kullanılarak, küçük çaplı genç odunlardan yapı inşaatı gerçekleştirilerek bunun verimliliği araştırılmıştır (Eckelman vd. 2002). Bu çalışma ve belirtilen malzemenin mobilya üzerinde kullanımı hakkında daha kapsamlı incelemelerde bulunulmuştur (Eckelman ve Haviarova 2003).

MDF ve yonga levhadan üretilen kutu tipi mobilyada köşe birleştirme üzerine vida ve panel desteğinin etkisini araştırmış, aynı zamanda panel desteği için 4 mm kalınlığında kontrplak kullanılmıştır. ASTM-D 143-83 standartları kullanılarak köşe birleştirme üzerine basınç ve

çekme direnci testleri uygulanmıştır. Sonuç olarak, kutu tipi mobilyalarda masif odun ile kaplanan lambalı birleştirmelerin kullanışlı olduğunu belirtmiştir (Atar ve Özçiftçi 2007).

Melamin kaplı levhalar için kutu tipi mobilya konstrüksiyonlarının köşe birleştirmelerinde diyagonal basınç ve çekme üzerine, kavela birleştirme, kama birleştirme ve her ikisinin kombinesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak her ikisinin kombinesiyle sağlanan birleştirme şekli, geniş çaplı kavela tipi birleştirmelerden daha yüksek basınç ve çekme direnç değeri vermiştir (Altınok vd. 2008).

Yapılan çalışmada PVC, melamin ve odun kaplamaları, kenar bantlama materyalinin kalınlıkları ve sentetik reçine kaplı MDF ve sentetik reçine kaplı yonga levha odun kompozit panel türlerinin diyagonal basınç ve çekme direnç özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. 'L' tipi köşe birleştirmelerin hepsinde diyagonal çekme direnci, diyagonal basınç direncinden yüksek bulunmuştur. Sentetik reçine kaplı MDF köşe birleştirmeleri, sentetik reçine kaplı yonga levha köşe birleştirmelerinden daha dirençli sonuç vermiştir (Tankut ve Tankut 2009).

### **1.9.3 Mobilyada Mukavemet Analizi**

Mobilya konstrüksiyonlarında uygulanan birleştirmelerin boyu, kararlılığı ve mukavemeti, mobilya sisteminin mukavemetini etkiler. Mobilya iskeletlerinde, her zaman istenen performans değerlerine ulaşamamaktadır. Bu durum, daha dirençli ve daha mukavemetli birleştirmelerin kullanılması gereğini ortaya çıkarmaktadır. Birleştirmelerin mukavemeti, başka faktörlerin yanında kullanım sırasında taşıyabilecekleri yüklerle de ilişkili olduğunu vurgulamıştır (Eckelman 1968).

Miyajima ve Sato (1977), 'L' şekilli kavela, zıvana ve kırlangıçkuyruklu birleştirmelerin mukavemetlerini karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, kırlangıç kuyruklu birleştirmelerin en büyük eğilme direnci sağladığını vurgulamışlardır.

Demonte masa ayak-kayıt birleştirmelerin mukavemetine etki eden faktörlerin araştırıldığı çalışmada, üç değişik köşe takozu, dört değişik birleştirme türü Şeker Akçaağacı (*Acer saccharum* Marsh) odunu üzerine denenmiştir. Araştırma sonucuna göre; kayıt genişliği, cıvata ve vidaların etkisinden bağımsız olmak üzere birleştirme mukavemeti üzerine en etkili faktör olduğu bildirilmiştir (Hayashi ve Eckelman 1986).

Beş kenarlı kutu tipi mobilyalarının karakteristik deformasyonları hakkında öngörülen ifadeler geliştirmiş olmasına rağmen, bu faktörler birleştirmenin sertliğinde hesaba katılmamaktadır. Yapılan bir araştırmada, kutu dayanıklılığı üzerine birleştirme rijiditesinin etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, birleştirmelerde bu faktörlerin önemli bir etkiye sahip olduğu için üreticilerde kendi konstrüksiyonlarında bu tip birleştirmeleri uygulamak istemişlerdir (Shih-Cha ve Eckelman 1987).

Birleştirmeler, mobilyaların direnç ve rijitliğini belirlemede en önemli faktörlerden biridir ve mobilya konstrüksiyonunda kullanılan birleştirmelerin direnç ve sertlik üzerine önemli olduğunu belirtilmiştir (Eckelman 1971). Aynı zamanda mobilya konstrüksiyonunda kullanılan çoğu birleştirmelerin, eğilme yüklemesinde meydana gelen döndürme etkisi altında gerçekte yarı-rijit halde olduğunu belirtmişlerdir (Eckelman ve Munz 1987).

Mobilya konstrüksiyonu kavramı, mobilya yapım tekniği ya da tekniklerini ifade için kullanıldığı takdirde en az iki noktadan analiz edilebilir. Birincisi, fonksiyonellik ve estetik, ikincisi ise statik, dinamik ve mukavemet gibi kavramları içine alan mühendislik tasarımıdır (Efe 1994).

Çerçeve konstrüksiyonlarda kullanılan birleştirme teknikleri (kavelalı tutkallı ve zıvanalı tutkallı) ile iki tane farklı özel mekanik bağlantı elemanı ve bu mekanik bağlantı elemanların ikisinin birlikte kullanılması ile yapılan toplam beş farklı birleştirme karşılaştırılmıştır. Birleştirme teknikleri ile yapılan kavelalı tutkallı ve zıvanalı tutkallı birleştirmelerin mekanik bağlantı elemanları ile yapılan birleştirmelere göre daha mukavemetli olduğu görülmüştür (Efe 1994).

Çerçeve tipi mobilyalarda, konstrüksiyon sağlamlığı ahşap kayıtlar ile kayıtları birbirine bağlayan birleştirmenin direncine bağlıdır. Birleştirme faktörlerinin ihmal edilmesi halinde kutu mobilyaların sağlamlığı, tablaların burulma direnci ve rijitliği ile doğrudan ilişkili bulunmaktadır (Efe 1994).

Köşe birleştirmelerinin mukavemetlerini inceleyen bazı araştırmalar yapılmıştır. Ahşap köşe birleştirmelerinin rijitliğini arttırmaya yönelik araştırmada, zıvana köşe birleştirmelerde beş farklı tutkal kullanılarak mukavemet değerlerindeki değişim incelenmiştir. Çalışmada, ahşap doğrama köşe birleştirmelerinin rijitliğini arttırmada kullanılan tutkal türlerinin mukavemet

üzerinde etkinliği en zayıf tutkal ile en kuvvetli tutkal arasında, geleneksel geçme köşe birleştirmelerinde %107, bu çalışmada önerilen dişli köşe birleştirmelerinde ise % 67 düzeyinde bir mukavemet artışı görülmüştür. Sonuç olarak, tutkal türünün, geçmenin rijitliği üzerinde etkisinin geçme türüne göre düşük düzeyde olduğu ifade edilmiştir (Sayıl 1996).

Tutkal sayesinde mobilyanın birleşme yerlerinde tam rijitlik sağlanır. Ayrıca, çeşitli levhaların yapımına olanak vererek mobilyada çeşitliliğe, ekonomiye ve tasarım esnekliğine katkıda bulunur. Bu rolleriyle, ahşap yapıştırıcılar mobilya sektöründe çok büyük önem arz etmektedir (Altınok 1998).

Mobilya ereve konstrüksiyon uygulamalarında yaygın olarak kullanım alanı bulan T-tipi birleştirmelerin, çekme direnci ve rasyonel kavela tipini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, deney örnekleri sarıçam (*Pinus slyvestris* L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve meşe (*Quercus borealis* Lipsky) odunlarından hazırlanmış ve birleştirmelerde PVAc tutkalı kullanılmıştır. Boyları 36 ve 48 mm, çapları 8 ve 10 mm gövdeleri düz ve yivli olmak üzere kayın odunundan elde edilen kavelalar kullanılmıştır. Odun türleri arasında direnç sıralamasının meşe, kayın ve am şeklinde olduğu, 36 mm boyundaki kavelaların 48 mm boyundaki kavelalara göre daha mukavemetli bulunduğu 36 mm boyundaki kavelalardan çapı 8 mm olanlar amda, 10 mm olanların ise kayın ve meşede daha başarılı olduğu belirtilmiştir (Efe 1998).

Üzer (1999), yaptığı çalışmasında; hampaylı köşe birleştirme şekillerinden düz hampaylı, gizli hampaylı ve pahlı hampaylı zıvana, üç farklı ahşap kereste (sarıçam, kestane, köknar) ile belirli nem düzeyinde ( $u=0\%12$ ) birleştirerek basma ve çekme mukavemetlerini incelemiş ve bunun üzerine deneysel bir grup araştırma yapmıştır. Yapılan deneylerin sonucunda, birleşim yönünden en iyi ortalama çekme mukavemeti, gizli hampaylı zıvana ile elde edilebileceği, pahlı hampaylı birleşim ikinci ve son olarak da düz hampaylı birleşim, ortalama basınç mukavemetleri yönünden ise birleşim şekilleri arasında fazla bir farkın olmadığı belirlenmiştir.

Tutkalsız birleştirmeler, mobilya konstrüksiyonunda yaygındır çünkü bunlar mobilyanın sevki sırasında, devrilme veya montajda esnasında sevk maliyetlerini büyük miktarda düşürmektedir. Buda göz önünde bulundurulduğunda, hem yerel hem de mobilyanın ithalatında önemli bir durumdur. Bu birleştirmenin yaygın kullanıma rağmen, yük dayanımı

kapasitesi ve birleştirme sertliği üzerine çok az çalışmalarla sınırlandırılmıştır (Örs ve Altınok 1999).

Bazı ağaç türlerinde temel işlem makineleri ile açılmış zıvanaların diyagonal basınç ve çekme dirençlerinin belirlenmesine yönelik olarak üç farklı ağaç türü ve iki farklı tutkal türü denenmiş ve köşe birleşim mukavemetlerindeki değişimler araştırılmıştır. Çalışmada, meşe, sarıçam, doğu kayını ağaçlarında şerit testere, daire testere ve freze makinelerinde zıvanalar açılmış, açılan bu zıvanalar PVAc ve Desmodur-VTKA tutkalları ile yapıştırılmıştır. Yapılan diyagonal çekme ve basınç dirençlerinin, freze makinesinde açılmış PVAc tutkalı ile yapıştırılmış olan kayın ağacında olduğu belirlenmiştir. En düşük çekme ve basınç dirençlerinin ise şerit testere makinesinde açılmış desmodur-VTKA tutkalı ile sıkılmış olan sarıçam ağacında olduğu belirlenmiştir (Tekin 2000).

Mobilyalar, kullanım amacına bağlı olarak çeşitli mekanik zorlamalar ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlamalarda, etkili olan kuvvetin şekli ve şiddetine göre mobilya elemanlarının birleşme yerlerinde açılma ve gevşeme, elemanlarda eğilme, çatlama veya kırılma gibi deformasyonlar meydana gelir. Sağlamlık ve kaliteyi doğrudan etkileyen deformasyonların büyüklüğü, birleşme yerlerinde uygulanan konstrüksiyona, yapıştırıcı ve ağaç malzeme türüne göre değişmektedir (Altınok 2001).

Birleştirmeler, halen genel olarak mobilya yapılarının en zayıf yerleridir. Birleştirmeler mobilya konstrüksiyonlarında sakınılamayacağından, birleştirmelerin kullanımda karşılaşılabileceği yükleri taşıyabilecek yeterlilikte güçlü tasarlanmalıdır (Erdil 2002).

Nicholls ve Crisan (2002), kutu konstrüksiyonlu kavelalı ve minifix tipi bağlantı elemanlı köşe birleştirmelerdeki gerilmeleri ve zorları sonlu elemanlar yöntemi analiz etmişlerdir. Sonuçta, katı modellerde oluşan gerilme yığılma alanlarının, birleştirmelerdeki gibi geliştiği belirlenmiş ve köşe birleştirmelerdeki gerilme dağılımları analiz edilmiştir.

Efe vd. (2003), silindirik zıvanalı birleştirme uygulayarak hazırladıkları 2 adet okul sandalyesini ‘devirli basamaklı artan yük’ yöntemine göre denemişlerdir. Prototiplerin bilgisayar destekli yapısal analizinde sonlu elemanlar yöntemi ile yapmışlardır. Sonuç olarak; sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan 3 boyutlu yapı analizi, sandalyelerin genel mukavemeti açısından anlamlı yaklaşık değerler sağladığı belirlenmiştir.

Eckelman (2003), beş farklı ağaç türünde, düz birleştirmeli kırlangıçkuyruğu birleştirme konstrüksiyonu üzerine eğilme moment kapasitesi ve birleştirme sertliğini ölçmüştür. Test sonuçlarına göre, düz birleştirmeli kırlangıçkuyruğu, yüksek moment birleşim dayanımı göstermiş, fakat bunların rijitliği (sertliği) tutkallı birleştiricilerden daha az olduğu ortaya çıkmıştır.

Sarıçam, köknar kestanesi ve toros sediri ile imal edilen, düz zıvanalı, düz-zıvanalı kavelalı, gizli zıvanalı, gizli zıvanalı-kavelalı köşe birleştirmelerin çekme kuvvetlerine karşı mukavemetleri incelenmiştir. Yapılan testler sonucunda, birleştirmelerde en büyük çekme mukavemetinin çam malzemede düz zıvanalı birleştirmede, en düşük çekme mukavemetinin ise kestane kullanıldığında düz zıvanalı birleştirmede olduğu görülmüştür (Tokgöz vd. 2005).

#### **1.9.4 Isıl İşlem**

Isıl işlemle ilgili çalışmalar, özellikle 1990'lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda'da bilim adamları tarafından ele alınmıştır. Birçok önemli çalışma Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmış ve halen bu konuda çalışmalar sürdürülmektedir. Odunun ısıyla muamelesi farklı metotlarla (Hollanda-Plato yöntemi, Fransa Retification ve LesBoisPerdure, Almanya-Yağla ısıl muamele yapılmasına rağmen en çok kullanılan metot VTT tarafından geliştirilen ve ticari adı "ThermoWood" olarak adlandırılan ısıl işlem görmüş ağaç malzemedir (Viitaniemi vd. 2001). Deneysel veya ticari olarak uygulanabilen farklı ısıl işlem yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar; ağaç malzemenin ısıtılması için buhar kullanılan Fin (Thermowood) yöntemi, buhar ve sıcak havanın birlikte kullanıldığı Plato yöntemi ve sıcak yağ kullanılan Alman (OHT) yöntemidir. (Rapp vd. 2000). Isıl işlem yönteminde ağaç malzemeler, 180°C'de su buharının koruması altında ısıtılmaktadır. Su buharının ahşap malzemeyi koruması yanında odundaki kimyasal değişim üzerinde de önemli etkisi vardır. Bu muamele sonucunda çevreye dost olan ısıyla muamele edilmiş ahşap materyal elde edilmiş olur. Isı muamelesi süresince odun renginde farklılaşmalar görülmektedir. Oluşan bu ürün farklı nem ortamlarında normal odundan daha fazla kararlı olmakta ve termal iletkenliği iyileşmektedir. Eğer ağaç malzeme, yeterli sıcaklıklarda muamele edilirse; çürüme direnci ciddi oranlarda artmaktadır (Aydemir ve Gündüz 2009).

Isıl işlem görmüş keresteler arasında doğal farklılıktan dolayı özelliklerindeki değişimlerde farklı olabilmektedir. Isıl işlem görmüş odunun kimyasal ve fiziksel özellikleri kalıcı bir şekilde değişir. Odunun fiziksel, kimyasal, mekanik ve biyolojik özelliklerdeki değişim hemiselülozun termik degradasyonundan dolayı meydana geldiği bilinmektedir. İstenilen değişimler yaklaşık olarak 150°C’de elde edilmeye başlanır ve bu değişimler her kademede sıcaklığın artırılmasıyla devam eder. Sonuçta nemden dolayı oluşan şişme ve daralma düşer, biyolojik direnç artar, renk koyulaşır ve odundan birçok ekstraktif madde uzaklaşmış olur. Isıl işlemde, sıcaklık en önemli etkidir. Ancak ağaç türü, ısı işlem süresi, işlem atmosferi, basınç, rutubet miktarı ve sıcaklığın eşit dağılımı sonuca doğrudan etkisi bulunmaktadır (Viitanen vd. 1994b). Odunun termal bozunması 100°C sınırından itibaren başlamaktadır. 200°C’nin üzerinde yapısal hasar, odun bileşenlerinin tamamen dönüşmesi ve gaz fazındaki degradasyon ürünlerinin açığa çıkması gibi oluşumlar söz konusu olmaktadır. 270°C’nin üzerinde odunun piroliz ve yanma olayı başlamaktadır (Fengel ve Wegener 1989).



Şekil 1.20 Isıl işlem özellikleri.

Isıl işlem görmüş ağaç malzeme, genel olarak daha düşük bir yoğunluğa sahip olmaktadır. Buna esas olarak işlem sırasında odunun ağırlığında meydana gelen azalmalar yol açmaktadır. Yoğunluktaki ve odun komponentlerindeki değişimlere bağlı olarak ısı işlem görmüş ağaç malzemenin direnç değerlerinde de önemli azalmalar meydana gelmektedir. Buna rağmen ağırlık-direnç oranında ise pratik olarak değişimler az olmaktadır. Eğilme direncinde 230°C sıcaklık ve 4 saat süre ile ısı işlem uygulanan ağaç malzemedeki %40'lara kadar ulaşan direnç kaybı meydana gelebilmektedir. Sıcaklık 190°C'ye düşürüldüğünde ise azalmalar belirgin olarak düşmektedir. Vida tutma direncinde de yoğunluğa bağlı olarak azalmalar görülmekte fakat bu olumsuzluktan, deliklerin önceden ve daha küçük açılması ile kaçınılabilmektedir.



Bununla birlikte basınç değerlerindeki dūşmeler az olmaktadır. Őok direnci ve yarımla dirençlerinde de uygulanan sıcaklığa bağlı olarak %25-40'a varan kayıplar oluşabilmektedir. Isıl işlemlerin, sertlik üzerine etkileri ise yüksek sıcaklıklarda daha belirgin hale gelmektedir (URL-6 2011; Jamsa ve Viitaniemi 2001; Yıldız 2002).

Isıyla muamele süresince biyolojik direnç ve kararlılık artarken, özellikle 200°C sıcaklıklardan sonra mekanik özelliklerde ciddi düşüşler meydana gelebilmektedir. Kullanılan hammadde; ısıyla muamele edilmiş odunun kalitesini önemli derecelerde etkilemektedir.

Isıl işlem, odunun denge rutubet miktarının azalmasına neden olmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda (220°C) uygulanan ısıl işlemler sonucu denge rutubet miktarı normal odunun hemen hemen yarısı kadar olabilmektedir. Isıl işlem, ayrıca çok belirgin olarak radyal ve teğet daralma miktarını da azaltmaktadır (URL-6 2011).

Isıl işlem, etkili bir ağaç malzeme modifikasyon yöntemi olarak değerlendirilir. Stamm (1964)'ın çalışması ısıl işlem teorisinin başlangıcı olarak kabul edilir ve ancak ısıl işlemin sistematik olarak araştırılması ve endüstriyel değer kazanması son yıllarda gerçekleşmiştir.

Isıl işlem görmüş ağaç malzeme dış cephe kaplaması, kapı, pencere, bahçe mobilyası gibi dış mekân uygulamalarında, yer döşemesi, lambri, banyo ve sauna gibi iç mekân uygulamalarında gittikçe genişleyen kullanıma sahiptir. Isıl işlem görmüş malzemenin fiziksel ve mekaniksel özellikleri, malzemenin bu kullanım alanlarındaki performansını etkilemektedir. Elastikiyet modülü (EM), Eğilme direnci (ED) ve Basınç direnci (BD) gibi mekanik özellikler, yük taşıyıcı yapı elemanları için önemlidir. Boyutsal stabilizasyon ise sauna, banyo ve bahçe mobilyaları gibi rutubetli ortamlarda kullanılan ağaç malzeme için önemli faktördür. Bu nedenle bu özellikler çeşitli çalışmalara konu olmuştur. (Özçiftçi vd. 2009).

Daha yüksek sıcaklıkta daha koyu bir renk elde edilebilmekte ve İYA ağaçlarda renk sürekliliği, kullanılan odunun yoğunluğuna ve ilkbahar ya da yaz odunu olmasına bağlı olarak değiştiiği görülmüştür. Kullanım esnasında renk performansını belirlemek için bazı çalışmalar yapılmıştır (Bourgois vd. 1991; Bekhta ve Niemz 2003). Termal olarak modifiye olmuş odunun renk stabilizesi hızlandırılmış dış ortam direnci süresince kontrol örneklerinden daha

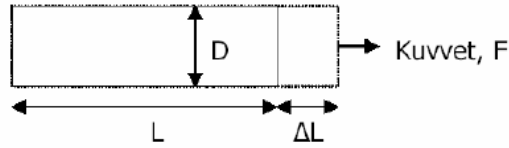
iyi olduğu belirlenmiştir. Fakat renk, ısıyla muamele edilmiş odun da bir dış koruyucuyla muamele edilmezse kayb olduğu gözlenmiştir (Syrjänen ve Kangas 2000; Ayadi vd. 2003).

## 1.10 GERİNİM ÖLÇÜMÜ ve DEFORMASYON

### 1.10.1 Genel Tanımlama

#### Gerinim (Strain)

Gerinim bir kütlenin, uygulanan kuvvet yüzünden deforme olmasıdır. Gerinim ( $\epsilon$ ), D kalınlığında ve L uzunluğundaki bir kütlenin  $\Delta L$  kadar uzamasının boyuna olan oranı olarak tanımlanır (Şekil 1.21).



$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

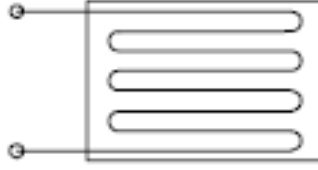
Şekil 1.21 Gerinim.

Pozitif gerinim çekme (*tensile*), negatif gerinim ise basma (*compressive*) olarak adlandırılır. Gerinim uzunluklar arasında bir oran olmasından dolayı birimi yoktur ancak kimi uygulamalarda mm/mm cinsinden yazılır. Öte yandan, gerinim çok küçük olduğu için mikro gerinim ( $\mu\epsilon$ ) olarak da ifade edilir.

#### Gerinim pulu (Strain Gauge)

3 Boyutlu bir elemanda şekil değiştirme her üç boyutta birden meydana gelmektedir. Böyle bir elemanın direncinin değişimini incelenirse, hangi ekseninde ne büyüklükte deformasyon olduğunu anlaşılamamaktadır. Ayrıca parçanın boyutları büyükse parça üzerinden direkt olarak ölçüm almakta imkânsızdır. Bu nedenlerden dolayı istenilen herhangi bir ekseninde ölçüm alınabilecek yardımcı bir alete ihtiyaç vardır. Bu yardımcı aletin adı Gerinim Pulu (Strain Gauge)'dur. Bu pullar (Şekil 1.22) bir doğrultuya yönlendirilmiş dairesel kesitli bir teli içeren yalıtılmış elemanlardır. Bu pulu ölçüm yapmak istenilen parçanın üstüne istenilen

doğrultuda yapıştırıp direnç değişimini ölçebilmekte ve bu yolla birim şekil değiştirmeyi hesaplanabilmektedir (Perry ve Lissner 1962).



Şekil 1.22 Direnç telleri.

Gerinim ölçmek için gerinim pulu sıkça kullanılan deney malzemelerindendir. Gerinim pulu, elastik bir taşıyıcı üzerinde bulunan birbirine paralel bağlantılı ince direnç tellerinden oluşmuştur. Gerinim pulu, gerinimi ölçülecek malzemenin yüzeyine yapıştırılır. Uygulanan yükte doğru orantılı olarak gerinim pulu uzayacak ya da kısılacaktır. Pul üzerindeki teller de aynı şekilde uzunluğu değişecek ve direnci orantılı olarak azalıp artacaktır. Gerinim pulları dirençleri, gerinilme doğrusal olarak değişir. Pullar, genellikle 120  $\Omega$  ya da 350  $\Omega$  (ohm) gibi standart değerlerde üretilir.

Gerinim pulunun en önemli parametresi gerinim pulu faktörüdür (GF, *gauge factor*). Eşitlik 1.1'de gösterildiği gibi ölçüm oranı, pulun birim gerinim karşısında gösterdiği bağıl direnç değişimidir.

$$GF = \frac{\Delta R/R}{\Delta L/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon} \quad (1.1)$$

$\Delta R$  : Gerinim pulunun deformasyona uğramadan önceki direnci

$R$  : Şekil değiştirme nedeniyle gerinim pulu üzerinde oluşan direnç değişimi

$\Delta L$  : Deformasyon sonrası uzama

$L$  : Deformasyon öncesi uzunluk

$\epsilon$  : Deformasyon

Birçok gerinim pullarının gerinim oranı  $GF= 2,1$  civarındadır. Çizelge 1.10'da  $1\mu\epsilon$ 'lik gerinim için gerekli olan direnç değişimleri verilmiştir.

Çizelge 1.10 Birim gerinim için direnç değişimi.

| Gerinim         | GF  | Pul Direnci  | $\Delta R$      |
|-----------------|-----|--------------|-----------------|
| 1 $\mu\epsilon$ | 2,0 | 120 $\Omega$ | 0,24 m $\Omega$ |

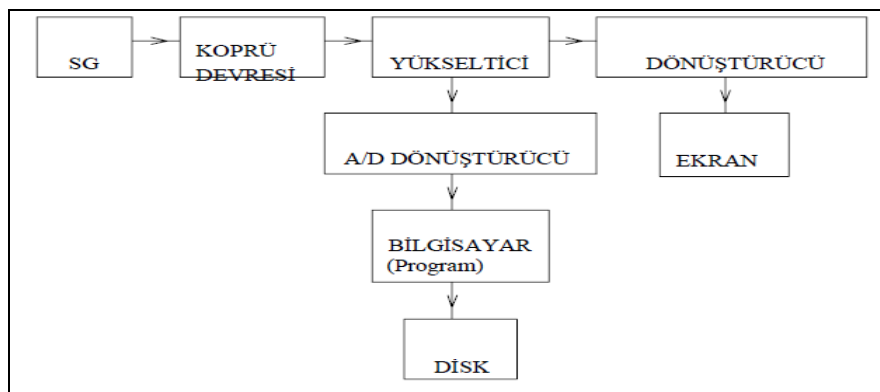
Gerinim pullarının sıcaklığına göre de değerleri değişebilir. Üretici firmalar her ne kadar pulların sıcaklık değişimlerinde oluşacak değişimlere karşı hassaslaştırmalarına rağmen yine de 1°C değişimde pulların direnci tipik olarak milyonda 23 (ppm) değişir. Bu da 1000  $\Omega$ 'luk ve gerinim faktörü GF=2,1 olan bir pulun 11,5  $\mu\epsilon/^\circ\text{C}$  hata yapmasına yol açar.

### 1.10.2 Gerinim Pulu ile Gerinim Ölçümü

Gerinim pulu ölçümlerinin yapıldığı aletleri üç ana grupta toplanabilir.

- 1) Seyyar ölçme aletleri.
- 2) Ölçme yapmak için özel geliştirilen büyük aletler.
- 3) Bilgisayarlı ölçme.

Seyyar ölçme aletleri, sadece bir gerinim pullarının ölçmesini yapabilen basit aletlerdir. Bu aletlerle tam, yarım ve çeyrek köprü devreleri kurulabilir. Ölçme yapabilmek için firmalar tarafından yalnız ölçme amacıyla geliştirilmiş özel aletler vardır. Bu aletlerle aynı anda 1000 adet köprü devresi kurulabilmektedir. Büyük aletler bir saniye içinde 1000 adet köprüyü birkaç defa okuyabilecek kadar hızlıdır. Bunlar, genellikle Şekil 1.23'deki akış şemasına göre çalışırlar ve sonucu direkt olarak şekil değiştirme ( $\epsilon[\mu\text{m}/\text{m}]$ ) şeklinde verirler. Ayrıca bilgisayarlara da bağlanabilirler.



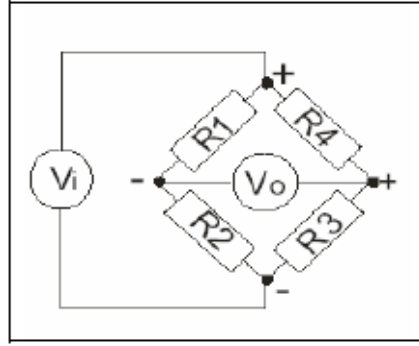
Şekil 1.23 Gerinim pulu ölçme akış şeması.

Bilgisayarlı ölçme için 4 öğeye ihtiyaç vardır:

- 1) Kuracağımız tam köprü devresi.
- 2) Analog/Dijital (A/D) en az iki kanallı bir kart.
- 3) Bilgiyi işleyebileceğimiz bir bilgisayar programı.
- 4) Hassas bir güç kaynağı.

Bu 4 maddedeki şartlar sağlanırsa statik ve dinamik ölçümleri kolaylıkla yapılabilmektedir (Ünsan ve Bayraktarkatal 1999).

120Ω'luk bir gerinim pulunun (GF=2,1) 500 με'lik bir gerinim altında direnç değeri  $2 \times (500 \times 10^{-6}) = \% 0,1$  yani 0,12Ω değişecektir. Bu denli küçük direnç değişimini ölçebilmek için Wheatstone köprüsü kullanılır (Şekil 1.24).



Şekil 1.24 Wheatstone köprüsü.

Wheatstone köprüsü dört dirençten oluşmaktadır. Köprü bir  $V_i$  ikaz gerilimi ile uyarılır. Köprünün orta bacaklarında gerinim farkı  $V_o$ :

$$V_o = \left[ \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \times V_i \quad (1.2)$$

olarak hesaplanabilir (Eşitlik 1.2). Eğer  $R_1/R_2 = R_3/R_4$  olursa  $V_o$  gerilimi sıfır olur. Bu halde köprü dengededir. Eğer dengelenmiş köprünün herhangi bir bacağına direnç değişimi olursa köprü dengesi bozulur ve direnç değişimiyle orantılı olarak bir gerilim farkı oluşur.

Şekil 1.24'deki köprünün  $R_4$  direnci yerine bir gerinim pulu takılır ve  $R_1=R_2$ ,  $R_3=R_g$  olacak şekilde direnç değerleri değiştirilirse köprü çıkışında gerinim ile orantılı bir gerilim farkı elde edilir. Eşitlik 1.3'de görüldüğü üzere  $R_g$  değerindeki pulun direnç değişimi;

$$\Delta R = R_g \times GF \times \varepsilon \quad (1.3)$$

olacaktır.

Buna göre çeyrek köprü bağlanmış gerinim pulunun çıkışta oluşturacağı gerinim farkı gerinim  $\varepsilon$  cinsinden yazılırsa;

$$V_0 = - \frac{GF \times \varepsilon}{4} \left[ \frac{1}{1 + GF \times \varepsilon / 2} \right] \times V_i \quad (\text{volts}) \quad (1.4)$$

olacaktır (Eşitlik 1.4). Burada çıkış geriliminin gerinime oranı doğrusal değildir. Öte yandan, köprü çıkışı bir fark yükseltici devresiyle yükseltilir ve mV mertebesinde olan köprü çıkış gerilimi Volt mertebesinde yükseltilir. Bu durumda, yukarıdaki denkleme bir de analog sinyal işleme devresinde gelecek kazanç faktörünü (*GAIN*) eklemek gerekir (Eşitlik 1.5).

$$V_0 = - \frac{GF \times \varepsilon}{4} \left[ \frac{1}{1 + GF \times \varepsilon / 2} \right] \times V_i \times GAIN \quad (\text{volts}) \quad (1.5)$$

Birçok mühendislik ölçümü çalışmasında kalibrasyon ve referans alma zorluğu olduğu için tek puldan gelen bilginin doğru olarak gerinim bilgisine çevrilebilmesi için pulun ölçüm oranı (*GF*), köprü ikaz gerilimi ( $V_i$ ) ve analog sinyal işleme devresi kazanç faktörünün tam olarak bilinmesi gerekir. Tipik olarak  $GF=2,1$ ,  $V_i=5$  Volt ve  $GAIN=500$  alınırsa,

$$V_0 = - 1250 \left[ \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} \right] \quad (\text{volts}) \quad (1.6)$$

olarak hesaplanır (Eşitlik 1.6).  $\varepsilon$  değerini çekersek  $10^{-6}$  mertebesinde bir değer elde ederiz.

Buradan;

$$-\frac{V_0}{1250} = \left[ \frac{\epsilon}{1 + \epsilon} \right]$$

$$-V_0(1 + \epsilon) = 1250\epsilon$$

$$0 = 1250\epsilon + V_0\epsilon + V_0$$

$$0 = \epsilon(1250 + V_0) + V_0$$

$$\epsilon = -\frac{V_0}{1250 + V_0} \quad (1.7)$$

değeri elde edilir.  $\epsilon = \gamma / 2$  değerini eşitlik (1.7)'de yerine koyulursa,

$$\frac{\gamma}{2} = -\frac{V_0}{1250 + V_0} \quad (1.8)$$

Aşağıda bir kanal için örnek bir formül çıkarımı yapılmıştır.

Örnek olarak ikinci kanal için  $GF=2.1$ ,  $V_i= 5,00026$  volt ve  $GAIN = 493,66$  değerini alıp eşitlik (1.5)'de yerine koyarsak;

$$V_0 = -\frac{2,1 \times \epsilon}{4} \left[ \frac{1}{1 + 2,1 \times \epsilon / 2} \right] \times 5,00026 \times 493,66 \quad \text{volts}$$

$$V_0 = -1295,92 \left[ \frac{\epsilon}{1 + 1,05\epsilon} \right] \quad \text{volts}$$

$$V_0 + 1,05\epsilon \times V_0 + 129,92\epsilon = 0$$

$$0 = 1250\epsilon + V_0\epsilon + V_0$$

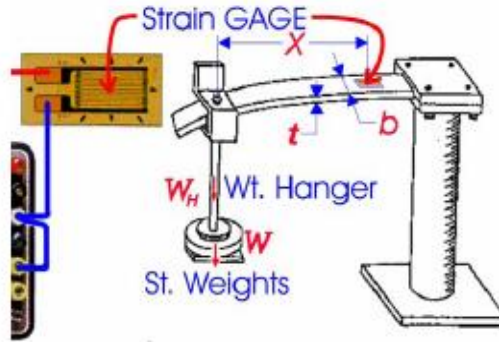
$$\varepsilon = \frac{V_0}{1,05V_0+1295,92}$$

$$\gamma = \frac{2xV_0}{1,05V_0+1295,92}$$

voltaj farkına bağılı birim deformasyon değerini elde etmiş olunuz.

### 1.10.3 Ağaç Malzemede Gerinim Pulu Kullanımı

*Ankastre* olarak mesnetlenmiş bir malzeme üzerine yapıştırılmış olan gerinim pulları yardımı ile Şekil 1.25’de eğilme kuvveti uygulanarak, malzemenin Elastikiyet Modülü modülü (E) ve Poisson Oranı ( $\nu$ ) gibi karakteristik özellikleri belirlenebilmektedir. Ayrıca malzeme üzerinde değişik noktalardaki gerilme değerlerinin nasıl tespit edilebileceği yapılacak deneyler vasıtası ile öğrenilmektedir. Ahşap konstrüksiyonunda önemli bir faktör olan ve malzeme üzerinde bulunan bir çentik ve/veya delik etrafındaki gerilme-deformasyon ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) değerleri de yine yapılacak olan deneylerden tespit edilmektedir.



Şekil 1.25 *Ankastre* bir kirişte eğilme kuvveti uygulanarak birim deformasyon ölçümü (URL-4 2011).

Yapı malzemeleri, nadiren aksenal olmayan kuvvetler altında kalırlar. Bu malzemeler, genelde iki ya da üç aksenal yüklere maruz kalırlar. Bu yüzden, daha verimli bir tasarım yapmak için malzemelerin birleşik gerilmeler altındaki davranışlarının iyi anlaşılması gerekmektedir. Birleşik kuvvet altında malzemenin statik ve dinamik karakteristiği için yapılan çalışmalarda sonuçlanmaya uzaktır. Ağaç malzeme için aksenal olmayan gerilme



altında mekanik davranışlar, burulma (ya da bileşik burulma) ve eksenel basma kuvvetleri altındaki çalışmalar pek yeterli değildir. Mekanik davranış çok iyi anlaşılammıştır. Bunun nedeni, ağacın her alanda kullanılmamasıdır. Günümüzde inşaat alanında, ahşap kafes teknolojisi hızla gelişmektedir bu nedenle ağacın birçok durumdaki mekanik davranışı bilinmeli ve anlaşılmalıdır. Bunun yanı sıra, biyomekanik konusu içerisinde yer alan ağaç malzeme hücresel, fiziksel ve mekanik özellikleri lif yönüne bağlıdır ve lif yönü, lif yönüne dik ve radyal yön şeklinde sıralanır. Ağaç, kemik gibi stereotipotropik madde olarak düşünülür ve fiber kompozitlere de iyi bir örnektir. Bundan dolayı ağacın yapısal karakteristiğinden çok, ağacın mekanik davranışının bilinmesi gerekir. Örneğin; yapay kemik yapmak veya geliştirmek için daha fazla kullanılabilir bilginin olması gerekir. Bu konuda literatürde yapılan çalışmalara da rastlanmaktadır (Ash vd. 2003).

Ağacın mikroskobik birçok hücresel dokudan meydana gelmiştir. Bunlar, birbirine karşılıklı olarak bağlanmıştır. Ağacın bu organize yapısı yumuşak ağaç ve sert ağaç olmak üzere ikiye ayrılır. Bu yapılar ağacın mekanik davranışlarını etkiler. M. Yamasaki ve Y. Sasaki'nin 'Ağacın Eksenel Statik Bileşik Kuvvet ve Tork Altında Kırılma Davranışı' ve 'Ağacın Dikdörtgen Kesitte Statik Eksenel Kuvvet ve Tork Altındaki Özellikleri' başlıklı makalelerinde selvi ve kayın ağaçları için bileşke kuvvet altında deneyler yapılmıştır (Kaya 2007).

Doğal kompozit olan ağaç malzemelerle burulma deneyleri tez çalışması olarak yapılmıştır. Deneyler çam, meşe, gürgen ve kestane ağaçlarından yapılmış burulma deneyleri üzerine uygulanmıştır. Deneyler 1.grup ve 2.grup deneyleri olmak üzere iki bölümde incelenmiştir. 1. grup deneyleri gerinim pullu ve gerinim pulsuz olmak üzere iki şekilde yapılmıştır. Gerinim pulsuz yapılan deneylerde, daha önceden hazırlanan numuneler üzerine lif yönünde ve lif yönünün tersine tork yüklenmiş ve yapılan hesaplamalar sonucu  $\tau$ - $\gamma$  grafikleri çizilmiş ve kayma modülü değerlerine ulaşılmıştır. 2. grup deneyler ise tamamen gerinim pulu kullanılarak yapılmıştır. Bu deneyler sırasında numune üzerine gerinim pulları dairesel olarak ve içi boş numunelerin ise, iç yüzeylerine dairesel yaptırılmıştır. Deneyler sonucunda malzemenin kayma modülünün dış yüzeyden iç yüzeye doğru davranışı ile malzeme üzerinde aynı noktada dairesel olarak değişimi incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre, belirli koordinat noktalarına yapıştırılan gerinim pullarından alınan kaymaya ait birim deformasyon datası kullanılmış, her yapıştırılan gerinim pulu için  $\tau$ - $\gamma$  grafiği çizilmiştir.  $r$ ,  $\theta$ ,  $z$  doğrultularında

kayma modülü değişimleri parabolik ve üst denklemlerle tanımlanmışlardır. Böylece kayma modülü fonksiyonları  $f_1= G (r)$ ,  $f_2= G (\theta)$ ,  $f_3= G (z)$  görülmektedir (Uludağ 2005).

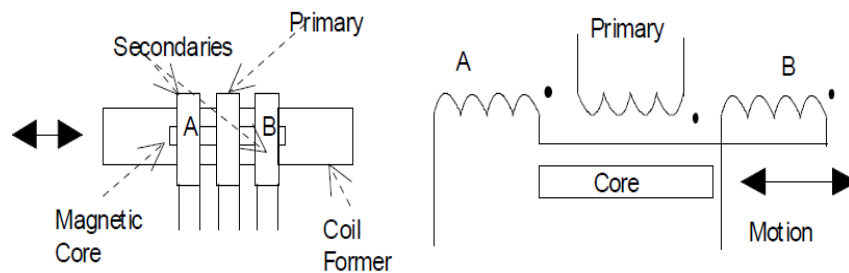
Yapılan diğer bir tez çalışmasında, yanal izotop fiber kompozit malzeme olduğu kabul edilen sarıçam (*Pinus sylvestris*)'in gerinim pulları kullanılarak yapılan deneysel çalışmalar sonucu kırılma ve akma eğrileri çıkarılmıştır. Bu amaçla, çekme, basma ve burulma deneyleri Türk Standartlarına uygun boyutlandırılmış numuneler üzerinde yapılmış ve  $\sigma$ - $\epsilon$  (normal gerilme-normal gerinme),  $\tau$ - $\gamma$  (kayma gerilmesi-kayma gerinimi) eğrileri çizilmiştir. Bu gerilme gerinim eğrileri, grafik eğimlerinin %5 azaltılması ile belirlenmiş eğimlerde çizilen doğrularla keşitirilerek akma noktaları belirlenmiştir. Bu değerler kullanılarak  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  düzleminde yaklaşık kırılma ve akma eğrileri çizilmiştir (Kaya 2007).

#### 1.10.4 LVDT (Linear Variable Displacement Transducer)

Dönüştürücü (örneğin LVDT), alternatif ya da doğru gerilim güç kaynağı ile beslenmek durumunda ise pasif, aksi takdirde aktif bir dönüştürücü olarak sınıflandırılır.

İndüktif dönüştürücüler pasiftirler ve uyarma gerilimleri alternatiftir (A.C.). Fiziksel değişimleri (genelde yer değiştirme) indüktans değişimlerine çevirirler. Sonuç olarak frekansı, genliği ya da fazı fiziksel değişimlerle değişen işaretler elde edilir. Biyomühendislikte indüktif dönüştürücülerle basınç, ivme ve yer değiştirme (LVDT) gibi fizyolojik büyüklükler ölçülebilmektedir (URL-5 2011).

Lineerliği ve duyarlılığı oldukça yüksek olan LDVT'nin bir primer ve iki sekonder bobini vardır. Bir LVDT'nin yapısı ve devre şeması Şekil 1.26'da gösterildiği gibidir.



Şekil 1.26 LVDT yapısı ve devre şeması (URL-5 2011).

LVDT, ortak taban üzerine monte edilmiş üç bobinden ve bobinler arasında hareket edebilen magnetik bir çekirdekten oluşmuştur. Merkez bobin primerdir ve A.C. kaynakla beslenir. Diğer iki bobin sekonderdir ve A, B şeklinde isimlendirilmiştir. A ve B'nin sarım sayıları birbirine eşittir ve çıkış gerilimi, ikisinin gerilim farkına eşit olacak şekilde seri bağlanmışlardır.

Magnetik çekirdek, merkez konumunda olduğunda çıkış gerilimi sıfır olacaktır. Magnetik merkez konumdan uzaklaştıkça değeri sıfırdan farklı olan bir çıkış gerilimi oluşacaktır. Bu değer giderek maksimum değere ulaşır, sonrasında azalma göstermektedir. Çıkış geriliminin ölçümü hareketin merkez durumdan uzaklığı hakkında bilgi verse de, hareketin yönü hakkında herhangi bir bilgi vermemektedir.

LVDT cihazının temel karakteristikleri Çizelge 1.11'de verilmiştir.

Çizelge 1.11 LVDT'nin temel karakteristik özellikleri (URL-5 2011).

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| Her bir bobinin sarım sayısı | 75         |
| Her bir bobinin indüktansı   | 68 $\mu$ H |
| Çıkış Gerilimi               | 10 mV/mm   |
| Mekanik mesafe               | 15 mm      |



## BÖLÜM 2

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 2.1 MATERYAL

##### 2.1.1 Ağaç Malzeme

Denemelerde, ağaç malzeme olarak bahçe oturma mobilyaları endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ağaç türlerinden Irocco (*Choropher excelsa*), Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Karaçam (*Pinus nigra* L.) ve Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.) ağaç malzeme türleri, Nova Orman Ürünleri Sanayi Ticaret A.Ş. Gerede firmasından 5×5×35 cm boyutlarında ve her ağaç türünden 190°C sıcaklığında 6 adet ısıl işlem görmüş ve 6 adet kontrol keresteleri temin edilmiştir. Keresteler, Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarına getirilerek burada uygun şartlar altında klimatize edilmiştir.

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

Diri odun 5-10 cm genişliğinde sarımsı beyaz renkte, öz odun kırmızımsı sarı ve kırmızımsı kahverengindedir. Kesimden sonra daha koyulaşır. Tam kuru yoğunluğu 0,49 g/cm<sup>3</sup>, hava kuru yoğunluğu 0,52 g/cm<sup>3</sup>, eğilme direnci ise 98 N/mm<sup>2</sup>'dir.

Binalarda iç ve dış mekânlarda, pencere doğramalarında, emprenye edildiğinde toprak ve su tahkimatında, maden direği, tel direği ve travers olarak, kaplama levha, kontrplak, yonga levha ve lif levha, kâğıt endüstrisinde ve mobilya yapımında kullanılmaktadır.

### **2.1.1.2 Karaçam (*Pinus nigra* L.)**

Bütün kıyı bölgelerimizin dağlık kesimlerinde saf ya da karışık ormanlar kurar, hatta stepe kadar sokulur. Ülkemizde, 2.527.685 hektar saf karaçam ormanı bulunmaktadır. Gövdesinin ve dallarının kalınlığı, gri ve derin çatlaklı kabuğu, iğne yapraklarının koyu yeşil rengi ile diğer çam türlerinden ayrılır. 30-35m'yekadar boylanabilir.

Tam kuru yoğunluğu 0,54 g/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu 0,59 g/cm<sup>3</sup>, eğilme direnci ise 119,90 N/mm<sup>2</sup>'dir.

### **2.1.1.3 Irocco (*Choropher excelsa*)**

Diri odun 5-10 cm genişlikte, sarımsı beyaz ile gri renkte, özodun başlangıçta gri sarı ile açık kahverengi, zamanla altın sarısı ile kahverengi renge döner. Tam kuru yoğunluğu 0,48-0,67 g/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu 0,65 g/cm<sup>3</sup>, eğilme direnci ise 118 N/mm<sup>2</sup>'dir.

Binalarda iç ve dış marangozluk işlerinde, dekoratif kesme kaplama levha, döşeme, parke, küçük gemi, vagon ve bahçe mobilyaları yapımında kullanılır.

### **2.1.1.4 Doğu Ladini (*Picea orientalis* L.)**

Olgun odunlu ağaçlar grubundadır. Diri odunu ve iç odunu aynı renktedir. Saman sarısı ve hafif kırmızımsı beyaz olan odununda çok küçük ve seyrek reçine kanalları vardır. Tam kuru yoğunluğu 0,40 g/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu 0,44 g/cm<sup>3</sup>, eğilme direnci ise 76 N/mm<sup>2</sup>'dir.

Selüloz ve kağıt endüstrisi yanında yapı malzemesi, kontrplak, kaplama, mobilya, lambri, her türlü ambalaj, sandık, kutu, sepet, kibrit çöpü ve kurşun kalem yapımında kullanılır.

### **2.1.1.5 Dişbudak (*Fraxinus excelsior* L.)**

Diri odunu çok geniş, beyaz açık sarımsı renkte, öz odun diri odun renginde olup, bazı tomruklarda biraz daha koyu renkte öz odun oluşumu görülür. Öz odun gri kahverengindedir. Tam kuru yoğunluğu 0,65 g/cm<sup>3</sup>, hava kurusu yoğunluğu 0,69 g/cm<sup>3</sup>, eğilme direnci ise 117 N/mm<sup>2</sup>'dir.

Spor aletleri, bez bol sopası, kürek, alet sapları, küçük gemi, bükme ve masif mobilya ile üst yüzey kaplama levha yapımında kullanılır.

### **2.1.2 Poliüretan Tutkalı (Desmodur-VTKA)**

Yoğunluğu 20°C de 1,11 g/cm<sup>2</sup>, viskozitesi 25°C de 3300–4000 cps olup, 20°C sıcaklık ve %65 bağıl nem ortamında 30 dakikada sertleşmektedir. Ambalaj viskozitesinde yüzeylerden emiciliği yüksek olana sürülmesi ve kurumuş satırların hafifçe nemlendirilmesi önerilmektedir (URL-3 1996).

Desmodur-VTKA ticari adıyla kullanılan poliüretan tutkalı, suya ve neme karşı dayanıklı, çözücü içermeyen, tek kompenantlı poliüretan esaslı bir tutkal olup, tahta, metal, poliester, taş, seramik, PVC ve diğer plastik yüzeylerde kullanılabilir. Deniz ve göl vasıtalarında, binaların dış cephe, metal ve tahta kısımlarının montaj ve onarımlarında tercih edilmektedir. Evlerin banyo ve mutfaklarında, buharlı ortamlarda çalışan atölye ve fabrikalarda güvenle kullanılmaktadır.

## **2.2 YÖNTEM**

### **2.2.1 Deneme Deseni**

Denemelerde kullanılan ağaç türleri, birleştirme tipi, ısıtma işlem özelliğinin farklı yüklemeye tipleri (Eğilme Direnci ve Çekme Direnci) altında elde edilen deneme deseni Çizelge 2.1’de verilmiştir.

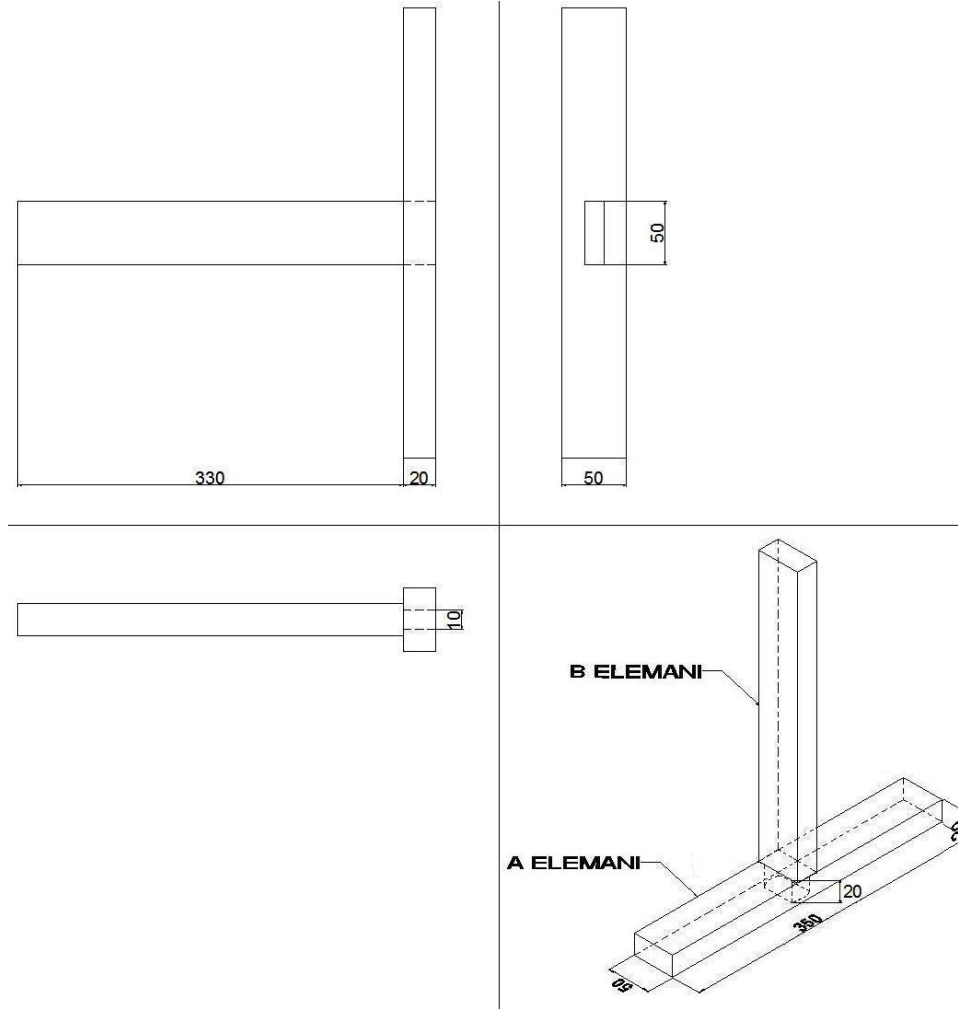
Çizelge 2.1 Deneyde kullanılan deneme deseni.

| <b>Birleştirme tipi</b>       | <b>Ağaç türü</b> | <b>Yükleme tipi Eğilme</b> | <b>Yükleme tipi Çekme</b> | <b>Isıl işlem görmemiş (KNT)</b> | <b>Isıl işlem görmüş (TW)</b> | <b>Adet</b> |
|-------------------------------|------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------|
| <b>Açık Zıvanalı Tutkallı</b> | Sarıçam          | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Karaçam          | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Irocco           | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Doğu Ladini      | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Dişbudak         | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
| <b>Kör Zıvanalı Tutkallı</b>  | Sarıçam          | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Karaçam          | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Irocco           | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Doğu Ladini      | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
|                               | Dişbudak         | 6                          | 6                         | 6                                | 6                             | 24          |
| <b>Toplam</b>                 |                  |                            |                           |                                  |                               | <b>240</b>  |



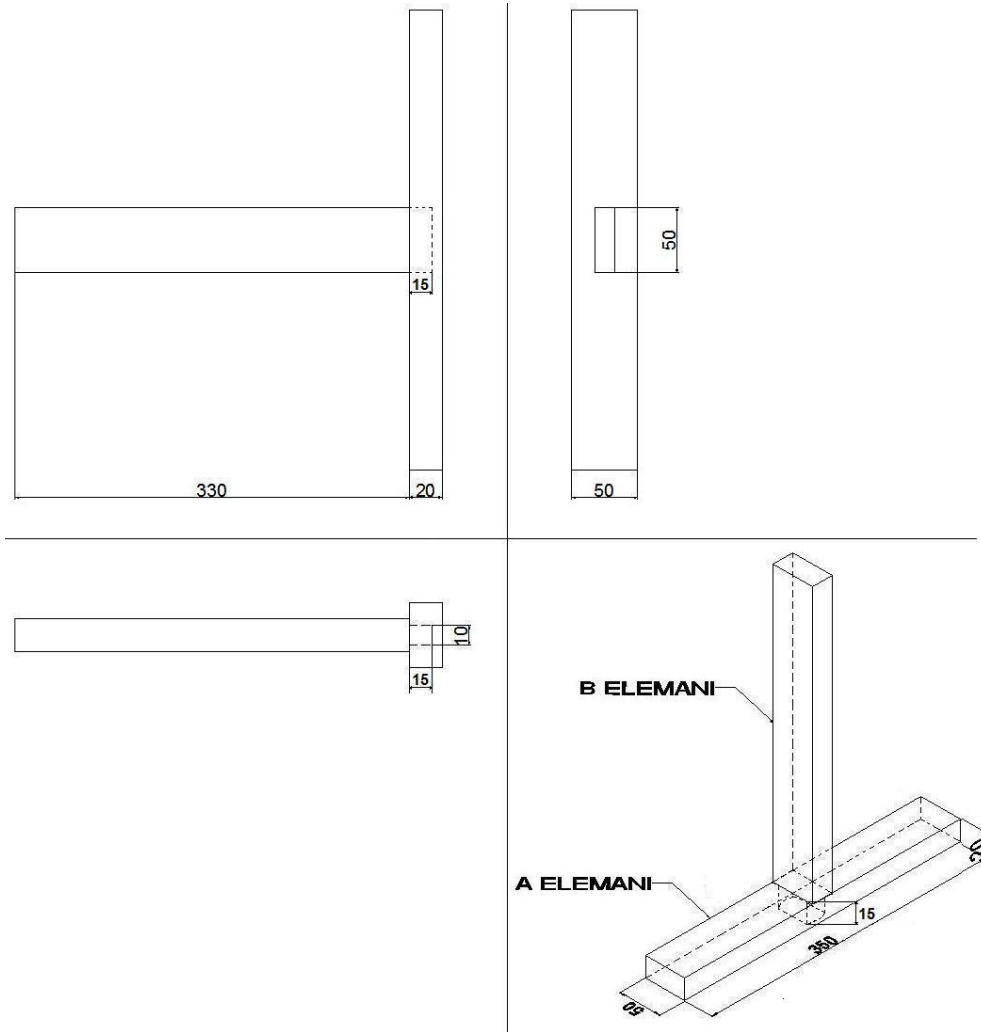
## 2.2.2 Birleştirmeler

Çalışmada kullanılan T-tipi açık zıvanalı tutkallı birleştirme örneklerinin üç görünüş ve perspektif çizimine ait örnek Şekil 2.1’de verilmiştir.



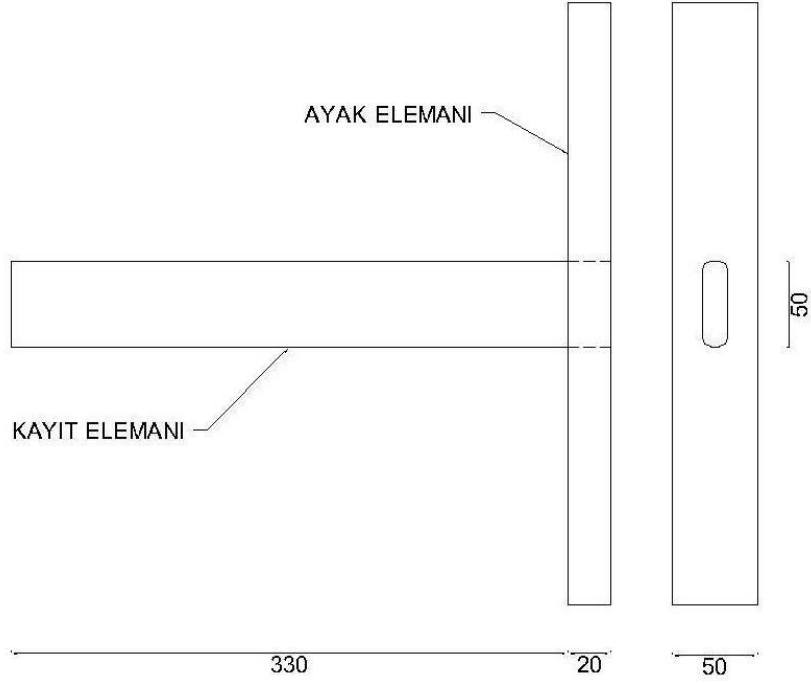
Şekil 2.1 T-tipi açık zıvanalı tutkallı birleştirmenin üç görünüş ve perspektif çizimi (Ölçüler mm’dir).

Çalışmada kullanılan T-tipi kör zıvanalı tutkallı birleştirme örneklerinin üç görünüş ve perspektif çizimine ait örnek Şekil 2.2’de verilmiştir.



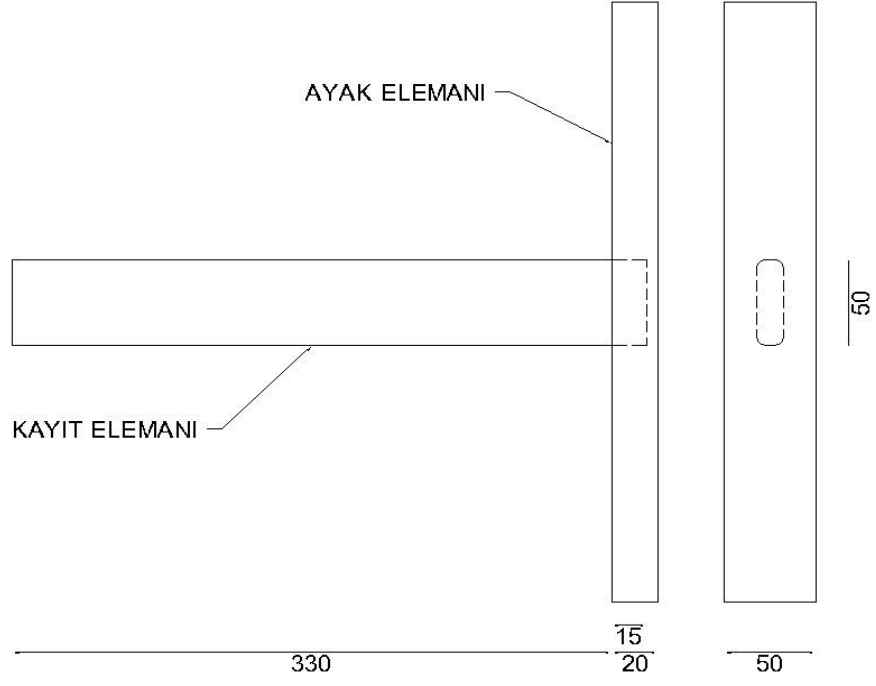
Şekil 2.2 T-tipi kör zıvanalı tutkallı birleştirmenin üç görünüş ve perspektif çizimi (Ölçüler mm’dir).

Çalışmada kullanılan T-tipi ‘açık zıvanalı tutkallı’ birleştirmeye ait örnek Şekil 2.3’de verilmiştir.



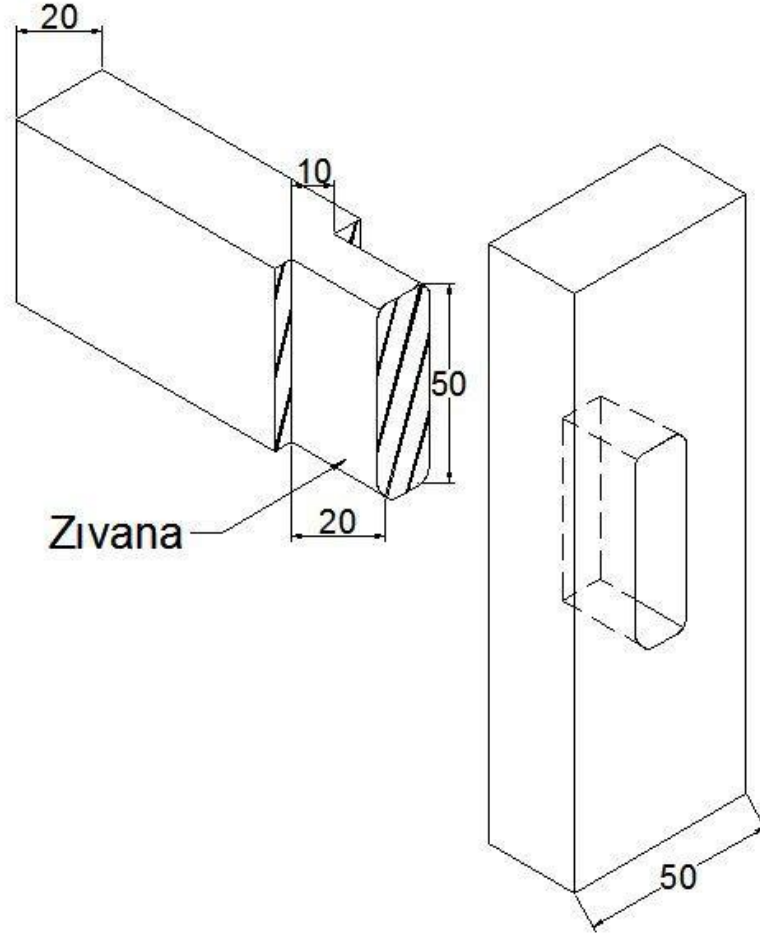
Şekil 2.3 T-tipi açık zıvanalı birleştirmede 2 görünüş (Ölçüler mm’dir).

Çalışmada kullanılan T-tipi 'kör zıvanalı tutkallı' birleştirmeye ait örnek Şekil 2.4'de verilmiştir.



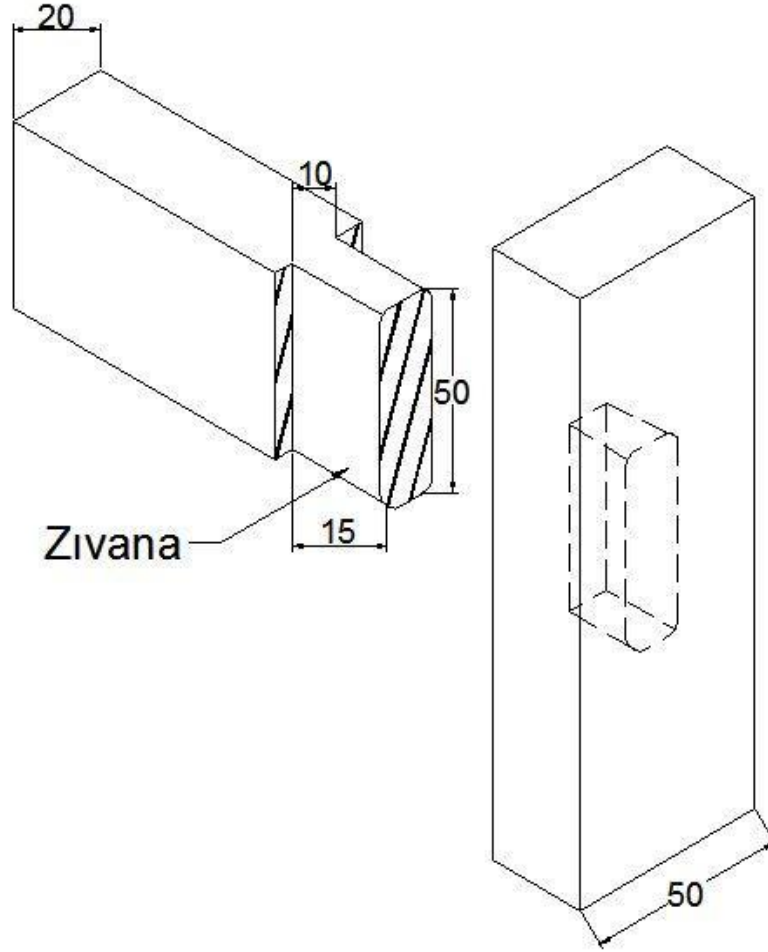
Şekil 2.4 T-tipi kör zıvanalı birleştirmede 2 görünüş (Ölçüler mm'dir).

Çalışmada kullanılan T-tipi 'açık zıvanalı tutkallı' birleştirmelerine ait örnek Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.5 Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerine ait örnek (Ölçüler mm'dir).

Çalışmada kullanılan kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerine ait örnek Şekil 2.6’da verilmiştir.



Şekil 2.6 Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerine ait örnek (Ölçüler mm’dir).

### 2.2.3 Deney Örneklerinin Hazırlanması

Bu çalışmada, ağaç türü (5), birleştirme tipi (2), ısıt işlem görmesi (2) ve yükleme tipi (2) olarak her bir örnek için 6’şar adet olmak üzere  $5 \times 2 \times 2 \times 2 \times 6 = 240$  adet örnek hazırlanmıştır. Örnek uzunluğu 350 mm, genişliği 50 mm ve kalınlığı 20 mm’dir. Açık zıvana için açılan zıvana uzunluğu 20 mm, kalınlığı 10 mm, kör zıvana için açılan zıvana uzunluğu 15 mm ve kalınlığı 10 mm’dir.

Nova Orman Ürünleri A.Ş’den tedarik edilen keresteler şerit testere makinesinde kaba olarak ölçülendirilmiştir. Kaba ölçüye getirilen parçalar planya makinesinde birer taraflarına yüz cumba açılmıştır (Şekil 2.7 ve 2.8). Yüz cumba açılan parçalar kalınlık makinesinde, kalınlıkları temiz ölçüye getirilecek şekilde ayarlanmıştır (Şekil 2.9). Daha sonra numuneler

daire testere makinesinde istenilen genişlikteki enleri tarandıktan sonra aynı makinede boy ölçülendirilme yapılmıştır (Şekil 2.10).

İşlemlerden sonra açık ve kör lamba zıvanaları açabilmek için tüm parçalar markalanmıştır. Markalanan erkek zıvanalar şerit testere makinesinde boyutlandırıldıktan sonra daire testere makinesinde lamba genişlikleri taranmıştır (Şekil 2.11).

Markalanan zıvana deliklerinin içi ise yatay delik makinesinde istenilen ölçülerde boşaltılmıştır (Şekil 2.12). Erkek zıvanaların kenarlarına pah kırma işlemi yapılmıştır. İstenilen ölçülerde ayarlanan erkek ve dişi parçalar gönye yardımı ile parçalar arasında 90°'lik açı oluşacak şekilde her parçanın yüzeyine fırça ile 150-220 g/mm<sup>2</sup> hesabına uygun miktarda tutkal sürülerek yapıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.13). Daha sonra örnekler mengene yardımıyla eşit sayıda döndürme yapılarak basınç sağlanmış ve sıkıştırılarak kurumaya bırakılmıştır (Şekil 2.14).



Şekil 2.7 Örneklerin kaba ölçümlerinin alınması (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 2.8 Örneklere yüz-cumba açılması (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 2.9 Örnek kalınlıklarının ayarlanması (Foto: M.ZOR 2011).

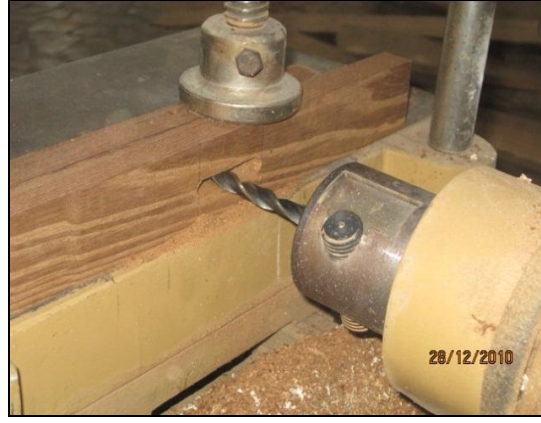


Şekil 2.10 Örneklere boy ölçülendirmesi yapılması (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 2.11 Örneklerin lamba genişliklerinin açılması (Foto: M.ZOR 2011).





Şekil 2.12 Örneklere zıvana deliklerinin açılması (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 2.13 Örneklere tutkal sürülmesi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 2.14 Örneklerin mengene ile sıkıştırılması (Foto: M.ZOR 2011).

## 2.2.4 Gerinim Pulunun Yapıştırılması ve LVDT (Linear Variable Displacement Transducer) Bağlantısı

Hazırlanan örneklere ayak-kayıt birleştirmelerin kayıt uzunluğu doğrultusunda lif yönüne paralel olacak şekilde gerinim pulları yapıştırılmıştır (Şekil 2.15). Yapıştırma işleminden önce numune yüzeyi zımparalanıp temizlenmiş ve gerinim pulu, PS Wood Adhesive (Odun Yapıştırıcısı) ile numune üzerine tutturulmuştur. Böylece çeyrek köprü bağlantısı hazır hale gelmiştir.



Şekil 2.15 Numune üzerine yapıştırılan Gerinim Pulları (Foto: M.ZOR 2011).

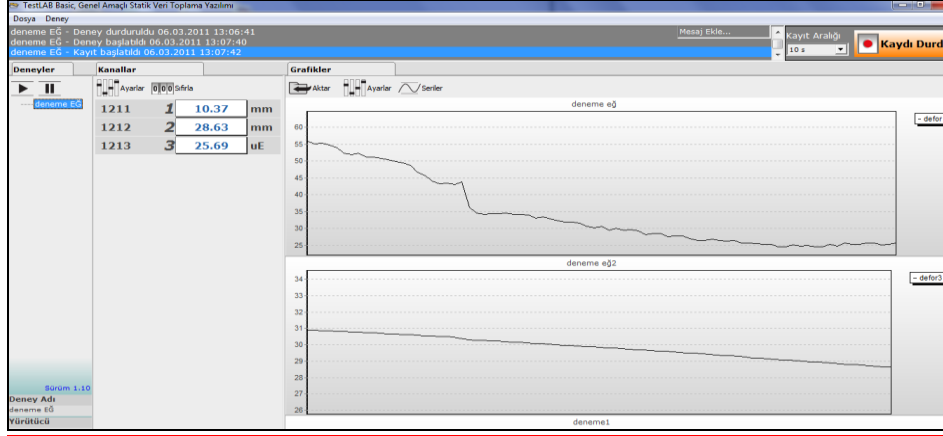
Gerinim pulundan çıkan kablolar, veri toplama cihazına (Datalogger) ait kablolarla birbirine bağlanmıştır. Veri toplama cihazının kablosunun bir ucunda gerinim pulundan çıkan tellerin bağlanabileceği dört kanaldan oluşan başlık bulunmaktadır. Çeyrek köprü oluşturmak için bu teller 1. ve 4. numaralı sokete takılmıştır. Kablonun diğer ucu ise veri toplama cihazında bulunan 8 adet kanaldan 1 ve 2 no'lu kısma soket aracılığı ile bağlanmıştır (Şekil 2.16). Veri toplama cihazı üzerinde bulunan bu kanalların her birinden gelen katsayılar farklıdır. Bu nedenle deneylerde hesaplamalar yapılırken bu katsayılar göz önünde bulundurulmuştur. Bu bağlantı sonucunda deney numunesinin üzerinde bulunan gerinim pulları ve veri toplama cihazı arasındaki bağlantı sağlanmış olur.





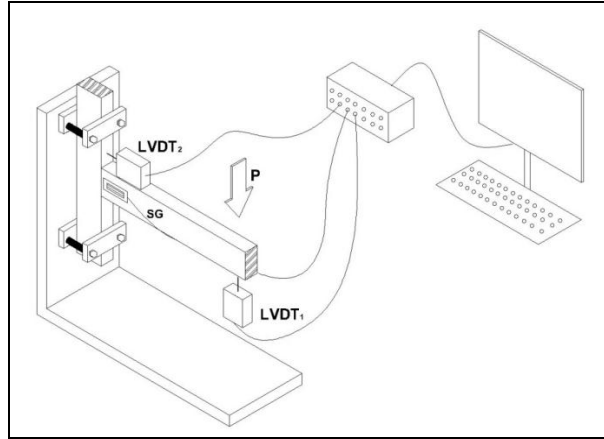
Şekil 2.18 LVDT ve gerinim pulunun eğilme deneyine tabi tutulması (Foto: M.ZOR 2011).

Veri toplama cihazı deney düzeneğinden gelen verileri alır fakat bu verilerin depolayacağı bilgisayar arasında da bir bağlantıya gerek vardır. Bu cihaza ‘commicator’ adı verilir. Cihaz bilgisayar ve veri toplama cihazı arasındaki köprüyü oluşturmaktadır. Bilgisayardan verileri alabilmek ve deney esnasında grafiksel takip için bilgisayara ait yazılım paketi kurulmuştur. Veri toplama cihazının yazılımında deney esnasında kullanılacak kanallar aktif, diğerleri pasif duruma getirilmiştir. Aktif olan kanalların başlangıçtaki voltaj değeri 5 volta ayarlanmıştır. Bu ise veri toplama cihazının gerinim pulu bağlantısını sağlayan kablunun çeyrek köprü bağlantı ucunda bulunan ayar vidası vasıtasıyla yapılmıştır. Bu vida ince tornavida ile yazılımda bulunan kanaldaki değer 5 Volt değerine gelinceye kadar ileri ve geri olarak oynatılır. Bu ayar yapıldıktan sonra ne kadar süreyle veri toplanacağı yazılımda bulunan bölümden ayarlanmıştır. Son olarak, veri toplamaya başlamak için yazılıma ‘başla’ komutu verilir ve Universal Test Makinesi’nde eğilme deneyi aynı anda çalıştırılarak deney başlatılmıştır. Daha önce den yazılıma girilen veri toplama aralığında her 10 sn’ye de deformasyon miktarı okunmuştur. Bu arada gerinim pullarının konumlandıkları noktalardan gelen veriler volt cinsinden kayıt edilmiştir. Bu volt çeşitli formülasyonlarla birim deformasyona çevrilir. Bu formülasyonlar gerinim pulu ölçüm yöntemlerinde açıklanmıştır. Şekil 2.19’de ölçüm esnasından ‘Irocco’ ağaç türünün bilgisayar ortamında gerinim değeri ve LVDT deformasyon değeri ölçümü verilmiştir.



Şekil 2.19 Irocco türünün eğilme deneyi esnasında okunan gerinim ve LVDT deformasyon değeri (Foto: M.ZOR 2011).

Eğilme deneylerinde, deney örneğinin hareketsiz, sabit kalması için dikey elemanlar işkence yardımıyla sıkıştırılarak dik konuma getirilmiştir. Bağlantı noktasından yükün uygulandığı noktaya olan uzaklık 210 mm olarak ölçülmüştür (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Eğilme deneyinde gerinim pulu ve LVDT deney düzeneği.

## 2.3 DENEY METODU

### 2.3.1 Test Cihazı

Deneyler için Bartın Üniversitesi, Bartın Orman Fakültesi, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Laboratuvarı'na ait 10000 kapasiteli test cihazı kullanılmıştır. 6 mm/dak. yükleme hızı uygulanan testlerin sonucunda yük-deformasyon, gerilme-gerinim diyagramları ve maksimum yük miktarı kaydedilmiştir.

### 2.3.2 Gerilme Analizleri

Çalışmada gerilme analizleri eğilme direnci ve çekme direnci olarak 2 ana başlık altında toplanmış olup, eğilme direncinde, birleştirmelerde rijitlik analizi, birleştirme sertliği ve gerilme-gerinim hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen verilerin maksimum gerilme altındaki etkileşim ilişkilerini incelemek için çoklu varyans analizi (MANOVA) uygulanmıştır.

Çekme direncinde ise, maksimum gerilme altında, ağaç türleri, birleştirme tipi ve ısıl işlem üzerinde nasıl bir etkileşim olduğunu çoklu varyans analizi (MANOVA) ile değerlendirilmiştir.

Gerilme analizlerinde ısıl işlemin, kontrol örnekleri üzerindeki değişim oranları eşitlik 2.1'den elde edilmiştir.

$$\% \text{ Değişim} = \frac{\text{KNT} - \text{TW}}{\text{KNT}} \times 100 \quad (2.1)$$

KNT : Kontrol örneklerinin değeri

TW : Isıl işlem görmüş örneklerin değeri

#### 2.3.2.1 Eğilme Direnci

Lamba zıvanalı açık ve kör birleştirme kullanılarak hazırlanan kontrol ve ısıl işlem görmüş deney örneklerinin Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülleri'nin tespiti Universal Test Cihazı yardımıyla hesaplanmıştır. Deney örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülleri Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Deney örneklerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülleri.

|   | Ağaç Türü   | Kontrol       | Isıl İşlem Görmüş (TW) |
|---|-------------|---------------|------------------------|
| Eğilme Direnci<br>(N/mm <sup>2</sup> )        | Doğu Ladini | 51,47 (4)*    | 47,25 (3)*             |
|   | Sarıçam     | 77,77 (5)*    | 71,55 (4)*             |
|   | Karaçam     | 105,85 (7)*   | 94,23 (11)*            |
|   | Irocco      | 126,49 (8)*   | 97,21 (8)*             |
|   | Dişbudak    | 135,13 (11)*  | 118,94 (12)*           |
| Elastikiyet<br>Modülü<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Doğu Ladini | 6147,76 (12)* | 7502,61 (9)*           |
|   | Sarıçam     | 8530,48 (11)* | 10390,58 (10)*         |
|   | Karaçam     | 9446,06 (6)*  | 13843,95 (7)*          |
|   | Irocco      | 12412,81 (7)* | 12791,50 (9)*          |
|   | Dişbudak    | 13744,54 (5)* | 15656,95 (11)*         |

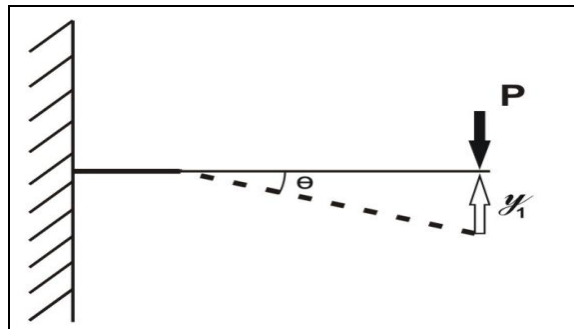
\* (%) Varyasyon katsayısıdır.

### Birleştirmelerde Rijitlik Analizi

#### 1) Rijitlik Katsayıları

Rijitlik, bağlantı noktalarındaki esnekliğin değerlendirilmesi amacıyla mobilyanın mühendislik tasarımında kullanılan konstrüksiyon kriterlerinden biridir.

A) İlk olarak Şekil 2.21'deki *ankastre mesnette* birleştirmenin rijit olduğu varsayılmıştır.



Şekil 2.21 *Ankastre mesnette* birleştirmenin rijit olduğu durum.

2.2 nolu eşitlikten elde edilen rijitlik katsayısına 1 değeri verilirse, birleştirmenin rijit olduğu kabul edilmiş olunur.

$$y_1 = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (2.2)$$

$y_1$  : LVDT<sub>1</sub>'den okunan deformasyon değeri (mm)

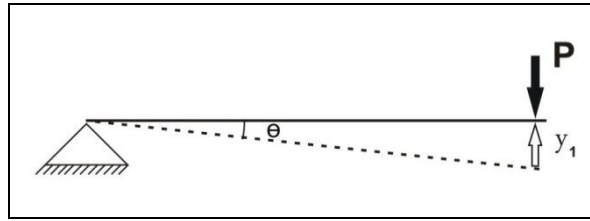
$P$  : Ortalama maksimum kuvvet (N)

$L$  : Kuvvet kolu (mm)

$E$  : Elastikiyet Modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$I$  : Atalet Momenti (mm<sup>4</sup>)

B) Şekil 2.22'de gösterilen *sabit mesnette* birleştirmenin rijit olmadığı varsayılmıştır. Materyallerin strüktürel analizinde kullanılan eşitliğe göre;



Şekil 2.22 *Sabit mesnette* birleştirmenin rijit olmadığı durum.

$$y_1 = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} \quad (2.3)$$

$y_1$  : LVDT<sub>1</sub>'den okunan deformasyon değeri (mm)

$P$  : Ortalama maksimum kuvvet (N)

$L$  : Kuvvet kolu (mm)

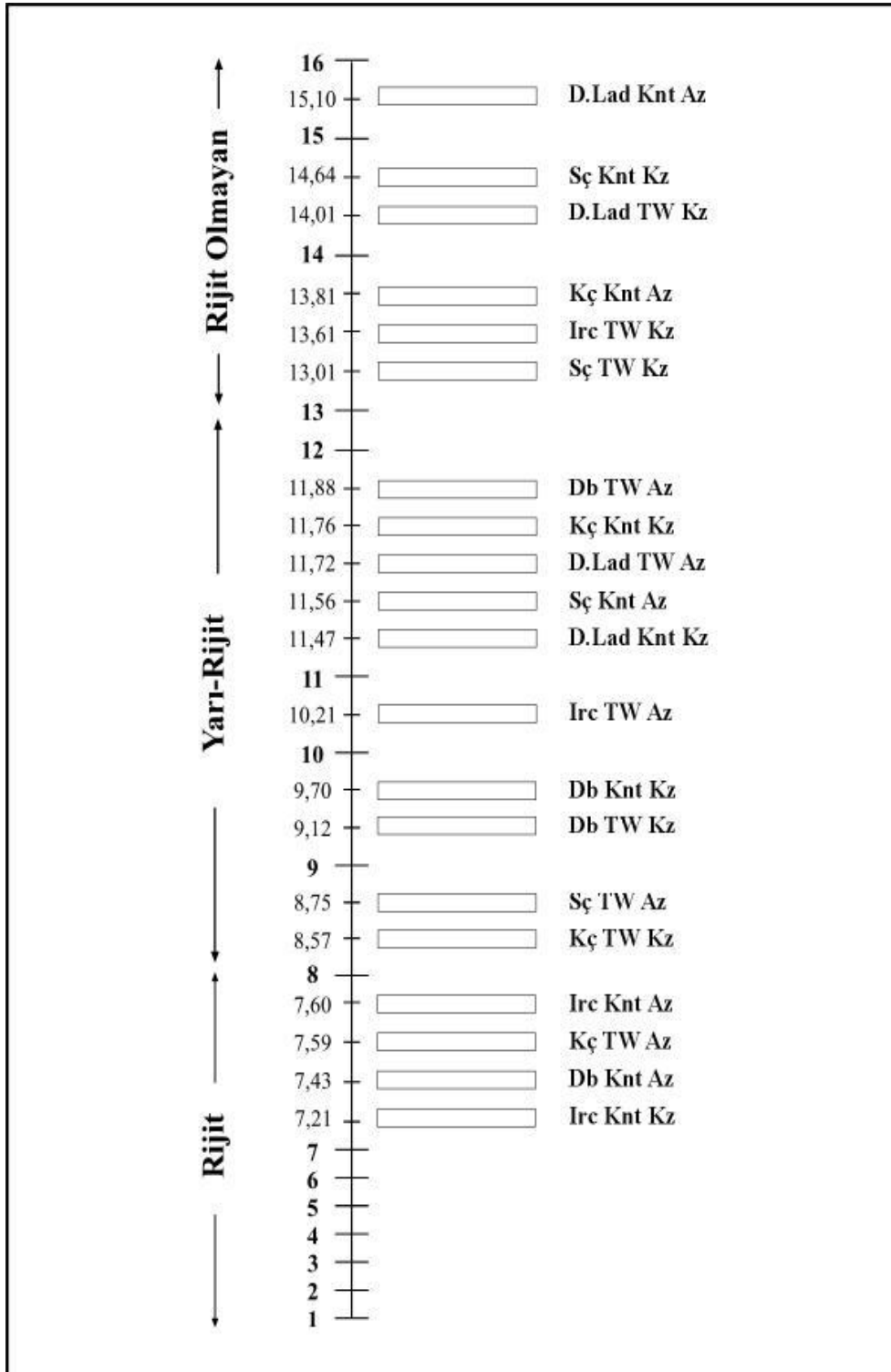
$E$  : Elastikiyet Modülü (N/mm<sup>2</sup>)

$I$  : Atalet Momenti (mm<sup>4</sup>)

Bu iki eşitlik tam rijit ve rijit olmayan arasındaki orana bağlı (Eşitlik 2.2'nin 2.3'e oranı) olarak rijitlik skalası oluşturulmuştur. Skala 1 ile 16 arasında değişmektedir. Şekil 2.23'de



gösterilen skalada, katsayı değeri 1'e yaklaştıkça rijit, katsayı değeri 16'ya yaklaştıkça rijit olmadığı durum varsayılmıştır.



Şekil 2.23 Birleştirmelerden elde edilen rijitlik skalası.

Böylece, birleştirme noktasındaki kararlılığın ne derecede yüksek olduğunu ifade etmek için örnekler arasında “rijitlik katsayıları (**k**)” oluşturulmuştur. Genel olarak;

$$y_1 = \frac{P \cdot L^3}{k \cdot E \cdot I} \quad (2.4)$$

şeklinde ifade edilmiştir (Eşitlik 2.4).

$y_1$  : LVDT<sub>1</sub>'den okunan deformasyon değeri (mm)

P : Ortalama maksimum kuvvet (N)

L : Kuvvet kolu (mm)

E : Elastikiyet Modülü (N/mm<sup>2</sup>)

I : Atalet Momenti (mm<sup>4</sup>)

Eşitlik 2.5’de görüldüğü üzere dikdörtgen kesite sahip bir kiriş için atalet momenti (*I*);

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (2.5)$$

b : Zıvana genişliği (mm)

h : Zıvana kalınlığı (mm)

DeneySEL olarak elde edilen  $y_1$  değerlerinden hareketle “**k**” rijitlik katsayıları elde edilmeye çalışılmıştır.

## 2) Rotasyon Değeri

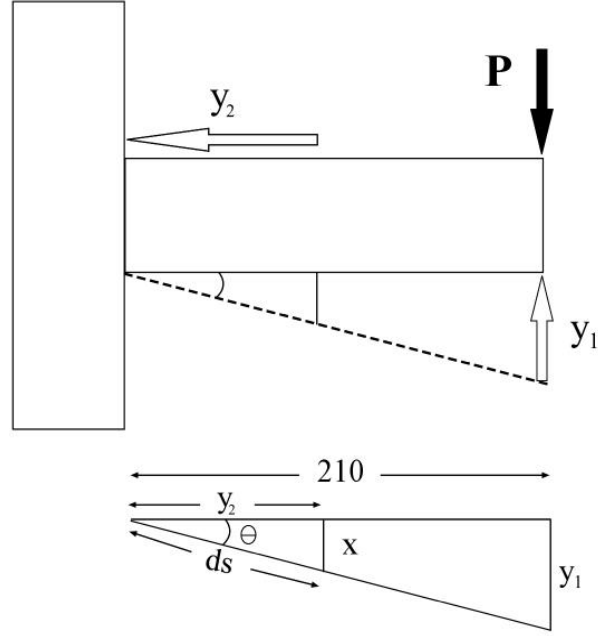
Birleştirmelerde oluşan rotasyon değerlerini tespit etmek için (Şekil 2.24), T-tipi ayak-kayıt birleştirmelerinde üçgenlerin benzerliğinden (Eşitlik 2.6);

$$\frac{y_2}{210} = \frac{x}{y_1} \quad (2.6)$$

$y_1$  : LVDT<sub>1</sub>'den okunan deformasyon değeri (mm)

$y_2$  : LVDT<sub>2</sub>'den okunan deformasyon değeri (mm)

x : Maksimum yük düşey deformasyon değeri (mm)



Şekil 2.24 Ankastre mesnet birleştirmelerinde rotasyon durumu.

İki farklı birleştirme noktasına yerleştirilen LVDT'lerden okunan deformasyon değerleri ( $y_1, y_2$ ) 2.6 nolu eşitlikte yerine yerleştirilerek maksimum yük düşey deformasyon değeri ( $x$ ) tayin edilmiştir. Buradaki kuvvet kolu uzunluğu 210 mm'dir.

$$\sin \theta = x / ds \quad (2.7)$$

Eşitlik 2.7'den  $\sin \theta$  değerleri elde edilmiş ve bu değerler  $\theta$  (derece) değerlerine dönüştürülmüştür.

Ankastre mesnet (Şekil 2.21) birleştirmeli deneylerinden elde edilen  $\theta$  değerleri ile sabit mesnet birleştirmeli (Şekil 2.22) deneylerden elde edilen  $\theta$  değerleri karşılaştırılmıştır. Şekil 2.21'deki  $\theta = 0$  varsayılır ve Şekil 2.22'deki  $\theta$  aşağıda verilmiş olan formülden (Eşitlik 2.8) hesaplama yapılmıştır. Kıyaslamada değer  $0^\circ$ 'ye ne kadar yakın ise birleştirme yeri rijitliği o kadar yüksek değerdedir.

Şekil 2.22'le gösterildiği üzere rotasyon değeri ( $\theta$ );

$$\theta = \frac{P \cdot L^2}{2 \cdot E \cdot I} \quad (2.8)$$



$x_2-x_1$  : Deformasyonlar arasındaki fark (mm)

### **Gerilme-Gerinim Analizi (Stress-Strain)**

Deney aşamasında **TESTBOX-1001** cihazından okunan birim deformasyon değerleri kaydedilerek, maksimum gerilme (stress) ile gerinim (strain) grafikleri elde edilmiştir.

Birleştirme yerinde oluşacak gerilmeleri de (2.10) nolu eşitlikte yerlerine koyularak maksimum gerilmeler ( $\sigma$ ) elde edilmiştir.

$$\sigma = \frac{6 \times M}{w \times d^2} \quad (2.10)$$

M : Ortalama Maksimum Moment değeri (N.mm)

w : Zıvana genişliği (mm)

d : Zıvana kalınlığı (mm)

Isıl işlem görmüş ağaç malzemelerin kontrol örneklerine kıyasla ortalama Gerilim-Gerinim değerlerinin yüzde değişim oranları eşitlik 2.11 ile hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır.

$$\% \text{ Değişim} = \frac{\text{KNT} - \text{TW}}{\text{KNT}} \times 100 \quad (2.11)$$

KNT : Kontrol örneklerinin değeri

TW : Isıl işlem görmüş örneklerin değeri

### **2.3.2.2 Çekme Direnci**

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin ayak kısmı makine yatağına yerleştirilip iki sabitleyici tarafından tutturulmuştur. Kayıt elemanı dik bir şekilde yukarıya doğru çekilerek birleşim yerindeki maksimum çekme mukavemet değerleri (N) cinsinden okunmuştur (Şekil 2.26).



Şekil 2.26 Çekme direnci deney düzeneği (Foto: M.ZOR 2011).

Universal Test Cihazı'ndan maksimum çekme kuvvet değerleri (N) elde edilerek, ağaç türleri, birleştirme tipi ve ısıl işlem özelliğinin çekme direnci üzerine etkisini çoklu varyans analizi (MANOVA) ile incelenmiştir.

### 2.3.3 Kütle (Ağırlık) Kaybı

Kontrol örneklerinden elde edilen ağırlık ( $M_{knt}$ ) değerlerinden, ısıl işlem görmüş örneklerden elde edilen ağırlık değerlerinin ( $M_{ısl}$ ) farkının kontrol örneği ağırlığına oranlanmasıyla elde edilerek belirlenen ağırlık artış-azalış oranı (% M) eşitlik 2.12 hesaplanmıştır.

$$\% M = \frac{M_{knt} - M_{ısl}}{M_{knt}} \times 100 \quad (2.12)$$

### 2.3.4 Yoğunluk Kaybı

Her bir kombinasyon için 5 adet ısıl işlem görmüş ve 5 adet kontrol olmak üzere, 20 x 20 x 30 mm boyutlarında hazırlanan örneklerinin yoğunluk tayini TS 2471, TS 2472 ve TS 53 esaslarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem görmüş örnekler ve kontrol örnekleri tam kuru hale gelinceye kadar kurutma dolabında  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar kurutulmuştur. Daha sonra örneklerin ağırlıkları 0,001 g duyarlılıkta hassas terazi ile ölçülmüştür. Boyutları ise 0,001 mm duyarlılıkta olan dijital kumpasla ölçülerek eşitlik (2.13) yardımıyla tam kuru yoğunlukları hesaplanmıştır.

$$\delta_o = M_o / V_o \text{ gr/cm}^3 \quad (2.13)$$

$\delta_o$  = Tam kuru yoğunluk ( gr/cm<sup>3</sup>)

$M_o$  = Tam kuru ağırlık (gr)

$V_o$  = Tam kuru hacim (cm<sup>3</sup>)

Kontrol örneklerinden elde edilen yoğunluk ( $\delta_{knt}$ ) değerlerinden, ısıtıl işlem görmüş örneklerden elde edilen yoğunluk değerlerinin ( $\delta_{ısıtıl}$ ) farkının kontrol örneği yoğunluğuna oranlanmasıyla elde edilerek belirlenen yoğunluk artış-azalış oranı (%  $\delta$ ) eşitlik 2.14 ile hesaplanmıştır.

$$\% \delta = \frac{\delta_{knt} - \delta_{ısıtıl}}{\delta_{knt}} \times 100 \quad (2.14)$$

### 2.3.5 Verilerin Değerlendirilmesi

Düz zıvanalı tutkallı T-tipi birleştirmelerde ağaç türü (5), birleştirme tipi (2), ısıtıl işlem görmesi (2) ve yükleme tipi (2) olarak 6'şar adet kombinasyonlarda 240 adet örnek üzerinde elde edilen verilere çoklu varyasyon analizi (MANOVA) uygulanmıştır. Farklılıkların hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için ise Duncan Testi kullanılmıştır.





## BÖLÜM 3

### BULGULAR VE TARTIŞMA

Denemelerden elde edilen bulgular, eğilme direnci, mukavemet analizi ve çekme direnci olarak 3 ayrı başlık altında incelenecektir.

#### 3.1 T-TİPİ AYAK-KAYIT BİRLEŞTİRMELERİNİN EĞİLME DİRENCİ

Eğilme direnci üzerine, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıtma işleminin etkisi 3 ana başlık altında incelenmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen Ortalama Maksimum Eğilme Direnci ve Ortalama Maksimum Eğilme Momenti Taşıma Kapasite Değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Ortalama maksimum eğilme direnci ve ortalama maksimum eğilme momenti taşıma kapasitesi.

| Ağaç Türü   | Birleştirme Tipi | Isıl İşlem Özelliği | Maksimum Eğilme Direnci (N) |         |    | Maksimum Eğilme Momenti Taşıma Kapasitesi (N.mm) |          |
|-------------|------------------|---------------------|-----------------------------|---------|----|--|----------|
|             |                  |                     | $\bar{x}$                   | $\pm s$ | %v | $\bar{x}$  | $\pm s$  |
| Karaçam     | AZ               | KNT                 | 555,40                      | 37,65   | 7  | 116634   | 7906,13  |
|             |                  | TW                  | 486,30                      | 20,01   | 4  | 102123   | 4201,10  |
|             | KZ               | KNT                 | 255,30                      | 19,40   | 8  | 53613  | 4074,00  |
|             |                  | TW                  | 340,47                      | 41,36   | 12 | 71498  | 8685,33  |
| Sarıçam     | AZ               | KNT                 | 360,47                      | 14,68   | 4  | 75698  | 3083,66  |
|             |                  | TW                  | 640,03                      | 58,90   | 9  | 134407   | 12369,24 |
|             | KZ               | KNT                 | 287,80                      | 12,20   | 4  | 60438  | 2562,43  |
|             |                  | TW                  | 445,93                      | 36,28   | 8  | 93646  | 7618,58  |
| Doğu Ladini | AZ               | KNT                 | 354,53                      | 36,62   | 10 | 74452  | 7691,20  |
|             |                  | TW                  | 330,10                      | 27,54   | 8  | 69321  | 5782,40  |
|             | KZ               | KNT                 | 225,37                      | 10,01   | 4  | 47327  | 2101,71  |
|             |                  | TW                  | 250,43                      | 16,80   | 7  | 52591  | 3528,58  |
| Dişbudak    | AZ               | KNT                 | 283,77                      | 24,93   | 9  | 59591  | 5234,70  |
|             |                  | TW                  | 433,27                      | 42,48   | 10 | 90986  | 8921,67  |
|             | KZ               | KNT                 | 287,10                      | 36,94   | 13 | 60291  | 7757,73  |
|             |                  | TW                  | 364,40                      | 23,80   | 7  | 76524  | 4997,43  |
| Irocco      | AZ               | KNT                 | 157,47                      | 20,08   | 13 | 33068  | 4216,47  |
|             |                  | TW                  | 212,50                      | 21,93   | 10 | 44625  | 4604,65  |
|             | KZ               | KNT                 | 325,87                      | 12,29   | 4  | 68432  | 2580,21  |
|             |                  | TW                  | 497,37                      | 20,87   | 4  | 104447   | 4383,24  |

$\bar{x}$  : Aritmetik ortalama

$\pm s$ : Standart sapma

%v: Varyasyon katsayısı

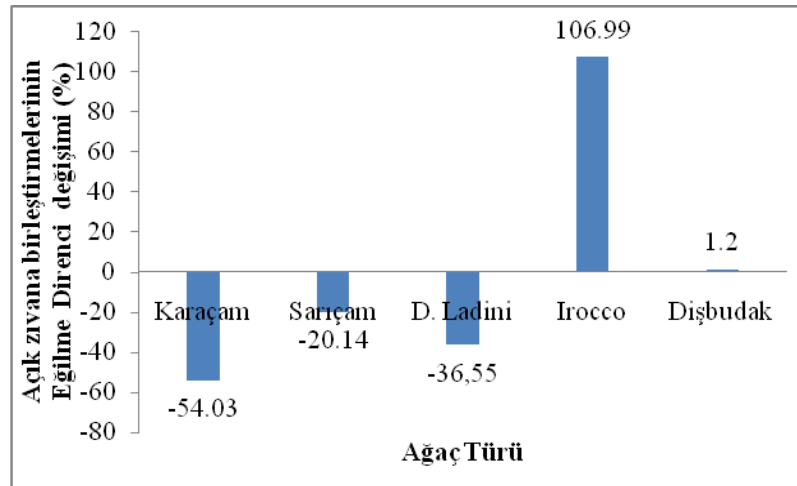
### 3.1.1 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmelerinin Eğilme Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi

Kontrol grubu ve ısıl işlem gruplarının eğilme direnci üzerine ağaç türü etkisinin birleştirme tipi ilişkisiyle karşılaştırılması Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Kontrol grubu ve ısıl işlem grubu için ortalama eğilme direnci değerlerinin ağaç türü ve birleştirme tipi açısından karşılaştırılması.

| Ağaç Türü   | Kontrol Grubu |       | TW Grubu |       |
|-------------|---------------|-------|----------|-------|
|             | AZ            | KZ    | AZ       | KZ    |
| Karaçam     | 555,4         | 486,3 | 255,3    | 340,4 |
| Sarıçam     | 360,4         | 640,3 | 287,8    | 445,9 |
| Doğu Ladini | 354,5         | 330,1 | 225,3    | 250,4 |
| Irocco      | 157,4         | 212,5 | 325,8    | 497,3 |
| Dişbudak    | 283,7         | 433,2 | 287,1    | 364,4 |

şekil 3.1’de açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre değişimi gsterilmiştir.

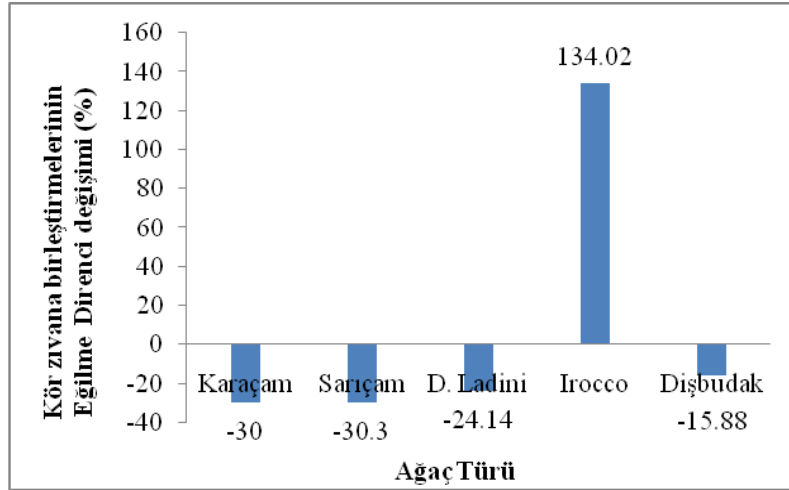


şekil 3.1 Açık zıvanalı birleştirmelerdeki eğilme direnci değişim oranları.

Elde edilen verilere göre (şekil 3.1), açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerin ısıl işlem görmüş örneklerinde, iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam için %54, Sarıçam için %20 ve Doğu Ladini için %37 oranında eğilme direnci değerleri azalış gstermiştir. Yapraklı ağaç

türlerinden Irocco için %107, Dişbudak türü için %1 oranında ısıl işlem görmüş örneklerin eğilme direnç değerlerinde artış bulunmuştur.

Şekil 3.2’de kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre değişimi gösterilmiştir.



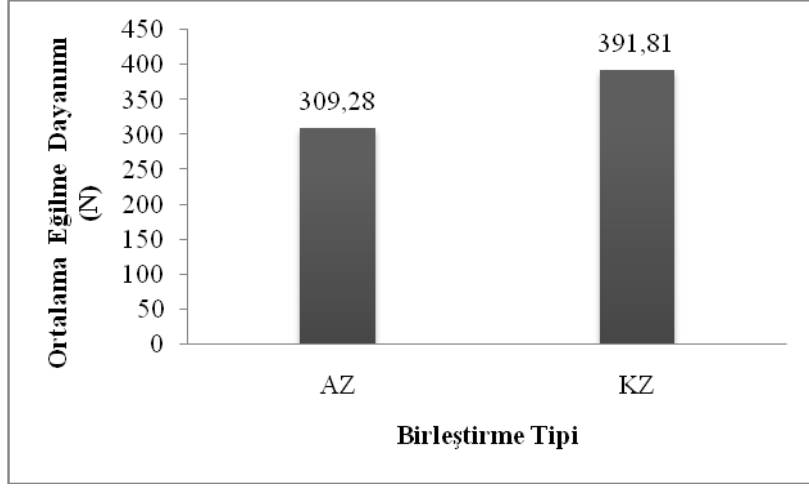
Şekil 3.2 Kör zıvanalı birleştirmelerdeki eğilme direnci değişim oranı.

Elde edilen verilere göre (Şekil 3.2), *kör zıvanalı* tutkallı birleştirmelerin ısıl işlem görmüş örneklerinde, iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam için %30, Sarıçam için %30, Doğu Ladini için %24 oranında azalış göstermiştir. Yapraklı ağaç türlerinden Irocco türü için %134 oranında eğilme direncinde artış görülürken, Dişbudak türü için %16 oranında ısıl işlem görmüş örneklerin eğilme direnç değerlerinde azalış göstermiştir.

Irocco türünün ısıl işlem görmesi ile eğilme direncindeki artış onu diğer ağaç türlerinden ayıran bir özellik olarak ön plana çıkmıştır. Irocco, diri odunu geçirgen ve dayanıklı olan bir ağaç türüdür. Bu nedenden dolayı ısıl işlem uygulamasına karşı güçlü bir direnç göstermekte olduğu ifade edilmiştir (Ayensu ve Bentum 1974).

### 3.1.2 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmelerinin Eğilme Direnci Üzerine Birleştirme Tipinin Etkisi

Birleştirme tipine göre eğilme dayanımının ortalama değerlerinin karşılaştırılması Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Birleştirme tipine göre ortalama eğilme dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.

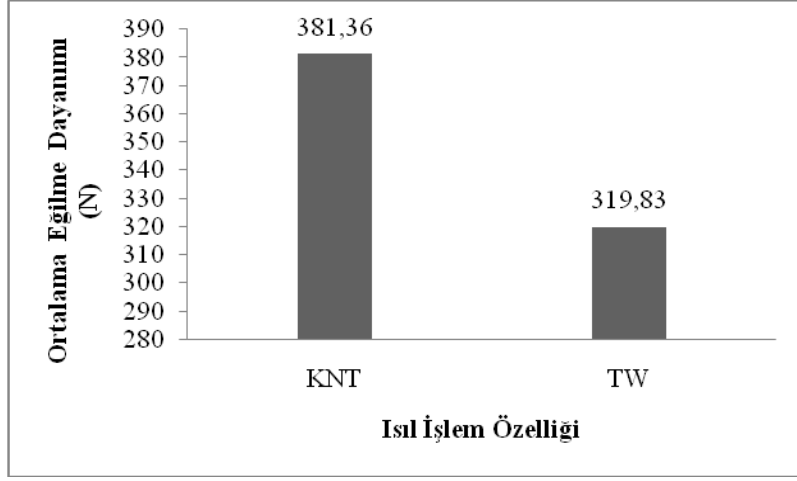
Eğilme dayanımı açısından birleştirme tipine göre (Şekil 3.3), kör zıvanalı tutkallı birleştirme (391,81 N), açık zıvanalı tutkallı birleştirme örneklerine göre daha yüksek eğilme dayanımı değeri göstermiştir. Sonuçlara göre, kör zıvanalı tutkallı birleştirmelere sürülen yapıştırıcının yüzey alanının, açık zıvanalı tutkallı örneklere göre daha fazla alana sahip olmasından dolayı kör zıvanalı tutkallı numunelerde eğilme direnci değerleri daha yüksek sonuç vermiştir.

Ağaç türü ve zıvana uzunluğunun zıvanalı boy birleştirmede eğilme direncine etkileri araştırılmış ve en yüksek eğilme direnci kontrol örneklerinde bulunmuş ve zıvana genişliği sabit tutulup, uzunluğu arttıkça eğilme direncinin azaldığı bildirilmiştir (Uysal 1998).

Lamba ve zıvana bağlantı elemanlarıyla ilgili kapsamlı çalışma Sparkes (1968) tarafından yapılmıştır. Birleştirme tipinin eğilme direnci üzerine etkisi araştırılmış, zıvana genişliği ve uzunluğunun artmasıyla, birleşme direncinde aynı zamanda iyileştğini belirtmiştir.

### 3.1.3 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmelerinin Eğilme Direnci Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Isıl işlem özelliğine göre eğilme dayanımının ortalama değerleri Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



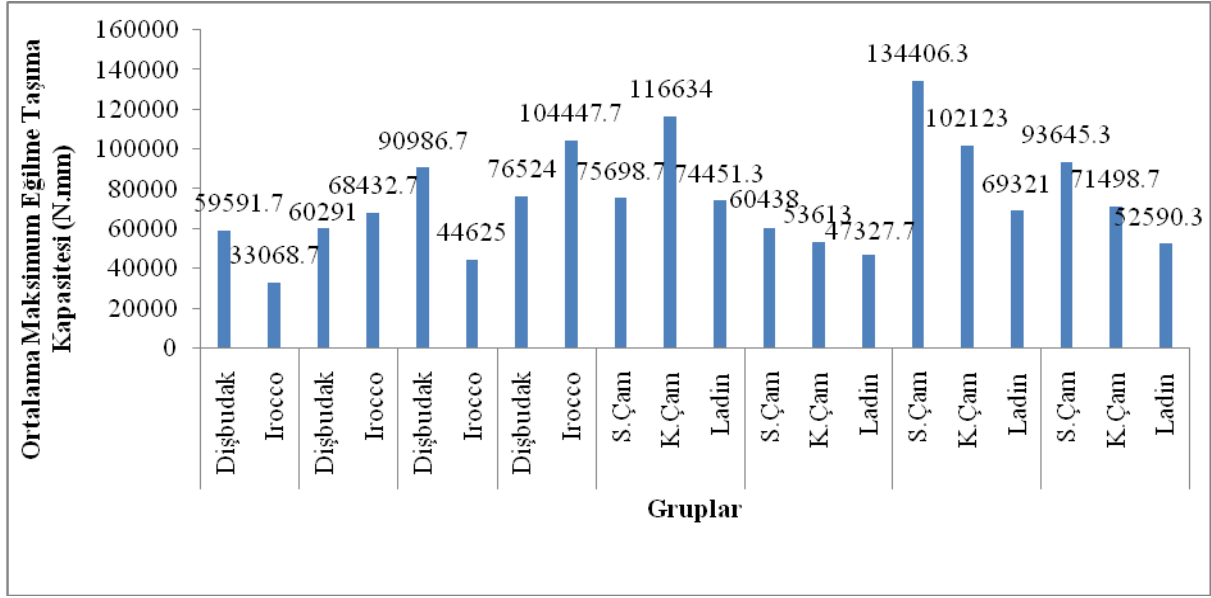
Şekil 3.4 Isıl işlem özelliğine göre ortalama eğilme dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.

Isıl işlem görmüş örneklerin, kontrol grubu örneklerine göre eğilme dayanımı değerleri %20 oranında azalış göstermiştir. Sonuçlara göre, yüksek sıcaklığa maruz bırakılan ağaç malzemenin termal modifikasyonu sonucunda mukavemetinin düşmesi ve buna bağlı olarak mekanik performansında azalma görülmektedir.

Isıyla muamele süresince biyolojik direnç ve kararlılık artarken, özellikle 200°C sıcaklıklardan sonra mekanik özelliklerde ciddi düşüşler meydana geleceği belirtilmiştir (URL-6 2003).

Yapılan diğer bir çalışmada, direnç düşüşlerinin 200°C'nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilerek minimize edilebileceği belirtilmiştir (Boonstra vd. 1998). Bu çalışmada kullanılan ağaç malzemedeki ısıl işlem muamelesinde uygulanan sıcaklık derecesi 190°C'dir.

Denemelerde kullanılan ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlem özelliklerine göre ortalama maksimum taşıma kapasite (N.mm) Değerleri Şekil 3.5'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Ortalama maksimum eğilme taşıma kapasite değerlerinin karşılaştırılması.

Lamba zıvana ayak-kayıt birleştirme örneklerinde ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlem faktörlerinin, eğilme direnci üzerine etkisine ait çoklu varyans analizi sonuçları (MANOVA) Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Eğilme direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

| KAYNAK               | SERBESTLİK DERECEŚİ | KARELER TOPLAMI | KARELER ORTALAMASI | F DEĞERİ | P< 0,05 |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|---------|
| Ağaç Türü (A)        | 4                   | 332107,43       | 83026,85           | 249,83   | 0,000   |
| Birleştirme Tipi (B) | 1                   | 204798,45       | 204798,45          | 616,26   | 0,000   |
| Isıl İşlem (C)       | 1                   | 113590,53       | 113590,53          | 341,80   | 0,000   |
| A*B                  | 4                   | 140032,36       | 35008,09           | 105,34   | 0,000   |
| A*C                  | 4                   | 746656,57       | 186664,16          | 561,69   | 0,000   |
| B*C                  | 1                   | 606,60          | 606,60             | 1,82     | NS      |
| A*B*C                | 4                   | 128711,95       | 32177,99           | 95,82    | 0,000   |
| Hata                 | 100                 | 32232,26        | 332,32             |          |         |
| Toplam               | 120                 | 1599736,28      |                    |          |         |

NS: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 3.3), ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin eğilme direnci üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. İkili etkileşimlerden birleştirme tipi ile ısıl

işlem özelliğinin eğilme direnci üzerine istatistikî olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için elde edilen verilere Duncan Testi uygulanmıştır. Eğilme direncine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.4 Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.4 Eğilme direncinde ağaç türüne ait Duncan sonuçları.

| <b>Ağaç Türü</b> | <b><math>\bar{X}</math></b> | <b>HG</b> |
|------------------|-----------------------------|-----------|
| Doğu Ladini      | 290,092                     | A         |
| Irocco           | 298,275                     | A         |
| Dişbudak         | 342,112                     | B         |
| Karaçam          | 409,358                     | C         |
| Sarıçam          | 413,162                     | C         |

Duncan sonuçlarına göre (Çizelge 3.4), eğilme direncinde Doğu Ladini ve Irocco, Karaçam ve Sarıçam türleri benzer, Dişbudak diğer ağaç türlerinden farklı bulunmuş ve benzer olanlar aynı homojenlik gruplarında gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 Eğilme direncinde birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.

| <b>Birleştirme Tipi</b> | <b><math>\bar{X}</math></b> | <b>HG</b> |
|-------------------------|-----------------------------|-----------|
| AZ                      | 309,288                     | A         |
| KZ                      | 391,812                     | B         |

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmesinde eğilme direncinde birleştirme tiplerinden, kör zıvanalı birleştirmeler (391,81 N), açık zıvanalı birleştirmelere nazaran daha yüksek eğilme direnci değeri göstermiştir.

Çizelge 3.6 Eğilme direncinde ısıtma işlemine ait Duncan sonuçları.

| <b>Isıl İşlem Özelliği</b> | <b><math>\bar{X}</math></b> | <b>HG</b> |
|----------------------------|-----------------------------|-----------|
| KNT                        | 381,367                     | A         |
| TW                         | 319,833                     | B         |

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmesinde eğilme direncinde ısıtılma özelliği olarak (Çizelge 3.6), TW örnekleri (319,83 N), kontrol grubu örneklerine göre düşük değer göstermiştir.

### 3.1.4 Kırılma Tipi

Kırılma tipleri, birleştirmelerin hangi bölgeden kırıldığı ve deformasyon özellikleri hakkında bilgi edinilmesini sağlamaktadır. Verilerin değerlendirmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Eğilme direnci denemelerinde kırılmalar 2 tipte karakterize edilebilecek şekilde ortaya çıkmıştır;

1. Tip : Tutkal hattından kırılanlar
2. Tip : Hem odundan hem de tutkal hattından kırılanlar

1.tip kırılma sınıfına giren kontrol örneklerde görülen yıkımların, ayak elemanı kayıt elemanından kopmalar yapmıştır. Bunun sonucunda tutkal kalitesinin zayıf kalması ve iyi yapışma özelliği göstermemesinden kaynaklı bir kırılma oluştuğu gözlemlenmiştir. 2.tip kırılmalarında, zıvana kenarlarından kopmalar oluşmuş, tutkal kalitesinin iyi performans göstermemesi açık bir şekilde görülmüştür.

Kontrol grubu örneklerinde iğne yapraklı ağaç türlerinden Doğu Ladini 1. tip kırılma sınıfına, Sarıçam ve Karaçam ise 2. tip kırılma sınıfına girmektedir. Yapraklı ağaç türlerinde ise, Irocco ve Dişbudak 1.tip kırılma sınıfına girmektedir.





Şekil 3.6 Eğilme deneyinde sarıçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.7 Eğilme deneyinde dişbudak türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.8 Eğilme deneyinde doğu ladini türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.9 Eğilme deneyinde karaçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.10 Eğilme deneyinde ırocco türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).

Isıl işlem grubu (TW) örneklerinde görülen yıkımların tümü 2. tip kırılma ile sonuçlanmıştır. Isıl işlem görmüş ağaç türleri arasında hem odun yüzeyinden hem de tutkal yapısından kaynaklı kopmalar görülmüştür. Örneklerin %20'si ağaç malzemeden kopmuş ve ayrıca tutkal yerinden gözlemlenen kopmaların büyük bir kısmı, ağaç malzemeye iyi yapışma göstermemesinden kaynaklanmıştır.



Şekil 3.11 Eğilme deneyinde irocco türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.12 Eğilme deneyinde sarıçam türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.13 Eğilme deneyinde doğu ladini türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.14 Eğilme deneyinde karaçam türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.15 Eğilme deneyinde dişbudak türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).

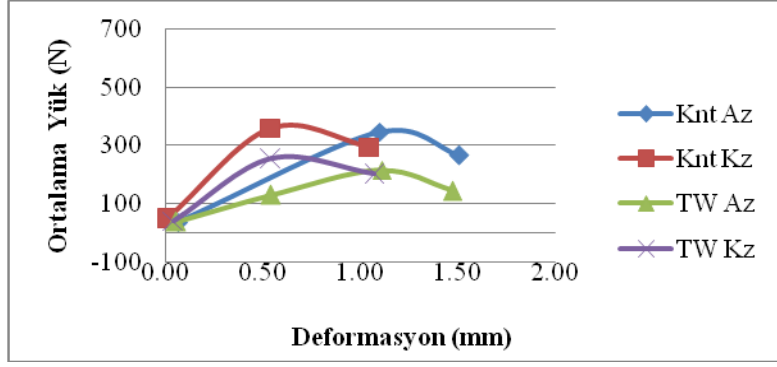
## 3.2 MUKAVEMET ANALİZİ

### 3.2.1 Yük-Deformasyon Analizi

LVDT<sub>1</sub>'den okunan deformasyon değerleri ile maksimum yük arasında elde edilen yük-deformasyon grafikleri, iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türleri olmak üzere iki başlıkta ele alınmıştır.

#### 3.2.1.1 İğne Yapraklı Ağaç Türlerinde Yük-Deformasyon Analizi

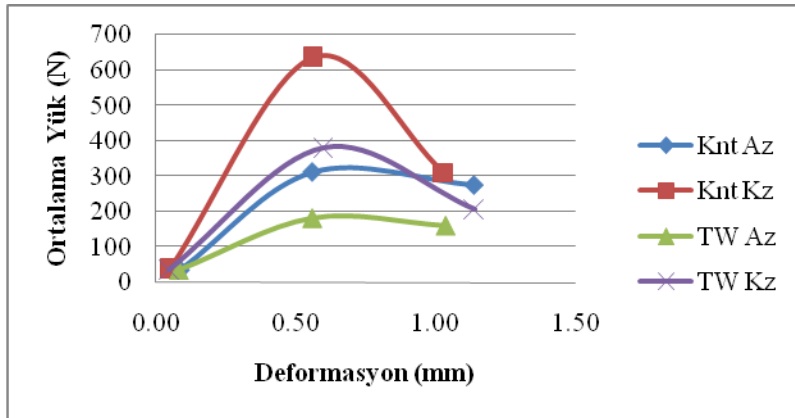
Doğu Ladini türü kontrol grubu ile ısıtılmış grupunun deneyler sonucunda yük-deformasyon diyagramları Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16 Doğu Ladini türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.

Doğu Ladini türü ısı işlem uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum kırılma noktalarında taşıdığı yük kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %38, Kör Zıvanalı örneklerinde %30 oranında düşüş görülmektedir. Yük-Deformasyon grafiğinde, tüm numuneler için en yüksek taşıma performansını kontrol grubu Kör Zıvanalı (360 N) örneklerde, en düşük taşıma performansını ise Isıl işlem grubu Açık Zıvanalı (215 N) örneklerde görülmüştür. Doğu Ladini türü ısı işlem görmüş örneklerde en iyi taşıma performansını Kör Zıvanalı birleştirme göstermiştir.

Sarıçam türü kontrol grubu ile ısı işlem grubunun deneyler sonucunda yük-deformasyon diyagramları Şekil 3.17’de verilmiştir.

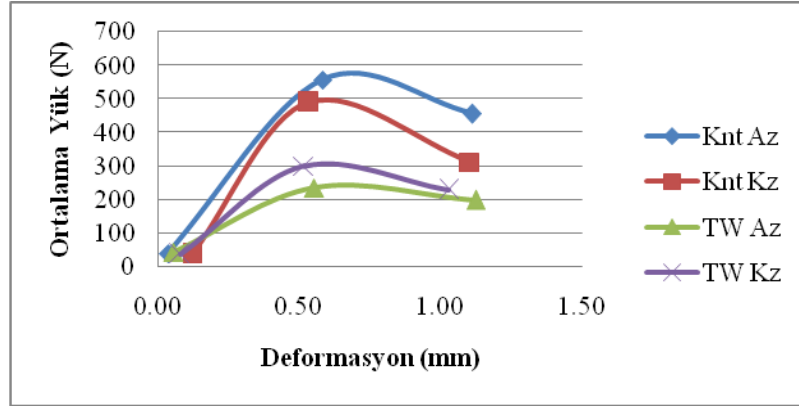


Şekil 3.17 Sarıçam türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.

Sarıçam türü ısı işlem uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum kırılma noktalarında taşıdığı yük kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %41, Kör Zıvanalı örneklerinde %40 oranında düşüş görülmektedir. Yük-Deformasyon grafiğinde, tüm numuneler için en yüksek taşıma performansını kontrol grubu Kör Zıvanalı (637 N)

örneklerde, en düşük taşıma performansını ise ısıtım işlem grubu Açık Zıvanalı (185 N) örneklerde görülmüştür. Sarıçam türü ısıtım işlem görmüş örneklerde en iyi taşıma performansını Kır Zıvanalı birleştirme göstermiştir.

Karaçam türü kontrol grubu ile ısıtım işlem grubunun deneyler sonucunda yük-deformasyon diyagramları Şekil 3.18’de verilmiştir.

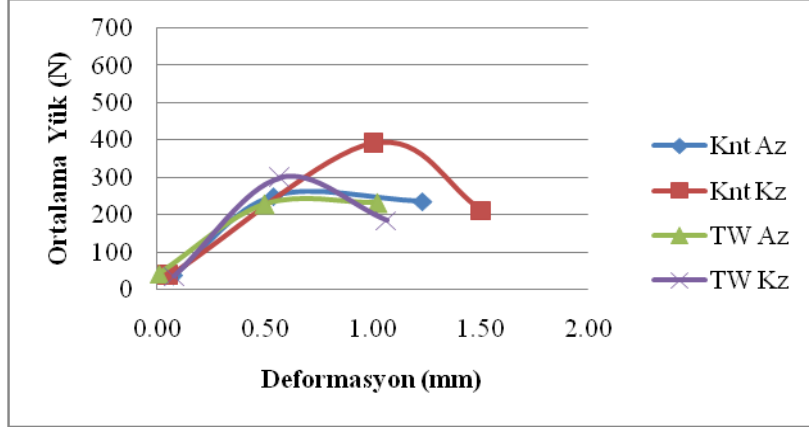


Şekil 3.18 Karaçam türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.

Karaçam türü ısıtım işlem uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum kırılma noktalarında taşıdığı yük kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %57, Kır Zıvanalı örneklerinde %40 oranında düşüş görülmektedir. Yük-Deformasyon grafiğinde, tüm numuneler için en yüksek taşıma performansını kontrol grubu Açık Zıvanalı (558 N) örneklerde, en düşük taşıma performansını ise Isıtım işlem grubu Açık Zıvanalı (185 N) örneklerde görülmüştür. Karaçam türünde ısıtım işlem görmüş örneklerde en iyi taşıma performansını Kır Zıvanalı birleştirme göstermiştir.

### 3.2.1.2 Yapraklı Ağaç Türlerinde Yük-Deformasyon Analizi

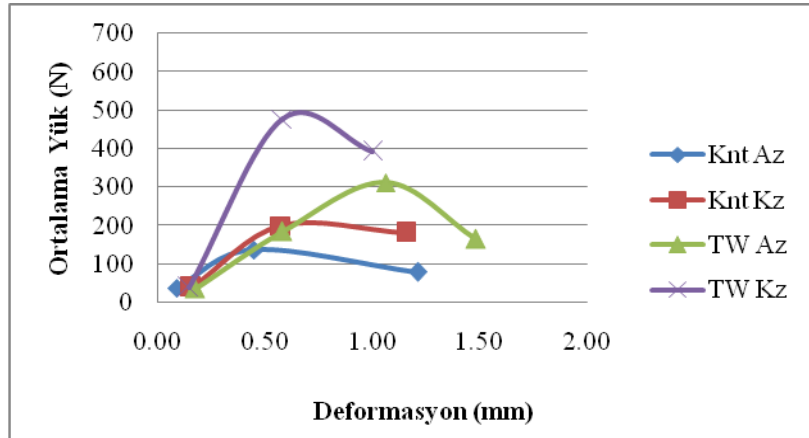
Dişbudak türü kontrol grubu ile ısıtım işlem grubunun deneyler sonucunda yük-deformasyon diyagramları Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19 Dişbudak türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.

Dişbudak türü ısıtma işlemi uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum kırılma noktalarında taşıdığı yük kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %9, Kör Zıvanalı örneklerinde %24 oranında düşüş görülmektedir. Yük-Deformasyon grafiğinde, tüm numuneler için en yüksek taşıma performansını kontrol grubu Kör Zıvanalı (391 N) örneklerde, en düşük taşıma performansını ise ısıtma işlemi grubu Açık Zıvanalı (228 N) örneklerde görülmüştür. Dişbudak türü ısıtma işlemi görmüş örneklerde en iyi taşıma performansını Kör Zıvanalı birleştirme vermiştir.

Irocco türü kontrol grubu ile ısıtma işlemi grubunun deneyler sonucunda yük-deformasyon diyagramları Şekil 3.20’de verilmiştir.



Şekil 3.20 Irocco türü gruplarının yük-deformasyon grafiği.

Irocco türü ısıtma işlemi uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum kırılma noktalarında taşıdığı yük kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %127, Kör

Zıvanalı örneklerinde %137 oranında artış görülmektedir. Yük-Deformasyon grafiğinde, tüm numuneler için en yüksek taşıma performansını ısıtma işlem grubu Kör Zıvanalı (478 N) örneklerde, en düşük taşıma performansını ise kontrol grubu Açık Zıvanalı (136 N) örneklerde görmüştür. Irocco türü ısıtma işlem uygulanmış örneklerde en iyi performansı Kör Zıvanalı birleştirme vermiştir.

### 3.2.2 Birleştirme Sertliği

Çizelge 3.7’de ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıtma işlem özelliğinin ortalama birleştirme sertlik değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.7 Ortalama birleştirme sertlik değerleri.

| Ağaç Türü   | Isıtma İşlem Özelliği | Birleştirme Tipi | Ortalama Sertlik Değeri (N/mm) |
|-------------|-----------------------|------------------|--------------------------------|
| Sarıçam     | KNT                   | AZ               | 73,6 (7)*                      |
|             |                       | KZ               | 125,1 (7)*                     |
|             | TW                    | AZ               | 66,9 (6)*                      |
|             |                       | KZ               | 88,6 (13)*                     |
| Karaçam     | KNT                   | AZ               | 109,06 (9)*                    |
|             |                       | KZ               | 81,7 (11)*                     |
|             | TW                    | AZ               | 66,5 (9)*                      |
|             |                       | KZ               | 100,6 (7)*                     |
| Doğu Ladini | KNT                   | AZ               | 121,35 (10)*                   |
|             |                       | KZ               | 99,3 (10)*                     |
|             | TW                    | AZ               | 47,72 (5)*                     |
|             |                       | KZ               | 40,66 (10)*                    |
| Dişbudak    | KNT                   | AZ               | 75,03 (5)*                     |
|             |                       | KZ               | 97,4 (7)*                      |
|             | TW                    | AZ               | 65,5 (10)*                     |
|             |                       | KZ               | 93,8 (3)*                      |
| Irocco      | KNT                   | AZ               | 80,9 (7)*                      |
|             |                       | KZ               | 112,05 (10)*                   |
|             | TW                    | AZ               | 71,3 (6)*                      |
|             |                       | KZ               | 106,8 (11)*                    |

\* (%) Varyasyon katsayısıdır.

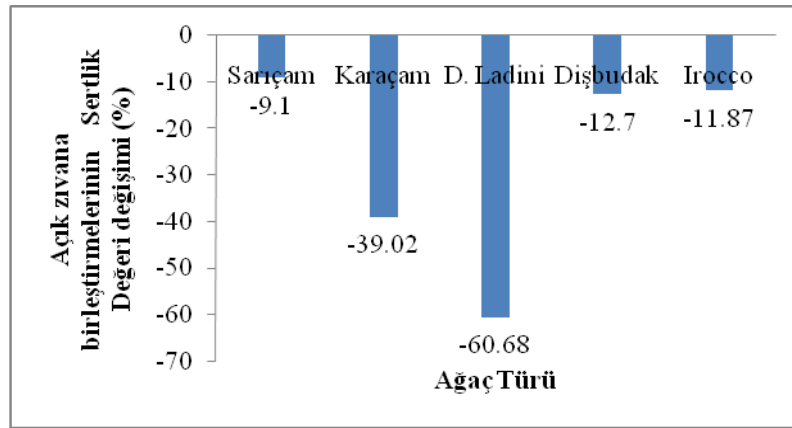
Elde edilen sonuçlara göre (Çizelge 3.7), *açık zıvanalı* birleştirmelerinin kontrol örneklerinde en yüksek değeri Doğu Ladini türü (121,35 N/mm), en düşük değeri Sarıçam türü (73,6



N/mm) göstermiştir. *Kör zıvanalı* birleştirmelerin kontrol örneklerinde en yüksek değeri Sarıçam türü (125,1 N/mm), en düşük değeri Karaçam türü (81,7 N/mm) göstermiştir.

Isıl işlem görmüş örneklerin *açık zıvanalı* birleştirmelerinde en yüksek değeri Irocco türü (71,3 N/mm), en düşük değeri Doğu Ladini türü (47,72 N/mm) göstermiştir. *Kör zıvanalı* birleştirmelerin ısıl işlem görmüş örneklerinde en yüksek değeri Irocco türü (106,8 N/mm), en düşük değeri Doğu Ladini türü (40,66 N/mm) göstermiştir.

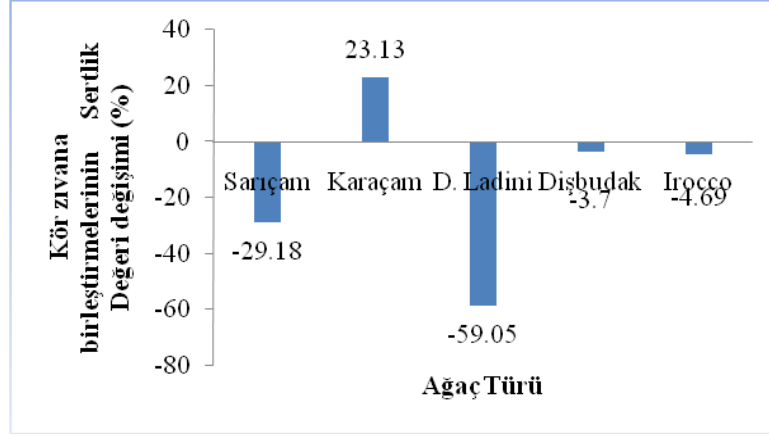
Şekil 3.21’de açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre sertlik değeri değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.21 Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre sertlik değişimi.

Şekil 3.21’de, birleştirme sertlik değerlerinde ısıl işlem etkisi ile örneklerin açık zıvanalı tutkallı Sarıçam birleştirmelerinde (%9,1) en düşük kayıp görülürken, Doğu Ladini birleştirmelerinde (%61) en yüksek kayıp değeri saptanmıştır.

Şekil 3.22’de kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre sertlik değeri değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısı işlem grubunun, kontrol grubuna göre sertlik değişimi.

Şekil 3.22’de birleştirme sertlik değerlerinde, ısı işlem etkisi ile örneklerin kör zıvanalı tutkallı Karaçam birleştirmelerinde (%23) artış, Doğu Ladini birleştirmelerinde ise (%59) gibi büyük bir kayıp saptanmıştır.

Şekil 3.21 ve Şekil 3.22’ye göre, her iki birleştirme tipi için ısı işlem sonrası birleştirme sertlik değerlerinde maksimum azalma Doğu Ladininde, Karaçam türü ısı işlem sonrasında Kör Zıvanalı birleştirmelerde önemli bir artış meydana gelmiştir. Sonuç olarak, yapılacak olan bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında ısı işlem uygulanmış Karaçam türünün Kör Zıvanalı birleştirmeleri daha yüksek performans vereceği düşünülmektedir.

Lamba zıvana ayak-kayıt birleştirme örneklerinde ağaç türü, birleştirme tipi ve ısı işlem faktörlerinin, birleştirme sertliği üzerine etkisine ait çoklu varyans analizi sonuçları (MANOVA) Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Birleştirme sertlik değerlerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

| KAYNAK               | SERBESTLİK DERECESİ | KARELER TOPLAMI | KARELER ORTALAMASI | F DEĞERİ | P < 0,05 |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|----------|
| Ağaç Türü (A)        | 4                   | 2627,62         | 656,90             | 1,48     | NS       |
| Birleştirme Tipi (B) | 1                   | 5634,92         | 5634,92            | 12,76    | 0,001    |
| Isıl İşlem (C)       | 1                   | 9521,06         | 9521,06            | 21,55    | 0,000    |
| A*B                  | 4                   | 6719,06         | 1679,76            | 3,80     | 0,010    |
| A*C                  | 4                   | 6667,18         | 1666,79            | 3,77     | 0,011    |
| B*C                  | 1                   | 1015,66         | 1015,66            | 2,30     | NS       |
| A*B*C                | 4                   | 3448,27         | 862,06             | 1,95     | NS       |
| Hata                 | 100                 | 17664,73        | 441,61             |          |          |
| Toplam               | 120                 | 486455,21       |                    |          |          |

NS: Önemsiz

Çoklu varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 3.8), birleştirme tipinin ve ısıtma işleminin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirme sertliği üzerine etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için elde edilen verilere Duncan Testi uygulanmıştır. Birleştirme sertlik değerine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Sertlik değerlerinin birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.

| <b>Birleştirme Tipi</b> | $\bar{x}$ | <b>HG</b> |
|-------------------------|-----------|-----------|
| AZ                      | 75,275    | A         |
| KZ                      | 94,675    | B         |

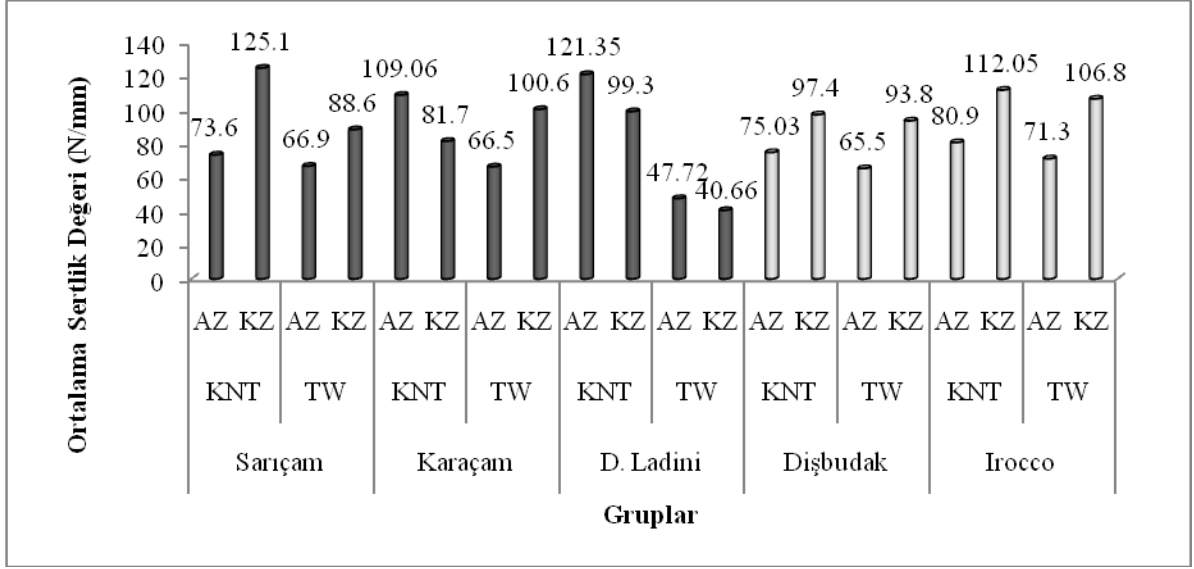
T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin sertlik analizine göre (Çizelge 3.9), birleştirme tipi olarak, kör zıvanalı birleştirme (94,67 N), açık zıvanalı birleştirmelere nazaran daha sert olduğu saptanmıştır.

Çizelge 3.10 Sertlik değerlerinin ısıtma işleme ait Duncan sonuçları.

| <b>Isıtma İşlem Özelliği</b> | $\bar{x}$ | <b>HG</b> |
|------------------------------|-----------|-----------|
| KNT                          | 95,563    | A         |
| TW                           | 72,369    | B         |

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin sertlik analizine göre (Çizelge 3.10), ısıtma işlem özelliği olarak TW örnekleri (72,36 N), kontrol örneklerine göre daha esnek olduğu saptanmıştır.

Birleştirme sertlik değerlerinin gruplar arasındaki ortalamalarının karşılaştırılması Şekil 3.23'de gösterilmiştir.



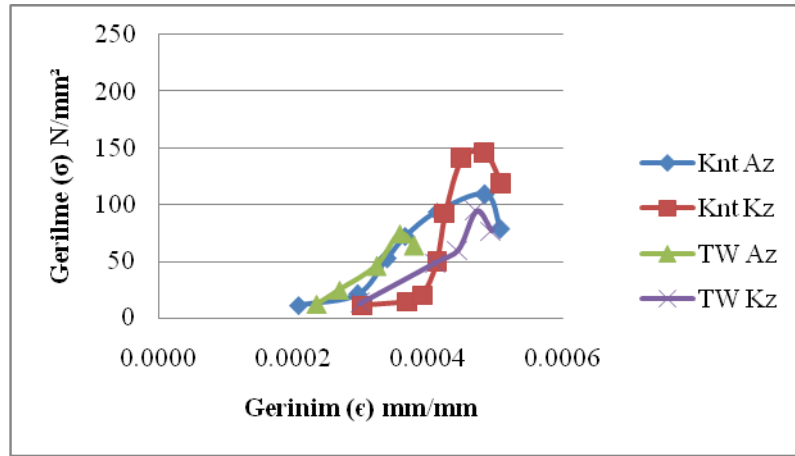
Şekil 3.23 Gruplar arasındaki sertlik değerinin ortalamalarının karşılaştırılması.

### 3.2.3 Gerilme-Gerinim Analizi

LVDT<sub>1</sub>'den okunan deformasyon değerleri ile maksimum yük (N) arasında elde edilen birleşim yerlerindeki gerilme-gerinim (stress-strain) grafikleri, iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türleri olmak üzere iki şekilde ele alınmıştır.

#### 3.2.3.1 İğne Yapraklı Ağaç Türlerinin Birleşim Yerindeki Gerilme-Gerinim Analizi

Doğu Ladini türü kontrol grubunu ile ısıl işlem grubunun deneyler sonucunda gerilme-gerinim diyagramları Şekil 3.24'de verilmiştir.



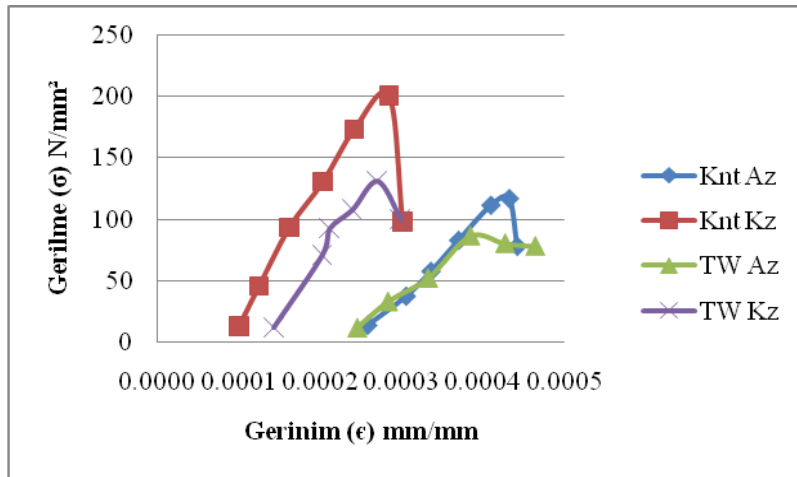
Şekil 3.24 Doğu Ladini türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.

Doğu Ladini türü ısıtım işlem uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum gerilmeler kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %32, Kır Zıvanalı birleştirmelerinde %35 oranında düşüş görölmektedir.

Kır Zıvanalı birleştirmelerde kontrol grubu ile ısıtım işlem grubu arasındaki bölgesel olarak ölçülen bağıl deformasyon değerlerinde ciddi fark görölmemiştir.

Gerilme-Gerinim grafiğinde (Şekil 3.24), Doğu Ladini türü'nde tüm numuneler için en yüksek gerilme değerini kontrol grubu Açık Zıvanalı birleştirme (145 N/mm<sup>2</sup>), en düşük gerilme değeri Isıtım işlem grubu Açık Zıvanalı birleştirme (74 N/mm<sup>2</sup>)'de görölmüştür.

Sarıçam türü kontrol grubunu ile ısıtım işlem grubunun deneyler sonucunda gerilme-gerinim diyagramları Şekil 3.25'de verilmiştir.



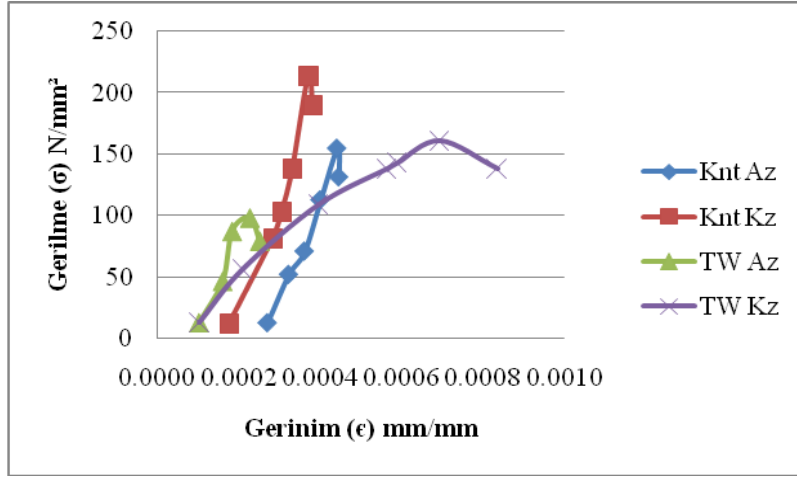
Şekil 3.25 Sarıçam türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.

Sarıçam türü ısıtım işlem uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum gerilmeler kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %26, Kır Zıvanalı birleştirmelerinde %35 oranında düşüş görölmektedir.

Kır Zıvanalı birleştirmelerin, kontrol grubu ve ısıtım işlem grubu arasındaki bölgesel olarak ölçülen bağıl deformasyon değerlerinde ciddi fark görölmemiştir.

Gerilme-Gerinim grafiğinde (Şekil 3.25), Sarıçam türü'nde tüm numuneler için, en yüksek gerilme değerini kontrol grubu Kör Zıvanalı birleştirme ( $200 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük gerilme değerini ısıtıl işlem grubu Açık Zıvanalı birleştirme ( $86 \text{ N/mm}^2$ )'de görülmüştür.

Karaçam türü kontrol grubunu ile ısıtıl işlem grubunun deneyler sonucunda gerilme-gerinim diyagramları Şekil 3.26'da verilmiştir.



Şekil 3.26 Karaçam türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.

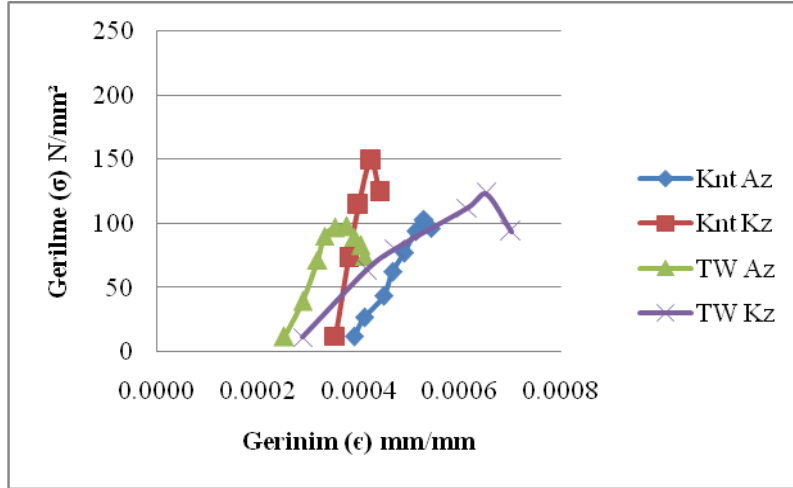
Karaçam türü ısıtıl işlem uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum gerilmeler kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %36, Kör Zıvanalı birleştirmelerinde %25 oranında düşüş görülmektedir.

Açık Zıvanalı birleştirmelerin, ısıtıl işlem grubu örneklerinde bölgesel olarak ölçülen düşük bağıl deformasyon değerlerinde kırılmalar görülmüştür. Kör Zıvanalı birleştirmelerin, ısıtıl işlem görmüş gruplarında bölgesel olarak ölçülen yüksek bağıl deformasyon değerlerinde kırılmalar görülmüştür.

Gerilme-Gerinim grafiğinde (Şekil 3.26), Karaçam türü'nde tüm numuneler için, en yüksek gerilme değerini kontrol grubu Kör Zıvanalı birleştirme ( $214 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük gerilme değerini Isıtıl işlem grubu Açık Zıvanalı birleştirme ( $98 \text{ N/mm}^2$ )'de görülmüştür.

### 3.2.3.2 Yapraklı Ağaç Türlerinin Birleşim Yerindeki Gerilme-Gerinim Analizi

Dişbudak türü kontrol grubunu ile ısıt işlem grubunun deneyler sonucunda gerilme-gerinim diyagramları Şekil 3.27’de verilmiştir.



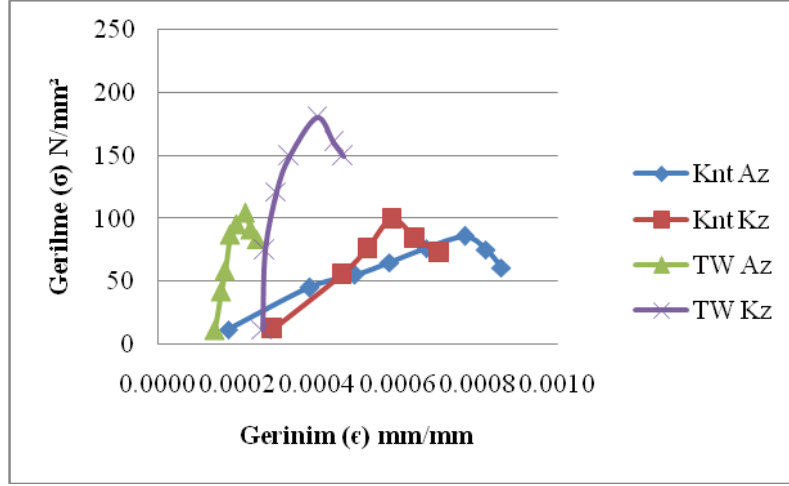
Şekil 3.27 Dişbudak türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.

Dişbudak türü ısıt işlem uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum gerilmeler kıyaslandığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %5, Kır Zıvanalı birleştirmelerinde %18 oranında düşüş görülmektedir.

Açık Zıvanalı birleştirmelerin, ısıt işlem grubu örneklerinde bölgesel olarak ölçülen düşük bağıl deformasyon değerlerinde kırılmalar görülmüştür. Kır Zıvanalı birleştirmelerin, ısıt işlem görmüş gruplarında bölgesel olarak ölçülen yüksek bağıl deformasyon değerlerinde kırılmalar görülmüştür.

Gerilme-Gerinim grafiğinde (Şekil 3.27), Dişbudak türü’nde tüm numuneler için, en yüksek gerilme değerini kontrol grubu Kır Zıvanalı birleştirme ( $149 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük gerilme değerini ısıt işlem grubu Açık Zıvanalı birleştirme ( $98 \text{ N/mm}^2$ )’de görülmüştür.

Irocco türü kontrol grubunu ile ısıt işlem grubunun deneyler sonucunda gerilme-gerinim diyagramları Şekil 3.28’de verilmiştir.



Şekil 3.28 Irocco türü gruplarında gerilme-gerinim grafiği.

Irocco türü ısıtma işlemi uygulanan örnekler ile kontrol örneklerinin maksimum gerilmeler karşılaştırıldığında, Açık Zıvanalı birleştirmelerinde %23, Kör Zıvanalı birleştirmelerinde %81 oranında artış görülmektedir.

Açık Zıvanalı birleştirmelerin, ısıtma işlemi grubu örneklerinde bölgesel olarak ölçülen oldukça düşük bağıl deformasyon değerlerinde kırılmalar görülmüştür. Kör Zıvanalı birleştirmelerin, ısıtma işlemi görmüş gruplarında bölgesel olarak ölçülen düşük bağıl deformasyon değerlerinde kırılmalar görülmüştür.

Gerilme-Gerinim grafiğinde (Şekil 3.28), Irocco türü tüm numuneler için, en yüksek gerilme değerini ısıtma işlemi grubu Kör Zıvanalı birleştirme ( $180 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük gerilme değerini Kontrol grubu Açık Zıvanalı birleştirme ( $86 \text{ N/mm}^2$ )’de görülmüştür.

### 3.2.4 Birleştirmede Rijitlik Analizi

Birleştirme yerindeki rijitlik analizinde LVDT<sub>1</sub>’de okunan deformasyon değerlerinin hesaplanan ortalama rijitlik katsayı değerleri ile karşılaştırılması Çizelge 3.11’de verilmiştir.



Çizelge 3.11 Rijitlik analizinde LVDT<sub>1</sub>'den hesaplanan ortalama rijitlik katsayı değerlerinin oluşturulan skala ile karşılaştırılması.

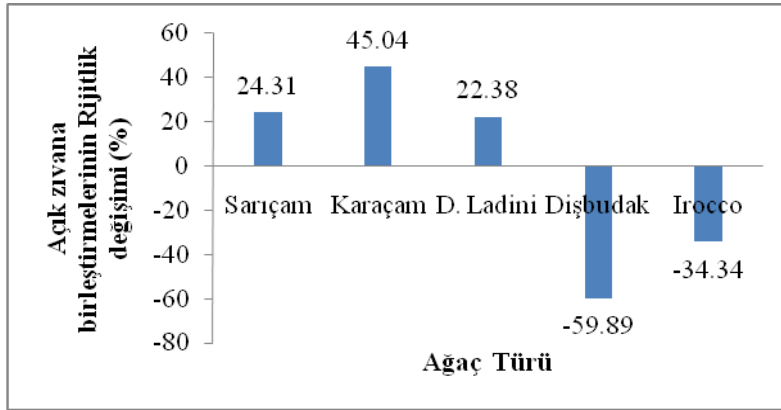
| Ağaç Türü   | Isıl İşlem Özeliği | Birleştirme Tipi | Minimum Rijitlik Katsayı | Maksimum Rijitlik Katsayı | Hesaplanan Ortalama Rijitlik Katsayı Değeri (mm) |
|-------------|--------------------|------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| Sarıçam     | KNT                | AZ               | 1                        | 16                        | 11,56  |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 14,64  |
|             | TW                 | AZ               | 1                        | 16                        | 8,75   |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 13,01  |
| Karaçam     | KNT                | AZ               | 1                        | 16                        | 13,81  |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 11,76  |
|             | TW                 | AZ               | 1                        | 16                        | 7,59   |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 8,57   |
| Doğu Ladini | KNT                | AZ               | 1                        | 16                        | 15,10  |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 11,47  |
|             | TW                 | AZ               | 1                        | 16                        | 11,72  |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 14,01  |
| Dişbudak    | KNT                | AZ               | 1                        | 16                        | 7,43   |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 9,70   |
|             | TW                 | AZ               | 1                        | 16                        | 11,88  |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 9,12   |
| Irocco      | KNT                | AZ               | 1                        | 16                        | 7,60   |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 7,21   |
|             | TW                 | AZ               | 1                        | 16                        | 10,21  |
|             |                    | KZ               | 1                        | 16                        | 13,61  |

Elde edilen bu sonuçlara göre, birleştirme yeri rijitlik analizinde, katsayılar arasındaki oranlamalarda rijitlik katsayısı değeri düşükçe, birleştirmenin rijitliği artmaktadır.

Buradan hesaplanan sonuçlara göre (Çizelge 3.11), kontrol örneklerinin, Açık Zıvanalı birleştirmelerde en düşük rijitlik katsayı değerini Dişbudak türü, en yüksek rijitlik katsayı değerini Doğu Ladini türü göstermiştir. Kontrol örneklerinin Kör Zıvanalı birleştirmelerde en düşük rijitlik katsayı değerini Irocco türü, en yüksek rijitlik katsayı değerini Sarıçam türü göstermiştir.

Isıl işlem görmüş örneklerin, Açık Zıvanalı birleştirmelerde en düşük rijitlik katsayı değerini Karaçam türü, en yüksek rijitlik katsayı değerini Dişbudak türü göstermiştir. Isıl işlem görmüş örneklerin Kör Zıvanalı birleştirmelerde en düşük rijitlik katsayı değerini Karaçam türü, en yüksek rijitlik katsayı değerini Doğu Ladini türü göstermiştir.

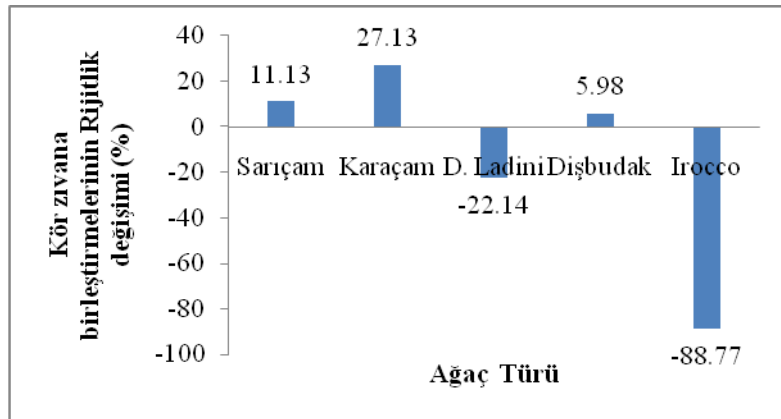
Şekil 3.29’da açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre rijitlik değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.29 Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre rijitlik değişimi.

Şekil 3.29’a göre, ısıl işlem etkisi ile Açık Zıvanalı birleştirmelerde Karaçam örneklerinde birleştirme rijitliğinde %45 artış, Dişbudak örneklerinde ise %60 düşüş gözlemlenmiştir.

Şekil 3.30’da kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre rijitlik değişimi gösterilmiştir.



Şekil 3.30 Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre rijitlik değişimi.

Şekil 3.30’a göre, ısıl işlem etkisi ile Kör Zıvanalı birleştirmelerde Karaçam örneklerde birleştirme rijitliğinde %27 artış, Irocco örneklerde ise %89 düşüş gözlemlenmiştir.

Şekil 3.29 ve Şekil 3.30’da görüleceği üzere, Dişbudak türünün Açık Zıvanalı birleştirmeleri ve Irocco türünün Kır Zıvanalı birleştirmelerinden elde edilen bahçe oturma mobilyalarının daha kötü performans göstereceği söylenebilir. Isıl işlem görmüş örneklerde en yüksek performansı ise Karaçam türünün Açık Zıvanalı birleştirmeleri göstermiştir.

Lamba zıvana ayak-kayıt birleştirme örneklerinde ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlem faktörlerinin birleştirmelerde rijitlik analizi üzerine etkisine ait çoklu varyans analizi sonuçları (MANOVA) Çizelge 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.12 Birleştirmelerde rijitlik analizine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

| KAYNAK               | SERBESTLİK DERESESİ | KARELER TOPLAMI | KARELER ORTALAMASI | F DEĞERİ | P< 0,05 |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|---------|
| Ağaç Türü (A)        | 4                   | 119,66          | 29,91              | 6,94     | 0,000   |
| Birleştirme Tipi (B) | 1                   | 7,44            | 7,44               | 1,72     | NS      |
| Isıl İşlem (C)       | 1                   | 0,73            | 0,73               | 0,17     | NS      |
| A*B                  | 4                   | 43,01           | 10,75              | 2,49     | NS      |
| A*C                  | 4                   | 153,62          | 38,40              | 8,91     | 0,000   |
| B*C                  | 1                   | 12,89           | 12,89              | 2,99     | NS      |
| A*B*C                | 4                   | 54,79           | 13,69              | 3,71     | 0,023   |
| Hata                 | 100                 | 172,38          | 4,31               |          |         |
| Toplam               | 120                 | 7772,29         |                    |          |         |

NS: Önemsiz

Yapılan istatistiksel analizlere göre (Çizelge 3.12), sadece ağaç türleri arasında 0,05 hata payı ile anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. İkili etkileşimlere göre, ağaç türü ve birleştirme tipinin etkileşimi ayrıca birleştirme tipi ve ısıl işlem etkileşimi değerlerinde önemli bir farklılık bulunmamaktadır. Fakat ağaç türü ve ısıl işlem etkileşimi arasında elde edilen istatistiksel analize göre önemli bir değişim olduğu görülmektedir.

Çoklu varyans analizi sonucuna göre, ağaç türünün T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerde rijitlik üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için elde edilen verilere Duncan Testi uygulanmıştır. Birleştirmelerde rijitlik analizine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.13 Birleştirmelerde rijitlik analizinde ağaç türüne ait Duncan sonuçları.

| Ağaç türü   | $\bar{x}$ | HG |
|-------------|-----------|----|
| Dişbudak    | 9,5358    | A  |
| Irocco      | 9,6617    | A  |
| Karaçam     | 10,4342   | B  |
| Sarıçam     | 11,9933   | B  |
| Doğu Ladini | 13,1767   | C  |

Duncan sonuçlarına göre (Çizelge 3.13), birleştirmelerin rijitlik analizinde Dişbudak, Irocco türleri ve Karaçam, Sarıçam türleri benzer, Doğu Ladini diğer ağaç türlerinden farklı bulunmuştur. Ayrıca ısı işlem, en fazla ağaç malzemeyi etkilemiş olup, rijitliği de maksimum katsayı değerlerine yakın çıkartmıştır.

Birleştirme yerinde LVDT<sub>1</sub> ve LVDT<sub>2</sub> den okunan deformasyon değerlerindeki kararlılık analizinde hesaplanan rotasyon değerleri ile karşılaştırılması Çizelge 3.14’de verilmiştir.

Çizelge 3.14’e göre, bahçe oturma mobilyalarında kullanılan lamba zıvanalı ayak-kayıt birleştirmesinde kullanılacak olan ısı işlem görmüş ağaç malzemelerin birleştirme yerindeki rotasyon değerlerinin 0°’ye yakın olması, birleştirmenin yüksek kararlılık göstermesi açısından önemli olmaktadır. Çizelge 3.14’de, bu yönde sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir.

Lamba zıvana ayak-kayıt birleştirme örneklerinde ağaç türü, birleştirme tipi ve ısı işlem faktörlerinin, birleştirmelerde kararlılık analizinde rotasyon değeri üzerine etkisine ait çoklu varyans analizi sonuçları (MANOVA) Çizelge 3.15’de verilmiştir.

Çoklu varyans analizi sonucuna göre (Çizelge 3.15), ağaç türü, birleştirme tipi ve ısı işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin rotasyon değeri üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için elde edilen verilere Duncan Testi uygulanmıştır. Birleştirmelerde kararlılık analizinde meydana gelen rotasyon değerine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.16, Çizelge 3.17 ve Çizelge 3.18’de verilmiştir.

Çizelge 3.14 Birleştirmelerde kararlılık analizinde LVDT<sub>1</sub> ve LVDT<sub>2</sub>'den hesaplanan ortalama rotasyon değerleri.

| Ağaç Türü   | Isıl İşlem Özelliği | Birleştirme Tipi | Dönme serbestliğinin olmadığı Ankastr durum (Derece) | Dönmenin tamamen Serbest olduğu durum (Derece) | Deneysel Hesaplamalardan Elde Edilen Ortalama Rotasyon Değeri (Derece) |
|-------------|---------------------|------------------|--|--|--|
| Sarıçam     | KNT                 | AZ               | 0  | 8,92   | 0,0025   |
|             |                     | KZ               | 0  | 15,95  | 0,0025   |
|             | TW                  | AZ               | 0  | 5,83   | 0,0026   |
|             |                     | KZ               | 0  | 9,06   | 0,0027   |
| Karaçam     | KNT                 | AZ               | 0  | 12,45  | 0,1944   |
|             |                     | KZ               | 0  | 10,80  | 0,0023   |
|             | TW                  | AZ               | 0  | 3,87   | 0,0027   |
|             |                     | KZ               | 0  | 5,17   | 0,0025   |
| Doğu Ladini | KNT                 | AZ               | 0  | 12,21  | 0,0081   |
|             |                     | KZ               | 0  | 11,36  | 0,0025   |
|             | TW                  | AZ               | 0  | 6,32   | 0,0066   |
|             |                     | KZ               | 0  | 7,03   | 0,0049   |
| Dişbudak    | KNT                 | AZ               | 0  | 4,34   | 0,0025   |
|             |                     | KZ               | 0  | 6,64   | 0,0026   |
|             | TW                  | AZ               | 0  | 3,85   | 0,0024   |
|             |                     | KZ               | 0  | 4,90   | 0,0025   |
| Irocco      | KNT                 | AZ               | 0  | 2,66   | 0,0041   |
|             |                     | KZ               | 0  | 3,60   | 0,0026   |
|             | TW                  | AZ               | 0  | 5,36   | 0,0042   |
|             |                     | KZ               | 0  | 8,20   | 0,0027   |

Çizelge 3.15 Birleştirmede rotasyonel kararlılık değerine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

| KAYNAK               | SERBESTLİK DERECESESİ | KARELER TOPLAMI | KARELER ORTALAMASI | F DEĞERİ | P< 0,05 |
|----------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|----------|---------|
| Ağaç Türü (A)        | 4                     | 0,04            | 0,01               | 2,652E3  | 0,000   |
| Birleştirme Tipi (B) | 1                     | 0,01            | 0,02               | 3,065E3  | 0,000   |
| Isıl İşlem (C)       | 1                     | 0,01            | 0,01               | 2,705E3  | 0,000   |
| A*B                  | 4                     | 0,43            | 0,01               | 2,694E3  | 0,000   |
| A*C                  | 4                     | 0,44            | 0,01               | 2,752E3  | 0,000   |
| B*C                  | 1                     | 0,11            | 0,01               | 2,868E3  | 0,000   |
| A*B*C                | 4                     | 0,44            | 0,01               | 2,727E3  | 0,000   |
| Hata                 | 100                   | 0,00            | 4,009E-6           |          |         |
| Toplam               | 120                   | 0,22            |                    |          |         |

Çizelge 3.16 Birleştirmede rotasyonel kararlılık analizinin ağaç türüne ait Duncan sonuçları.

| Ağaç Türü   | $\bar{x}$ | HG |
|-------------|-----------|----|
| Dişbudak    | 0,0024    | A  |
| Sarıçam     | 0,0025    | A  |
| Irocco      | 0,0034    | A  |
| Doğu Ladini | 0,0551    | B  |
| Karaçam     | 0,5047    | C  |

Duncan sonuçlarına göre (Çizelge 3.16), birleştirmede rotasyonel kararlılık analizinde Dişbudak, Sarıçam, Irocco türleri benzer, Doğu Ladini ve Karaçam'da diğer ağaç türlerinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 3.17 Birleştirmede rotasyonel kararlılık analizinin birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.

| Birleştirme tipi | $\bar{x}$ | HG |
|------------------|-----------|----|
| AZ               | 0,023     | A  |
| KZ               | 0,003     | B  |

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmesinde birleştirmede rotasyonel kararlılık analizine göre (Çizelge 3.17), birleştirme tiplerinden kör zıvanalı birleştirme (0,003°), açık zıvanalı birleştirmeye nazaran daha düşük rotasyon değeri dolayısıyla daha fazla kararlılık değeri göstermiştir.

Çizelge 3.18 Birleştirmede rotasyonel kararlılık analizinin ısı işleme ait Duncan sonuçları.

| Isıl İşlem Özelliği | $\bar{x}$ | HG |
|---------------------|-----------|----|
| KNT                 | 0,022     | A  |
| TW                  | 0,003     | B  |

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmesinde birleştirmede rotasyonel kararlılık analizine göre (Çizelge 3.18), TW grubu örnekleri (0,003°), kontrol grubu örneklerine nazaran daha düşük rotasyon değeri dolayısıyla daha fazla kararlılık göstermiştir.

### 3.3 T-TİPİ AYAK-KAYIT BİRLEŞTİRMELERİNİN ÇEKME DİRENCİ

Çekme direnci üzerine ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıtma işlem özelliğinin etkisi 3 ana başlık altında incelenmiştir. Denemeler sonucunda elde edilen Çekme Direnç değerleri Çizelge 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.19 Ortalama maksimum çekme direnci değerleri.

| Ağaç Türü   | Birleştirme Tipi | Isıl İşlem Özelliği | Ortalama Maksimum Çekme Direnci (N) |         |    |
|-------------|------------------|---------------------|-------------------------------------|---------|----|
|             |                  |                     | $\bar{x}$                           | $\pm s$ | %v |
| Karaçam     | AZ               | KNT                 | 220,77                              | 18,48   | 8  |
|             |                  | TW                  | 214,14                              | 17,78   | 8  |
|             | KZ               | KNT                 | 292,18                              | 20,07   | 7  |
|             |                  | TW                  | 230,96                              | 11,66   | 5  |
| Sarıçam     | AZ               | KNT                 | 340,98                              | 51,63   | 15 |
|             |                  | TW                  | 243,32                              | 34,55   | 14 |
|             | KZ               | KNT                 | 430,52                              | 34,65   | 8  |
|             |                  | TW                  | 323,58                              | 42,15   | 13 |
| Doğu Ladini | AZ               | KNT                 | 244,31                              | 26,22   | 11 |
|             |                  | TW                  | 205,48                              | 15,65   | 8  |
|             | KZ               | KNT                 | 377,65                              | 31,17   | 8  |
|             |                  | TW                  | 182,84                              | 12,02   | 7  |
| Dişbudak    | AZ               | KNT                 | 245,06                              | 21,73   | 9  |
|             |                  | TW                  | 240,62                              | 22,96   | 10 |
|             | KZ               | KNT                 | 332,19                              | 20,85   | 6  |
|             |                  | TW                  | 320,87                              | 44,76   | 14 |
| Irocco      | AZ               | KNT                 | 305,22                              | 15,17   | 5  |
|             |                  | TW                  | 381,06                              | 33,24   | 9  |
|             | KZ               | KNT                 | 294,64                              | 24,12   | 8  |
|             |                  | TW                  | 254,11                              | 18,63   | 7  |

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama

$\pm s$ : Standart sapma

%v: Varyasyon katsayısı

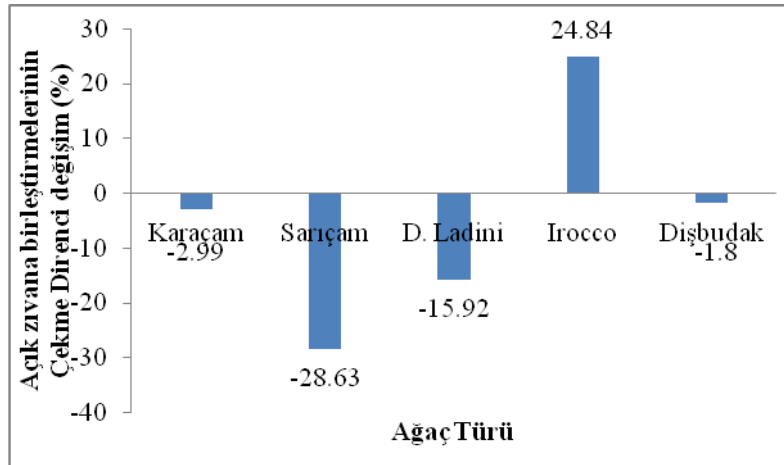
#### 3.3.1 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmelerinin Çekme Direnci Üzerine Ağaç Türünün Etkisi

Çekme direnci üzerine ağaç türü etkisinin birleştirme tipi ilişkisiyle karşılaştırılması Çizelge 3.20'de verilmiştir.

Çizelge 3.20 Kontrol grubu ve ısıt işlem grubu ortalama çekme direnç değeri için ağaç türü ve birleştirme tipi açısından karşılaştırılması.

| Ağaç Türü   | Kontrol Grubu |       | TW Grubu |       |
|-------------|---------------|-------|----------|-------|
|             | AZ            | KZ    | AZ       | KZ    |
| Karaçam     | 220,7         | 292,1 | 214,1    | 230,9 |
| Sarıçam     | 340,9         | 430,5 | 243,3    | 323,5 |
| Doğu Ladini | 244,3         | 377,6 | 205,4    | 182,8 |
| Irocco      | 305,2         | 294,6 | 381,0    | 254,1 |
| Dişbudak    | 245,0         | 332,1 | 240,6    | 320,8 |

Şekil 3.31’de açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıt işlem grubunun, kontrol grubuna göre çekme direnci değişimi gösterilmiştir.



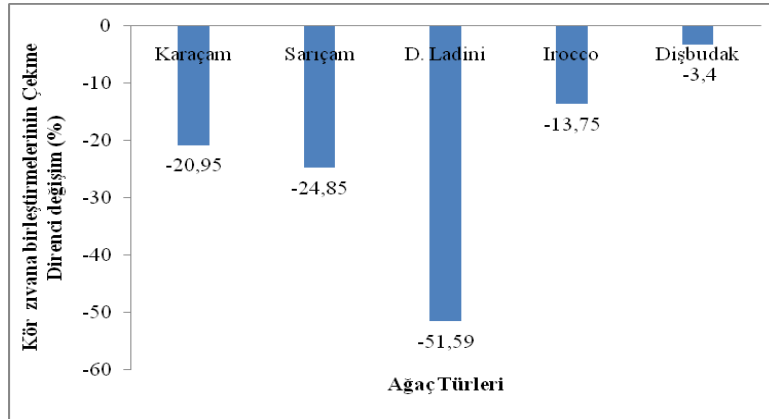
Şekil 3.31 Açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıt işlem grubunun, kontrol grubuna göre çekme direnci değişimi.

Şekil 3.31’e göre, ısıt işlem görmüş örneklerin Açık Zıvanalı birleştirmelerde en yüksek çekme direnci değerini Irocco türünde (%25), çekme direncinde en düşük kayıp değerini ise Sarıçam türünde (%29) göstermiştir.

Elde edilen verilere göre (Şekil 3.31), açık zıvanalı birleştirmelerin ısıt işlem görmüş örneklerinde iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam türü %3, Sarıçam türü %29, Doğu Ladini türü %16 oranında azalış göstermiştir. Yapraklı ağaç türlerinden Irocco türü ısıt işlem görmüş örnekleri % 25 oranında çekme direncinde artış gösterirken, Dişbudak türü %2 oranında çekme direncinde azalış göstermiştir.



Şekil 3.32’de kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre çekme direnci değişimi gösterilmiştir.



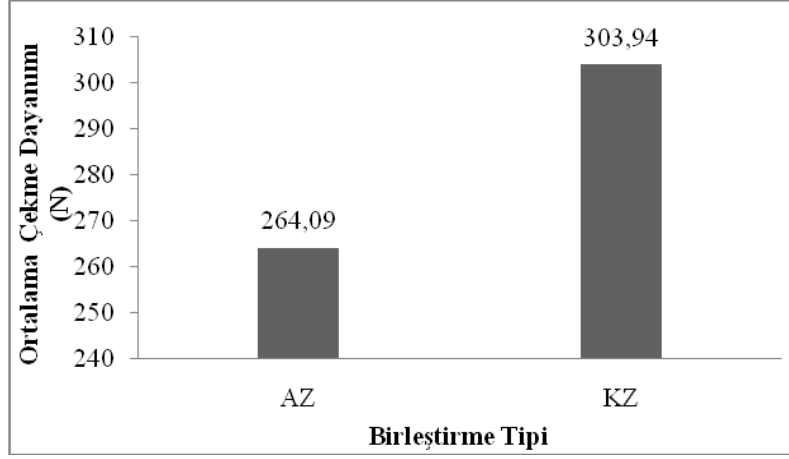
Şekil 3.32 Kör zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ısıl işlem grubunun, kontrol grubuna göre çekme direnci değişimi.

Şekil 3.32’ye göre, ısıl işlem görmüş örneklerin Kör Zıvanalı birleştirmelerde çekme direncinde en fazla düşüş Doğu Ladini türünde (%52), en az düşüş Dişbudak türünde (%3) görülmüştür.

Elde edilen verilere göre (Şekil 3.32), *kör zıvanalı* birleştirmelerin ısıl işlem görmüş örneklerinde iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam türü %21, Sarıçam türü %25, Doğu Ladini türü %52 oranında çekme direncinde azalış göstermiştir. Yapraklı ağaç türlerinden Irocco türü %14, Dişbudak %3 oranında ısıl işlem görmüş örneklerin çekme direncinde azalış göstermiştir.

### 3.3.2 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmelerinin Çekme Direnci Üzerine Birleştirme Tipinin Etkisi

Birleştirme tipine göre çekme dayanımının ortalama değerleri Şekil 3.33’de gösterilmiştir.

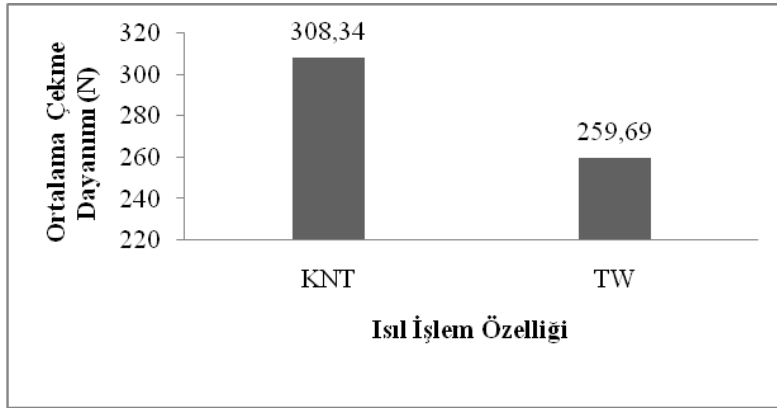


Şekil 3.33 Birleştirme tipine göre ortalama çekme dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.

Çekme dayanımı açısından birleştirme tipine göre (Şekil 3.33), Kör Zıvanalı birleştirme örnekleri (303,94 N), Açık Zıvanalı birleştirme örneklerine göre daha yüksek değer göstermiştir. Sonuçlara göre, zıvana boyunun çekme direnci üzerine etkisinde, zıvana boyu arttıkça çekme direncinde azalma görülmektedir.

### 3.3.3 T-tipi Ayak-Kayıt Birleştirmelerinin Çekme Direnci Üzerine Isıl İşlemin Etkisi

Isıl işlem özelliğine göre çekme dayanımının ortalama değerleri Şekil 3.34’de gösterilmiştir.



Şekil 3.34 Isıl işlem özelliğine göre ortalama çekme dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.

Isıl işlem özelliğine göre ısıl işlem grubu örnekleri, kontrol grubu örneklerine göre %16 oranında daha düşük çekme direnç değeri göstermiştir. Buradan, termal modifikasyona uğrayan ağaç malzemenin eğilme direncinde olduğu gibi çekme dayanımı değerlerinde de azalış meydana getirdiği söylenebilir.

Isıl işlem uygulaması sonucu selüloz polimerinin depolimerizasyonuna sebep olan amorf selülozun az miktarda fakat dikkate değer bozunması gerçekleşmektedir. Bu durum ısıl işlem uygulanmış odunun çekme direncinin azalmasında önemli bir sebep olarak gösterilmiştir (Korkut ve Kocaefe 2011).

Lamba zıvana ayak-kayıt birleştirme örneklerinde ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlem faktörlerinin, çekme direnci üzerine etkisine ait çoklu varyans analizi sonuçları (MANOVA) Çizelge 3.21’de verilmiştir.

Çoklu varyans analizi sonucuna göre (Çizelge 3.21), ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin çekme direnci üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Gruplar arasındaki farklılıkları belirlemek için elde edilen verilere Duncan testi uygulanmıştır. Çekme direncine ait Duncan testi sonuçları Çizelge 3.22, Çizelge 3.23 ve Çizelge 3.24’de verilmiştir.

Çizelge 3.21 Çekme direncine ait çoklu varyans analizi sonuçları.

| KAYNAK               | SERBESTLİK DERECEŚİ | KARELER TOPLAMI | KARELER ORTALAMASI | F DEĞERİ | P < 0,05 |
|----------------------|---------------------|-----------------|--------------------|----------|----------|
| Ağaç Türü (A)        | 4                   | 147446,39       | 36861,59           | 58,38    | 0,000    |
| Birleştirme Tipi (B) | 1                   | 47655,02        | 47655,02           | 75,48    | 0,000    |
| Isıl İşlem (C)       | 1                   | 71000,78        | 71000,78           | 112,46   | 0,000    |
| A*B                  | 4                   | 96017,35        | 24004,33           | 38,02    | 0,000    |
| A*C                  | 4                   | 82836,53        | 20709,33           | 32,80    | 0,000    |
| B*C                  | 1                   | 35349,60        | 35349,60           | 55,99    | 0,000    |
| A*B*C                | 4                   | 26122,07        | 6530,51            | 10,34    | 0,000    |
| Hata                 | 100                 | 63133,59        | 631,33             |          |          |
| Toplam               | 120                 | 1,025E7         |                    |          |          |

Çizelge 3.22 Çekme direncinde ağaç türüne ait Duncan sonuçları.

| Ağaç Türü   | $\bar{X}$ | HG |
|-------------|-----------|----|
| Karaçam     | 239,505   | A  |
| Doğu Ladini | 252,548   | A  |
| Dişbudak    | 284,692   | B  |
| Irocco      | 308,748   | C  |
| Sarıçam     | 334,612   | D  |

Duncan sonuçlarına göre (Çizelge 3.22), çekme direncinde Karaçam ve Doğu Ladini benzerlik gösterirken, Dişbudak, Irocco ve Sarıçam türleri diğer ağaç türlerinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 3.23 Çekme direncinde birleştirme tipine ait Duncan sonuçları.

| Birleştirme Tipi | $\bar{x}$ | HG |
|------------------|-----------|----|
| AZ               | 264,093   | A  |
| KZ               | 303,949   | B  |

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmesinde çekme direncinde birleştirme tipi olarak (Çizelge 3.23), Kör Zıvanalı birleştirme (303,94 N), Açık Zıvanalı birleştirmeye nazaran daha yüksek çekme direnci değeri göstermiştir.

Çizelge 3.24 Çekme direncinde ısıl işleme ait Duncan sonuçları.

| Isıl İşlem Özelliği | $\bar{x}$ | HG |
|---------------------|-----------|----|
| KNT                 | 308,345   | A  |
| TW                  | 259,698   | B  |

T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmesinde çekme direncinde ısıl işlem özelliği olarak (Çizelge 3.24), TW örnekleri (259,69 N), kontrol örneklerine göre daha düşük çekme direnci değeri göstermiştir.

### 3.3.4 Kırılma Tipi

Kırılma tipi, bilimsel değerlendirme açısından büyük önem taşıyan yıkımlarda birleştirmelerin hangi yönde kopmalara maruz kaldığı hakkında bilgi edinmeyi sağlamaktadır.

Çekme direnci denemelerinde kırılmalar 3 tipte karakterize edilebilecek şekilde ortaya çıkmıştır;

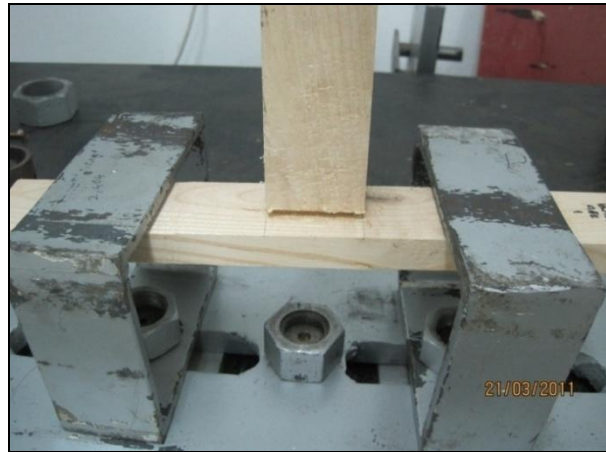
1. Tip : Odundan kırılanlar
2. Tip : Tutkal hattından kırılanlar

3. Tip : Hem odun hem de tutkal hattından kırılanlar

Kontrol örneklerinin 3. tip kırılma sınıfına giren ağaç türlerinde çekme yönünde ayak kısmının %20'sinde yüzeyden kırılmalar görülmüştür. 2. tip kırılma sınıfında ise ayak ve kayıt elemanları birbirinden tamamen ayrılmış, tutkalın yapışma özelliğinin zayıf olmasından kaynaklı kopmalar görülmüştür.

1.tip kırılma sınıfına giren ısıtılmış işlem grubu örneklerde, Doğu Ladinde ayak elemanının çekme yüzeyine paralel yönde çatlamlar görülmüştür. Karaçam türünde ayak elemanında çekme yönünde liflere paralel yönde ciddi kırılmalar görülmüştür. Sarıçam türünde ise ayak elemanının kayıt elemanından çıkmalar gözlemlenmiştir. Tutkalın yapışma kalitesinin bu kırılma sınıfında olumlu yönde etkili olduğu söylenebilir.

Kontrol grubu örneklerinde iğne yapraklı ağaç türlerinden Karaçam 2. tip kırılma sınıfına, Sarıçam ve Doğu Ladini ise 3. tip kırılma sınıfına girmektedir. Yapraklı ağaç türlerinde, Irocco 3.tip kırılma sınıfına, Dişbudak ise 2.tip kırılma sınıfına girmektedir.



Şekil 3.35 Çekme deneyinde dişbudak türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.36 Çekme deneyinde doğu ladini türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.37 Çekme deneyinde ırocco türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).

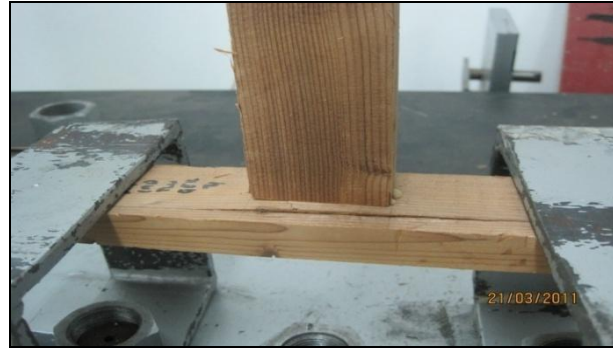


Şekil 3.38 Çekme deneyinde karaçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.39 Çekme deneyinde sarıçam türü kontrol örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).

Isıl işlem grubu (TW) örneklerin iğne yapraklı ağaç türlerinden Doğu Ladini ve Karaçam 1. tip kırılma sınıfına girmekte, Sarıçam türü ise 3.tip kırılma sınıfına girmektedir. Yapraklı ağaç türlerinde, Irocco 2.tip kırılma sınıfına, Dişbudak ise 3.tip kırılma sınıfına girmektedir.



Şekil 3.40 Çekme deneyinde doğu ladini türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.41 Çekme deneyinde karaçam türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.42 Çekme deneyinde sarıçam türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.43 Çekme deneyinde dişbudak türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



Şekil 3.44 Çekme deneyinde irocco türü TW örneklerinin kırılma tipi (Foto: M.ZOR 2011).



### 3.4 KÜTLE (AĞIRLIK) KAYBI

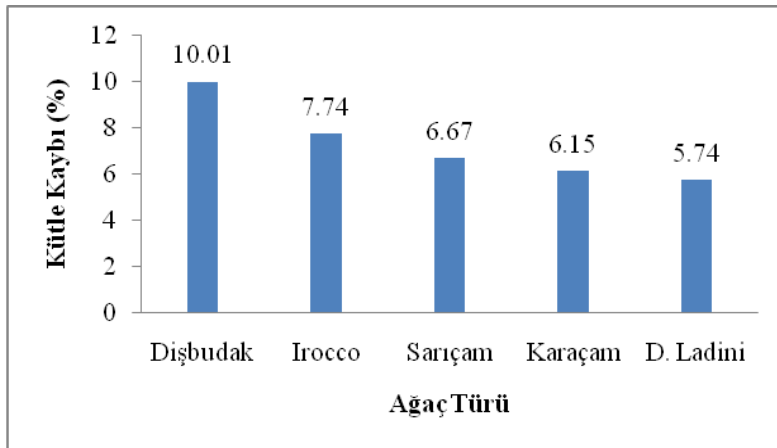
Denemelerden elde edilen kontrol grubu ve ısıl işlem grubu örneklerin hava kurusu haldeki kütle (gr) değerleri Çizelge 3.25’de verilmiştir.

Çizelge 3.25 Ağaç türlerine göre hava kurusu haldeki kütle (gr) değerleri.

| Ağaç Türü   | Kütle değeri (gr) |    |            |    |
|-------------|-------------------|----|------------|----|
|             | Kontrol           |    | Isıl İşlem |    |
|             | $\bar{x}$         | %v | $\bar{x}$  | %v |
| Doğu Ladini | 4,71              | 7  | 4,44       | 8  |
| Sarıçam     | 7,50              | 9  | 7,00       | 6  |
| Karaçam     | 7,64              | 8  | 7,25       | 8  |
| Irocco      | 7,24              | 6  | 6,68       | 9  |
| Dişbudak    | 8,63              | 8  | 7,76       | 11 |

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama      %v: Varyasyon katsayısı

Isıyla modifikasyon sonrası, tüm örnekler üzerinde önemli kütle kayıpları meydana gelmiştir. Çalışmada kullanılan ağaç türlerinden Dişbudak türünde %10,01 kütle kaybı değeriyle en yüksek kayıp, Doğu Ladini türünde % 5,74 ile en az kayıp belirlenmiştir. Şekil 3.45’de görüldüğü üzere, ısıl işlem sonucu meydana gelen kütle kaybı değerlerinin ağacın yoğunluğu arttıkça azalma gösterdiği söylenebilir.



Şekil 3.45 Kütle kaybı değişimi.

Yapılan bir çalışmaya göre kayın ve çam odunları, farklı sıcaklık ve zaman periyotlarında ısıyla muamele edildiğinde direnç ve maksimum yükteki düşüş üzerinde, kütle kaybının birinci dereceden etkisi olmasına rağmen, elastikiyet modülündeki kayıp, kütle kaybı %8'i geçtiği zaman önemli bir durum aldığı belirlenmektedir (Green 1999; Yıldız vd. 2006).

Odunun ısıtılması; muamele metodu, sıcaklık ve maruz zamanına bağlı olarak odunun hacminde ve kütleinde düşüşe sebep olur. Isıl muamele ile meydana gelen ağırlık kayıpları, mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen odun yapısındaki suyun kaybı, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozların parçalanmasıyla meydana geldiği düşünülmektedir (Viitanen vd. 1994b; Fengel ve Wegener 1989). Düşük sıcaklıkta ısıl muamele, uçucu ve bağlı suyun kaybıyla düşük kütle kaybına sebebiyet verir. Makro moleküler bileşiklerin kaybı 100°C sıcaklığın üzerinde gerçekleşir ve ilerleyen zaman ve sıcaklıklar kütle kaybını artırmaktadır. Hücre duvarındaki materyallerin kaybı, eğer proses optimum olmazsa fazla oranlarda daralma oluşumu gerçekleştirebileceğinden odunun boyutsal değişiminde daha fazla rol oynamaktadır (Millet ve Gerhards 1972).

### 3.5 YOĞUNLUK KAYBI

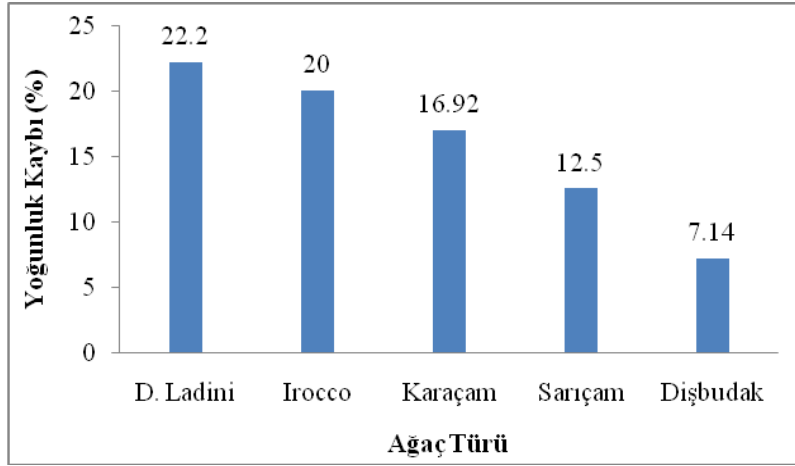
Denemelerden elde edilen kontrol grubu ve ısıl işlem grubu örneklerin hava kurusu haldeki yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) değerleri Çizelge 3.26'da verilmiştir.

Çizelge 3.26 Ağaç türlerine göre hava kurusu haldeki yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) değerleri.

| Ağaç Türü   | Yoğunluk değeri ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) |    |            |    |
|-------------|---|----|------------|----|
|             | Kontrol                                     |    | Isıl İşlem |    |
|             | $\bar{x}$                                   | %v | $\bar{x}$  | %v |
| Doğu Ladini | 0,45  | 5  | 0,35       | 9  |
| Sarıçam     | 0,64  | 6  | 0,56       | 10 |
| Karaçam     | 0,65  | 4  | 0,54       | 9  |
| Irocco      | 0,60  | 8  | 0,48       | 7  |
| Dişbudak    | 0,70  | 4  | 0,65       | 10 |

$\bar{x}$ : Aritmetik ortalama      %v: Varyasyon katsayısı

Isıl işlem sonrası yoğunluk kayıplarında, kütle kaybına paralel bir düşüş yapacağı beklenmekteydi fakat çalışma sonucunda kütle kaybı değeri düşük olan Doğu Ladini türü %22,2 ile yüksek bir yoğunluk kaybı göstermiştir. Bu durumda, hacim değerlerinde meydana gelen yüksek kayıptan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Şekil 3.46’da görüldüğü üzere % 7,14 ile Dişbudak türünde ters bir şekilde en az kayıp meydana geldiği belirlenmiştir.



Şekil 3.46 Yoğunluk kaybı değişimi.

Isıl işlem süresince göknar ve gürgen odununun yoğunlukları, sıcaklık ve muamele süresi arttıkça, özgül kütlede ciddi düşüşler gözlenmiştir. Bu yoğunluk kaybı gerek kütle kayıplarından gerekse hacimsel daralmalardan meydana gelen düşüşle ilgili olduğu söylenmektedir. Yoğunluktaki düşüşler, muamele süresince meydana gelen ağırlık kayıpları, mevcut hidroksil gruplarının azalması sonucu görülen, odun bünyesinde tutulan suyun kaybı (Feist ve Sell 1987), odun hücre çeperi bileşenlerindeki madde kayıpları ve hemiselülozun yıkımıyla doğru orantılı değiştiği belirtilmiştir (Viitanen vd. 1994b; Fengel ve Wegener 1989).



## BÖLÜM 4

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüzyıllardır odunun yüzeyinin yakılmasının, odunun dış ortamda kullanımında daha fazla direnç sağladığı bilinmektedir. Vikingler çit gibi dış ortamda kullanılan ahşap materyalleri bu metot yardımıyla korumaya çalışmışlardır. Günümüzde ise odun koruma amaçlı teorik ve bilimsel çalışmalar Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmaktadır. Bu yöntemde odun materyal 180°C’de odun su buharının koruması altında ısıtılmaktadır. Su buharı odunun korunması yanında odundaki kimyasal değişim üzerinde de önemli etkisi vardır. Bu muamele sonucunda çevreye dost olan ısıtılmış ağaç malzeme üretilmiş olur.

Isıl işlem yöntemiyle ağaç malzemede denge rutubet miktarını düşürme, yüzey üzerinde düzgün renk dağılımı, dış hava koşullarına karşı dayanıklılık ve stabil olma özelliği, malzemenin parçalanma ve bölünme mukavemetini minimize etme, çürümeye karşı dayanıklılık ve estetik görüntüsünün iyileşmesi gibi avantajlarının yanında, kullanım yerinde dış yüklemelere karşı mekanik dirençlerinde azalma ve tüketici açısından maliyetlerindeki artışlar gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Mobilya konstrüksiyonlarında uygulanan birleştirme tiplerinin rijitliği (kararlılığı) ve mukavemeti, mobilya sisteminin mukavemetini etkilemektedir. Mobilya sistemlerinde mühendislik tasarımı metotları kullanılarak (uygun malzeme cinsi ve boyutları, birleştirme tipi, konstrüksiyon türü.vb) mukavemet artırıcı iyileştirmeler uygulanabilir. Bu çalışmada, daha önceden üzerinde çalışılmamış olan ısıtılmış bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarda mühendislik tasarımı kriterleri yardımıyla mukavemet analizlerinin sonuçları ortaya koyulmuştur.

Elde edilen verilere göre sonuçlar maddeler halinde aşağıda sunulmuştur;

- Eğilme direnci üzerine '*ağaç malzemenin etkisi*' incelendiğinde, en iyi performansı ısıtma işlemi uygulanmış ağaç malzemedeki %20 kayıp oranı ile iğne yapraklı ağaç türü olan Sarıçam Açık Zıvanalı tutkallı birleştirme tipi göstermiştir. Çalışmada, yapraklı ağaç türlerinden egzotik ağaç olan Irocco türünde ise ısıtma işlemi uygulanan örneklerinde %135'lere kadar artan yüksek eğilme direnç değerleri elde edilmiştir. Isıtma işlemi görmüş Sarıçam türü, yüksek sıcaklık altında düşük kütle ve yoğunluk kayıpları gösterdiği için bahçe oturma konstrüksiyonlarında tercih edilebilir. Tropikal bölge ağacı olan Irocco türünde, odunun içindeki trahe çaplarının geniş olması ve trahe boylarının azalmasına bağlı olarak hücre çeperine biriken lignin tül oluşumu meydana getirmekte ve destek görevi sağlayan boyuna yönde paranzim hücrelerinin fazlalığıda neticesinde bu ağaç türünü daha dirençli ve mukavemetinin daha fazla olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bahçe oturma mobilyası olarak ısıtma işlemi görmüş Irocco türünün bu alanda kullanımı uygun görülmektedir. Ayrıca bu türün estetik görüntüsünün iyi olmasının yanında ticari değerinin yüksek olması da göz önünde bulundurulmalıdır. Isıtma işlemi görmüş iğne yapraklı ağaç türleri, üretilecek olan bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında hem dayanıklılık hem de maliyet açısından tüketici tarafından tercih edilebilir (Örneğin; Karaçam, Sarıçam gibi). Isıtma işlemi ile muamele edilmiş ağaç malzeme taşıyıcı ve strüktürel amaç için kullanılacak ağaç malzemedeki yoğunluğu daha yüksek ve yıllık halkaları daha sık olan ağaç malzemeler tercih edilebilir (Örneğin; Sarıçam, Karaçam. gibi).
- Eğilme direnci üzerine '*birleştirme tipinin etkisi*' incelendiğinde, Kör Zıvanalı tutkallı birleştirmelerin, Açık Zıvanalı tutkallı birleştirmelere göre daha yüksek eğilme direnç değeri verdiği görülmüştür. Bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinde tutkalla temas eden zıvana yüzey sayısının Açık Zıvana birleştirme için 4 yüzeyli, kör zıvana birleştirme için 5 yüzeyli olmasından dolayı, Kör Zıvanalı birleştirmelerin mekanik performansında artış olduğu düşünülmektedir.
- Eğilme direnci üzerine '*ısıtma işlemi özelliğinin etkisi*' incelendiğinde, ısıtma işlemi örneklerinin, kontrol örneklerine göre %20 oranında daha düşük sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Yüksek sıcaklığa maruz bırakılan ağaç malzemedeki meydana gelen kimyasal değişimler (hemiselüloz, selüloz kayıpları gibi) ağaç malzemenin mekanik

performanslarını azalttığı diğer araştırmacılar (Fengel ve Wegener 1989; Bourgois vd. 1991) tarafından ifade edilmiştir.

- Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin eğilme direnci üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.
- Yük-deformasyon analizinde, elastikiyet modülü ile ilişkilendirildiğinde, türler arasında genel olarak ısıl işlem görmüş ağaç malzemelerin elastikiyet modüllerinde düşüş gözlemlenmektedir. Buna bağlı olarak birleştirme sertliği de o kadar düşmektedir. Isıl işlem muamelesiyle ağaç türlerinin birleştirme sertlik değerleri düşerek, elastiklik özelliklerinde artışlar grlmektedir. Çalışmada, ısıl işlem görmüş örneklerden en yüksek taşıma kapasitesini Sarıçam türü Kr Zıvanalı birleştirme tipi göstermiştir. Bununla birlikte Irocco türünde ısıl işlem muamelesiyle elastikiyet modülünde artışlar gözlemlenmiştir. Genel olarak elastikiyet modülü değerleri, birleştirme tipine göre Açık Zıvanalı tutkallı örneklerde daha düşük değerler göstermiştir.
- Isıl işlem uygulanmış odunun, ısıl işlem uygulanmamış oduna nazaran daha az higroskopik malzeme olması, odunu daha az elastiklik özelliği katmasından dolayı elastikiyet modülünü de etkilemektedir. Isıl işlem muamelesiyle ağaç türlerinde elastikiyet modüllerini düşürerek, elastiklik (esneme) zelliklerini arttırdığı grlmektedir.
- Birleştirme sertliği sonuçları incelendiğinde, ısıl işlem görmüş iğne yapraklı ağaç türlerinden Açık Zıvanalı birleştirmelerde en düşük kayıp Sarıçam türü (%9), Kr Zıvanalı birleştirmelerde %23 artış oranı ile Karaçam türü göstermiştir. Isıl işlem görmüş yapraklı ağaç türlerinden, Açık Zıvanalı birleştirmelerde en düşük kayıp %12 oranında Irocco türü, Kr Zıvanalı birleştirmelerde en düşük kayıp %4 oranında Dişbudak türünde grlmştir. Birleştirme sertlik değeri, ısıl işlem görmüş ağaç türlerinden en yüksek değeri, açık zıvanalı tutkallı birleştirmelerde Sarıçam türü, kr zıvanalı tutkallı birleştirmelerde ise Karaçam türünde grlmştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, birleştirme tipinin ve ısıl işlemin T-tipi lamba

zıvana ayak-kayıt birleştirme sertlik analizi üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

- İğne yapraklı ağaç türlerinin birleşim yerlerindeki gerilme-gerinim değeri sonuçlarına göre, en yüksek gerilme performansı Karaçam türü Kör Zıvanalı tutkallı birleştirmeler vermiştir. Yapraklı ağaç türlerinin birleşim yerlerindeki gerilme-gerinim değerinin en yüksek performansı Irocco türü Kör Zıvanalı tutkallı birleştirmelerde görülmüştür. Bölgesel olarak ölçülen bağıl deformasyon değerlerindeki değişim, Yük-Deformasyon grafiğinden elde edilen genel deformasyon değişimi ile örtüşmektedir.
- Birleşim yerindeki dış yüklerden dolayı meydana gelecek olan rotasyonel kararlılık değerinin açı olarak 0°'ye yakın değerler elde edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin rotasyonel kararlılık değeri üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.
- Mukavemet analizleri incelendiğinde, birleştirme yeri rijitliğinde, en yüksek rijitlik değerini Açık Zıvanalı ve Kör Zıvanalı birleştirmelerin her ikisinde Karaçam türü göstermiştir. Yapılan istatistiksel analizlere göre, sadece ağaç türleri arasında 0,05 hata payı ile anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. İkili etkileşimlere göre, ağaç türü ve birleştirme tipinin etkileşimi ayrıca birleştirme tipi ve ısıl işlem etkileşimi değerlerinde önemli bir farklılık bulunmamaktadır.
- Çekme direnci üzerine '*ağaç malzemenin etkisi*' incelendiğinde, ısıl işlem uygulanmış iğne yapraklı ağaç türlerinden Açık Zıvanalı birleştirmelerde ve Kör Zıvanalı birleştirmelerde Karaçam türü yüksek çekme dayanımı değeri göstermiştir. Yapraklı ağaç türlerinden Açık Zıvanalı birleştirmelerde Irocco türü, Kör Zıvanalı birleştirmelerde Dişbudak türü yüksek çekme dayanımı değeri göstermiştir.
- Çekme direnci üzerine '*birleştirme tipinin etkisi*' incelendiğinde, Kör Zıvanalı birleştirmeler, Açık Zıvanalı birleştirmelere göre %13 oranında daha yüksek çekme direnç değeri verdiği görülmüştür. Bahçe oturma mobilyalarında lamba zıvana ayak-



kayıt birleştirmelerdeki zıvana uzunluğunun artmasıyla eğilme direncinde olduğu gibi yüzeyden yapışma performansına bağlı olarak çekme direncinde azaltıcı yönde etki yaptığı söylenebilir.

- Çekme direnci üzerine '*ısıl işlem özelliğinin etkisi*' incelendiğinde, ısıl işlem örneklerinin, kontrol örneklerine göre %16 oranında daha düşük çekme direnci değeri verdiği ortaya çıkmıştır.
- Yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, ağaç türü, birleştirme tipi ve ısıl işlemin T-tipi lamba zıvana ayak-kayıt birleştirmelerinin çekme direnci üzerindeki etkisi 0,05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.
- Yükleme tiplerine (eğilme ve çekme) göre iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinde meydana gelen ortak yıkımlar liflere paralel yönde çatlaklar ve çekme yönünde yüzeysel yıkımlar olarak görölmektedir. Örneklerin birleşim yerlerinin %40'ında tutkalın kuruma esnasında fiziksel yapısında oluşan boşluklar sonucu yapışma kalitesinin düştüğü tahmin edilmektedir. Ayrıca, örneklerin % 30'unda yüzeysel kırılmalar ile beraber erkek zıvanadan kopukluklarda meydana geldiği görölmüştür. Bu yıkımların, örnek boyutlarına ve tutkal malzemesinin etkisinden kaynaklandığı düşünölmektedir. Farklı boyutlardaki parçalar ve değişik yapıştırıcılar kullanılarak (örneğin D2, D3) daha kapsamlı çalışmalar yapılabilir. Isıl işlem muamelesinde birleştirmelere uygulanan tutkal tipi, yapışma kalitesi bakımından önemli bir faktördür. Bu sebeple, farklı tutkal çeşitleri ile birleştirmelerin mukavemetleri belirlenip, mekanik performansları kıyaslanmalıdır.
- Isıl işlem uygulanmış ağaç malzemelerde en düşük kütle kaybını %5 oranı ile Doğu Ladini türü, en düşük yoğunluk kaybını %7 oranı ile Dişbudak türü göstermiştir. İğne yapraklı ağaç türlerinin birleştirme performansları, ısıl işlem sonrası elde edilen kütle kayıp oranlarına bakıldığında, kullanım yerine göre daha uygun ve daha kararlılığı olacağı düşünölmektedir. Kütle kayıplarının mekaniksel özellikleri de olumsuz etkilediği söylenebilir. Isıl işlem uygulanmış ağaç malzeme, ısıl işlem uygulanmamış ağaç malzeme türüne göre daha az yoğunluğa sahiptir. Isıl işlem uygulaması ile meydana gelen ağırlık kayıplarının, mevcut hidroksil gruplarının

azalması neticesinde görülen odun yapısında tutulan suyun kaybı, yüksek sıcaklıklarda oluştuğu bilinen formik ve asetik asit formasyonunun odun hücre çeperi bileşenlerini tahrip etmesi ve özellikle hemiselülozları parçalamasıyla meydana geldiği araştırmacılar tarafından (Viitanen vd. 1994a; Schneider ve Rusche 1973) ifade edilmiştir.

Mobilyalar, kullanım amacına bağlı olarak çeşitli mekanik zorlamalar ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorlamalarda, etkili olan kuvvetin şekli ve şiddetine göre mobilya elemanlarının birleşme yerlerinde açılma ve gevşeme, elemanlarda eğilme, çatlama veya kırılma gibi deformasyonlar meydana gelir. Sağlamlık ve kaliteyi doğrudan etkileyen deformasyonların büyüklüğü, birleşme yerlerinde uygulanan konstrüksiyona, yapıştırıcı ve ağaç malzeme türüne göre değişmektedir (Altınok 2001).

Mobilyaya etki eden servis yüklerini mühendislik tasarımı kriterleri ile güvenli bir şekilde taşıyabilecek en uygun konstrüksiyon parametre değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu değerlerin belirlenmesinde tasarımcı, mobilyanın kullanım yerinde meydana gelebilecek yıkımları ve şiddetlerini önceden tespit etmelidir. Mobilyaların serviste nasıl kullanılacağı değil, farklı yüklemelerde karşılaşılabilecek zararı minimuma indirmek için ön çalışmalarda bulunulması önerilir. Özellikle bahçe oturma mobilya konstrüksiyonlarında değişik yükleme türleri (statik, dinamik) ve şiddeti göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan çalışmada, ısıtılmış işlem uygulanmış ağaç malzemelerde servisteki yüklerin daha güvenilir ve yüksek mukavemet ile taşınması için rasyonel mühendislik tasarımı metodlarından faydalanılmıştır.

Araştırma sonucunda, yüksek sıcaklıklara maruz bırakılan ağaç malzemelerin birleşim yerlerindeki gerilme analizleri ve mukavemet durumunun belirlenmesinde, mobilya mühendislik tasarım kriterlerinin önemli bir unsur olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bu tasarım kriterlerinin üründen beklenmeyen mukavemet zaaflarının önceden tahmin edilmesine yaradığı ve böylece kullanım alanında hasar görme şartları hakkında fikir verebileceği anlaşılmıştır.

Isıl işleme tabi tutulmuş ağaç malzemenin boyutsal stabilizasyondaki artış, kereste endüstrisinde yeni bir potansiyel olarak değerlendirilmekte ve ağaç türlerine göre de mekanik performanslarında farklılıklar yaratabilmektedir. Isıl işlem muamelesinin ticari değeri

olmayan ağaç türlerine yeni bir kullanım yeri alternatifi ortaya koyması da mümkün olmaktadır.

Isıl işlem görmüş ağaç malzeme dış cephe kaplaması, kapı, pencere, bahçe mobilyası gibi dış mekân uygulamalarında, yer döşemesi, lambri, banyo ve sauna gibi iç mekân uygulamalarında gittikçe genişleyen kullanıma sahiptir. Isıl işlem uygulanmış kereste mobilya endüstrisinde kullanım için de büyük bir potansiyeldir. Özellikle dış hava şartlarında kullanımı, bahçe mobilyaları için yüksek biyolojik tehlike şartlarına mevcuttur. Isıl işlem uygulamasının sonucu ahşap materyallerin bu zararlılara karşı korunması da sağlanmış olacaktır. Yapılarda meydana gelen kuvvetler ve uygulaması, ısıl işlem uygulanmış odunun kırılma davranışı (ani kırılmalar) ve direnç karakteristiklerinin (çekme direnci) hesaba katılmasında dikkatlice düşünülmelidir. Sertlik ve rijitlik gibi ağaç malzeme direnç özelliklerinin iyileştirilmesi bazı kullanım yerleri için ısıl işlem uygulanmış kerestenin kullanılmasını arttırabilir.

Isıl işlem sonrası boyutsal stabilizasyonda meydana gelecek iyileştirmeye daha az su absorbe eden ve yüksek bağıl nem ortamlarda daha düşük denge rutubetlerde kalabilmesi avantaj olarak görülmektedir.

Isıl işlem görmüş ağaç malzeme birleşim yerindeki mukavemetin, birleştirme tipine ve ağaç türünün anatomik özelliklerine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Isıyla muamele ile ağaç malzemenin elastiklik özelliklerini arttırdığı için elde edilen düşük yoğunluk kayıpları ile iğne yapraklı ağaç türlerinden Sarıçam türü bükme mobilya sanayisinde kullanılabilir.

Isıl işlem görmüş malzemenin fiziksel ve mekaniksel özellikleri, malzemenin bu kullanım alanlarındaki performansını etkilemektedir. Elastikiyet modülü (EM), Eğilme direnci (ED) ve Basınç direnci (BD) gibi mekanik özellikler, yük taşıyıcı yapı elemanları için önemlidir. Boyutsal stabilizasyon ise sauna, banyo ve bahçe mobilyaları gibi rutubetli ortamlarda kullanılan ağaç malzeme için önemli faktördür. Bu nedenle bu özellikler çeşitli çalışmalara konu olmuştur (Özçiftçi vd. 2009).

Odunun mekanik ve teknolojik özelliklerinde ısıl işlem ile meydana gelen değişmelerin odunun kimyasal yapısının ısı ile termal bozunmaya uğramasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Isıl muamele süresince odun içerisinde meydana gelen çatlaklar ve yarılmalar ahşap materyalin mekaniksel özelliklerini olumsuz etkilemektedir.

## KAYNAKLAR

- Alexander J** (1994) Making a chair from a tree: *An Introduction to Working Green Wood*, Enlarged Edition, Astragal Press, Mendham, New Jersey, 132-135 pp.
- Altınok M** (1998) Masa yapımında uygulanan sütun ayaklarda konstrüksiyon modellemesi. *G.Ü.T.E.F., Politeknik Dergisi*, 1(1-2):105-109.
- Altınok M** (2001) *Tutkallar*, Ders Notları, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 67 s.
- Altınok M, Taş H H, Çimen M** (2008) Effects of combined usage of traditional glue joint methods in box construction on strength of furniture. *Materials and Design*, 30:3313-3318.
- Ash J T, Cross W M, Svalstad D, Kellar J J ve L Kjerengtroen** (2003) Finite evaluation of the microbond test: meniscus effect, interphase region and vise angle. *Composites Science and Technology*, 63:641-651.
- Atar M ve Özçiftçi A** (2007) The effects of screw and back panels on the strength of corner joints in case furniture. *Materials and Design*, 29(2):519-525.
- Ayadi N, Lejeune F, Charrier F, Charrier B ve Merlin A.** (2003) Color stability of heat-treated wood during artificial weathering. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 61(3): 221–226.
- Aydemir D ve Gündüz G** (2009) Ahşabın fiziksel, kimyasal, mekaniksel ve biyolojik özellikleri üzerine ısıyla muamelenin etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 11(15): 71-81.
- Ayensu E S ve Bentum A** (1974) *Commercial Timber of West Africa*, Smithsonian Institution Press, City of Washington, 64 p.
- Beall F C** (1971) Differential calometric analysis of wood and wood components. *Wood Science and Technology*, 5(3):159–175.
- Beall F C** (1969) Thermogravimetric analysis of wood lignin and hemicelluloses. *Wood and Fiber*, 1(3):215–226.
- 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.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bengtsson C, Jermer J, Clang A ve Ek Olausson B** (2003) Investigation of some technical properties of heat-treated wood. *International Research Group on Wood Preservation*, Vol. No: 03-40266.
- Bhuiyan M T R, Hirai N ve Sobue N** (2001) Effect of intermittent heat treatment on crystallinity in wood cellulose. *Journal of Wood Science*, 47(5):336–341.
- Boonstra M J, Tjeerdsma B F ve Groeneveld H A C** (1998) Thermal modification of nondurable wood species, 1. The PLATO technology; thermal modification of wood. *International Research Group on Wood Preservation*, Vol. No: 98–40123.
- Bourgois J, Bartholin M C ve Guyonnet R** (1989) Thermal treatment of wood: analysis of the obtained product. *Wood Science and Technology*, 23(4):303–310.
- Bourgois J, Janin G ve Guyonnet R** (1991) Measuring color: a method of studying and optimizing the chemical transformations of thermally-treated wood. *Holzforschung*, 45(5):377–382.
- Burdurlu E, Kılıç M, Altun S** (2003) Ayak–kayıt birleştirmelerde köşe takozu ve birleştirme tipinin eğilme direncine etkileri. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 16(2):357-367.
- Cai L ve Wang F** (1993) Influence of the stiffness of corner joint on case furniture deflection. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 51: 406-408.
- Chang C I ve Keith C T** (1978) Properties of heat-darkened wood. II – Mechanical properties and gluability, Ottawa: Eastern Forest Products Laboratory, *Fisheries and Environment*, 1–19 pp.
- Chow S Z** (1971) Infrared spectral characteristics and surface inactivation of wood at high decomposition of cellulose, hemicellulose and lignin. *Cellulose Chemistry and Technology*, 1(3):277–285.
- Dizel T** (2005) Lamine Elemanlarla Tasarlanan Çerçeve Tipi Mobilya Birleştirmelerinin Mekanik Davranış Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 136 s.
- Doi S, Kurimot Y, Ohmura W, Ohara S, Aoyama M ve Yoshimura T** (1999) Effects of heat treatments on the feeding behaviour of two subterranean termites. *Holzforschung*, 53(3):225–229.
- Doi S, Kurimoto Y, Takahashi M ve Yoshimura T** (1997) Effects of steaming heat treatment on the stimulation of termite feeding. *International Research Group on Wood Preservation*, Vol. No: 97-10212.
- Dupont W** (1963) Rationalization of Glued Joints in the Wood-working Industry. *Department of Forestry Products Laboratory, Canada*, No: 30.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Eckelman C A** (2003) Textbook of product engineering and strength design of furniture, West Lafayette, IN, USA: *Purdue University Press*, 99 p.
- Eckelman C A, Haviarova H Zhu ve H Gibson** (2001) Considerations in the design and development of school furniture based on local resources. *Forest Products Journal*, 51(6): 56-63.
- Eckelman C A** (1971) Strength and moment-rotation characteristic of two-pin moment-resisting dowel joints. *Forest Products Journal*, 21(3): 35-39.
- Eckelman C A ve Munz S** (1987) Rational design of cases with front frames and semi-rigid joints. *Forest Products Journal*, 37(6): 25-30.
- Eckelman C A, Acuna J ve Haviarova E** (2000) Use of round mortise and tenon joints in the construction of furniture and building frames from wood waste and small-stem woody plantation thinning. *Proceedings of the II Congreso Regional Y IV Congreso Nacional de la Calidad*, San Jose, Costa Rica, August, 29-31 pp.
- Eckelman C A** (1966) A Look at... the strength design of furniture. *Forest Products Journal*, 16 (3): 21-24.
- Eckelman C A ve E Haviarova** (2003) Buildings and Furniture Constructed with Round Mortise and Tenon Joints from Salvage Materials and Small Diameter Timber, Small diameter Timber, *Resource Management, Manufacturing, and Markets. MISC0509. Symposium Proc.* Wash State University, 239-244 pp.
- Eckelman C A** (1969) Engineering concepts of single-pin dowel joints design. *Forest Products Journal*, 12: 52-60.
- Eckelman C A** (1968) Furniture Frame Analysis and Design. PhD Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana, 231 p.
- Eckelman C A, H Akcay, R Leavitt ve E Haviarova** (2002) Demonstration building constructed with round mortise and tenon joints and salvage material from small-Diameter tree stems. *Forest Products Journal*, 52(11/12): 82-86.
- Efe H** (1999) Sabit ve demonte mobilya masa ayak-kayıt birleştirmelerin mekanik davranış özellikleri. *Journal of Polytechnic*, 2(4): 53-63.
- Efe H** (1994) Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Trabzon, 234 s.
- Efe H** (1998) Çerçeve Konstrüksiyonlu mobilya boy birleştirmelerinde farklı kavala türlerinin Mekanik davranış özellikleri. *Journal of Polytechnic*, 1(1-2): 65-74.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Efe H, Erdil Y Z, Kasal A** (2003) Mobilya mühendislik tasarımıda mobilya sistemlerinin sonlu elemanlar metoduyla optimizasyonu. *G.U.T.E.F, I. İleri Teknolojiler Sempozyumu, Bildiri Kitabı*, Ankara, s. 315-323.
- Erdil Y Z** (2002) Integrated Product Engineering And Performance Testing Of Furniture. PhD Thesis, Purdue University, 243 p.
- Feiher J L** (1963) *Advanced Woodwork and Furniture Making*. Chas. Bennett, Peoria Illinois, 538 p.
- Feist W C ve Sell J** (1987) Weathering behavior of dimensionally stabilized wood by heating under pressure of nitrogen gas. *Wood and Fiber Science*, 19(2): 183–195.
- Feist W C, Hajny G J ve Springer E L** (1973) Effect of storing green wood chips at elevated temperatures. *Tappi*, 56(8): 91–95.
- Fengel D ve Wegener G** (1989) *Wood*, Walter de Gruyter and Co, Berlin, New York, 335 p.
- Fung D P C, Stevenson J A ve Shields J K** (1974) The effect of heat and  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  on the dimensional and anatomical properties of douglas-fir. *Wood Science*, 7(1): 13–20.
- Green D W** (1999) Adjusting modulus of elasticity of lumber for changes in temperature. *Forest Products Journal*, 49(10): 82–94.
- Haviarova E, Eckelman C A, Erdil Y** (2001) Design and testing of environmentally friendly wood school chairs for developing countries. *Forest Products Journal*, 51: 58-64.
- Hayashi Y ve Eckelman A C** (1986) Design of corner block with anchor bolt table joints. *Forest Products Journal*, 36(2) 44-48.
- Hill M D, Eckelman C A** (1973) Flexibility and bending strength of mortise and tenon joints, report from the Jan.&Feb. *Issues of Furniture Design and Manufacture*, 45(1): 54-61.
- Ishii M ve Miyajima H** (1981) Comparison of performance of wooden chair joints, *Res. Bulletin of the College of Experimental Forests, Hokkaido University*, 38(21): 121-138.
- İmirzi H Ö** (2000) Çerçeve Konstrüksiyonlu Masif Mobilya T Birleştirmelerin Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara. 49 s.
- Jamsa S ve Viitaniemi P** (2001) Heat treatment of wood better durability without chemicals. *Review on Heat Treatments of Wood. Cost Action E22. Proceedings of the Special Seminar*, Antibes, France, 17-22 pp.



## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kasal A** (1998) Mobilya Masa Ayak-Kayıt Birleştirmelerde Köşe Takozunun Birleştirme Mukavemetine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 67 s.
- Kasal A** (2004) Masif Ve Kompozit Malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 212 s.
- Kaya Ş T** (2007) Yanal İzotop Fiber Kompozitlerden Sarı Çam (*Pinus slyvestris*)'ın Kırılma Eğrisinin Deneysel Çalışmalar Yardımıyla Çıkarılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, 216 s.
- Kim D Y, Nishiyama Y, Wada M, Kuga S ve Okano T** (2001) Thermal decomposition of cellulose crystallites in wood. *Holzforschung*, 55(5): 521–524.
- Kim G H, Yun K E ve Kim J J** (1998) Effect of heat treatment on the decay resistance and bending properties of radiata pine sapwood. *Material and Organismen*, 32(2): 101–108.
- Korkut S ve Kocaefe D** (2011) Isıl işlemin odun özellikleri üzerine etkisi. *Düzce Üniversitesi, Ormancılık Dergisi*, 5(2): 11-35.
- Kürelî İ** (1988) Sandalyelerde Kullanılan Önemli Ahşap Birleştirmelerin Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 62 s.
- LeVan S M, Ross R J ve Winandy J E** (1990) Effects of fire retardant chemicals on the bending properties of wood at elevated temperatures. *USDA Research Paper FPL-RP-498*, Madison, WI, 26 p.
- Mayes D ve Oksanen O** (2002) *ThermoWood Handbook*, Finnforest, Finland, <http://www.thermowood.fi/>, (12.05.2011).
- Milham R M** (1949) A Comparison of Strength Characteristics of the Mortise and Tenon Joint and Dowel Joint, M. Sc. Thesis (unpublished), University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, 26 p.
- Millett M A ve Gerhards G C** (1972) Accelerated aging: residual weight and flexural properties of wood heated in air at 115°C to 175°C. *Wood Science*, 4(4): 193–201.
- Miyajima H ve T Sato** (1977) Comprasion of performance among dowel joints, mortise and tenon joints, and finger joints, as corner joints, *Res. Bulletin of College of Experimental Forests. Hokkaido University*, 34(2): 275-286.
- Nassar M M ve MacKay G D M** (1984) Mechanism of thermal decomposition of lignin. *Wood and Fiber Science*, 16(3): 441–453.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Nicholls T ve Crisan R** (2002) Study of the stress-strain state in corner joints and box type furniture finite element analysis (FEA). *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60: 66-71.
- Örs Y ve M Altınok** (1999) The optimization modeling of cross section and frame in chair design. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(2): 21-28.
- Örs Y ve Efe H** (1998) Mobilya (Çerçeve Konstrüksiyon) tasarımında bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, 22: 21-28.
- Örs Y** (1987) *Kama dişli birleşmeli masif ağaç malzemedeki mekanik özellikler*, Yardımcı Ders Kitabı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon, 55 s.
- Özçiftçi A, Altun S ve Yapıcı F** (2009) Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi. *V. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (LATS'09)*, Karabük, s. 1-5.
- Paulenkova M** (1984) Evaluation of the strength properties of mortise and tenon and dowel joints on cabinet bottom frames. *Drevarsky Vyskum*, 29 (2):69-80.
- Perry C C ve Lissner H R** (1962) *The Strain Gage Primer*, Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 243 p.
- Rapp A O ve Sailer M** (2000) Heat treatment in Germany. *Proceedings of Seminar, Production and Development of Heat Treated Wood in Europe*, Helsinki, Oslo, 47-62 pp.
- Rusche H** (1973a) Thermal degradation of wood at temperatures up to 200°C–Part–I: strength properties of dried wood after heat treatment. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 31: 273–281.
- Rusche H** (1973b) Thermal degradation of wood at temperatures up to 200°C. I. Strength properties of wood after heat treatment. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 31(7): 273–281.
- Sanderman W ve Augustin H** (1964) Chemical investigations on the thermal decomposition of wood-Part III: chemical investigation on the course of decomposition. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 22(10): 377–386.
- Sayıl B** (1996) Ahşap Doğrama Köşe Birleştirmelerinin Rijitliliğini Arttırma Yolları Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 151 s.
- Schneider A ve Rusche H** (1973) Sorption behaviour of beech and spruce wood after heat treatment in air and in vacuum. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 31(8): 313–319.
- Sehlstedt-Persson M** (2003) Colour responses to heat-treatment of extractives and sap from pine and spruce, *Proceedings 8th International IUFRO Wood Drying Conference*, Brasov, Romania, 459-464 pp.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Shih-Cha ve Eckelman A C** (1987) Rigidity of furniture cases with various joint constructions. *Forest Products Journal*, 37 (1): 23-27.
- Sparkes A J** (1968) The Strength of Mortise and Tenon Joints, *Furniture Industry Research Association, Maxwell Road Stevenage Hertfordshire, Great Britain, Report No: 33.*
- Stamm A J** (1964) *Wood and Cellulose Science*, Ronald Press, New York, USA, 549 p.
- Syrjänen T ve Kangas E** (2000) Heat treated timber in Finland, *International Research Group on Wood Preservation*, 14 – 19 May, Hawaii, USA, Vol. No: 00–40158.
- Tankut A, Denizli-Tankut N, Eckelman C A ve Gibson H** (2003) Design and testing of bookcase frames constructed with round mortise and tenon joints. *Forest Products Journal*; 53:80-86.
- Tankut A N ve Tankut N** (2005) The effects of joint forms (shape) and dimensions on the strengths of mortise and tenon joints. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, 29:493-498.
- Tankut A N ve Tankut N** (2009) Evaluation the effects of edge banding type and thickness on the strength of corner joints in case-type furniture. *Materials and Design*, 31(6): 2956-2963.
- Tankut N** (2007) The effect of adhesive type and bond line thickness on the strength of mortise and tenon joints. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 27: 493-498.
- Tekin A** (2000) Bazı ağaç türlerinde Temel Makineler ile Açılmış Zıvanaların Diyagonal Basınç ve Çekme Direncinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 61 s.
- Tokgöz H, Kap T ve Özgan E** (2005) Farklı ağaç türleri ve zıvanalı birleştirme biçimleriyle oluşturulan çerçeve konstrüksiyonlu doğramalarda diyagonal yük analizi. *Teknoloji Dergisi*, 8(4): 363-376.
- Trinka M** (1989) Ready-to-assemble furniture; Marketing and Material Use Trends. *Forest Products Journal*, 40 (3): 34-35.
- Troya M T ve Navarette A** (1994) Study of the degradation of ratified wood through ultrasonic and gravimetric techniques. *International Research Group on Wood Preservation*, Vol. No: 94–40030.
- Uludağ E** (2005) Ağaç Burulma Numuneleri Kullanılarak Transvers İzotop Kompozitlerin Kayma Modüllerinin Koordinat Bağımlı Fonksiyonel İfadelerinin Deneysel Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 246 s.
- URL-1** (2011) [www.3dmobilya.com](http://www.3dmobilya.com), Bahçe Mobilyası, 02.04.2011.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- URL-2** (2011) [www.thermowood.fi](http://www.thermowood.fi), Finnish Thermowood Association, 01.02.2011.
- URL-3** (1996) [http://ozenleryapi.com/index.php?option=com\\_djcatalog2&view=items&cid=6&Itemid=2](http://ozenleryapi.com/index.php?option=com_djcatalog2&view=items&cid=6&Itemid=2), Polisan Üretici Firma, Bolu, 04.04.2011.
- URL-4** (2011) [http://www.batul.deu.edu.tr/mak/derslerpdf/S%C4%B1n%C4%B1f4/olcme\\_tasarim/mekanik\\_2.doc](http://www.batul.deu.edu.tr/mak/derslerpdf/S%C4%B1n%C4%B1f4/olcme_tasarim/mekanik_2.doc) Strain gauge ölçümleri, 11.04.2011.
- URL-5** (2011) <http://web.itu.edu.tr/~iscanz/Dersler/tetu/Donusturuculer-foy.pdf>, Dönüştürücüler, Değişkenli İndüktanslı (İndüktif) Dönüştürücüler, 24.04.2011.
- URL-6** (2011) [http://www.thermowood.fi/data.php/200312/795460200312311156\\_tw\\_handbook.pdf](http://www.thermowood.fi/data.php/200312/795460200312311156_tw_handbook.pdf), ThermoWood Handbook (2003).
- Uysal B** (1998) The effects of the wood species and tenon length in the end-to-end joints on the bending strength. *Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi. Politeknik Dergisi*, 1:3-4.
- Üzer A U** (1999) Yapılarda Kullanılan Ahşap Köşe Birleştirmelerine Ait Mukavemet Özelliklerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Ankara, 46 s.
- Ünsan Y ve Bayraktarkatal E** (1999) Strain-gage yöntemi ve gemi inşaatında kullanım alanları. *Gemi İnşaatı ve Deniz Teknolojisi Teknik Kongresi 99-Bildiri Kitabı*, İstanbul, s. 50-64.
- Viitanen H, Jamsa S, Paaajanen L, Nurmi A ve Viitaniemi P** (1994a) The effect of heat treatment on the properties of spruce, A preliminary report. *International Research Group on Wood Preservation*, Vol. No: 94-40032, 4 p.
- Viitanen H, Jamsa S, Paaajanen L, Nurmi A ve Viitaneiem P** (1994b) The effect of heat treatment on the properties of spruce. *IRG/WP/40032 Annual Meeting*, May 29-June 3-1994, Indonesia, Section 4,1-4 pp.
- Viitaniemi P, Jamsa S, Ek P ve Viitanen H** (2001) Method for increasing the resistance of cellulosic products against mould and decay, Patent: EP695408B1. *VTT Technical Research Centre of Finland*, 24 p.
- Watanuki Y, T Taguri ve K Nakamura** (1981) Mechanical properties of furniture corner joints. *Rept. of the Hokkaido Industrial Research Institute*, 280: 1-13.
- Willard R** (1966) Compressed Tenon-Parts I, *Furniture Design and Manufacturing Magazine*, 38(11): 7-12.
- Willard R** (1966a) Compressed Tenon-Parts II. *Furniture Design and Manufacturing Magazine*, 38(12):3-10.

### **KAYNAKLAR (devam ediyor)**

**Willard R** (1967) Compressed Tenon-Parts III. *Furniture Design and Manufacturing Magazine*, 39(1):10-13.

**Yıldırıcı B ve Uzunal G** (2001) Ayak-kayıt Birleştirmelerden Kavelalı ve Zıvanalı Birleştirmelerin Dayanımlarının Karşılaştırılması. Bitirme Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara, 28 s.

**Yıldız S, Gezer E G ve Yıldız Ü C** (2006) Mechanical and chemical behavior of spruce wood modified by heat. *Building and Environment* 41(12): 1762–1766.

**Yıldız S** (2002) Isıl İşlem Uygulanan Doğu Kayını ve Doğu Ladini Odunlarının Fiziksel, Mekanik, Teknolojik ve Kimyasal Özellikleri. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 264 s.

**Zorlu İ** (2001) *Ağaç İşleri Konstrüksiyon Bilgisi Temel Ders Kitabı*, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 319 s.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Mustafa ZOR, 1986'da Zonguldak'ta doğdu. İlköğretimi Hisarönü İ.Ö.O.'da, orta öğrenimini ise Kilimli Y.D.A Lisesi'nde bitirdi. 2004 yılında İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliğini kazandı. 2008'de iyi derece ile mezun olduktan sonra aynı sene Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı; halen Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda eğitim görmeye devam ediyor.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Park Cad. No:16/2  
Filyos Çaycuma/ZONGULDAK

Tel : (0 536) 663 6490

E-posta : mstfzor@gmail.com