

**KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI ODUNLARIN ÇİVİ VE VİDA TUTMA DİRENCİ ÜZERİNE ISIL İŞLEM
UYGULAMASININ ETKİSİ**

Sedat BALTACI

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KASTAMONU
2010**

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Sedat BALTACI tarafından hazırlanan “Bazı Odunların Çivi ve Vida Tutma Direnci Üzerine Isıl İşlem Uygulamasının Etkisi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : **Yrd.Doç.Dr. M. Hakan AKYILDIZ**

Jüri Üyeleri :

Yrd.Doç.Dr. M.Hakan AKYILDIZ
Kastamonu Üniversitesi
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Doç.Dr. Saim ATEŞ
Kastamonu Üniversitesi
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Yrd.Doç.Dr. Hamiyet ŞAHİN KOL
Karabük Üniversitesi
Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Doç.Dr. Güran ÜNAL
Enstitü Müdürü



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BAZI ODUNLARIN ÇİVİ VE VİDA TUTMA DİRENCİ ÜZERİNE ISIL İŞLEM UYGULAMASININ ETKİSİ

Sedat BALTACI

Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ

Bu çalışmada amaç, Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve Kanada kavağı (*Populus canadensis* (*Populus nigra* x *Populus deltoides*)) odunlarına ısı işlem uygulanmasının odunların çivi ve vida tutma direnci üzerine etkisi araştırılarak, optimum uygulama şartlarının belirlenmesidir. Bu amaçla, odun örneklerine üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve 2 farklı süre (2 ve 6 saat)'de azot gazı ortamında ısı işlem uygulandıktan sonra denge rutubetine getirilen örneklere standartlar çerçevesinde çivi ve vida uygulanarak, çivi ve vida tutma dirençleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kontrol örneklerinin çivi ve vida tutma direnç değerleri ile karşılaştırılarak optimum ısı işlem uygulama şartları belirlenmiştir.

Sonuç olarak, yapraklı türlerden Doğu kayını en yüksek çivi tutma direnci gösterirken; hem Kanada kavağı hem de iğne yapraklı türler daha düşük çivi tutma direnç değerleri göstermiştir. En düşük çivi tutma direnci değeri Uludağ göknarında elde edilmiştir. En yüksek çivi tutma direnci ısı işlem sıcaklığına göre 120°C'de ve ısı işlem süresine göre 6 saatte elde edilmiştir. En düşük çivi tutma direncinin ise kontrol örneklerinde elde edildiği görülmüştür. Örnek kesitlerinden radyal kesitin en büyük direnç değerini verdiği, onu yaklaşık değerlerle teğet kesitin izlediği, enine kesitin ise en düşük direnç değerini verdiği görülmüştür.

Vida tutma direncinde elde edilen değerlere göre ağaç türlerinden Doğu kayını en yüksek vida tutma direncini vermektedir. En düşük vida tutma direnci ise Uludağ göknarında elde edilmiştir. Yapraklı ağaçlar iğne yapraklı ağaçlardan daha yüksek vida tutma direncine sahiptir. Isıl işlem koşullarına göre, ısı işlem görmemiş örneklerin vida tutma direnci en yüksek, 200°C'de ısı işlem görmüş örneklerin vida tutma direnci en düşüktür. Isıl işlem sıcaklığı ile vida tutma direnci ters orantılı olarak değişmektedir. Isıl işlem süresinin vida tutma direncinde fazla etkili olmadığı tespit edilmiştir. Örnek kesiti bakımında vida tutma direncinin de çivi tutma direncinde olduğu gibi en iyi radyal kesitte olduğu, bunu az farkla teğet kesitin izlediği, en düşük değer ise enine kesitte olduğu saptanmıştır.

2010, 114 sayfa.

Anahtar Kelimeler: Çivi, ağaç vidası, tutma direnci, ısı işlem.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECTS OF HEAT TREATMENT ON NAIL AND SCREW WITHDRAWAL RESISTANCE OF SOME WOODS

Sedat BALTACI

Kastamonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Industry Engineering

Advisor: Asist. Prof. Dr. M. Hakan AKYILDIZ

The aim of this study, Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.), Oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.), Uludağ fir (*Abies bornmülleriana* Mattf.) and Carolina poplar (*Populus canadensis* (*Populus nigra* x *Populus deltoides*)) woods at three different temperatures (120, 160, 200°C), at two different duration (2 ve 6 hour) and at inert (nitrojen) environmet heat treatment to be applied afterwards determined will nail and screw withdrawal resistance.

As a result, nail withdrawal resistance values of oriental beech were found higher than the others species. The least nail withdrawal resistance values were found in the Uludağ fir. According to the temperature of heat treatment, nail withdrawal resistance values of 120°C heat treated samples were found higher. According to the duration of heat treatment, the highest nail withdrawal resistance values were found in the 6 hours heat treated. The least nail withdrawal resistance values were found in the control samples. Nail withdrawal resistance values of radial surface were found higher than the others. The least nail withdrawal resistance values were found in the cutting ends.

According to the values obtained in screw withdrawal resistance, screw withdrawal resistance values of oriental beech were found higher than the others species. Screw withdrawal resistance values of hardwood were found higher than the softwood species. According to the condition of heat treatment, screw withdrawal resistance values of control samples were found higher, the least screw withdrawal resistance values were found in the 200°C heat treated samples. Heat treatment temperature with screw withdrawal resistance is inversely proportional. Duration of heat treatment at screw withdrawal resistance were not more effective. Screw withdrawal resistance values of radial surface were found higher than the others and the least withdrawal resistance values were found in the cutting ends as in nail withdrawal resistance.

2010, 114 pages.

Key Words: Nail, screw, withdrawal resistance, heat treatment.

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca, gerek konu seçiminde gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında ilgi ve yardımlarından sınırsız ölçüde yararlandığım saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. M. Hakan AKYILDIZ'a sonsuz teşekkür ederim. Araştırma materyalinin temininde, yardımlarını esirgemeyen Orman Mühendisi Serkan BULUT'a ve örneklerin hazırlanmasında emeği geçen Endüstri Meslek Lisesi Ahşap Teknoloji Alanı öğretmenlerine teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar çalışmaları sırasında bilgi ve birikimlerinden yararlandığım Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi bölümü sayın hocalarına ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi saygıdeğer hocaları ve araştırma görevlilerine de teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca, maddi ve manevi destekleri ile beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkür ederim.

Kasım 2010
KASTAMONU

Sedat BALTACI

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Isıl İşlem	1
1.1.1 Isıl işlem değişkenleri.....	3
1.1.2 Isıl işlemin sınıflandırılması ve bu sınıflara göre kullanım alanları	3
1.1.3 Isıl işlemin odunda meydana getirdiği değişimler	5
1.1.3.1 Kimyasal yapıdaki değişimler.....	5
1.1.3.2 Fiziksel özelliklerdeki değişimler	9
1.1.3.3 Mekanik özelliklerdeki değişimler.....	12
1.1.3.4 Biyolojik değişimler	14
1.2 Mobilya ve Yapı Elemanlarında Kullanılan Birleştirme Elemanları.....	15
1.2.1 Çiviler	16
1.2.2 Vidalar	17
2. KAYNAK ÖZETLERİ	19
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	44
3.1 Materyal.....	44
3.1.1 Örnek alanların belirlenmesi.....	44
3.1.2 Örnek ağaçların seçimi	44
3.1.3 Kullanılan ağaç türleri ve özellikleri.....	44
3.1.3.1 Sarıçam (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	44
3.1.3.2 Uludağ göknarı (<i>Abies bornmülleriana</i> Mattf.)	46
3.1.3.3 Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.)	47
3.1.3.4 Kanada kavağı (<i>Populus canadensis</i> (<i>Populus nigra</i> x <i>Populus deltoides</i>))	48
3.1.4 Kullanılan çivi ve vida özellikleri.....	49
3.1.5 Azot (nitrojen) gazı	50
3.2 Yöntem	50
3.2.1 Deney örneklerinin hazırlanması	50
3.2.2 Isıl işlemlerin uygulanması.....	51
3.2.3 Çivilerin uygulanması	53
3.2.4 Vidaların uygulanması	54
3.2.5 Çivi ve vida tutma direnci deneylerinin yapılması	55
3.2.6 İstatistiksel değerlendirme	57
4. BULGULAR	59
4.1 Çivi Tutma Direnci Değerleri.....	59
4.2 Vida Tutma Direnci Değerleri.....	64
4.3 İstatistiksel Değerlendirme	70
4.3.1 Çivi tutma direnç değerlerinin istatistiksel analizi.....	70
4.3.2 Vida tutma direnç değerlerinin istatistiksel analizi.....	82
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	94

KAYNAKLAR.....	101
ÖZGEÇMİŞ.....	114

SİMGELER DİZİNİ

σ_b	Eğilme Direnci
$\sigma_c//$	Liflere Paralel Basınç Direnci
α	Genişleme
β	Daralma
ASE	Su İtici Etkinlik
ASTM	Testler ve Materyaller için Amerikan Standardı
CP-MAS	Çapraz Polimerizasyon Yöntemiyle Sihirli Açıda Döndürme
D ₀	Tam Kuru Yoğunluk
D _m	Hava Kurusu Yoğunluk
DP	Polimerizasyon Derecesi
DRM	Denge Rutubet Miktarı
DSC	Tarama Kalorimetresi
DTA	Kademeli Isıl Analiz
FTIR	Fourier Kızılötesi Dönüşüm
H _B	Brinell Sertlik
IET	Finlandiya Çevre Teknoloji Enstitüsü
İYA	İğne Yapraklı Ağaç
LDN	Lif Doygunluğu Noktası
MDF	Orta Yoğunlukta Lif Levha
MF	Melamin Formaldehit
MOE	Elastikiyet Modülü
MOR	Kopma Modülü
MUF	Melamin Üre Formaldehit
NMR	Nükleer Manyetik Rezonans
m ₀	Tam kuru ağırlık (g)
m _r	Rutubetli ağırlık (g)
OSB	Yönlendirilmiş Yonga Levha
PE	Polietilen
PF	Fenol Formaldehit
PRF	Fenol Resorsinol Formaldehit
PUR	Poliüretan
PVAc	Polivinilasetat
Ra	Profilin Ortalama Sapması
Rq	Pürüzlülük Ortalamasının Karekökü
Ry	Maksimum Pürüzlülük
Rz	Ortalama Yükseklik
TGA	Termogravimetrik Analiz
TS	Türk Standardı
UF	Üre Formaldehit
UV	Ultraviyole (morötesi)
VTT	Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi
XPS	X-ray (X ışını Fotoelektron Spektroskopisi)
YA	Yapraklı Ağaç

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Isıl işlemin ağaç malzemeye kazandırdığı başlıca özellikler (http://www.thermowood.fi/)	3
Şekil 1.2 Kurutma ve ısıl işlemde dolayı odunun kimyasal bileşenlerinde meydana gelen değişimler (Johansson 2005 a).....	6
Şekil 1.3 Çivi tipleri (Faherty and Williamson 1989).....	16
Şekil 1.4 Ağaç vidaların bölümleri ve baş şekillerine göre tipleri (Anonim 1994)	18
Şekil 3.1 Örnek ağaçların deney örneği hazırlanması amacıyla kesilme yöntemi.	51
Şekil 3.2 Çivi ve vida tutma deney örneklerine ısıl işlem uygulanması.....	52
Şekil 3.3 Isıl işlem görmüş deney örnekleri.....	53
Şekil 3.4 Çivi tutma deney örneği (boyutlar mm.) (Anonim 1995)	54
Şekil 3.5 Vida tutma deney örneği (boyutlar mm.)	55
Şekil 3.6 Çekme deneylerinde kullanılan aparat (boyutlar mm.) (Akyıldız 1999)	55
Şekil 3.7 Vida ve çivi tutma direnci deneyleri (enine kesit).....	56
Şekil 3.8 Vida ve çivi tutma direnci deneyleri (teğet ve radyal kesit).....	56
Şekil 4.1 Kanada kavağına ait çivi tutma dirençleri	60
Şekil 4.2 Doğu kayınına ait çivi tutma dirençleri.....	61
Şekil 4.3 Sarıçamda ait çivi tutma dirençleri	62
Şekil 4.4 Uludağ göknarına ait çivi tutma dirençleri	64
Şekil 4.5 Kanada kavağına ait vida tutma dirençleri	65
Şekil 4.6 Doğu kayınına ait vida tutma dirençleri	67
Şekil 4.7 Sarıçamda ait vida tutma dirençleri	68
Şekil 4.8 Uludağ göknarına ait vida tutma dirençleri	69
Şekil 4.9 Kanada kavağında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi	74
Şekil 4.10 Doğu kayınında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi.....	76
Şekil 4.11 Sarıçamda ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi	78
Şekil 4.12 Uludağ göknarında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi.....	80
Şekil 4.13 Kanada kavağında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi.....	86
Şekil 4.14 Doğu kayınında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi.....	88
Şekil 4.15 Sarıçamda ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi	90
Şekil 4.16 Uludağ göknarında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi.....	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların ısıtım işlem sınıflarına göre kullanım alanları (Rowell 1984, Dirol and Guyonnet 1993, Anonymous. 2003)	5
Çizelge 4.1 Kanada kavağı için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri.....	59
Çizelge 4.2 Doğu kayını için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri	60
Çizelge 4.3 Sarıçam için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri.....	62
Çizelge 4.4 Uludağ göknarı için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri.....	63
Çizelge 4.5 Kanada kavağı için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri.....	65
Çizelge 4.6 Doğu kayını için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri	66
Çizelge 4.7 Sarıçam için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri.....	67
Çizelge 4.8 Uludağ göknarı için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri.....	69
Çizelge 4.9 Ağaç türü, ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve örnek kesimine göre çivi tutma direncine ilişkin varyans analiz tablosu.....	70
Çizelge 4.10 Ağaç türleri için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları	71
Çizelge 4.11 Isıtım işlem sıcaklığı için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları	71
Çizelge 4.12 Isıtım işlem süresi için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları.....	72
Çizelge 4.13 Kesitler için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları	72
Çizelge 4.14 Kanada kavağı için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları.....	73
Çizelge 4.15 Doğu kayını için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları	75
Çizelge 4.16 Sarıçam için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları.....	77
Çizelge 4.17 Uludağ göknarı için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları.....	79
Çizelge 4.18 Ağaç türü, ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve örnek kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi	81
Çizelge 4.19 Ağaç türü, ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve örnek kesimine göre vida tutma direncine ilişkin varyans analiz tablosu.....	82
Çizelge 4.20 Ağaç türleri için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları	83
Çizelge 4.21 Isıtım işlem sıcaklığı için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları.....	83
Çizelge 4.22 Isıtım işlem süresi için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları.....	84
Çizelge 4.23 Kesitler için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları.....	84
Çizelge 4.24 Kanada kavağı için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları.....	85
Çizelge 4.25 Doğu kayını için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları	87
Çizelge 4.26 Sarıçam için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları.....	89
Çizelge 4.27 Uludağ göknarı için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları.....	91
Çizelge 4.28 Ağaç türü, ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve örnek kesiti ile vida tutma direnci arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi	93

Çizelge 5.1 Isıl işlem görmüş odunlarda çivi tutma direnci değerleri (N).....	95
Çizelge 5.2 Isıl işlem görmüş odunda vida tutma direnci değerleri (N).....	98

1. GİRİŞ

Ağaç malzemenin yapısından kaynaklanan bir takım olumlu ve olumsuz özellikleri bulunmaktadır. Ağaç malzemenin olumlu özellikleri arasında hücre yapısı ve kimyasal yapısı nedeniyle yoğunluğuna oranla direncinin çok yüksek olması, metal konstrüksiyonlarla karşılaştırıldığında sıcaklık değişimlerine karşı çok az boyutsal değişme göstermesi (Güller ve Korkut 2006), kolay işlenmesi, ısı ve sese karşı iyi bir yalıtıcı olması, renk ve estetik özellikleri, çelik ve betonla karşılaştırıldığında çok yüksek yorulma direncine sahip olması sayılabilir (Akgün 2008). Ağaç malzemenin olumlu özelliklerine karşın nem içeriğindeki değişime bağlı olarak oluşan anizotropik şişme ve daralmayla birlikte meydana gelen rutubet değişimleri birer sorun yaratmaktadır. Nem içeriğinin odunun biyolojik direnci üzerinde de önemli bir etkisi vardır. Bu yüzden mantar ve bakterilerden ahşap materyali korumak amacıyla emprenye çok sık kullanılan bir yoldur. Emprenye metodunun dezavantajı ise toksik maddelerin kullanılmasıdır. Bu nedenle biyolojik degradasyon ve boyutsal stabilizasyona karşı ağaç malzemelerin çevreyle dost bir şekilde korunmasını sağlayan yöntemler araştırılmaya başlanmıştır (Aydemir 2007). Bu yöntemlerin başında da ısıtma işlemi gelmektedir.

1.1 Isıl İşlem

Isıl işlem odunun 100–250°C arasında normal atmosfer, azot gazı veya herhangi bir inert gaz ortamında belli bir süre bekletilmesidir (Yıldız 2002 a). Odunun ısıtma işlemine tabi tutulması 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 Schnoider 1960’lı yıllarda buldukları bilgileri yayınlamışlar ve ısıtma işlemi bilimsel olarak daha fazla kişi tarafından tartışılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar özellikle 1990’lı yıllardan sonra Finlandiya, Fransa ve Hollanda’da bilim adamları tarafından ele alınmıştır. Çoğu önemli; teorik ve bilimsel çalışmalar Finlandiya Teknik Araştırma Merkezi (VTT) tarafından yapılmıştır. Uygulama ile ilgili araştırmalar Çevre Teknoloji Enstitüsü’nde (IET) devam etmektedir. Isıl işlem birkaç

metotla (Hollanda–Plato yöntemi, Fransa–Retification ve Les Bois Perdure, Almanya–Yağla ısıtma işlemi, Finlandiya–ThermoWood) yapılmasına rağmen en çok kullanılan metot VTT tarafından geliştirilen “ThermoWood” olarak adlandırılan ısıtma işlemi yöntemidir. Günümüz ticarileşmiş tek yöntem de “ThermoWood” metodudur. Bu yöntemde ahşap 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 ısıtma işlemi görmüş ahşap materyal üretilmiş olur. Isıtma işlemi süresince odun renginde farklılaşmalar görülür. Oluşan bu ürün farklı nem ortamlarında normal odundan daha fazla kararlıdır ve termal iletkenliği çok iyidir. Eğer yeterli sıcaklıklarda muamele edilirse ağaç malzemenin çürüme direnci ciddi oranlarda artmaktadır. Isıtma işlemi süresince biyolojik direnç ve kararlılık artarken özellikle 200°C sıcaklıklardan sonra mekanik özelliklerde ciddi düşüşler meydana gelebilmektedir. Kullanılan hammadde; ısıtma işlemi görmüş odunun kalitesini önemli derecede etkilemektedir (Anonymous 2003).

Ahşap malzemeye ısıtma işlemi uygulanmasındaki amaç odunun rutubet alıp vermesini azaltmak, oduna boyutsal stabilizasyon kazandırmaktır. Ayrıca, ağaç malzemenin mantar ve böcek gibi organizmalara karşı biyolojik dayanıklılığını artırmak ve denge rutubet miktarını düşürmek de ısıtma işleminin amaçları arasındadır (Karakaş 2008).

Şekil 1.1’de ısıtma işleminin ağaç malzemeye kazandırdığı özellikler görülmektedir.



Şekil 1.1 Isıl işlemin ağaç malzemeye kazandırdığı başlıca özellikleri
(<http://www.thermowood.fi/>)

1.1.1 Isıl işlem değişkenleri

Oduna uygulanan ısıl işlem metotlarının tamamı ısıl işlem görmüş odunun özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Önemli ısıl işlem değişkenleri şunlardır:

- Isıl işlemin sıcaklık ve süresi,
- Atmosfer koşulları,
- Sistemin kapalı veya açık sistem oluşu,
- Ağaç türü,
- Sistemin ıslak veya kuru sistem oluşu,
- Örnek boyutları,
- Katalizör kullanımıdır (Hill 2006).

1.1.2 Isıl işlemin sınıflandırılması ve bu sınıflara göre kullanım alanları

Isıl işlem uygulanacak ağacın iğne yapraklı veya yapraklı ağaç olması ve son kullanım amacına göre farklı sınıflandırmalar yapılmaktadır.

En sık kullanılan sınıflandırma ThermoWood sınıflandırmasıdır (Sidorova 2009). ThermoWood'un Thermo-S ve Thermo-D olmak üzere standart iki işlem sınıfı vardır. "S" (stability) odunun rutubet değişimiyle daralma ve genişleme durumunu, "D" (durability) biyolojik dayanıklılığı ifade etmektedir (Güller ve Korkut 2006).

İğne yapraklı ağaçlar için Thermo-S sıcaklığı $190^{\circ}\text{C}\pm 3$ ve Thermo-D $212^{\circ}\text{C}\pm 3$; yapraklı ağaçlar için Thermo-S $185^{\circ}\text{C}\pm 3$ ve Thermo-D $190^{\circ}\text{C}\pm 3$ 'tür (Aydemir 2007, Sidorova 2009).

Diğer sınıflandırma Stellac sınıflandırmasıdır. D1, D2, D3 ve T4, T5 olmak üzere 5 sınıftır. D sınıfları için biyolojik dayanıklılık; T sınıfları içinse mukavemet ön plandadır. Stellac sınıflandırmada ısı işlem sıcaklık değerleri $190\text{--}250^{\circ}\text{C}$ arasındadır. D1 sınıfı ısı işlem yüksek rutubet koşullarında çürümeye karşı direnç için gereklidir. Fakat bu sınıf için mukavemet çok az gereklidir, bu yüzden D1 sınıfı ısı işlem yüksek kaliteli odun istenen yerlerde tavsiye edilmez. D2 sınıfı ısı işlem çürümeye karşı oldukça direnç gerektirecek koşullarda kullanılır. Bu nedenle, çürümeye karşı direncin açık hava koşulları için yeterli olduğu düşünülmektedir. D3 sınıfı doğrudan ışığa maruz kalan kullanım yerleri için istenmektedir. Bu sınıf mukavemet özelliklerini önemli ölçüde azaltarak çürümeye karşı mümkün olan en iyi direnci sağlar. Aynı zamanda en iyi yüzey kalitesi sağlar. T4 sınıfı mukavemet özelliklerinin önemli olduğu yerler için gereklidir. Bu işlem sınıfı su absorpsiyonunun düşük olduğu, rutubet deformasyonunun az olduğu yerler için uygundur. T5 sınıfında fiziksel özellikler fazla değişmez, işlenmemiş odunun ısı işlem görmesi için tavsiye edilen sınıftır (Sidorova 2009).

İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların ısı işlem sınıflarına göre kullanım yerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir (Rowell 1984, Dirol and Guyonnet 1993, Anonymous. 2003):

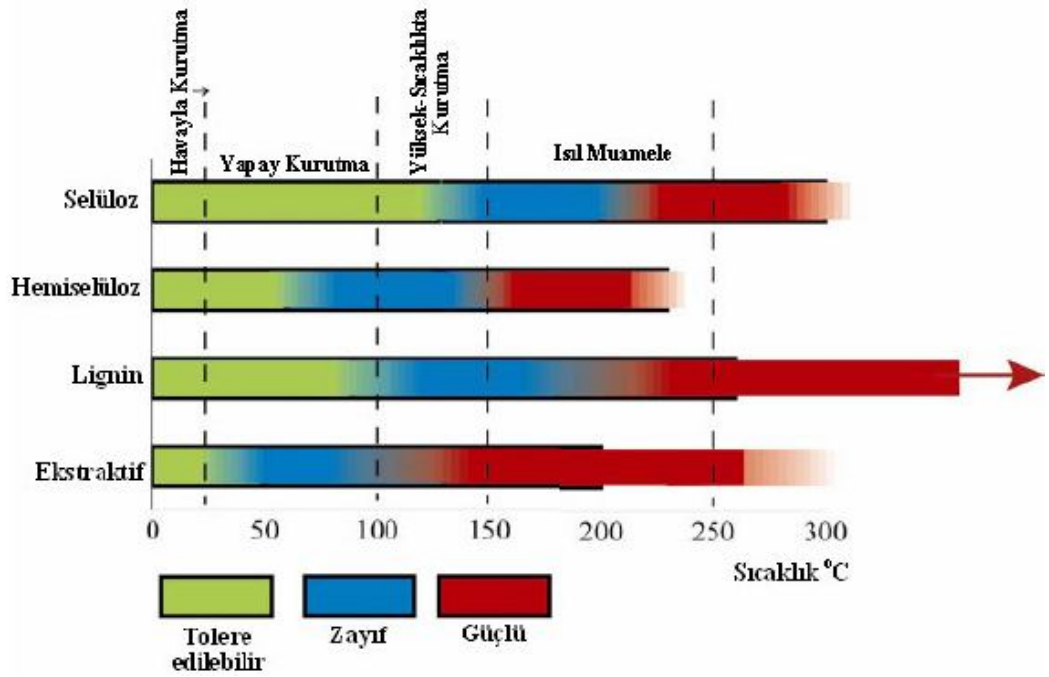
Çizelge 1.1 İğne yapraklı ve yapraklı ağaçların ısıtma sınıflarına göre kullanım alanları (Rowell 1984, Dirol and Guyonnet 1993, Anonymous. 2003)

Isıl İşlem Sınıfı	İğne Yapraklı Ağaçlar	Yapraklı Ağaçlar
Thermo-S	Rutubetli olmayan yerlerde	Duvar ve tavan panellerinde
	Duvar ve tavan panellerinde	Mobilyalarda
	Mobilyalarda	Bahçe mobilyalarında
	Bahçe mobilyalarında	Sauna oturma yerlerinde
	Kapı ve pencerelerde	Yer döşemelerinde
	Sauna oturma yerlerinde	
	Çatılarda	
Thermo-D	Panjurlarda	
	Dış yapılarda	Thermo-S ile aynı kullanım yerlerine sahiptir daha koyu bir renk istenir ise Thermo-D kullanılmalıdır.
	Yer döşemelerinde	
	Sauna ve banyo döşemelerinde	
Gemi güvertelerinde		
Stellac D1	Bahçe mobilyalarında	
	Son derece nemli koşullarda	Çok nemli yerlerde
Stellac D2	Duvar ve tavanlarda	Bahçe mobilyalarında
	Oyun alanı mobilyalarında	Parkelerde
	Kapı ve pencerelerde	Mutfak dolaplarında
	Bahçe çitlerinde	Duvar panellerinde
Stellac D3	Duvar ve tavanlarda	Duvar panellerinde
	Oyun alanı mobilyalarında	Bahçe mobilyalarında
	Kapı ve pencerelerde	Mutfak dolaplarında
	Bahçe çitlerinde	
Stellac T4	Mutfak dolaplarında	
	İç mekân döşemelerinde	Parkelerde
	Duvar panellerinde	Duvar panellerinde
	Prefabrike duvar bileşenlerinde	Mutfak dolaplarında
	Mutfak dolaplarında	İç mekân döşemelerinde
Stellac T5	Pervazlarda	Sauna bank ve panellerinde
	İç mekân döşemelerinde	Pervazlarda
	Duvar panellerinde	Mutfak dolaplarında
	Prefabrike duvar bileşenlerinde	Duvar panellerinde
	Mutfak dolaplarında	Sauna bank ve panellerinde
	Pervazlarda	Mobilyalarda

1.1.3 Isıl işlemin odunda meydana getirdiği değişimler

1.1.3.1 Kimyasal yapıdaki değişimler

Kurutma ve ısıtma işleminden dolayı odunun kimyasal bileşenlerindeki değişimler Şekil 1.2'de görülmektedir (Johansson 2005 a):



Şekil 1.2 Kurutma ve ısıl işlemden dolayı odunun kimyasal bileşenlerinde meydana gelen değişimler (Johansson 2005 a)

Selülozdaki değişimler: 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 et al. 2001). Selülozun degradasyonu su varlığında azalır çünkü amorf bölgeler iyileşerek termal olarak daha stabil kristalin bölgelerin oluşumunu sağlarlar (Fengel and Wegener 1989). Uzun süreli ısıtma ile selüloz zincirlerinin parçalanması selülozun kristallik derecesinde ve polimerizasyon derecesindeki (DP) düşüşler, alkalik ortamda çözülebilen oligosakkaritlerin oluşumuna sebebiyet verir. Selülozun polimerizasyon derecesi, 150°C sıcaklıkta hava ortamında ısıtılırken hızlı bir düşüş göstermektedir (Shafizadeh 1984). Fengel and Wegener (1989) termal olarak muamele edilmiş kayında selülozun polimerizasyon derecesindeki düşüşün sıcaklık 120°C'nin üzerine çıktığı zaman görülmesine rağmen, izole edilmiş selülozun DP'sindeki düşüşün 100°C sıcaklıklarda meydana geldiğini belirtmişlerdir. Hava ortamında ısıtma ile selülozik OH gruplarının oksidasyondan dolayı karbonil, karboksilik ve kısa zincirli hidroperoksit grupları meydana gelir. Uzun periyotlarda ısıtma sonucu karboksilik gruplar harcanıp karboksil gruplarının oluşumundan dolayı, selülozik materyallerin sarardığı gözlenir. CO₂ ve CO selülozun 170°C

ısıtılmasıyla oluşur ve elde edilen sonuçlar, hava ortamında yapılan ısıtma nitrojen ortamında yapılanaya göre daha fazla olmaktadır (Shafizadeh 1984). 300°C'nin üzerinde piroliz oluşup reaksiyon kinetiğinde değişim meydana getirir. Parçalanmış ürün formları diğer odun bileşenleriyle daha sonraki zamanlarda reaksiyon verme kabiliyetinde olmalarına rağmen izole edilmiş selülozda bu durum kesin değildir (Hill 2006).

Hemiselülozdaki değişimler: Hemiselülozun degradasyonu, sıcaklık ve ısıtma zamanıyla artar (Bourgois et al. 1989). Hemiselülozların kaybı odun örneklerinin kristalizesi üzerinde bir artışa sebebiyet verir (Hill 2006). Odun ısıtılırken hidrolizden dolayı asetillenmiş hemiselülozlardan asetik asit oluşumu görülür. Açığa çıkan asit çözünür şekerlerle hemiselülozun hidrolizinde kataliz rolü yapar. Bunun yanında asidik asit amorf alanlarda selüloz mikrofibrillerinin parçalanmasıyla oluşur. Asit hidrolizi glikoz ünitelerini bağlayan bağları parçalayarak selülozu daha ufak parçalara ayırır. Isıl işlemde sonra odun fark edilir bir şekilde daha az miktarda hemiselüloz içerir. Bunun sonucunda ısıl işlem görmüş odun normal kurutma fırınlarında kurutulmuş kerestelere göre mantar saldırılarına karşı daha güçlü olacaktır. Hemiselülozun parçalanmasıyla su absorbe eden hidroksil gruplarının konsantrasyonu azalır ve ısıl işlem görmüş odunun boyutsal stabilizasyonu normal fırında kurutulmuş olana göre daha fazla olur. Hemiselülozun parçalanma sıcaklığı 200–260°C arasındadır. Yapraklı ağaçlardaki hemiselüloz miktarı iğne yapraklılara göre daha yüksektir. Bu yüzden degrade olma yapraklı ağaçlarda iğne yapraklılara göre daha kolay gerçekleşmektedir. Fakat hemiselüloz zincirlerinin parçalanması; selüloz zincirinin parçalanmasıyla meydana gelen direnç kayıpları kadar direnç üzerinde etkili değildir (Anonymous 2003).

İYA'lar YA'dan termal olarak daha stabildir ve bu durum hemiselüloz içerikleri ve bileşimlerindeki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Fengel and Wegener 1989). Ayrıca YA hemiselülozları İYA göre daha fazla asetil grubuna sahiptir (Hill 2006).

Lignindeki değişimler: Isıtma süresince polisakkarit materyallerin kaybı odunun lignin içeriğinde bir artışa yol açar. Lignin, hücre duvarı bileşenlerinin termal olarak en stabil olan yapı taşı olarak bilinir. Fakat ligninin termal degradasyonu düşük

sıcaklıkta, çeşitli fenolik parçalanma ürünlerinin oluşmasıyla gerçekleşir (Sanderman and Augustin 1964). Lignindeki önemli reaksiyonlar 280°C ve daha yukarıdaki sıcaklıklarda meydana gelmektedir (Hill 2006). Haw and Schultz (1985) Çapraz Polimerizasyon Yöntemiyle Döndürme (CP-MAS) Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) ve Fourier Kızılötesi Dönüşüm (FTIR) ile kalıntıların analizi, Kademeli Isıl Analiz (DTA)/Termogravimetrik Analiz (TGA) kullanılarak azot ortamı altında buharla ve HCl lignininin termal degradesyonunu incelemişler ve 200°C sıcaklıkta başlangıçta aril-alkil eter bağlarının yoğun bir şekilde parçalandığı gözlenmiştir. DTA analizinde 200°C'yi aşan sıcaklıklar da sadece lignin degradesyonunun meydana geldiği gözlenmiştir (Haw and Schultz 1985). Yine bir çalışmada meşe odunu yongaları hava ortamında ısıtıldıklarında meşe odunundaki guayasil parçalarının 165°C'den düşük sıcaklıklarda siringil gruplarından daha fazla degrade olduğu belirlenmiştir. Isıtma süresince ligninin siringil/guayasil oranının sıcaklık yükseldikçe arttığı gözlenmiştir (Sarni et al. 1990).

Sudo *et al.* (1985) Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) odunu yongalarını 183°C'den 230°C'ye farklı zaman ve sıcaklık kombinasyonlarında buhar basıncı yardımıyla ısıtım işlemine tabi tutmuşlar, lignindeki değişimleri gözlemişler ve ligninin yapısında meydana gelen değişimlerin muamele sıcaklığına ve zamana bağlı olarak değiştiğini belirlemişlerdir. Lignin, dioksan ekstraksiyonuyla buharlama yapılmış odundan uzaklaştırılmış ve buharlama, ligninin ekstrakte edilebilirliğine önemli bir katkıda bulunmuştur. Bu artışın muamele sıcaklığına bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Fakat 230°C sıcaklıklarda uzayan periyotlar süresince ligninin ekstrakte olma oranında bir düşüş meydana gelmiş ve ligninde çapraz bağlanma reaksiyonlarının meydana geldiği görülmüştür (Sudo et al. 1985).

Ekstraktiflerdeki değişimler: Ekstraktifler odunun yapısal bileşenleri olmayıp, bileşenlerinin çoğu ısıtım işlemi süresince buharlaşarak odundan uzaklaşırlar (Anonymous 2003). 180°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda muameleyle, yağ ve waks odun yüzeyinde kaybolur. Reçine asitleri 100–180°C sıcaklıkta ısıtım işlemi görmüş odun örneklerinin merkezinde bulunabilir. Fakat 200°C'nin üzerinde reçine asitleri artık belirlenemez düzeye gelir (Hill 2006).

1.1.3.2 Fiziksel özelliklerdeki değişimler

Kütle kaybı ve yoğunluktaki değişimler: Odunun ısıtılması; muamele metodu, sıcaklığı ve zamanına bağlı olarak odunun hacminde ve kütleinde düşüşe sebep olur (Seborg *et al.* 1953, Stamm 1956, Rusche 1973, Fung *et al.* 1974). Isıl muamele ile meydana gelen ağırlık kayıplarının mevcut hidroksil gruplarının azalmasıyla görülen odun yapısındaki suyun kaybı, hücre çeperindeki maddesel kayıplar ve hemiselülozların parçalanmasıyla meydana geldiği düşünölmektedir (Viitanen *et al.* 1994, Fengel and Wegener 1989). Keith and Chang (1978) termal muameleden dolayı odunun hacimsel olarak daralması ile kütle kaybı arasında ilişki olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, boyuna yöndeki önemsiz artışın, radyal ve teğet daralmanın sebep olduğu strese katkısının bulunduğu ve ısıl muameleye maruz kalmış örneklere teğet yönün radyal yönle karşılaştırıldığında daha fazla daraldığı belirtmişlerdir.

Yapraklı ağaçlar genellikle, belirli şartlar altında ısıtıldığında iğne yapraklı ağaçlardan daha yüksek kütle kaybı gösterirler (Hill 2006).

Isıl işlem ile yoğunluk düşmektedir. Bu düşüşe odunun kütleindeki değişim neden olmaktadır (Güller ve Korkut 2006).

Boyutsal stabilizasyon ve rutubet alışverişindeki (çalışma) değişimler: İYA örneklerinin su itici etkinlik (ASE) değerleri hem muamele sıcaklığı hem de zamanına bağlı olarak değişmektedir. Ağırlık kaybı %20'ye yaklaştığında ASE değeri maksimuma ulaşır. Fakat elde edilen sonuçların hava varlığında değiştiği ve daha düşük ASE değerlerinin havasız ortamda elde edildiği bulunmuştur. 165°C'den 205°C'ye değişen sıcaklıklarda kuru odun ısıtıldığında ASE'deki düşüşün 6 saat ya da daha fazla sürede olduğu bulunmuştur. Boyutsal stabilizasyondaki değişimin kullanılan muamele atmosferine bağlı olarak ciddi oranda değiştiği gözlenmiştir (Stamm and Hansen 1937).

Odun örnekleri 300°C’de hava ya da nitrojen ortamında ısıtılmış ve ağırlık kaybının %20 olduğu noktada, boyutsal stabilizasyonun maksimuma ulaştığı belirlenmiştir. Bu ağırlık kaybının yanında boyutsal stabilizasyondaki artışın kapalı sistemlerde daha fazla gerçekleştiği bulunmuştur. Boyutsal stabilizasyon açık sistemlerde nitrojen ortamında yapıldığında kütle kaybı %20’yi geçtiği zaman değişim görülmemiş, fakat örnekler yine açık sistemlerde hava ortamında ısıtıldığında boyutsal stabilizasyonda düşüşler gözlenmiştir (Seborg *et al.* 1953). Burmester (1975) hemiselüloz kaybının ısı muamele görmüş odunun boyutsal stabilizasyonuna en büyük katkıyı sağladığını göstermiştir.

Keith and Chang (1978) ısı muamele sonucunda boyutsal stabilizasyondaki gelişmelerin türlere bağlı olduğunu ve radyal yöndeki çalışmanın daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Bunun anatomik farklılıklarından kaynaklandığını belirlemişlerdir.

Odunun rutubet alışverişi ise ısı muamele ile azalır, bu azalma zaman ve proses sıcaklığıyla ilgilidir (Hill 2006). 300°C’de hava ortamında 1 saat termal olarak modifiye edilen çamın %90 bağıl nemdeki denge rutubet miktarı (DRM) değeri ısı işlem görmemiş oduna göre daha düşüktür (Seborg *et al.* 1953).

Termal muamele görmüş odunun ıslanabilirliği, modifiye olmuş odunun hidroksil içeriğindeki düşüşten dolayı düşmüştür (Petrissans et al. 2003) ve bunun hemiselülozun uzaklaşması/degradasyonu sonucunda odunun hücre duvarında önceliği olan sorpsiyon alanlarının (OH grupları) sayılarındaki düşüşle ilgili olduğu düşünülmektedir (Hill 2006). 60°C’den 200°C’ye değişen sıcaklıklarda örneklerin 1 saat muamelesi ile muamele sıcaklığı artarken (modifiye olmamış odun için 65°C’den 145°C ve 200°C’ye ısıtma için) temas açısının önemli derecede arttığı bulunmuştur (Podgorski et al. 2000).

Yapışma özelliklerindeki değişimler: Odunun kimyasal bileşimindeki değişimler (OH içeriğinde termal düşmeler) materyalin ıslanabilirliğini ve yüzey enerjisini düşürmüştür. Bu yüzden; polar yapıştırıcılar ya da suda çözünmeyen yapıştırıcılar

kullanıldığında zayıf bir birleşme olması doğaldır. Üstelik odun matriksinin lifleri arasında düşük yapışma hattı sağlamlaştırılırsa bile yapıştırılan materyalin başarısız olması muhtemeldir (Hill 2006). Chow (1971) fenolformaldehit (PF) ile bağlanmış kaplamaların makaslama direnci özelliklerini incelenmiş ve muamele zamanı ve sıcaklığı artarken odunda yapışmanın başarısız olma ihtimalinin arttığı ve yapışma direncinde düşüş olduğunu belirlemiştir. Chang and Keith (1978) üreformaldehit (UF) reçinesiyle kavak, kayın, akçaağaç ve karaağaç odunlarına ısıl işlem uygulayarak yapıştırmışlar ve kavak odununun diğer örneklerle göre daha iyi performans göstermesine rağmen muamele sıcaklık ve zamanı artarken yapışma hattında bir düşüş olduğunu gözlemişlerdir. Benzer sonuçlar polivinilasetat (PVAc) tutkalıyla ısıl işlem görmüş karaağaç örnekleri içinde belirlenmiştir. Fenol resorsinol formaldehit (PRF) veya PVAc yapıştırıcıları kullanılarak glulam (lamine ahşap) örnekleri test edilmiş, 5 saat 220°C’de muamele görmüş çam ve ladin odunu örneklerinden PVAc ile bağlanan örnekleri performansının ciddi oranda düşük olduğu gözlenmiştir. Fakat PRF ile bağlı örnekler iyi bir performans vermiştir (Bengtsson et al. 2003).

Şahin Kol vd. (2009 a) *Erythrophleum Ivorense* ve İroko (*Chlorophora Excelsa*) odun örneklerini 2 saat 180°C, Şahin Kol vd. (2009 b) Karaçam (*Pinus nigra*) odun örneklerini 2 saat 212°C sıcaklıkta ısıl işleme tabi tutup, Fenol Formaldehit (PF), Melamin Üre Formaldehit (MUF), Melamin Formaldehit (MF), Poliüretan (PUR) ve Üre Formaldehit (UF) tutkallarıyla lamine ederek makaslama dirençlerini belirlemişlerdir. Sonuçta ısıl işlem görmüş örneklerde ısıl işlem görmemiş örneklerden daha düşük makaslama direnci elde edilmiştir. Isıl işlemle denge rutubet miktarı ve yoğunluğun düştüğü, odunun kimyasal yapısının özellikle de hidroksil gruplarının değiştiği, dolayısıyla ısıl işlemde sonra büyük ihtimalle karbonhidrat depolimerizasyonu (özellikle hemiselüloz) nedeniyle su absorpsiyonunun azaldığı belirtilmiştir.

Renk değişimi: Isıl işlem görmüş odunda koyulaşma ısıl işlem süresi ve zamanına göre değişir. Hava ortamında gerçekleşen koyulaşma nitrojen ortamına göre daha

fazladır (Bourgois et al. 1991, Bekhta and Niemz 2003). Ekstraktiflerdeki bileşiklerin bu değişikliklerin ana sebebi olduğu görülmüştür (Sehlstedt-Perrson 2003).

Odunun ısıtılması ve kurutulması boyunca daha yoğun kızıl kahverengi renk normal olarak oluşur. Fakat bunun sebebi tam anlaşılamamıştır (Aydemir 2007).

Koku oluşumu: Degredasyon ürünlerinin çoğu, ısıtma işlemi süresince oluşur ve bunların bazıları hoş kokulu olmayabilir. Furfural gibi çoğu organik asitler ve aldehytlerin güçlü kokuya sahip olduğu bilinmektedir. Isıtma işlemi görmüş odunun hoş olmayan kokusu muameleden 2–3 hafta sonra kaybolur (McDonald et al. 2002).

Çatlaklar ve hücre boyutları: Termal muamele süresince odunda hem yüzeyde hem de uçlarda çatlak problemleri meydana gelebilmektedir, fakat modifiye olmuş odun, muamele görmemiş odunla karşılaştırıldığında hücre boyutlarında hiçbir net değişim gözlenmemiştir (Schneider 1973, Viitanen et al. 1994, Viitaniemi and Lemsa 1996, Hietala et al. 2002).

Denge rutubet miktarı (DRM) ve ısı iletkenliğindeki değişimler: 220°C gibi yüksek sıcaklıklarda ısıtma işlemi odunun denge rutubet miktarını %40–50 azaltır. Bağıl nem yüksek olduğunda odundaki rutubet miktarındaki farklılıklar daha yüksek olur. Isıtma işlemi görmüş odunun ısı iletkenliği %20–25 azalır (Güller ve Korkut 2006).

1.1.3.3 Mekanik özelliklerdeki değişimler

Eğilme direnci ve elastikiyet modülündeki değişimler: Uygulanan ısıtma işlemi kullanılan sıcaklıklara bağlı olarak eğilme direncinde %10–30 arasında kayıptan söz edilebilmektedir (Güller ve Korkut 2006). Eğilme direncinde genelde düşüş 220°C'den sonra başlamaktadır. Sonuçlar ısıtma işleminin odunun elastikiyet modülünün değişmesi üzerinde önemli olmadığını göstermiştir. Birçok çalışmada, odun termal olarak kısa zaman periyotlarında muamele edilmiş ve elastikiyet modülünde (MOE) küçük bir düşüş olduğu belirlenmiştir. MOE'deki düşüş muamele sıcaklığı ve diğer şartlara bağlı olarak değişmektedir (Aydemir 2007). Kubojima et al. (2000) çeşitli

odun örneklerini 160°C sıcaklıkta nitrojen ve hava ortamlarında çeşitli periyotlarda ısıtma işlemine tabi tutmuşlar ve MOE ile eğilme direncindeki değişimleri incelemişlerdir. MOE'deki değişimin muamele atmosferleriyle ilgili olduğu, MOE'nin kısa ısıtma periyotlarında arttığı ve ısıtma nitrojen altında yapıldığında sabit kaldığı belirlenmiştir. Fakat ısıtma hava ortamında yapıldığında MOE düşmüştür. Eğilme direnci ise ilk başta artar ve daha sonra artan sıcaklıkla düşer, bu durum hava ortamında daha fazla olmaktadır.

Vitaniemi (1997) çam odununu kısa periyotlarda 180–250°C sıcaklık altında su buharı kullanarak ısıtma işlemine tabi tutmuş ve sonuçta çam odununun eğilme direncinin kontrol örneklerine nazaran %14 oranında azaldığı belirlenmiştir. Kayın ve çam diri odunları 100, 130, 150, 180 ve 200°C sıcaklıklarda 6, 24 ve 48 saat süreyle ısıtma işlemine maruz bırakılmış ve 150°C üzerindeki sıcaklıklarda eğilme direnci ve elastikiyet modülünde ciddi bir düşüş gözlenmiştir (Schneider 1971).

Vital et al. (1983) 105–155°C sıcaklıklarda 10–160 saat arasında değişen sürelerde okaliptüs odununu muamele etmişler ve sonuçta eğilme direncinde, elastikiyet modülünde, basınç ve makaslama dirençlerinde ciddi düşüşler olduğu belirlenmiştir. Bekhta and Niemi (2003) 200°C sıcaklıkta da ısıtılan ladin odununun eğilme direncinde %50 oranında kayıp olduğunu belirlemiş ve bu durum MOE üzerinde çok az bir düşüşe sebebiyet vermiştir. Chang and Keith (1978) odun örneklerinde (karaağaç, kayın, kavak ve akçaağaç) elastikiyet modülünün termal modifikasyondan sonra ufak artışlar gösterdiğini, fakat daha aşırı muamelelerde MOE'de bir düşüş olduğunu belirlemişlerdir.

Bengtsson et al. (2003) 220°C'de higrotermal olarak muamele edilen ladin ve çam örneklerinde eğilme direncinde %50'lik bir düşüş olduğunu ve buna paralel olarak MOE'de kayıplar olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca termal olarak modifiye olmuş odunun normal oduna göre daha fazla gevrek belirtmişlerdir.

Kopma modülündeki değişimler: Ladin, çam ve huş odunlarında yoğun muamele sıcaklıkları kullanılarak yapılan çalışmalarda kopma direncinin %30–40 oranında

düştüğü ve bu düşüşün yüksek sıcaklıkta daha fazla olduğu görülmüştür. MOE'nin aksine, kısa periyotlarda ısıtılma maruz kalmış odunun kopma modülü (MOR) direncinde herhangi bir değişim gözlenmemiştir (Dinwoodie 2000). Fakat nemli şartlar altında MOR'un, muamele şartlarına bağlı olarak düştüğü belirlenmiştir (Hill 2006). Kim et al. (1998) nemli odun örneklerinin hava ortamında ısıtılması fırın kurusu odunun ısıtılmasıyla karşılaştırıldığında MOR'da ciddi bir düşüş olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, örnekler artan periyotlar süresince 120°C gibi düşük sıcaklıklarda ısıtıldığında MOR'da ciddi bir kayıp olduğu görülmüştür.

Şok direnci ve basınç direncindeki değişimler: Isıl işlem görmüş odunun şok direnci normal olarak kurutulmuş keresteden %20 kadar daha düşüktür (Güller ve Korkut 2006). Yüksek sıcaklıkta (220°C) 3 saat ısıtılma görmüş odunun şok direncinin yaklaşık %25 düştüğü belirlenmiştir (Anonymous. 2003). Isıl işlemin basınç direnci üzerine diğer direnç değerleri kadar olumsuz etkisi söz konusu değildir (Güller ve Korkut 2006).

Makaslama direnci ve yarıma direncindeki değişimler: Yüksek sıcaklıkta (>230 °C) ve uzun süreli (>4 saat) ısıtılma makaslama direncinde radyal örneklerde %25'e, teğet örneklerde %40'a varan azalmalara neden olur. Normal ısıtılma sıcaklıklarında makaslama direnci çok az düşer (Güller ve Korkut 2006). Isıl işlem sıcaklığına bağlı olarak yarıma direnci %30–40 düşer. Sıcaklık yükseldikçe düşüş artar (Güller ve Korkut 2006).

1.1.3.4 Biyolojik değişimler

Dirol and Guyonnet (1993) beyaz çürüklük mantarı *Coriolus versicolor* ve 2 tane kahverengi çürüklük yapan mantarla (*Gloeophyllum trabeum* ve *Coniophora puteana*) kavak, ladin ve duglas göknarı örnekleri kullanılarak 10 ile 20 saat 250°C'de termal olarak muamele etmişlerdir. Ayrıca, yumuşak çürüklük mantarı da (*Chaetomium globosum*) kullanılmıştır. 6 hafta sonra odunda çürüklüğe karşı yüksek bir direnç olduğu görülmüş ve kütle kaybının çok düşük seviyelerde olduğu gözlenmiştir. Troya ve Navarette (1994) 220°C ile 260°C arasında değişen sıcaklıklarda retified

yöntemiyle modifiye olmuş odunun çürüme direncini incelemişlerdir. Çalışmada örnekler *Serpula lacrymans* ile muamele edilmiştir. 5 aylık maruzdan sonra çürümeden dolayı çok düşük seviyelerde bir ağırlık kaybı olduğu ve modifiye olmuş odunun direncinin çürümeye karşı istenilen seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Fakat bu durumun düşük sıcaklıklarda modifiye edilmiş odunda çok daha düşük olduğu da belirlenmiştir. Viitanen et al. (1994) ısı işlem görmüş odunun saf kültür testlerinde *Coniophora puteana* mantarına karşı istenilen seviyelerde direnç gösterdiğini belirlemişlerdir.

Sterilize olmamış toprak testlerinde termal olarak muamele edilmiş odunun yumuşak çürüklük direnci artmıştır. Çürüme direnci termal olarak muameleyle artmasına rağmen, tamamıyla saldırılardan korumak olası değildir (Tjeerdsma et al. 1998 a)

Yapılan testler ısı işlem görmüş odunun böceklerle karşı direncinin iyi olduğunu göstermiştir. Fakat özellikle ısı işlem görmüş çam ağacının bal arılarının yumurtalarını bırakmaları için en uygun yer olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni de ısı işlem görmüş odunun terpen emülsiyonunun normal odundan daha düşük oluşudur. Aynı zamanda bu durum termitler içinde geçerli olduğundan tehlikeli bir durum arz etmektedir (Aydemir 2007). Çeşitli türlerin odun örnekleri 150°C buhar ortamında ve 150°C'de hava ortamında çeşitli periyotlar süresince *Coptotermes formosonus* ya da *Reticulitermes speratus* termit türleriyle saldırı ortamında ısı işleme tabi tutulmuştur. Buharla yapılmış olan ısı işlemin böcek saldırılarına karşı etkili olduğu görülmüş ve buna karşın hava ortamında yapılan ısı işlemin çok az etkisi olduğu belirlenmiştir (Doi et al. 1997, Doi et al. 1999).

1.2 Mobilya ve Yapı Elemanlarında Kullanılan Birleştirme Elemanları

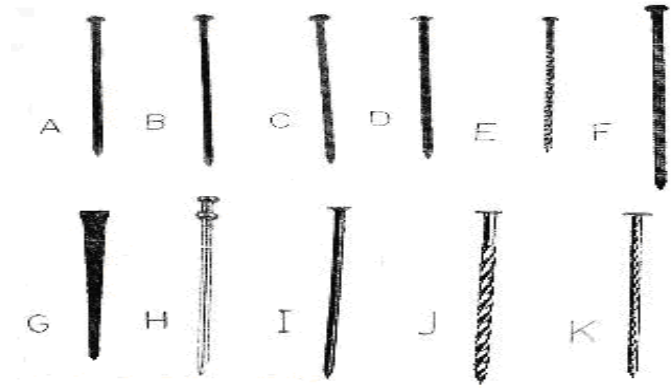
Her bir yapının dayanıklılığı ve stabilitesi, onun parçalarını bir arada tutan bağlantı elemanlarına bağlıdır. Gerek ahşap yapılarda gerekse mobilya endüstrisinde kullanılan ana malzemelerden farklı olarak metal, plastik veya bunların kombinasyonundan yararlanılmak suretiyle yapılan malzemelere de ihtiyaç duyulmaktadır (Anonymous 1974). Bağlantı elemanları ve plakalarının birçok tipi

yapısal bir üniteyi diğer bir üniteye bağlamada kullanım için uygundurlar. Bunlardan çiviler, vidalar, kare başlı vidalar, kavelalar, başsız saplama çivi ve başsız saplama civata gibi bağlantı elemanları yıllardır kullanılmıştır.

1.2.1 Çiviler

Çiviler, konstrüksiyonda çok yaygın olarak kullanılan mekanik bağlantı elemanlarıdır. Şekil 1.3’de değişik biçim ve boyutlarda çiviler görülmektedir (Faherty and Williamson 1989).

Adi tel çiviler ve sınırlama çiviler hala sık bir şekilde bağlantı elemanı olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber birçok çivi tipi Şekil 1.3’de görüldüğü gibi kaplamalı yüzeyli ve değişik biçimde geliştirilmiştir (Faherty and Williamson 1989, Malkoçoğlu 1989).



A-Adi tel çivi, B-Sandık çivi, C-Çinko kaplı, D-Çimento kaplı, E-Helisel yivli, F-Dairesel yivli, G-Kesik çivi, H-Çift başlı yapı çivisi, I-Kimyasal işlemler, J-Helisel yivli ve çentikli, K-Çentikli

Şekil 1.3 Çivi tipleri (Faherty and Williamson 1989).

Çiviler, çelik, bakır, çinko, pirinç ve alüminyum alaşımlardan yapılırlar ve yapı malzemesine, yapısına ve kullanılma amacına göre; tel çiviler, cam çivileri, döşemeci çivileri, u (çatal) çiviler ve özel çiviler adı altında çeşitlendirilirler (Doğanay 1995, Malkoçoğlu 1989). TS 155’de (Anonim 2005) çiviler; gövdelerin şekline göre; yuvarlak kesitli, kare kesitli ve burma kesitli olmak üzere üç sınıfa, yapıldıkları malzemeye göre: çelik, bakır ve bakır-çinko alaşımı olmak üzere üç sınıfa ayrılır.

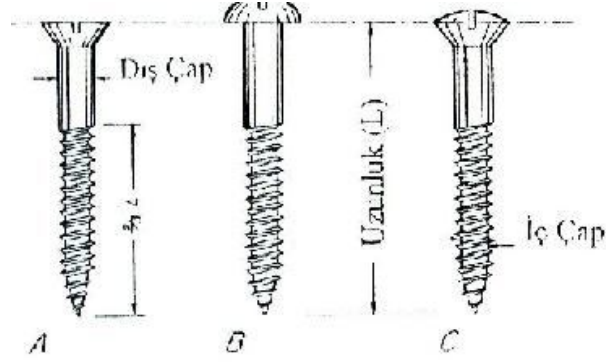
Yuvarlak kesitli çiviler; havşa başlı, düz-küçükbaşlı, düz-büyük başlı, silindir başlı, konik başlı, bombeli başlı, bombeli başlı-döşemeler için, havşa başlı-ayakkabılar için, kubbe başlı-ayakkabılar için, duvarlar için, döküm kalıpları için, başsız, başsız-ayakkabılar için, çatal ve çengel başlı olmak üzere on beş tipe; kare kesitli çiviler; çengel başlı, koni ya da piramit başlı, havşa başlı, düz başlı olmak üzere dört tipe ayrılırlar.

1.2.2 Vidalar

Vidalar, belirli bir açı altında birbirini kesen helis yüzeylerin meydana getirdiği geometrik şekil olarak tanımlanabilir (Anonim 1994). Başka bir ifade ile ahşap malzemeleri sökülüp takılabilir durumda birbirine veya diğer bir malzemeye bağlamaya yarayan ve gövdesine vida dişi açılmış bulunan eleman olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2001). Ayrıca, yüzeylere eşit adım ve aynı profilde açılan helis kanallara da vida denilmektedir (Küçük 1990).

Ağaç vidaları; genellikle çelik, pirinç veya diğer metallere, alaşımlardan yapılar veya nikel, krom, kadmiyum gibi özel yüzey işlemleriyle kaplanırlar. Ağaç vidalar malzemelerine, tiplerine, yüzey işlemine, baş şekline ve çap veya gövdenin ölçü birimine göre sınıflandırılırlar. Ahşap bağlantı elemanları ayrıca, kılavuz vidaları da içerirler. Kılavuz vidalar gövde boyunca yivlere sahiptirler ve böylece belirli özel kullanımlar için bazı yararlar sağlayabilirler (Doğanay 1995).

Mobilya ve doğrama endüstrilerinde kullanılan ağaç vidaların yaygın tipleri, düz, mercimek ve yuvarlak başlıdır. Düz başlı vida çoğunlukla düzgün yüzey istenildiğinde kullanılır. Mercimek başlı ve yuvarlak başlı vidalar dış görünüş için kullanılırlar ve yuvarlak başlı vidalar havşa yeri sakıncası olduğunda kullanılırlar. Yarık şekillerine göre düz ve yıldız yarıklı vidalar vardır (www.3Dmobilya.com, 2009). Bir vidada yivli kısmın uzunluğu yaklaşık olarak toplam vida uzunluğunun 2/3'üdür (Hoyle 1972). Genel olarak vida; baş, boyun ve dişli kısım olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır (Anonim 2001). Şekil 1.4'de TS 61-1'e göre (Anonim 1994) ahşap vida kısımları ve baş şekillerine göre tipleri görülmektedir.



A-Düz başlı, B-Yuvarlak başlı, C-Oval başlı

Şekil 1.4 Ağaç vidaların bölümleri ve baş şekillerine göre tipleri (Anonim 1994)

Ağaç vidaların birleştirme tasarımlarındaki genel işlevi çivilerle aynıdır. Fakat bazı önemli farklar vardır. Vidalar için kılavuz delikler delinmeli, vidalar döndürülerek vidalanmalı ve asla çekiç ile çakılmamalıdır. Vida yüzeyinin vaks veya sabun ile yağlanması vidalama işlemini kolaylaştırmakta ve izin verilebilen yük üzerinde çok az bir etkiye sahip olmaktadır. Özellikle yapı tasarımlarında ağaç vidaların ağaç malzeme enine kesitlerde kullanımlarındaki düzenlemelerden kaçınılmalıdır (Faherty and Williamson 1989).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Akyıldız and Ateş (2008) sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieb.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), kızılçam (*Pinus brutia* Ten.) ve karaçam (*Pinus nigra* Arnold.) odunlarının denge rutubet miktarına (DRM) ısıtma işleminin etkisini atmosferik basınç altında ve hava varlığında 3 farklı sıcaklık (130, 180 ve 230°C) ve 2 farklı zamanda (2 ve 8 saat) ısıtma işlemi uygulayarak araştırmışlardır. Sonuç olarak, 230°C’de hem 2 saat hem 8 saat ısıtma işlemi DRM’nin en düşük değerleri aldığını, diğer örneklerle karşılaştırıldığında 230°C’de 2 saat ısıtma işlemi en düşük DRM değerini %7.0 ile sapsız meşede olduğunu, en yüksek DRM değerinin ise %14.2 ile 130°C’de 8 saat ısıtma işlemi görmüş kızılçam odununda olduğunu belirtmişler. Sonuçlar ısıtma işlemi sıcaklığı ve süresi arttıkça DRM değerinin düştüğü görülmüştür.

Akyıldız et al. (2009 a) Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *nigra* var. *caramenica* (Loudon) Rehder), Akyıldız et al. (2009 b) sapsız meşeyi (*Quercus petraea* Lieb.), Ateş et al. (2009) kızılçamı (*Pinus brutia* Ten.) 3 farklı sıcaklık (130, 180 ve 230°C) ve 2 farklı sürede (2 ve 8 saat) ısıtma işlemi tabii tutmuşlardır. Örneklerin hava kurusu yoğunluğunun (D_m), tam kuru yoğunluğunun (D_0), daralmasının (β), genişlemesinin (α), denge rutubet miktarının (DRM), liflere paralel basınç direncinin ($\sigma_{c//}$), eğilme direncinin (σ_b), eğilmede elastikiyet modülünün (MOE), holoselülozlarının azaldığı; Anadolu karaçamı ve kızılçamda alkol çözünürlüğünün azaldığı, sapsız meşede arttığı; Anadolu karaçamında %1 NaOH çözünürlüğünün azaldığı, sapsız meşe ve kızılçamda arttığı; ısıtma sıcaklığı ve süresine bağlı olarak lignin içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Selülozun kristalliliğinde önemli bir değişim olmamıştır. Isıtma işlemi görmüş odunun tüm özelliklerinin 130°C’de minimum, 230°C’de maksimum derecede etkilendiği belirtilmiştir.

Alén et al. (2002) Avrupa ladini (*Picea abies* L.) odununu buhar atmosferinde 180–225°C sıcaklıklar altında 2–8 saat arasında muamele etmişlerdir. Muamele görmüş örneklerin kimyasal analizinde ısıtma süresince karbonhidratların ligninden daha fazla degrade edici reaksiyonlara maruz kaldığı belirlenmiştir.

Ayadi et al. (2003) ısıtma işlemi uygulanmış odun örneklerinin renk kararlılığını nitrojen ortamında 2 saat süreyle 240°C sıcaklıkta ısıtma işlemi uygulayarak araştırmıştır. Ladin, sahil çamı ve kavak öz odunları ısıtma muameleden sonra 835 saat boyunca UV ışınlarına (UVA-340 floresan lambalı QUV ekipmanı) maruz bırakılmıştır. Sonuçlar ısıtma işlemi görmüş odunun, ısıtma işlemi uygulanmamış oduna göre daha iyi olduğunu göstermiştir. Isıtma işlemi süresince ligninin birçok fenol monomerinde değişimlerden dolayı, serbest radikal degradasyonunun sınırlı seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu yüzden ısıtma işlemi görmüş odunun açık hava şartlarına normal odundan daha iyi direnç gösterdiği belirtilmiştir.

Aydemir (2007) atmosferik şartlar altında 3 farklı sıcaklık (170, 190 ve 210°C) ve 3 farklı zamanda (4, 8 ve 12 saat) göknar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) örneklerine ısıtma işlemi uygulamıştır. Sonuç olarak, ısıtma işleminin örneklerin fiziksel özellikleri üzerine özellikle de denge rutubeti ve renk değişimi üzerine etkisinin olumlu olduğu görülmüştür. Sıcaklık ve sürenin artmasıyla mekanik ve teknolojik özelliklerde düşüş olduğu gözlemlenmiştir.

Bekhta and Niemz (2003) yüksek sıcaklıkta ısıtma işlemiyle ladin odununun mekanik özelliklerinde düşüş olduğunu, boyutsal stabilizasyonunun arttığını ve renginin koyulaştığını belirlemişlerdir. Isıtma işlemi sıcaklığı 200°C'ye yaklaştıkça renk değişiminin arttığı ve bu renkteki koyulaşmanın 4 saat muameleden sonra daha da yoğunlaştığı belirlenmiştir. Yüksek sıcaklıkta muamele edilmiş ahşap materyalin mekanik özelliklerinden eğilme direncindeki ortalama düşüşün %44-50 arasında olduğu, elastikiyet modülünde (MOE) düşüşün %4-9 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Isıtma zamanı ve sıcaklığının renk değişimi üzerinde nispi nemden daha önemli olduğu bulunmuş ve renk değişimi, elastikiyet modülü ve eğilme direnci arasında güçlü bir bağ olduğu belirlenmiştir.

Bhuiyan et al. (2000) yüksek sıcaklıklarda fırın kurusu ve nemli odunun selüloz kristallerinin değişimini x-ray yardımıyla incelemişler. Sonuçta odun selülozunun kristalliğinin arttığı ve kristalleşmenin çoğunun yüksek nemli şartlarda kuru fırın şartlarına göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Saf selülozda, her iki şartta da aynı

oranda kristalizasyon görülmüştür. Buna karşın kristalizasyon artışının odun selülozunda, saf selülozdan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre odun selülozunun yanında diğer odun bileşenlerinin de muamele süresince kristalliklerinde artış gözlenmiştir.

Bhuiyan et al. (2001) odun selülozunun kristalliğindeki değişimleri kesintili ve kesintisiz artan sıcaklık şartları altında incelemişler ve kristallikteki değişimlerin kesintili ısı işlem muamelesinden güçlü bir şekilde etkilendiği bulunmuştur. Kesintisiz ısıtma yöntemi ve kesintili şartlarda kristallik, kristallerin genişlikleri ve piezoelektrik özelliklerinin (özellikle kristaller ve kemik gibi bazı malzemelere uygulanan mekanik basınç sonucunda, malzemenin elektrik alan ya da elektrik potansiyel yaratma yeteneğidir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrik>, 2010)) aynı olduğu görülmüştür. Fakat kesintili muamelenin termal reaksiyonları durduran kritik soğuma noktalarına sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Ayrıca, kesintili yapılan ısı muamelede odun selülozunun maksimum kristalliğe ulaşması için gereken zamanın sürekli yapılan ısıtmaya göre 2 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Boonstra and Tjeerdsma (2006) Avrupa ladini (*Picea abies* L.), Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Radiata çamı (*Pinus radiata* D.) odun örneklerini 165–185°C arasındaki sıcaklıklarda ısı işleme tabi tutmuşlar ve odunda rutubet varlığının asetil gruplarının parçalanmasıyla asetik asit oluşumunda önemli bir rolü olduğunu; suyun, karbonhidratların parçalanmasında kataliz görevi yaptığını belirlemişlerdir. Karbonhidratların parçalanmaya başlamasıyla odunun lignin içeriğinde bir artış meydana geldiği, lignin artışıdaki nedenin karbonhidratın parçalanmasıyla paralel gerçekleşen kondenzasyon reaksiyonları olduğu, bu oluşan polikondenzasyonun lignin matriksinde çapraz bağlanma oluşumuna sebebiyet verdiği belirtilmiştir. UV analizleri bu reaksiyonların, diğer aromatik yapılar ve furfural ve/veya metil furfural arasında da gerçekleştiğini göstermiştir. Ayrıca, örneklerdeki sorpsiyonun lignindeki çapraz bağlanmadan dolayı düştüğü belirtilmiştir.

Boonstra et al. (2006 a) İYA'ların; Boonstra et al. (2006 b) YA'ların anatomik yapısı üzerindeki etkisini 200°C'nin altındaki şartlarda ısı muamele sonrası ışık ve elektron

mikroskobu analizi ile araştırmışlardır. Radyal çatlakların, muamele boyunca odun yapısındaki ciddi baskılar sebebiyle olduğu belirtilmiştir. Huş ve kavaktaki radyal çatlaklar yıllık halkaların çevresinde gözlenmiştir. Isıl işlem görmüş çam türlerinin diri odunun reçine kanalları çevresinde yıllık halkalar, epitel hücreler ve paraşim hücrelerinde bazı çatlamlar görölmüştür. Buna karşın öz odunda böyle bir duruma rastlanmamıştır. Isıl işlem görmüş radiata çamında bu olayın çok net göröldüğü ve bu türün kullanılabilirliğini kısıtlayan bir faktör olduğu belirtilmiştir. Enine yönde oluşan kopmaların neden olduğu liflere dik yöndeki hücre duvarlarında çatlamlar muamele edilmiş İYA türlerinde görölmüştür. Bu durumun şok ve mekanik baskılardan sonra çatlakların belirginleştiği bununda eğilme direncinde farklı şekillerde düşmelere sebebiyet verdiği belirtilmiştir. Bazı ısıl işlem görmüş İYA türlerin maserasyonunda traheidler arasında ve YA'larda traheler arasında ufak çatlaklar görölebilmektedir. Isıl işleme öz işını paraşimlerinin hücrelerinde çatlama, sınırlı çatlaklar ve hücrede geniş çatlaklar gibi zararların oluştuğu belirlenmiş ve fibrillerin margolarında zarar görölmüştür.

Boonstra et al. (2007) yüksek sıcaklıklarda (150–280°C'lik bir bölgede) odun örnekleri muamele edildikten sonra kahverengi ve beyaz çürüklük mantarlarına maruz bırakılarak direnç araştırılmıştır. Radiata çamının ısıl işlem muamelesi *Coniophora puteana* ve *Poria placenta* gibi kahverengi çürüklüğe neden olan mantarlara karşı direncinde net bir gelişme olduğunu göstermiştir. Proses sıcaklığı ya da zamanının artması *Coniophora puteana* saldırılarına ve beyaz çürüklük mantarı *Coridus versicolor* karşı sınırlı bir direnç göstermiştir. Muamele edilmiş sarıçam öz odunu ve huş odununun *Coniophora puteana*, *Poria placenta*'ya ve beyaz çürüklük mantarı *Coridus versicolor*'a karşı yüksek bir direnç gösterdikleri belirlenmiştir. Isıl muamele süresince *Coniophora puteana* saldırılarına karşı direncin geliştiği görölmüştür. Dirençteki olumlu gelişme özellikle beyaz çürüklük mantarı *Coridus versicolor* ve *Stereum hirsutum* direncinde gözlenmiştir. Proses sıcaklığı ya da proses zamanının artmasıyla *Coridus versicolor* saldırılarına karşı direnç artışları sınırlı olduğu, ısıl işlem görmüş sarıçam ve Doğu ladininin muamelesi boyunca hemiselüloz parçalanmasından dolayı yüzeylerde oluşabilecek mantar oluşumlarına

hala şüphyle bakıldığı belirtilmiştir. Çünkü ısı işlem görmüş odun örneklerinin üzerinde mavi renklenme oluşumu gözlenmiştir.

Chow and Pickles (2003) bazı odun türlerinin termal olarak yumuşatılması ve degradasyonunu dakikada 16°C artış gösteren bir termogravimetrik analiz yardımıyla araştırmışlardır. Odunda 320°C'de başlayan yumuşamanın, kabukta 280°C'de başlayarak 380°C gibi sıcaklıklarda maksimum oranlara ulaştığı belirtilmiştir. Nem oranı arttıkça yumuşama sıcaklığının düştüğü görülmüştür. Her materyalin nem içeriği %10 daha yüksek olduğunda 160°C sıcaklıkta başlayan yumuşama oranlarının 280°C, 320°C ve 380°C'de maksimum olduğu görülmüştür. Odun ve kabukta 160°C'de yumuşamanın %30'luk sınırlarda artan nem oranı ile yükseldiği görülmüştür. 200°C'nin altında odun ve kabukta yumuşamanın bir plastikleştirici gibi hizmet veren su varlığında sadece amorf bölgelerde olduğu belirlenmiştir.

Edlund and Jermer (2004) ladin ve sarıçam odunlarını 220°C sıcaklıkta 4 saat boyunca termal olarak muamele etmişler ve 2 yıl süreyle örneklerde hiçbir çürüme veya renk değişimi görülmemiştir. Ayrıca, ahşap materyalin ıslanabilirliğinin azaldığı ve renk değişimi yapan mantarlardan daha az etkilendiği tespit edilmiştir. Termal olarak modifiye edilen odunlar bakır içerikli koruyucularla muamele edilmiş olan örneklerle göre daha iyi bir performans göstermiştir.

Esteves et al. (2007) sahil çamı ve okaliptüs odun örneklerini hava ortamında buharla birlikte otoklav içerisinde 2–12 saat ve 190–210°C sıcaklıklarda ısıyla muamele etmişlerdir. Sonuçta denge rutubet oranı çamda %46 ve okaliptüste %61 oranlarında düşmüş, boyutsal stabilizasyon yükselmiş ve yüzey ıslanabilirliği düşmüştür. Bunların yanında mekanik özelliklerden elastikiyet modülü çok az etkilenmiştir (çamda %5, okaliptüste %15 oranında düşmüştür). Fakat eğilme direncinde ciddi düşüşlerin olduğu görülmüştür (çam için kütle kaybı %8'den %40'a kadar ve okaliptüs odunu için %9'lardan %50'lere kadar yükselmektedir). Okaliptüsün ısı muameleye verdiği tepkinin iğne yapraklılara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Esteves et al. (2008) sahil çamını sıcak hava eşliğinde 2–24 saat, 170–200°C ısıtım işlemine tabi tutmuşlar ve buharla yapılan ısıtım işlemle karşılaştırmış ve %35, %65 ve %85 bağıl nemlerde denge rutubet miktarını ve boyutsal sabitliği (ASE) belirlemişlerdir. Ayrıca, elastikiyet modülünü, eğilme direncini ve ıslanabilirliği de belirlemişlerdir. Boyutsal stabilite yükselme, denge rutubet miktarında ve mekanik özelliklerde azalma olduğu belirlenmiştir. Hemiselüloz içeriğindeki %50 azalmanın eğilme direncinde aynı oranda azalmaya neden olduğu belirlenmiştir.

Feist and Sell (1987) ladin ve kayın örneklerine 175°C ve 195°C sıcaklıklar arasında ısıtım işlemi uygulamışlar ve örnekleri doğal ve yapay dış ortam koşullarına tabi tutmuşlardır. Örnekler ısıtım işleminden sonra kontrol örneğiyle karşılaştırıldığında dış ortam performanslarının daha iyi olduğu, boyutsal stabilizasyonlarının daha yüksek olduğu ve rutubet alışverişinin önemli derecede düştüğü belirlenmiştir. Bunun yanında ladin örneklerinin rutubet alışverişi ısıtım işleminden sonra önemli derecede düşmesine rağmen dış ortam performansının belli bir süre sonra kötüleştiği görülmüştür.

Gündüz et al. (2008 a), Camiyanı karaçamı (*Pinus nigra* Arn. subsp. *Pallasiana* var. *pallasiana*) odununun bazı fiziksel (tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk ve genişleme) ve mekanik özellikleri (basınç direnci ve janka sertlik) ile yüzey pürüzlülüğü üzerine ısıtım işlemin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; ısıtım işlemde uygulanan sıcaklık ve süreye bağlı olarak tüm özelliklerde bir azalmanın söz konusu olduğu, direnç değerlerindeki azalmanın yüzey pürüzlülüğü ve genişlemede meydana gelen azalmaya bağlı olarak artan boyutsal stabilite ile dengelenebileceği ve ısıtım işlem sayesinde bu türün yeni kullanım alanlarında değerlendirilebileceği vurgulanmıştır.

Gündüz et al. (2008 b) 3 farklı sıcaklık (170, 190 ve 210°C) ve sürelerde (4, 8 ve 12 saat) ısıtım işlemi uygulanmasından sonra göknar (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) odununun özgül ağırlığındaki değişimi belirlemişlerdir. Ayrıca, ısıtım işlem örneklerinin denge rutubet miktarını %35, %50, %65, %80 ve %90 bağıl nem koşullarında belirlemiş ve kontrol örnekleriyle karşılaştırmışlardır. Sonuç

olarak, sıcaklık arttıkça örneklerin ağırlık kaybı artmıştır. 210°C’de ısı işlem ile boyutsal stabilite artmış ve denge rutubet miktarı azalmıştır. Ayrıca, yüksek sıcaklıkta 12 saat işlem sonucunda özgül ağırlık belirgin şekilde azalmıştır.

Gündüz et al. (2009 a) ahlât odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisini belirlemiştir. Sonuç olarak, 160°C’de 2 saat ısı işlemle elastikiyet modülünün yaklaşık %5 arttığını, eğilme direncinin %7.42, basınç direncinin %7.55 azaldığını tespit etmişlerdir.

Gündüz et al. (2009 b) 170, 190 ve 210°C sıcaklıklarda; 4, 8 ve 12 saat ısı işlem görmüş adi gürgen (*Carpinus betulus* L.) odununun basınç direnci ve sertliği yoğunluk kaybıyla bağıntılı şekilde ısı işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça azalmıştır. Maksimum yoğunluk kaybı (%16.12) 210°C’de 12 saat ısı işlem sonucunda gözlemlenmiştir. 210°C’de 12 saat ısı işlemle basınç direnci yaklaşık olarak %30 azalmış, sertlik değerleri teğet yönde yaklaşık %55, radyal yönde yaklaşık %54 ve boyuna yönde yaklaşık %38 azalmıştır.

Hakkou et al. (2005 a) kayın odununun ısı muamele sonucu hidrofobik özelliklerini araştırmışlardır. Yapılan farklı deneyler, degradasyon reaksiyonları ve ekstraktif varlığının bu özelliklerin temelinde olmadığını göstermiştir. Isı işlem boyunca ıslanabilirlik değişiminin, ligninin olası plastikleşmesiyle ya da kalıntı suyun kaybıyla ve biyopolimerlerin düzenlenmesiyle gerçekleştiği belirlenmiştir.

Hakkou et al. (2005 b) göknar, kavak, kayın ve çam türlerini ısı işleme tabi tutmuşlardır. 100–160°C arasında değişen sıcaklıklarda ısı işleminden sonra odunun ıslanabilirliği ani bir şekilde değişmiş ve temas açısı ortalama 90°’ye ulaşmıştır. 160 ve 260°C arasındaki yüksek sıcaklıklarda muamele için, odunun 90°’de hidrofobik bir karakteristik özelliğe sahip olduğu görülmüştür. Terpenler gibi uçucu ekstraktiflerin varlığının zayıf bir kütle kaybına sebebiyet verebileceği fakat bu durumun sadece 200°C’den düşük sıcaklıklarda gözlemlendiği belirtilmiştir. Herhangi bir kütle kaybı belirlenmeden önce 100–160°C’ler arası sıcaklıklarda ıslanabilirlik

değişimleri görülmüştür. Yüksek sıcaklıklarda yapılan muamelenin odun türlerinin ıslanabilirliğini etkilemediği gözlenmiştir.

Hillis (2004) ısı işlem süresince odunun selüloz, hemiselüloz ve lignin miktarlarındaki değişim ve farklılıklar ile farklı şartlar altında oluşan degradasyon ürünlerini araştırmıştır. Doğal hemiselülozlardaki değişimlerin farklılaşan odun yapısında önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Isıl işlem sonucunda örneklerin öz odunlarının hacimlerinin, nem yüzdelerinin ve diğer özelliklerinin değiştiği belirlenmiştir.

Inari et al. (2006) kayın odununu 240°C'de muamele ederek odun yapısındaki değişimi X ışını Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) cihazıyla belirlemiştir. Sonuçlar kurutma ya da ısı işlem boyunca fırındaki ortamla temas eden materyalin yüzeylerinin güçlü bir şekilde etkilendiğini göstermiştir. O/C oranı ısı işlem uygulanmamış bir örnekte birkaç mm kalınlığında bir örnek olarak kimyasal bileşimini ölçme mantığına göre ölçülmüş ve O/C oranı 0.55'den 0.44'lere kadar ciddi bir düşüş göstermiştir. Isıl işlem ayrıca C₁ (sadece karbon ya da hidrojen atomlarına bağlı karbon atomları) karbon dağılımına bağlantılı olarak C₂ (tek karbonil olmayan oksijene bağlı karbon atomu) karbon dağılımında bir artışa sebep olmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda farklı odun örneklerinde sonuçların homojenlik gösterdiği belirlenmiştir.

Ishikawa et al. (2004) sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) odununu yüksek sıcaklıkta muamele ederek rutubet içeriğindeki değişimleri araştırmışlardır. 160°C'de ısı işleminden dolayı odunun yapısında meydana gelen kaybın önemli oranda olduğu ve bu kaybın rutubet değerlerini etkilediği belirlenmiştir. 120°C'de meydana gelen kayıpların önemsenecek derecede olmadığı görülmüştür. Isıl işlem zamanının ve kullanılan sıcaklık derecelerinin odunun denge rutubetini etkilediği de görülmüştür. Fakat bu durum buhar ortamında yapılmış ısı işlemde gözlenmemiştir. Buharla ısı işlemin yapıldığı kapalı sistemlerde ise doymuş buharın gerek odun yüzeyinde gerekse iç kısımlardaki bozulmayı artırdığı belirlenmiştir.

Jaémsaé et al. (2000) çam ve ladin odunundan yapılan levhaları buhar altında 6 saat 225°C'de muamele ederek odunun dayanıklılığını ve boyutsal kararlılığını incelemişlerdir. Bu paneller daha sonra dış ortamlarda yaygın kullanılan yüzey koruyucularla kaplanmış ve 5 yıl boyunca dış ortam şartlarına maruz bırakılmıştır. Isıl işleme tabi tutulmuş fakat yüzey koruyucuları uygulanmamış panellerin dış ortama gösterdiği direnç düşük bulunmuş ve bu odunların kahverengimsi bir hal aldıkları belirlenmiştir. Çatlama dirençleri bakımından ısıl işlem uygulanmış ahşap materyalle uygulanmamış arasında ciddi bir fark gözlenememiştir. Isıl işlem görmüş odunun dış ortam direncinin su ya da solvent bazlı boyalarla artırılabilceği belirlenmiştir.

Johansson and Morén (2006) 175 ve 200°C sıcaklıklarda 0, 1, 3 ve 10 saat huş odununu muamele etmişler, renk ve denge rutubetinin direnç özellikleriyle bir ilgisi olmadığını, şok direncinin belirlenmesi için ise elde edilen değerin çok düşük olduğu belirtmişlerdir. Eğilme direnci sonuçlarına göre 200°C'de 3 saat süren ısıl muamelede direncin maksimum oranda yani %43 düştüğü belirlenmiştir. Örneklerin renk homojenliği ölçüldüğünde ısıl işlem sonucunda elde edilen rengin örnek üzerinde homojen bir yapıda olmadığı belirlenmiştir.

Johansson (2005 a), Johansson (2005 b) kayın örneklerini atmosferik şartlar altında ısıl işleme tabi tutarak odunda iç çatlama mekanizmasını anlayabilmek ve renk ölçümleriyle odunun direnç özelliklerini tahmin edebilmek için çalışmalar yapmıştır. Sonuçlar renk ve direnç kayıpları arasındaki ilişki olmadığını göstermiştir. 50 mm veya daha fazla kalınlıktaki kayın panellerinde kütle kaybının çatlak oluşumunu artırıcı bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Buna da ısıl işlem sırasında oluşan kuruma stresinin yol açtığı ifade edilmektedir.

Kamdem et al. (2000) odunun boyutsal stabilizasyonu ile performansını geliştirmek ve hafif derecede tek basamaklı bir ısıl muamele esnasında oluşan toksik bileşiklerin varlığını belirlemek için odunu çeşitli organik çözücülerle ekstrakte etmişlerdir. Farklı poliaromatik bileşikler kadar, bazı toksik aromatik hidrokarbon türevlerinin çeşitli formları belirlenmiştir. Bu bileşiklerin varlığının, nispeten daha fazla

dayanıklılık sağlayabileceğine ve ısıtıl işlem uygulanmış odunun mantar ve diğer biyolojik saldırılara karşı daha dirençli olabileceğine karar verilmiştir. Ayrıca, diğer oluşan ve toksik olmayan bileşiklerin odunun yapısının degradasyonu, özellikle ligninin piroliziyle oluşan ürünler olduğu düşünülmüştür. Isıtıl işlem uygulanmış odunda toksik ve toksik olmayan bileşiklerin oranları ölçülmüş ve az bir oranda olduğu belirlenmiştir.

Kamdem et al. (2002) ısıtıl işlem görmüş odunda agar block ve modifiye edilmiş blok testi kullanarak çürüme dayanımı, su absorpsiyonu, eğilme direnci, lignin içeriği ve asit içeriğini incelemişlerdir. Odun örneklerinin saf bir kültür mantarıyla muamelesiyle ağırlık kaybının meydana geldiği görülmüştür. Bu ağırlık kayıpları 12 hafta boyunca yapılan testlerde 6. ya da 8. haftalar arasında görülmüştür. Testlerde *Gloeophyllum trabum*'un %11'lik ağırlık kaybına neden olduğu ve *Poria placenta* için ise %46 ağırlık kaybı olduğu görülmüştür. Isıtıl işlem uygulanmış odun örneklerinde ağırlık kaybının *Poria Placenta*'da %49.7 ve %33.9 olduğu tespit edilmiştir. *Gloeophyllum trabeum*'da bu ağırlık kaybının %11 ve %14.8 olduğu görülmüştür. Bu da ısıtıl işlem örneklerinin mantar saldırılarına dirençlerinin orta seviyede olduğunu göstermiş ve dirençteki düşüşlerden dolayı yapılarda kullanımının sınırlı olacağı belirlenmiştir.

Karakaş (2008) ahlât odununu 2 farklı sıcaklık (160, 180°C) ve 3 farklı sürede (2, 4 ve 6 saat) ısıtıl işleme tabi tutarak, %50, %65 ve %85 bağıl nem ortamlarında rutubet içeriği, parlaklık, renk değişimi ve boyutsal kararlılığını belirlemiş; mekanik özellikleri (eğilme direnci, elastikiyet modülü ve basınç direnci) ısıtıl işlem sonrası bulmuştur. Sonuçta fiziksel özelliklerde iyileşme görülürken, mekanik özelliklerde kayıp gözlenmiştir. 6 saatte mekanik özelliklerdeki düşüş, 2 ve 4 saattekine göre daha yüksek olmuştur.

Kocaeffe et al. (2006) odunun yüksek sıcaklıkta muamelesinde sıcaklık artışıyla eş zamanlı olarak oluşan kütle kaybını kapsayan 3 boyutlu ve sabit olmayan matematiksel bir model geliştirerek deney sonuçlarıyla karşılaştırıp tahminler yapmışlar. Bu modelde ısıtılma ve kütle kaybı eşitlikleri luikov yöntemiyle çözülmüş

ve odunda sıcaklık ve nem içeriği profilleri farklı ısıtma oranları için zaman fonksiyonu olarak tahmin edilmiştir. Örnekler, termogravimetrik bir sistem kullanılarak yüksek sıcaklıkta ısıtılmış ve örneklerdeki yoğunluk kaybı ve sıcaklık dağılımı deney boyunca izlenerek kaydedilmiştir. Değişken özelliklerde kullanılan modelle odunun sıcaklık ve nem içeriği, deney verilerinde olduğu gibi sabit özellikleri kullanılarak aynı modelde tahmin edilenlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda lif doygunluk oranının (LDN) yaklaşık olarak %30 olduğu yerlerde başarılı bir ısıtım işlemi gerçekleştiği, %30'un üzerinde bu yöntemdeki eşitliklerin yeterli olamadığı belirlenmiştir. Bu yüzden serbest suyun buharlaşmasının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Korkut (2008) Uludağ göknarının (*Abies bornmuellerinana* Mattf.) bazı mekanik özellikleri (basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, janka sertlik ve çekme direnci) üzerine ısıtım işleminin etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda; ısıtım işleminin, odunun mekanik özelliklerini istatistikî olarak anlamlı bir şekilde düşürdüğu belirlenmiştir.

Korkut and Bektaş (2008) Uludağ göknarı (*Abies bornmuellerinana* Mattf.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Korkut ve Güller (2008) akçaağaç (*Acer trautvetteri* Medw.) odununun bazı fiziksel özellikleri üzerine ısıtım işleminin etkisini araştırmışlardır. Isıtım işlemi sıcaklık ve süresine bağlı olarak fiziksel özelliklerden genişlemenin azaldığını ve bu sonucun boyutsal stabilizasyon için önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Korkut et al. (2008 a) akçaağaç (*Acer trautvetteri* Medw.) odununun bazı mekanik özellikleri üzerine ısıtım işleminin etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda; en fazla azalmanın radyal ve teğet sertlik değerleri ile liflere dik çekme direncinde 180°C'de 10 saat ısıtım işlemi uygulaması neticesinde elde edildiği ve stabilite gerektiren pencere doğramalarında kullanılacak ağaç malzemenin ısıtım işleme tabi tutulmasının faydalı olacağı ifade edilmiştir.

Korkut et al. (2008 b) sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun bazı mekanik özellikleri (eğilmede elastikiyet modülü, janka sertlik, şok direnci, liflere dik çekme direnci, basınç direnci ve eğilme direnci) üzerine, ısıtıl işlemin etkilerini belirlemişlerdir. 2, 6 ve 10 saat süre ile 120, 150 ve 180°C sıcaklıkta ısıtıl işlem uygulanmıştır. Çalışma sonucunda; en az direnç kaybının 120°C’de 2 saat ısıtıl işlem uygulaması ile en fazla direnç kaybının ise 180°C’de 10 saat ısıtıl işlem uygulaması neticesinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Uygulanan sıcaklık ve sürenin artışı ile direnç değerlerinin düştüğü görülmüştür.

Korkut et al. (2008 c) Türk fıncığı (*Corylus colurna* L.) odununun ve Korkut et al. (2009) gürgen yapraklı kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) odununun yüzey pürüzlülüğü ve fiziksel özelliklerine ısıtıl işlemin etkisini araştırmışlardır. Örneklerin yüzey karakteristiklerine ısıtıl işlemin etkisini belirlemede dört temel yüzey parametresi kullanılmıştır. Bunlar; profilin ortalama sapması (Ra), ortalama yükseklik (Rz), pürüzlülük ortalamasının karekökü (Rq) ve maksimum pürüzlülüktür (Ry). Sonuçlar ısıtıl işlem süresi ve sıcaklığı arttıkça fırın kurusu yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, şişme, liflere paralel basınç direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, janka sertlik (liflere paralel, dik ve enine yönde), şok direnci, liflere dik gerilme direnci ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığını göstermiştir.

Kubojima et al. (2000) sitka ladinini nitrojen gazında ve hava ortamında 160°C sıcaklıkta 0.5–16 saat arasında muamele ederek statik young (elastisite) modülü, statik eğilme, kopma için gereken iş ve şok direnci esnasında emilen enerjiyi hesaplamışlardır. Statik young modülü, eğilme direnci ve şok direnci ısıtıl işlemin başlarında artmasına rağmen daha sonra düşmüştür. Ayrıca, düşüşün hava ortamında nitrojende olduğundan daha fazla olduğu belirlenmiştir. ısıtıl işlem süresi artarken kopma için gereken iş sürekli bir azalma göstermiştir. Nitrojen ortamında ise havada olduğundan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bununda ısıtıl işlem görmüş odunun, ısıtıl işlem uygulanmamış oduna göre statik eğilme de daha gevrek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kopma için gerekli işin azalmasına katkı sağlayan ana faktörün viskozite ve plastiklik olduğu ve elastikliğin bir katkısının olmadığı görülmüştür.

Leijten (2004) *Angelim vermelho*, duglas göknarı, dişbudak ve melez örneklerini 3 farklı sıcaklıkta muamele ederek 7 m/s'lik bir ön yükleme ile şok dirençlerini ölçmüşlerdir. Bu ölçüm yapılırken yüksek hızda çekim yapabilen bir kamera kusur oluşumunun izlenmesinde kullanılmıştır. Bilgisayar simülasyonları sayesinde kusur oluşum zamanı belirlenmiştir. Sonuç olarak, bazı örneklerin eğilme dirençleri çok düşük olmamasına rağmen bazılarının dramatik boyutlarda olduğu görülmüştür. Bu durum da şok direncinin odun türüne ve cinsine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir.

Leithoff and Peek (2001) Avrupa'da yetişen bambu (*Phyllostachys viridiglaucescens*) ve Asya'da yetişen bambuya (*Phyllostachys pubescens*) 200°C sıcaklıkta ısıtılarak mekanik özelliklerin değişimi (eğilme direnci, elastikiyet modülü ve şok direnci) ve mantar testleriyle *Caniophora puteana*, *Coriolus versicolor* ve *Schizophyllum commune* ile muamele edilerek dirençleri belirlenmiştir. Çürüklük saldırılarına karşı olduğu kadar *Basidiomycetes*'lere karşı iyi bir direnç gösterdiği belirlenmiştir ve bu direnci kazanması için 220°C 2 saat süreyle ısıtılmasının yeterli olacağı belirlenmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmalarda yumuşak çürüklük kadar *Caniophora Puteana*'ya da yüksek direnç gösterdiği belirlenmiştir. Eğilme direncinde ve şok direncinde ciddi düşüşler olmasına rağmen elastikiyet modülünde (MOE) neredeyse hiçbir düşüşe rastlanmamıştır. Bu düşüşün de muamele sıcaklığı ve muamele zamanına bağlı olduğu tahmin edilmektedir.

Militz (2002) farklı ısıtılma proseslerini; odunun fiziksel özellikleri, mekanik özellikleri, biyolojik olarak performansı ve hücre duvarı polimerlerinin kimyasal dönüşümünü incelemiştir. Odunun direnci, odun türü ve muamele şartlarına bağlı olarak kısmen değişmiştir. Şok direncinin tüm ısıtılma muamelelerinde en çok düşüş gösteren özellik olduğu belirlenmiştir. Yapısı değişen odunun rutubet alışverişinin düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. Isıtılma görmüş odunun histerez eğrisinin ısıtılma görmemiş olanından daha düşük seviyelerde olması rutubet alışverişi üzerinde ısıtılmanın güçlü etkisinin olmasıyla ilişkilendirilmiştir.

Nuopponen (2005) sarıçam odununda Fourier Kızılötesi Dönüşüm (FTIR) ve UV-Raman spektroskopisiyle termal olarak değişimleri incelemiştir. Odunun yapısının

200°C'nin altındaki sıcaklıklarda modifiye olduğu görülmüştür. Bu modifikasyonda odun reçine bileşenlerinin parçalanması ya da uzaklaşması kadar hemiselülozun parçalanması, ligninin kondenzasyonu ve depolimerizasyon reaksiyonlarının da etkisinin olduğu belirtilmiştir. UV Raman spektroskopisi ve FTIR verileri, ısıl olarak muamele edilen odunun mantar saldırıları ve zararlılarına karşı direncinin arttığını göstermiştir. Isıl işlem görmüş odunun yüzeyinde ligninin yapısının muamele görmemiş odundan daha az zayıf, ısıl işlem görmüş odunun daha düşük denge rutubetine ve şişmeye sahip olduğu ayrıca, mantar ve dış ortama karşı direncinin arttığı belirtilmiştir. Isıl işlem görmüş odunun lignininin modifiye olmuş yapısının, doğal ortam muamelesi süresince ligninin degradasyon reaksiyonlarına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Obataya et al. (2006 a) Japon sedir ağaçlarının rutubet alışverişi üzerine 120°C'de muamelenin etkisini araştırmışlar ve 90°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ağırlık kaybının meydana geldiğini belirlemişlerdir. Buharlanmanın etkisinin aynı ısıtma sıcaklıklarında kuru ısıtmadan daha büyük olduğu gözlenmiştir. Suda ekstraksiyondan sonra buharlanmış odunda suda çözünen parçalanmış kalıntılardan dolayı kütle kayıplarında artış görülmüştür. Isıtılan odunun kütesinin, ağırlık kaybının artışıyla düştüğü ve böyle bir ilişkinin sudaki ekstraksiyondan sonra daha da belirgin hale geldiği belirlenmiştir. Sonuçlar iç bölgelerdeki termal parçalanmanın dış kısımlardaki parçalanmalardan daha fazla olduğunu göstermiştir.

Obataya et al. (2006 b) Japon sedir ağaçlarını 80, 100 ve 120°C'de 14 gün boyunca buharlamışlardır. Yüksek sıcaklıklarda uzun süreli buharlama ile denge rutubet miktarı, eğilme direnci ve kırılma gerilmesinde önemli bir azalma, liflere paralel elastikiyet modülünde ise 100°C'de 1–4 gün, 120°C'de 1–2 gün buharlama ile önce artış daha sonra azalma görülmüştür. Öz odun sertliğinde önemli bir artış olmadığı halde hidroskopluktaki azalmaya diri odunun liflere paralel elastikiyet modülündeki az bir artışın neden olduğu belirtilmiştir. Denge rutubet miktarı %8'in üzerinde iken liflere paralel elastikiyet modülü ve eğilme direncinde az bir azalma; %8'den azken mekanik özelliklerde belirgin bir azalma görülmüştür. Ayrıca, denge rutubet miktarı azaldığında kırılma gerilmesi de denge rutubet miktarıyla hemen hemen doğru

orantılı bir şekilde azalmıştır. Sonuç olarak yüksek sıcaklıkta buharlama ile odunun mekanik performansında meydana gelen degradasyonun ölçümünün rutubet alışverişinin ölçümüne imkân verdiği belirtilmiştir.

Özçiftçi vd. (2009) sarıçam odununu (*Pinus sylvestris* L.) 4, 6 ve 8 saat süre ile 150, 170 ve 190°C sıcaklıkta ısıtılma tabii tutmuşlardır. Test sonuçlarına göre ısıtılma işlemi sarıçamın eğilmede elastikiyet modülü ve eğilme direnci değerlerini düşürürken, basınç direnci değerini arttırdığı görülmüştür. En fazla etkilenen direncin eğilme direnci olduğu, sarıçamın renginde koyulaşma olduğu, hacimsel şişmenin yaklaşık %50 azaldığı belirtilmiştir. Isıtılma işleminin sıcaklığı ve uygulama süresi arttıkça, tüm bu özelliklerdeki değişim miktarı da artmıştır.

Persson (2005) 100°C'nin üzerindeki ısıtılma işlemi ile düşük sıcaklıklarda yapılmış olan ısıtılma işlemi arasında lifler yönünde makaslama direncinin düştüğünü; yüzey sertliği, çatlama direnci ya da yüzey pürüzlülüğü değerlerinde çok fazla bir düşüş olmadığını belirtmiştir. Yüksek sıcaklığa maruz kalmış odunun rutubet alışverişinde bir düşüşün olduğu gözlenmiştir. Isıtılma işlemi sıcaklığı yükseldikçe denge rutubetinin de düşeceği ifade edilmiştir. Kurutulmuş odunun kuruma eğrisi yeni kesilmiş bir odunla karşılaştırıldığında başlangıç kuruma eğrisinde denge rutubetinin daha düşük olduğu görülmüştür. Isıtılma işlemi sonunda fark edilir renk değişimi çam ve ladinin öz odunlarında gözlenmiş, çam öz odununun renk değişiminin 70°C'den sonra hızla arttığı gözlenmiştir.

Poncsak et al. (2006) maksimum ısıtılma sıcaklığının, ısıtılma oranının ve gaz rutubetinin sabit tutulmasının huş odununun mekanik özellikleri üzerindeki etkisini termogravimetrik analiz cihazı kullanarak araştırmışlardır. Düşük ısıtılma oranlarında örneklerin kütle kaybının düşük olduğu, yüksek ısıtılma oranlarında ise kütle kaybı ciddi olarak arttığı belirlenmiştir. Nem içeriğinin ısıtılma muamele boyunca hücre duvarı polimerlerinin degradasyonu için olumlu etkide bulunduğu belirlenmiştir. Sıcaklık-zaman eğrisi huşta ekzotermik reaksiyonların 150–160°C arasında gerçekleşmeye başladığını göstermiştir. Bu sıcaklıkların altında sadece ekstraktifler ve nemi buharlaştığı belirlenmiştir. Bu ekzotermik reaksiyonlardan dolayı ortamdaki gaz

sıcaklıklarının 170°C'yi aştığı belirlenmiştir. Örneklerde ekzotermik reaksiyonlar 170°C sıcaklıklarda başlamasına rağmen ciddi kütle kayıplarının ancak 200°C sıcaklıklarda başladığı, bu sıcaklıklarda meydana gelen kütle kaybının da örneklerin ciddi oranlarda direnç kaybı göstermesine sebebiyet verdiği belirtilmiştir. Kopma modülü (MOR) ve eğilme direnci gibi mekanik özellikler özellikle 200°C sıcaklıklar da ciddi oranlarda düşüş göstermektedir. Gaz atmosferinde (%0 bağıl nem) örneklerin eğilme özelliklerini düşüren çatlak oluşumunun arttığı belirtilmiştir.

Repellin and Guyonnet (2005) kayın örnekleri kullanılarak, şişme özellikleri farklı, doğal ve ısı işlem görmüş odunun lif doygunluğu noktasını (LDN) tarama kalorimetresi (DSC) ile belirlemişlerdir. Termal muameleyle yüksek sıcaklıkta odunun çalışmasında ve direncinde meydana gelen düşüslere hemiselülozun parçalanmasının sebebiyet verdiği belirlenmiştir. Isıl işlem süresince meydana gelen hemiselüloz parçalanmalarının ve ligninin kimyasal bozunmasının odunun sorpsiyon davranışında önemli değişimlere neden olduğu belirlenmiştir.

Rousset et al. (2004) 200°C'lik bir ısı muameleden önce ve sonra kavak odununun higroskopik alandaki hava geçirgenliğini araştırmışlardır. Beklenildiği gibi radyal yönde önemli bir değişim meydana gelmiştir (öz odundan diri oduna). Isıl işlem, hava geçirgenliğine etkisi olmadan kütle kaybının düşmesine katkıda bulunmuştur. Çatlak oluşumunu artırmadan iyi bir kuruma sağlamıştır. Ayrıca, ısı işlem süresince hidrofilik bileşenlerin degradasyonundan dolayı hücre duvarında bulunan bağlı suyun hareketini kısıtlamış ve miktarın düşmesine katkısı olmuştur.

Santos (2000) okaliptüs odunu üzerinde %25'lik su itici etkinlik (ASE) değeri ve 180°C sıcaklıklarda 3 saat ısı işlemin etkisini araştırmıştır. Isıl muamelenin, odun direncini ciddi olarak etkilediği belirlenmiştir. Muamele edilmiş odunun çekme direnci %26 oranlarında düşmesine rağmen, elastikiyet modülü (MOE) değerlerinin normal odunun değerlerinden daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Sefil (2010) Doğu kayını ve Uludağ göknarı odunlarını beş farklı sıcaklıkta (170, 180, 190, 200 ve 212°C) ve iki saat süreyle ThermoWood yöntemiyle ısı işleme tabi

tutmuştur. Sonuç olarak; sıcaklığa bağlı olarak ağırlık kaybının arttığı, ısı işlem uygulamasının fiziksel özellikler üzerindeki etkisinin genel olarak olumlu yönde olduğu, ısı işlem sıcaklığının artmasıyla birlikte denge rutubet miktarının azaldığı, boyutsal stabilizasyon önemli oranda arttığı, odunların ısı yalıtkanlık değerlerinin arttığı, toplam renk homojen bir şekilde koyulaştığı belirtilmiştir. Mekanik özelliklerden eğilme direncinde ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak düşüş olduğu, elastikiyet modülünde çok az bir artış olduğu ve liflere paralel basınç direncinin artış gösterdiği belirtilmiştir. Aşınma direncinde ise ısı işlem sıcaklığının artmasına paralel olarak önemli oranlarda düşüş olduğu, ısı işlem sıcaklığının odun türleri üzerine etkisi incelendiğinde kayın odunu özelliklerinin göknar odunu özelliklerine göre daha yüksek oranlarda değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Sundqvist (2004 a) huş odununda ısı işlem boyunca formik asit ve asetik asit oluşumunu (ağırlığına göre %7.2) ve renk değişimini 160–200°C arasındaki sıcaklıklar kullanılarak otoklavda belirlemiştir. Asidik pH şartlarında ve ticari olarak ısı işlem uygulanmış huş odunu ile laboratuvar şartlarında ısı işlem uygulanmış huş odunu ortalama molekül boyutunun muamele edilmemiş huşa göre %42–53 düştüğü bulunmuştur.

Sundqvist (2004 b) ısı işlem görmüş odunun renk kararlılığı ve kapilar fazda ısı işlem uygulanmış örneklerin renk değişimlerini belirlemiştir. Deneysel sonucunda ısı işlem görmüş odunun renk kararlılığı, ilk 4 saat dışında ısı işlem uygulanmamış odunun kararlılığıyla karşılaştırıldığı zaman 100 saat maruz boyunca daha iyi olduğu görülmüştür. Huş örneklerindeki renk değişimi, çam ve ladinin ısı işlem görmüş örneklerinden daha fazladır. Bunun nedeninin yüksek sıcaklıklar ve daha uzun UV–ışığı maruzunun renk tepkisinin olabileceği düşünülmüştür.

Sundqvist et al. (2006) 160–200°C sıcaklıkta huşun ısı işlem boyunca asetik asit, formik asit ve benzil ester oluşumunu gaz kromatografisiyle araştırmışlardır. Hidrotermal işlem süresince odunda kendiliğinden oluşan formik asit ve asetik asidin yüksek konsantrasyonda olduğu bulunmuştur. Asit konsantrasyonunun hem ısı işlem süresi hem de sıcaklık artışıyla yükseldiği ifade edilmiştir. 180°C’de asetik asit ve

formik asit oluşumunun maksimum seviyede olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada kullanılan sıcaklıklarda 4 saat boyunca ısı işlem muamelesi sonucu kuru odun ağırlığına göre %1.1–7.2 kütle kaybı görülmüştür. Isıl işlem görmüş odun materyalinin mekanik özellikleri de belirlenmiştir. Yüksek konsantrasyonda asit bulunan deneylerde aşırı kütle kaybı ve mekanik direnç kaybı görülmüştür. Muamele edilmiş huş odununda direnç kayıplarının ciddi seviyelerde olmaması için muamele sıcaklığının 180–200°C arasında ve kısa zaman periyotlarında olması gerektiği belirtilmiştir.

Tjeerdsma et al. (1998 b) boyutsal stabiliteyi ve rutubet alışverişini yumuşak termal muamelelerle araştırmışlardır. Boyutsal stabilitedeki gelişim ve odunun rutubet alışverişinin azalmasıyla çapraz bağlanmada artış olduğu görülmüştür.

Tjeerdsma and Militz (2005) kayın ve çam odunlarını ısı işlemine tabi tutup Fourier Kızılötesi Dönüşüm (FTIR) spektroskopunda analiz etmişlerdir. Hemiselülozun asetil gruplarının parçalanmasının nemli şartlar ve artan sıcaklıklar altında ilk muamele basamağında gerçekleştiği, asetik gruplarının çoğunun yüksek sıcaklıklarda odunun muamelesi boyunca çatladığı belirlenirken, buna karşın bölgesel deasetilasyonun yüksek muamele sıcaklıklarında olduğu bulunmuştur. Lignin kompleksinde oluşan esterlerin yeni karboksil grupları oluşturduğu ısı işlem görmüş odunda belirlenmiştir. Esterleşmenin odununun rutubet alışverişinde düşüşe katkısının bulunduğu ve boyutsal stabilizasyon ve direnç gelişiminde rol oynadığı belirlenmiştir. Fakat higrotermal muamele işleminde rutubet alışverişinin düşüşünde esterleşmenin rolünün, odunun ısı işlemi boyunca olduğu bilinen çapraz bağlanma reaksiyonlarının etkisiyle karşılaştırıldığında çok önemsiz seviyelerde kaldığı görülmüştür.

Ünsal and Ayrılmış (2005) termal olarak modifiye edilmiş okalıptüs odununun hava kurusu yoğunluğu, yüzey pürüzlüğü (ortalama pürüzlük) ve liflere paralel basınç direnci üzerinde ısı işlemin etkisini araştırmışlardır. Isıl işlem sıcaklığı ve muamele süresi artması ile yoğunluk, basınç direnci ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin düştüğü gözlenmiştir.

Ünsal et al. (2003) ısı muamele görmüş okaliptüs odununun renk değişimi ile fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Isıl işlem ile odun örneklerinin renkleri koyulaşırken, ısı işlem sıcaklığı ve şartları artırıldıkça yoğunluk, şişme ve sertlikte düşüş olduğu belirlenmiştir.

Vernois (2000) farklı atmosfer şartlarında odunun boyutsal kararlılığını ve lignoselülozik materyallerin rutubet absorpsiyonunun sınırlarını belirlemek için odun örneklerine 180°C'den 250°C'ye kadar ısı işlem uygulamıştır. Yüksek sıcaklıkta ısı işlem gerçekleşirken rutubet absorpsiyonunun kinetiğinde ve muameleden sonra hacmin azalmasıyla modifiye olan ahşap materyalin mekanik özelliklerinde de ciddi oranlarda düşüş gözlenmiştir.

Yıldız (2002 b) Doğu kayını ve Doğu ladini odunlarını atmosferik şartlarda 2, 6 ve 10 saat 130, 150, 180 ve 200°C sıcaklıklarda ısıleme tabi tutmuştur. Sonuçlar fiziksel özelliklerden boyutsal stabilizasyonda ısı işlemin memnuniyet verici olduğunu göstermiştir. Mekanik ve teknolojik özellik değerlerinde genellikle maruz olunan şartların ve sıcaklığın ağırlaştırılmasıyla bir düşüş olduğu görülmüştür. Holoselülozların ısı işlem süresince en çok degrade olan bileşen olduğu belirlenmiştir.

Yıldız ve Gümüşkaya (2007) ladin (*Picea orientalis*) ve kayın (*Fagus orientalis*) odun örneklerine 3 farklı sıcaklık derecesinde (150, 180 ve 200°C), 2 farklı zaman diliminde (6 ve 10 saat) ve atmosferik basınç altında ısı işlem uygulamışlardır. Odun numunelerindeki selüloz kristalinin termal modifikasyonlarla birlikte arttığı belirlenmiş, selüloz kristalindeki değişimin yalnızca sıcaklığa bağlı değil termal modifikasyondaki uygulanan süreye de bağlı olduğu belirlenmiştir. Termal modifikasyondan sonra ladin odunundaki selülozun kristal yapısının kayın odunundakilere göre daha fazla etkilendiği tespit edilmiştir.

Açıkel (2007) sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky); sapsız meşe (*Quercus petraea* Lipsky) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) odunlarını boraks, borik asit, boraks+borik asit, imersol-aqua ve timbercare-aqua emprenye maddeleri ile

emprenye ederek iki farklı çapta (3.5x50 mm ve 4x50 mm) vida ile vida çekme deneyine tabi tutmuştur. Sonuç olarak, vida çekme direnci ağaç türü bakımından en yüksek meşede (41.41 N/mm²), en düşük sarıçamda (27.81 N/mm²); emprenye maddeleri bakımından en yüksek borik asitte (36.80 N/mm²), en düşük imersol-aqua ile uzun süreli emprenyede (35.52 N/mm²); vida çapı bakımından en yüksek 3.5x50 mm'de (37.21 N/mm²), en düşük 4x50 mm'de (34.99 N/mm²) ve vidalama yönü bakımından en yüksek yüzeyde (42.01 N/mm²), en düşük maktada (31.77 N/mm²) elde edilmiştir. Ağaç türü, emprenye maddeleri, vida çapı ve bağlantı yönü etkileşimine göre en yüksek boraksla emprenye edilmiş meşede yüzeyde 3.5x50 mm vida kullanılmasıyla (57.14 N/mm²), en düşük imersol-aqua ile uzun süreli emprenye edilmiş çamda maktada 3.5x50 mm vida kullanılmasıyla (22.56 N/mm²) elde edilmiştir. Buna göre emprenye işleminin vida çekme direncini arttırdığı belirtilmiştir.

Akyıldız (1999) Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), sakallı kızılbaş (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey) Yalt.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarının çivi ve vida tutma direnç değerlerini araştırmıştır. Deney sonuçlarına göre; çivi tutma direnci %30 rutubette %12'den daha yüksek değerler verdiği belirtilmiştir. Türlerde ise; Doğu kayınının en yüksek çivi tutma direncine sahip olduğu, Anadolu kestanesi, sakallı kızılbaş ve Doğu ladininin onu izlediği, en düşük çivi tutma direncinin ise sarıçamda olduğu belirtilmiştir. Vida tutma direncinin en yüksek %12 rutubet değerinde elde edildiği belirtilmiştir. Türlerde ise; en yüksek vida tutma direncinin Doğu kayınında elde edildiği, onu sırasıyla sakallı kızılbaş, Anadolu kestanesi ve sarıçamın izlediği, en düşük vida tutma direncinin ise Doğu ladininde elde edildiği belirtilmiştir.

Aytekin (2008) göknar (*Abies nordmanniana*), meşe (*Quercus robur* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) odunlarının çivi ve vida tutma dirençlerini belirlemek ve karşılaştırmak amacıyla 2.5 mm çap ve 50 mm. boyunda adi çiviler ile akıllı (4x50 mm), geleneksel (4x50 mm) ve yivli (4x45 mm) olmak üzere 3 çeşit vida kullanmıştır. Maksimum vida tutma direnci yivli vida kullanılan

fıstık çamında bulunmuştur. Fıstık amı ve meşenin vida tutma direnç değerleri arasında önemli bir fark bulunamamıştır. Geleneksel vidada maksimum vida tutma direnci meşede ve daha sonra sırasıyla fıstık çamı, karaçam ve göknarda bulunmuştur. Akıllı vida da ise maksimum vida tutma direnci meşede ve daha sonra sırasıyla fıstık çamı, karaçam ve göknarda bulunmuştur. Meşe odununun çivi tutma direncinin iğne yapraklı ağaçlardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. ivi tutma direnci boyuna yönde, radyal ve teğet yöne göre daha düşük bulunmuştur.

Bacher (1964) %60 rutubet miktarına sahip oduna çiviler akmış ve rutubet miktarı %60'dan %0'a gelene kadarki kuruma süresi boyunca aralıklarla çivi tutma direncini ölçmüştür. Sonuç olarak; odun rutubet miktarı lif doygunluk noktası altına düştüğünde çivi tutma direncinde belirgin bir azalmanın olduğunu belirlemiştir.

Broker and Krause (1991) 3 tabakalı yonga levha ile Norveç'te yetişen Avrupa ladini (*Picea abies*) ve Avrupa kayınının (*Fagus sylvatica*) odunlarında 9 vida tipinde statik ve dinamik vida tutma deneyleri sonucunda; vida tutma direnci değerinin vida uzunluğu ve çapı ile doğru orantılı olduğunu saptamışlardır.

Bues et al. (1987) aralama kesimlerinden elde edilen am odunlarının çivi tutma dirençlerini ölçmüştür. Ayrıca, 2 mm çapındaki çivi deliklerine (3x35 mm) llerinde, 20 mm yiv uzunluğu, 1.8 mm diş adımı ve 60° diş açısına sahip vidalar vidalanmış, örnekler iklimlendirildikten sonra radyal ve teğet yönde vida ve çivi tutma dirençleri 50 N/sn ile lmlştr. Sonuç olarak; 0.50 g/cm³ orta özgül ağırlıkta, %12 rutubet miktarında ortalama çivi tutma direnci değerlerini radyal yönde 1.27 KN, teğet yönde 1.06 KN olarak; vida tutma direnci değerlerini ise radyal yönde 1.48 KN, teğet yönde ise 1.42 KN olarak saptamışlardır. Vidaların vida tutma direnç değerleri çivilere göre radyal yönde %16, teğet yönde %34 daha yüksek olarak belirlemiştir. Yaz odunu katılım oranı fazla dolayısı ile özgül ağırlığı yüksek, dar yıllık halkalara sahip odunlarda vidaların radyal veya teğet yönde vidalanmasında vida tutma değeri bakımından odunun gösterdiği direnç farklılığının önemli olmadığını belirtmişlerdir.

Doğanay (1995) mobilya üretiminde kullanılan yonga levha, Orta Yoğunlukta Lif Levha (MDF), werzalit ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* spp) odunu üzerinde, yaygın kullanılan 3 tip vida örneği (17x17, 18x25 ve 20x30 numaralı) ile yüzeye paralel ve dik yönde vida tutma direncini belirlemek için deneyler yapmıştır. Deneyler sonucunda; vida tutma direnci açısından en etkili malzemenin her iki yönde de Doğu kayını odunu olduğunu bunu werzalit, MDF ve yonga levhanın izlediğini belirtmiştir.

Efe ve İmirzi (2007) masif ağaç malzemelerden, sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) ve Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), kompozit ağaç malzemelerden ise yonga levha, kaplamalı yonga levha, yönlendirilmiş yonga levha (OSB), kalıplanmış yonga levha (werzalit), sentetik reçinelerle kaplanmış yonga levha (suntalam), orta yoğunlukta lif levha (MDF) ve okume (*Aucoumea klaineana*) kontrplak; mekanik bağlantı elemanlarından, eksantrik bağlantı elemanı (blum), trapez, minifix, yıldız ve alyan başlı vidalar ve ağaç kavela kullanılarak birleştirme örnekleri hazırlamıştır. Yıldız vida tutma mukavemeti en yüksek Doğu kayınında bunu sırasıyla werzalit, kontrplak, MDF, suntalam, OSB, yonga levha, sarıçam ve kaplamalı yonga levha izlemiştir. Alyan vidalı birleştirmelerde ise vida tutma direnci ortalamaları yine Doğu kayınında en yüksek 2456 N, bunu sırasıyla werzalit 2399 N, kontrplak 2079 N, OSB 1482 N, MDF 1297 N, suntalam 1246 N, sarıçam 1055 N, yonga levha 802 N ve kaplamalı yonga levha 731 N izlemiştir.

Ferah (1991) 7 ağaç (kızılçam, Lübnan sediri, Uludağ göknarı, sapsız meşe, sarıçam, karaçam ve Doğu kayını) türünde teğet, radyal ve enine kesitte, iki farklı rutubet miktarında (%12 ile %30) çivi tutma; teğet yüzeyde de vida tutma dirençlerini belirlemiştir. Sonuç olarak; sapsız meşenin en yüksek vida tutma değerine sahip olduğunu, bunu Doğu kayını, kızılçam, karaçam, Lübnan sediri ve sarıçamın takip ettiğini, en düşük vida tutma değerine ise Uludağ göknarının sahip olduğunu; çivi tutma özelliği yönünden ise en yüksek değerin sapsız meşede elde edildiğini bunu Doğu kayını, Lübnan sediri, kızılçam, karaçam ve sarıçamın izlediğini, en düşük değerin ise Uludağ göknarında elde edildiğini belirtmiştir.

Helinska-Raczkowska (1993) sarıçam diri odununda çivi tutma direncinin öz odundaki tutma direncinden, liflere dik yönde yaklaşık %30, liflere paralel yönde yaklaşık %10 daha düşük olduğunu belirlemiştir. Çivi tutma direnci ile özgül ağırlık arasında doğrusal bir ilişki olduğunu; liflere dik yönde çivi tutma direncinin aynı özgül ağırlıktaki genç odunda olgun odundaki çivi tutma direncinden daha düşük olduğunu saptamıştır.

Kanamori et al. (1977) jezo ladini (*Picea jezoensis*), Japon melezi (*Larix leptolepis*) ve *Quercus crispula* türlerine ait kurutulmuş odun örneklerine çaktıkları çivilerin tutma dirençlerini rutubet alma ve verme dönemleri boyunca 5 farklı zamanda ölçmüşler; dairesel yivli çivilerin (maksimum. 2.9 mm çapında) çivi tutma direncinin işlem boyunca azaldığını, bu azalmaların çoğunun ilk (birinci) aşamadaki zamanda meydana geldiğini; helisel yivli çivilerin (maksimum. 3.2 mm çapında) ise çivi tutma direncinin değişmediğini veya değişimin önemsiz derecede arttığını; ayrıca *Quercus crispula*'nın çivi tutma direnci değerinin diğer iki türün yaklaşık iki katı olduğunu belirlemişlerdir.

Kim (1979) 4.9–5.1 cm uzunluk ve 0.25–0.26 cm çapındaki çivileri Kore çamı (*Pinus koraiensis*) ve Japon melezi (*Larix leptolepis*) türlerine ait odunlara 3 cm derinlikte çakarak, statik tutma direnci üzerine; çakma sonrası geçen zamanın ve çakma yönünün etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda; statik tutma direnci ile rutubet miktarı arasındaki ilişkinin doğrusal olduğunu saptamış ve ilişkiyi her iki ağaç türü odunu için teğet, radyal ve boyuna yönlerde göstermiştir.

Kjucukov and Enceev (1977 a) Orta Avrupa göknarı (*Abies alba*) odununda başlıca üç yönde değişik uzunluk (13 ile 60 mm) ve değişik çaplardaki (1.5 ile 8 mm) vidalarla vida tutma dirençlerini ölçmüşlerdir. Sonuç olarak, vida tutma direncinin vida uzunluğu ile ilişkili olmadığını vida çapı ile doğrusal bir ilişki gösterdiğini belirlemişlerdir.

Kjucukov and Enceev (1977 b) kayın odununda 1.5–6.0 mm çapındaki vidalarla yaptıkları testlerde, vida tutma direnci ile vida çapı arasındaki doğrusal bir ilişki

olduğunu saptamışlar ve bunun daha önce göknar odunu üzerinde yaptıkları deney sonuçlarını doğruladığını açıklamışlardır

Lexa (1968) kurutulmuş ve kurutulmamış ladin, göknar ve kayın odunlarına çakılmış epoksid reçine kaplı yüzeyi sertleştirilmiş çelik çivilerin çivi tutma direncini incelemiştir. Kaplanmış çivilerin çivi tutma dirençlerinin daha küçük; kurutulmuş odunda kaplanmış çivilerin çivi tutma direncinin ise daha büyük olduğunu ve kaplanmamış çivilerin çivi tutma direncinin daha yavaş azaldığını belirlemiştir. Kurutulmamış odunda, kaplanmış çivilerin çivi tutma direncinin, kurutmadan sonra, kaplanmamış çivilerin çivi tutma direncinden bazı koşullarda daha düşük olduğunu; çivi çakma sırasında odunu yıkımlamasına rağmen kaplamalı çivilerin paslanmayı geciktirdiğini saptamıştır.

Mack (1960) yaş ve hava kurusu radiata çamı ve okaliptüs odununda değişik periyotlardan sonra düz ve yivli çivilerin statik çivi tutma dirençlerini karşılaştırmış; yivli çivilerin yumuşak ve sert odunlarda, hem çakma işlemini izleyen hem de çakma işleminden sonraki bir zamanda belirlenen çivi tutma dirençlerinin oldukça büyük değerler gösterdiğini saptamıştır.

Noguchi and Sugihara (1961) Japon çamı (*Cryptomeria japonica*), Japon kayını (*Fagus crenata*) ve yalancı servi (*Chamaecyparis obtusa*)'nın 6x6x30 cm'lik deney örneklerinde statik ve dinamik koşullarda, boyuna, radyal ve teğet yönde çakılan krom-nikel ve demir çivilerin çivi tutma dirençlerini karşılaştırmışlardır. Genel olarak statik çakmadaki çivi tutma direnci değerlerinin dinamik çakmadaki çivi tutma direnci değerlerinden daha büyük olduğunu; fakat her iki çakmada da çakma sonrası geçen sürede odun özgül ağırlığındaki fark edilebilir değişimle çivi tutma direncinin azaldığını; aynı zamanda çivi tutma direncinin teğet yönde çakılan çivilerde en büyük olduğunu belirlemişlerdir.

Özçiftçi ve Doğanay (1999) Doğu kayını (*Fagus orientalis lipsky*), ladin (*Picea orientalis lipsky*.) ve etiket yongalı levhaların liflere paralel ve dik olmak üzere vida ve çivi tutma dirençlerini belirlemişlerdir. Deney sonuçlarına göre, vida tutma

deneylerinde en yüksek çekme direnci değerini kayın odununda liflere dik yönde 20x35'luk vida (17.670 N/mm²) vermiştir. Çivi tutma deneylerinde en yüksek çekme direnci değerini ladin odununda liflere paralel yönde 16x30'luk çivi (6.920 N/mm²) vermiştir.

Reardon and Boughton (1984) yivli 6 tip çivi, 7 çam türü (*Pinus caribaea*, *Pinus taeda*, *Pinus patula*, *Pinus radiata*, *Pinus elliotti*, *Araucaria cunninghamii*) ile ladin ve göknar türlerinde denemişler; yivli çivilerin çivi tutma dirençlerinin düz gövdeli çivilere göre 2–3 kat daha fazla olduğunu; ancak odun türlerinin özgül ağırlıkları ile tutma direnci değerleri arasında bir ilişkinin olmadığını saptamışlardır.

Scholten (1953) yapraklı ve iğne yapraklı 6 tür odun örneği üzerinde yaptığı araştırma sonucunda; özgül ağırlığı düşük odunlar ile çivileme sonucunda yarılmayan yüksek özgül ağırlıktaki ağaç türü odunlarında, keskin uçlu çivilerle en yüksek çivi tutma direnci değerleri elde edildiğini belirlemiştir. Çivilerle işlemlerde yarıma direnci yüksek odunlar için adi çivileri önermiştir.

Stern and Price (1949) yapısal nitelikteki Güney sarıçamı odununda farklı şekillerdeki çivilerin çivi tutma dirençlerini ölçmüşlerdir. Sonuç olarak; dairesel yivli ve vida dişli çivilerin adi tel çivilerden çok daha yüksek direnç gösterdiğini; büyük çaplı çivilerde çivi çapı ve çivi tutma direnci arasında doğrusal ilişkinin olması yanında, bunun beklenenden daha yüksek olduğunu; çivi tutma direnci ile çivi girme derinliği ilişkisinin artan yönde eğrisel olduğunu saptamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Örnek alanların belirlenmesi

Deneyle tabi tutulacak sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve Kanada kavağı (*Populus canadensis*) ağaç türleri Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içinde kalan Kastamonu ormanlarından temin edilmiştir.

3.1.2 Örnek ağaçların seçimi

Ağaçların seçilmesinde; yön, meyil, çap, yükselti, sıklık vb yetişme ortamı özellikleri göz önünde tutulmuştur. Gövde oluşumu bakımından fazla dallı, budaklı, lif kıvrıklığı, anormal tepe formları göstermemesine, gövdelerin normal, çürüksüz ve sağlam olmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca, iklim özellikleri bakımından çok rutubetli veya çok kurak, devamlı rüzgâr etkilerine açık ekstrem yetişme ortamlarından kaçınılmıştır. Böylece çalışmada yararlanılan ağaçların, bulunduğu alanı en iyi temsil edebilecek ve iyi gövde yapısına sahip, düzgün ağaçlardan olmasına özen gösterilmiştir (Anonim 1984).

3.1.3 Kullanılan ağaç türleri ve özellikleri

3.1.3.1 Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.)

Sarıçam, Kuzeydoğu Anadolu'da Ardahan, Oltu, Posof ve Sarıkamış yörelerinde çoğunlukla saf, Yalnızçam Dağları'nda saf ya da Doğu ladini ve Doğu Karadeniz göknarı ile karışık olarak geniş ormanlar oluşturmaktadır. Batı Anadolu'da kesintili olarak Bursa, Eskişehir, Kütahya yakınında büyük, Kayseri-Kahramanmaraş arasında Pınarbaşı, Göksun yörelerinde yedi küçük adacık halinde bulunur. Türkiye'de en değerli odun ürünü veren sarıçamlar Sinop Ayancık yöreleri ile Boyabat Göktepe

ormanları, Eskişehir Çatacık ormanlarındaki uzun ve düzgün gövdeli, sivri tepeli sarıçamlardır Yetiştirme ortamlarına göre 20–40 m boylarında, narin gövdeli, sivri tepeli ve ince dallı ya da dolgun ve düzgün gövdeli, yayvan tepeli ve kalın dallı herdem yeşil bir ağaçtır (Anşin ve Özkan 1993).

Diri odun geniş, çoğunlukla gövde yarıçapının üçte biri kadar, sarımsı veya kırmızımsı beyaz renktedir. Öz odun açık kırmızımsı kahverengi olup, yıllık halka sınırları çok belirgin ve hafif dalgalıdır. Yaz odununun sınırı keskin, rengi koyu parlak kahverengidir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş oldukça ani, radyal ve teğet kesitler parlaktır (Berkel 1970).

Reçine kanalları bol, geniş ve belirgin olup, enine kesitte ve bilhassa yaz odunu tabakası içerisinde açık renk noktacıklar halinde görülür. Boyuna kesitte ise liflere paralel oyuk çizgicikler teşkil eder. Odun reçinece zengin, oldukça hafif ve yumuşak, olup kolaylıkla ve düz yüzeyler oluşturarak yarıdır (Berkel 1950). Taze halde iken reçine kokuludur. Öz ışınları heterojen ve üniseridir. Enine reçine kanallarının bulunduğu özışınları mültiseridir. Öz ışını ile boyuna traheidlerin karşılaşma yerlerinde pencere şeklinde geçitler vardır. Boyuna paranzim bulunmaz. Enine reçine kanalları çok küçük çaplı olup, öz ışınlarından geçerler (Bozkurt ve Erdin 2000).

Sarıçam odununun tam kuru özgül ağırlığı 0.49 g/cm^3 , hava kurusu özgül ağırlığı 0.52 g/cm^3 'tür. Daralma miktarları; radyal yönde %4.4, teğet yönde %9.1 ve hacmen %14.6'dır. Taze halde içerdiği su miktarı diri odunda %120–150, öz odunda %30–50 arasındadır (Berkel 1970, Giray 1994).

Odunu orta derecede yumuşak, orta ağırlıkta, orta derecede şok direncine, yüksek derecede elastikiyet modülü ve eğilme direncine sahip, kolay işlenen, iyi tutkallanan bir malzemedir. Çalışması orta derecededir (Bozkurt ve Erdin 1997).

Sarıçam odunu; oldukça önemli miktarda inşaat kerestesi ve doğramada, daha sonra köprü inşaatında, uçak ve geniş güverte döşemeleri, tel direği, maden direği, ambalaj sandığı, kâğıt ve selüloz odunu olarak geniş bir kullanıma sahiptir (Öktem 1994).

3.1.3.2 Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.)

Bu alt tür Türkiye'ye özgü bir endemik takson olup, ünlü botanikçi Bornmueller'in adını almıştır. Uludağ göknarı, çoğunlukla 40 metreye değin boylanabilen birinci sınıf orman ağacı durumundadır. Piramidal gelişme gösterir, tepeden, tabana kadar çok sık dallıdır. Gövde kabuğu gridir. Alt dallar yanlara doğru yatay uzanır. Toprak ve rutubet istekleri fazladır, ışık istekleri azdır ve gölgeye dayanıklıdır. (Bozkurt 1992).

Genel yayılış alanı Kızılırmak'ın denize döküldüğü yer ile Uludağ arasında kalan Batı Karadeniz Bölgesi ile Kocaeli havzasıdır. Bu kesimdeki dağlar, Doğu Karadeniz Dağları'nda olduğu gibi sıra dağlar karakterinde olmadığından, bu göknar taksonunun yayılışı da sürekli olmayıp kesintili bir durum gösterir (Bozkurt ve Erdin 1989).

Diri ve öz odun renk farkı yoktur, odun rengi sarımsı beyaz ile gri beyaz, yıllık halka sınırları belirgindir. İlkbahar odunundan yaz odununa geçiş yavaştır. Öz ısınları çok incedir ve makroskopik olarak görülmez. Doğal reçine kanalı yoktur. Odunu yumuşak ve oldukça hafiftir. Öz ısınları üniseri ve homojendir. Karşılaşma yeri geçitleri 2–4 adet ve taxodioid tiptedir. Kenar hücrelerinde dikdörtgen kesitli kristaller vardır (Bozkurt ve Erdin 2000).

Fiziksel özelliklerinden tam kuru özgül ağırlık 0.4 g/cm³, hava kurusu özgül ağırlık 0.429 g/cm³, hacim ağırlık değeri 0.35 g/cm³, radyal daralma %4.3, teğet daralma %8.6 ve hacmen daralma %13'tür. Mekanik özelliklerinden basınç direnci 37 N/mm², eğilme direnci 73 N/mm², elastikiyet modülü 8300 N/mm², çekme direnci 62 N/mm², makaslama direnci 5 N/mm², dinamik eğilme 0.26 kN/cm, yarıma direnci radyal 0.65 N/mm², yarıma direnci teğet 0.64 N/mm², brinell sertlik liflere paralel 19.5 N/mm² ve brinell sertlik liflere dik 8.6 N/mm²'dir. İşlenme özeliği iyidir. Kurutulabilme özeliği orta seviyede, dayanıklılık az ve emprenye edilebilme güçtür (Merev 1988, Yaltırık 1994).

Gökmar ağacı genellikle endüstride kaplama kontrplak, ambalaj malzemesi, yapı malzemesi, mobilya, doğrama, lif ve yonga levha, selüloz ve kâğıt ve müzik aletlerinde kullanılabilir (Merev 1988, Yaltırık 1994).

3.1.3.3 Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.)

Doğuda Türk-Rus sınırından başlayarak tüm Karadeniz sahilleri boyunca batıya doğru Istranca Dağları'na değin uzanır. Karadeniz sahil kesimleri yanında Karadeniz ardı alanlarda da örneğin Sinop, Boyabat, Göktepe, Deresökü ormanlarında, Vezirköprü, Bolu yöreleri ile Kocaeli, Marmara kıyıları ve Batı Anadolu'da yer yer izlenir. Doğu kayını 30–40 metreye değin boylanabilen, 1 metrenin üstünde çap yapabilen, dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır (Anşin ve Özkan 1993).

Odunu doğal halde kırmızımsı beyaz, su buharı ile muamele edilmiş (buharlanmış) halde daha koyu kırmızımsı renktedir. İleri yaşlarda meydana gelen kırmızımsı kahve renkli ve içerisinde daha koyu şeritler bulunan bir öz odun (kırmızı yürek) oluşur. Yıllık halka sınırları belirgin olup, yaz odunu ilkbahar odununa nazaran daha koyu renktedir. Kalın ve parlak öz ışınları, teğet kesitte iç şeklinde, kırmızımsı kahve renkli çizgiler halinde yüzeye dağılmış durumdadır (Berkel 1970). Doğu kayını odununda traheler genellikle dağınık olarak dizilmiştir. Fakat yetiştirme ortamına ve diğer bazı faktörlere göre yarı halkalı traheli odunlara da rastlanabilir. Traheler genellikle yıllık halkanın ilkbahar odunu kısmında daha yoğun olarak bulunmaktadır (Merev 1988).

Traheler içerisinde nispeten kireç oluşumu ve tül teşekkülü vardır. Paransim hücrelerinin teşkil ettiği öz ışınları çok sıralı olarak teğet kesitte görülebilir. Radyal kesitte öz ışınları homojen ve heterojen bir yapı göstermektedir. Ayrıca, öz ışını demetleri yıllık halka sınırında genişleme yaparlar. Doğu kayını odununda traheler %31, lifler %37.4, öz ışınları %16.2, boyuna paransimler %4.5 gibi bir oranda bulunurlar (Berkel 1970, Doğanay 1995).

Doğu kayını odununun teknolojik özellikleri üzerine yapılan çalışmaların birinde; fiziksel özelliklerden tam kuru özgül ağırlığı 0.63 g/cm^3 , hava kurusu özgül ağırlığı 0.66 g/cm^3 , daralma miktarları radyal yönde %5, teğet yönde %10.5 ve hacmen daralma %15.5, mekanik özelliklerden basınç direnci 644 kp/cm^2 , eğilme direnci 870 kp/cm^2 (Berkel 1970, Doğanay 1995) olarak bulunmuştur. Diğer bir çalışmada ise tam kuru özgül ağırlığı 0.645 g/cm^3 , hava kurusu özgül ağırlığı 0.669 g/cm^3 , daralma miktarları radyal yönde %4.95, teğet yönde %11.04 ve hacmen %16.21, basınç direnci 572 kp/cm^2 , eğilme direnci 1123 kp/cm^2 , dinamik eğilme direnci 0.95 kp/cm^2 , çekme dirençleri liflere paralel yönde 13.16 kp/cm^2 , liflere dik radyal yönde 34.74 kp/cm^2 , teğet yönde $38,07 \text{ kp/cm}^2$, makaslama dirençleri radyal yönde 96.27 kp/cm^2 , teğet yönde 99.75 kp/cm^2 , yarıлма dirençleri radyal yönde 7.48 kp/cm^2 , teğet yönde 10.76 kp/cm^2 ve brinell sertlik değeri liflere paralel yönde 5.49 kp/mm^2 , radyal yönde 2.63 kp/mm^2 , teğet yönde 2.86 kp/mm^2 'dir (Malkoçoğlu 1994).

Odunu sert ve ağırdır, şok direnci yüksektir. Buharlandığında kolayca bükülebilir. Kurutmada dikkat isteyen bir ağaç türüdür. Fazla çalışır, kolay yarılr, işlenmesi kolay olup, özellikle diri odunu kolay emprenye edilir. Öz odununda traheler tüllerle dolu olduğundan emprenyesi güçleşir. İyi cila kabul eder (Bozkurt ve Erdin 1997).

Diğer yapraklı ağaçlardan daha geniş kullanım yerine sahiptir. Özellikle masif ve bükme mobilya, lambri, spor aletleri, oyuncak, bobin, alet sapları, sandal ve fırın kürekleri, müzik aletleri, parke, kontrplak, kaplama levha, fiçı, karoser yapımında, tornacılıkta, maden direği, lif kâğıt odunu olarak, odun kömürü, odun katranı, asetik asit eldesinde ve emprenye edildiğinde travers olarak kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin 1997).

3.1.3.4 Kanada kavağı (*Populus canadensis* (*Populus nigra* x *Populus deltoides*))

Ülkemizde yayılışına bakıldığı zaman tüm kıyı ve 800–1000 metre yüksekliğe kadar kıyı ardı bölgeleri bu kavak türünün yetiştirilmesine uygundur. Bu bölgelerdeki yetiştirme şartlarının uygunluğu nedeniyle 10–12 yılda kesim çağına gelir (Çavuş 2008). Hızlı büyür, 30 metreye kadar boylanabilir. Ilıman iklimlerde, hafif kumlu ve kireçli topraklarda iyi gelişir. Toprak nemini sever, sert çelikle üretilir ([48](http://cicek-</p></div><div data-bbox=)

cicekci-cicekcilik.blogspot.com/2008/09/kavak-populus.html, 2010). Işık isteği fazladır. Bu nedenle suni olarak dikildiğinde geniş aralıklarla (en az 4–5 metre) dikilmelidir (<http://www.orman.istanbul.edu.tr/journal/index.php/orman/article/view/PDFInterstitial/264/183>, 2010).

Diri odunu sarımsı beyaz kuruyunca çok soluk yeşilimsi kahverengi ile beyazımsı renge dönüşür. Odunu taze iken tiksindirici bir koku salmasına rağmen kurduğunda bu koku tamamen yok olur (Anonim 1994).

Fiziksel özelliklerinden tam kuru özgül ağırlık 0.305 g/cm^3 , hava kurusu özgül ağırlık 0.332 g/cm^3 , hacim ağırlık değeri 0.277 g/cm^3 , radyal yönde daralma %1.97, teğet yönde daralma %6.44, radyal yönde genişleme %2.64, teğet yönde genişleme %6.98 (Tunçtaner vd. 2004); başka bir çalışmada hava kurusu özgül ağırlık 0.332 g/cm^3 , teğet yönde çalışma %9.5, hacmen daralma %13.2, hacim ağırlık değeri 0.35 g/cm^3 'tür (Acar 1972). Mekanik özelliklerinden eğilme direnci 53.890 N/mm^2 , liflere paralel basınç direnci 28.88 N/mm^2 , dinamik eğilme (şok) direnci 0.172 kN/cm , sertlik (enine) 27.72 N/mm^2 , sertlik (teğet) 13.91 N/mm^2 , sertlik (radyal) 14.00 N/mm^2 (Tunçtaner vd. 2004); başka bir çalışmada basınç direnci (liflere paralel) 293.443 kg/cm^2 , statik eğilme 528.630 kg/cm^2 , dinamik eğilme 1.921 kgm 'dir (Acar 1972).

Soyma endüstrisi, kontrplak yapımı, ambalaj sandığı, mobilyacılık, lif ve yonga levha ve kâğıt yapımında kullanılır (Sertmehmetoğlu vd. 1967).

3.1.4 Kullanılan çivi ve vida özellikleri

Deneylerde TS 6094 ve TS 155'e göre yuvarlak kesitli, çelik, yüzeyleri herhangi bir madde ile kaplanmamış olan, 2.5 mm çap ve 50 mm uzunlukta çiviler ve 4.5 mm çap ve 40 mm uzunluğunda düz başlı, düşük karbon çelikten yapılmış ağaç vidası kullanılmıştır.

3.1.5 Azot (nitrojen) gazı

Azot, periyodik cetvelde N simgesi ile gösterilen bir element olup atom numarası 7'dir. Renksiz, kokusuz, tatsız ve atıl bir gazdır. Azot, dünya atmosferinin yaklaşık %78'ini oluşturur ve tüm canlı dokularında bulunur. Azot ayrıca, amino asit, amonyak, nitrik asit, ve siyanür gibi önemli bileşikler de oluşturur. Molekül ağırlığı 28 g/mol, kaynama noktası -195.8°C, erime noktası -210°C, yoğunluğu sıvı halde 0,808 kg/dm³ (-186°C'de), gaz halde 1.16 g/lt. (210°C ve 1 ATM)'dir. Azotun başka maddelerle, oda sıcaklığında, normal basınçta reaksiyon ilgisi azdır. Bunun sebebi de N₂ molekülündeki iki atomun birbirine sağlam bağlanmasındandır (Petrucci et al. 2005).

Azot gazı, sıvı azotun ısınarak buharlaşmaya bırakılmasıyla kolayca elde edilebilir. Çok geniş kullanım alanları olup, oksidasyonun istenmediği ortamlarda hava yerine kullanılabilir:

- Paketlenmiş gıdaların tazeliğini korumak için,
- Güvenlik amacıyla sıvı patlayıcıların üzerini örtmek için,
- Transistor, diyot ve tümleşik devre gibi elektronik bileşenlerin üretiminde,
- Paslanmaz çelik üretiminde,

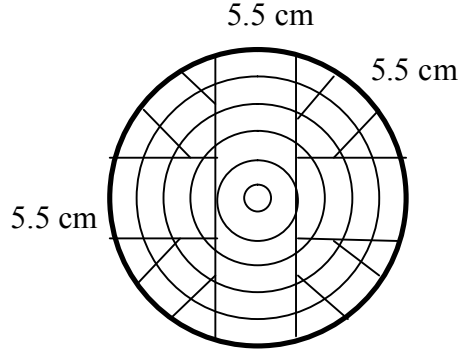
İnert, nemsiz ve oksitleyici olmayan özelliklerinden dolayı otomobil ve uçak tekerleklerinin dolusunda kullanılır (Petrucci et al. 2005).

3.2 Yöntem

3.2.1 Deney örneklerinin hazırlanması

Örnek ağaçların yaklaşık olarak 2.5–5.5 m yükseklikleri arasından 1.20–1.50 m boylarında tomruklar alınmış ve bu tomruklardan öz kısmı tam ortada kalacak şekilde 5.5 cm genişliğinde parçalar alınmış, daha sonra yine yandaki parçalardan da 5.5 cm genişliğinde parçalar alınmıştır. Deney örneklerinin elde edileceği bu parçaların örneklerin teğet, radyal ve enine kesitlerini sağlayacak şekilde olmasına

özen gösterilmiştir. Daha sonra bu parçalar Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi laboratuvarına getirilip havadar bir yerde uygun şekilde istif edilerek doğal kurumaya bırakılmıştır. Şekil 3.1’de örnek ağaçların deney örneği hazırlanmak amacıyla TS 2470’e göre (Anonim 1976) kesilme yöntemi görülmektedir.



Şekil 3.1 Örnek ağaçların deney örneği hazırlanması amacıyla kesilme yöntemi

Doğal kuruması sağlanan taslaklardan 50 x 50 x 150 mm boyutlarında TS 6094 ve ASTM-D 1761–06 standartlarına göre deney örnekleri hazırlanmıştır (Anonim 1988, Anonymous 2006). Hazırlanan deney örnekleri 20°C sıcaklık ve %40–50 rutubet olan oda şartlarında yaklaşık 2 ay kurumaya bırakılmıştır.

3.2.2 Isıl işlemlerin uygulanması

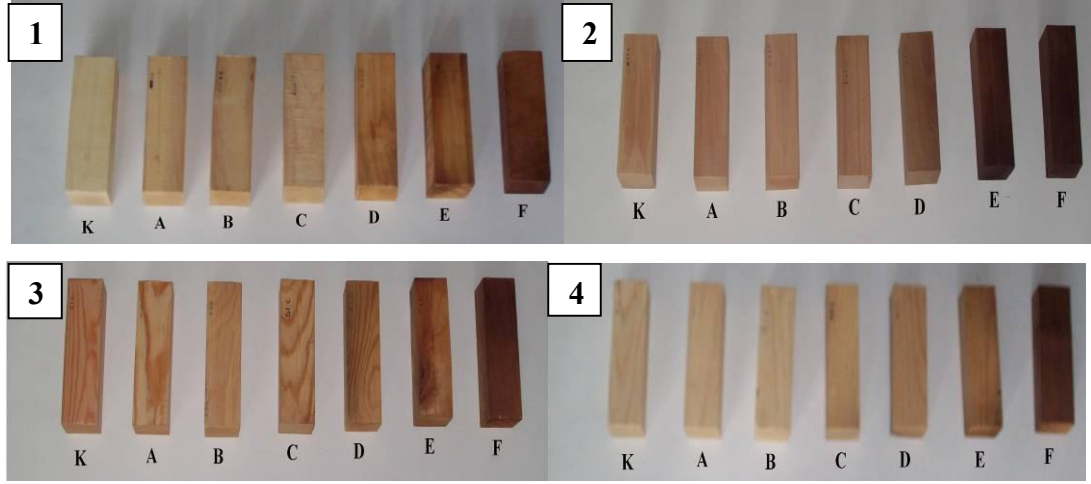
Standartlara uygun olarak hazırlanan çivi-vida tutma direnci deney örnekleri üzerinde ısıl işlem uygulaması gerçekleştirilmiştir. Isıl işlem sırasında hızlı kuruma nedeni ile örneklerin çatlama riskini önlemek amacıyla, işlem öncesinde ısıl işlem prosesinin ilk aşaması olan $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’de 15 saat ön kurutma yapılmıştır. Ön kurutmadan sonra ısıl işlem prosesinin ikinci aşaması olan ısıl işlem aşamasına geçilmiştir. Isıl işlem uygulaması vakumlu etüvde azot gazı ortamında gerçekleştirilmiştir (Ayadi et al. 2003, Kubojima et al. 2000), örneklerin etüve yerleştirilmesinden sonra 5 dakika vakum uygulanarak (0.8 bar) ortamın havası alınmış ve sonra vakum kapatılıp basınç 0 bara gelene kadar ortama azot gazı verilerek ısıl işlem uygulamasına geçilmiştir. Bu aşamada 3 farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve 2 farklı sürede (2 ve 6 saat) ısıl işlem uygulanmıştır. Üçüncü aşamada ısıl

işlem sona erdirilerek tahliye vanası açılmış ve ani sıcaklık değişiminden kaynaklanabilecek olumsuzlukları (çatlama, tutuşma gibi) önlemek amacıyla etüv içerisindeki sıcaklık 40°C'ye düşüncüye kadar kapalı olarak beklenmiştir. Bu aşama da yaklaşık 4 saat sürmüştür. Çivi ve vida tutma deney örneklerine ısı işlem uygulanması Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2 Çivi ve vida tutma deney örneklerine ısı işlem uygulanması

Daha sonra etüv açılarak örnekler tel raflarda ve oda koşullarında soğumaya bırakılmıştır. Bu şekilde 1 hafta bekletilen örnekler daha sonra klima dolabına yerleştirilerek iç ve dış yüzeyler arasındaki rutubetin dengeye gelmesi için 1 ay 20°C sıcaklık ve %65 bağıl nemde klimatize edilmiştir. Isıl işlem uygulanmış deney örnekleri Şekil 3.3'de görülmektedir.



1-Kanada Kavağı, 2-Doğu Kayını, 3-Sarıçam, 4-Uludağ Gökarnarı
K-Kontrol, **A**-120°C'de 2 saat işlem görmüş, **B**-120°C'de 6 saat işlem görmüş, **C**-160°C'de 2 saat işlem görmüş, **D**-160°C'de 6 saat işlem görmüş, **E**-200°C'de 2 saat işlem görmüş, **F**-200°C'de 6 saat işlem görmüş deney örnekleri

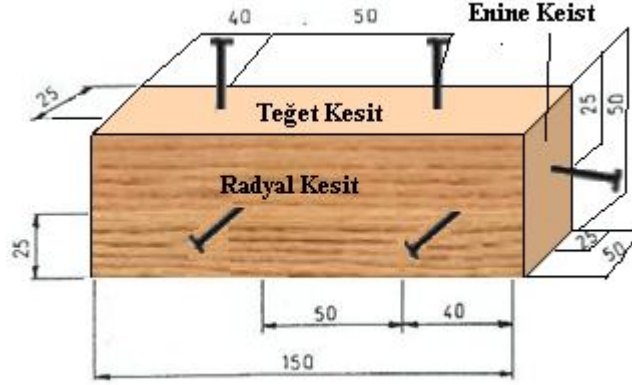
Şekil 3.3 Isıl işlem görmüş deney örnekleri

3.2.3 Çivilerin uygulanması

Isıl işlem uygulanmış 50 x 50 x 150 mm boyutlarındaki her bir ağaç türünden 35 adet deney örneğinden yararlanılmıştır (her bir ağaç türü için 5 adet kontrol örneği, 5 adet 120°C'de 2 saat ısıl işlem görmüş, 5 adet 120°C'de 6 saat ısıl işlem görmüş, 5 adet 160°C'de 2 saat ısıl işlem görmüş, 5 adet 160°C'de 6 saat ısıl işlem görmüş, 5 adet 200°C'de 2 saat ısıl işlem görmüş, 5 adet 200°C'de 6 saat ısıl işlem görmüş). Deneylerde TS 6094 ve TS 155'e göre yuvarlak kesitli, 2.5 mm çap ve 50 mm uzunlukta çiviler kullanılmıştır. Her bir örnekte, 2 adet teğet kesite, 2 adet radyal kesite ve birer adet de örneğin her iki enine kesitine olmak üzere toplam 6 adet çivi kullanılmıştır. Her bir çivi yalnız bir defa işleme tabi tutulmuştur (Anonim 1988, Anonim 2005).

Deney örneklerinin radyal, teğet ve enine olmak üzere her üç kesitine 32 mm örnek içine girecek şekilde çiviler çakılmıştır. Örneklerde çivileme anında yarılmadan kaçınmak için, örnek kenarlarından ve baş kısımlarından olan uzaklıklar standartlarda belirtilen esaslara göre seçilmiştir. Buna göre; çiviler her üç yüzeyde kenardan en az 19 mm, baş kısımdan en az 38 mm ve aynı yüzeydeki iki çivi

arasında en az 50 mm uzaklıkta ve aynı doğrultuda olmak üzere uygulanmışlardır (Anonymous 2007) (Şekil 3.4).

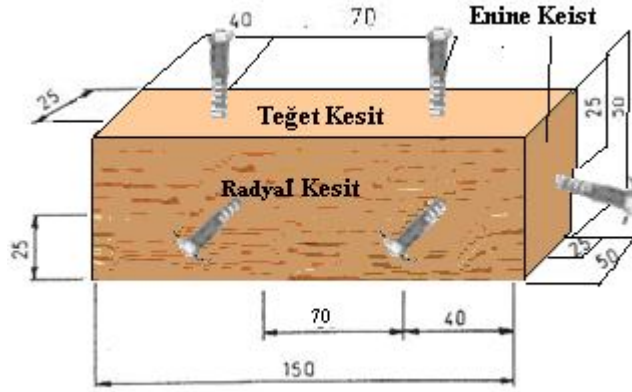


Şekil 3.4 Çivi tutma deney örneği (boyutlar mm.) (Anonim 1995)

3.2.4 Vidaların uygulanması

Bunun için ısıtılmış işlem uygulanmış 50 x 50 x 150 mm boyutlarındaki her bir ağaç türünden 35 adet deney örneğinden yararlanılmıştır (her bir ağaç türü için 5 adet kontrol örneği, 5 adet 120°C'de 2 saat ısıtılmış işlem görmüş, 5 adet 120°C'de 6 saat ısıtılmış işlem görmüş, 5 adet 160°C'de 2 saat ısıtılmış işlem görmüş, 5 adet 160°C'de 6 saat ısıtılmış işlem görmüş, 5 adet 200°C'de 2 saat ısıtılmış işlem görmüş, 5 adet 200°C'de 6 saat ısıtılmış işlem görmüş). Deneylerde; 4.5 mm çap ve 40 mm uzunluğunda düz başlı, düşük karbon çelikten yapılmış ağaç vidası kullanılmıştır.

Deney örneklerinin vida tutma direncinin belirlenmesi için teğet yüzeylerinde önce kılavuz delikler açılmıştır. Kılavuz deliklerinin çapı vida iç çapının %70'i ve kılavuz delik derinliği ise 13 mm (vidanın 2/3 (yivli) kısmının uzunluğuna eşit) olacak şekilde uygulanmıştır. Kılavuz delik delme işlemi anında örneklerin yarılmasından kaçınmak için, örnek başlarından en az 38 mm, örnek kenarından en az 19 mm ve iki vida arası aralık en az 63 mm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Kılavuz delik delme işleminden sonra vidalama işleminde vidanın deney örneğiyle dik açı yapacak şekilde elektrikli tornavida ile gerçekleştirilmiştir.

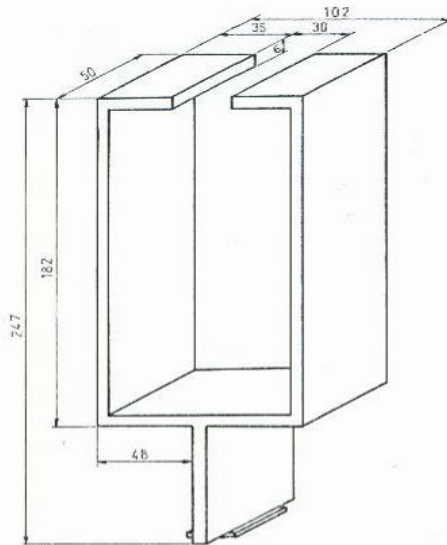


Şekil 3.5 Vida tutma deney örneği (boyutlar mm.)

3.2.5 Çivi ve vida tutma direnci deneylerinin yapılması

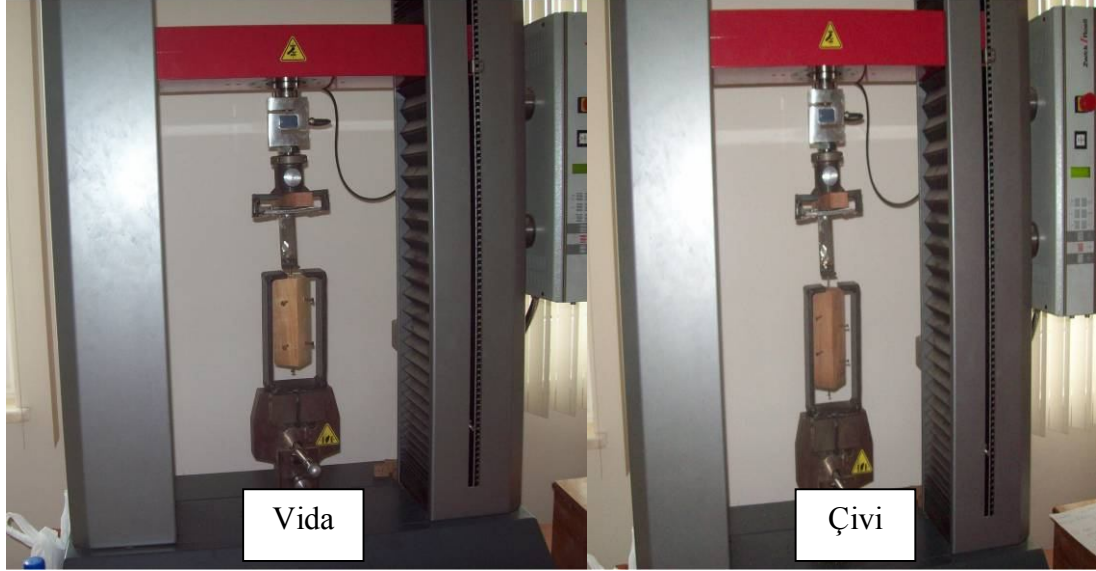
Çivi ve vida tutma dirençlerinin belirlenmesi TS 6094, ASTM-D 1761-06 ve ASTM-D 143-94 (Anonim 1988, Anonymous 2006, Anonymous 2007) esaslarına uygun olarak yapılmış ve bu amaçla Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi bölüm laboratuvarındaki üniversal test makinesi kullanılmıştır.

Örneklerin üniversal test makinesine yerleştirilmesinde ve deneylerin yapılmasında Şekil 3.6'da gösterilen ayardan yararlanılmıştır.

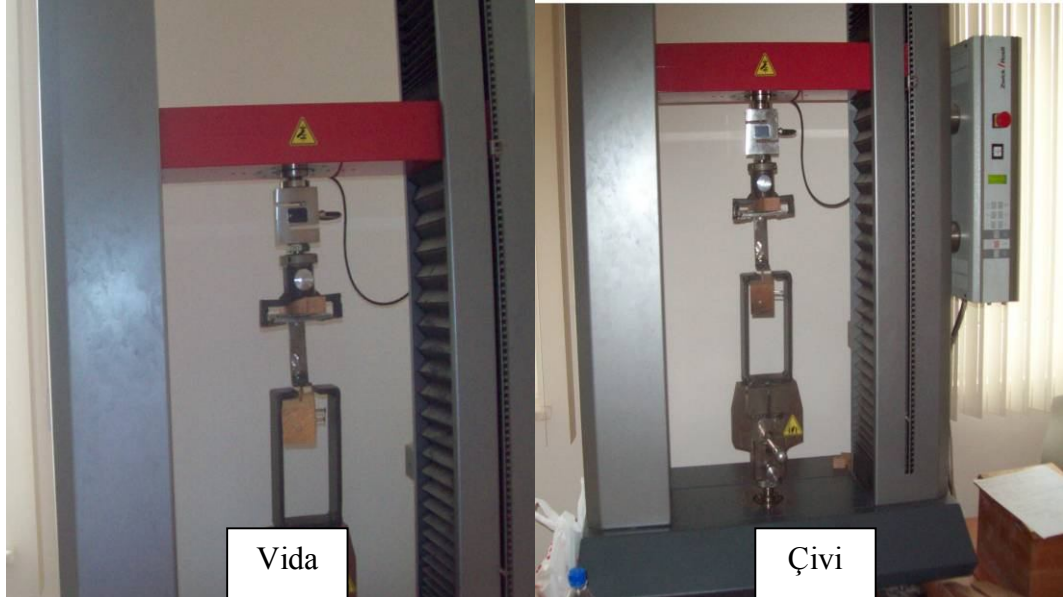


Şekil 3.6 Çekme deneylerinde kullanılan aparat (boyutlar mm.) (Akyıldız 1999)

Deneylerde örneklere yükleme anından itibaren en büyük yüke ulaşıncaya kadar çiviler için 2 mm/dak (TS 6094), vidalar için 2.5 mm/dak (ASTM-D 1761-06) sabit hızla yük uygulanmıştır. Şekil 3.7’de deney örneklerine enine yönde, Şekil 3.8 de teğet ve radyal yönde yüklerin uygulanması görülmektedir.



Şekil 3.7 Vida ve çivi tutma direnci deneyleri (enine kesit)



Şekil 3.8 Vida ve çivi tutma direnci deneyleri (teğet ve radyal kesit)

Deney örneklerinin çekme kuvveti uygulanan kesitine ait her bir çivi veya vida tutma direnci değerleri elde edildikten sonra bunların ortalamaları alınmış ve o örneğin o kesitine ait çivi veya vida tutma direnç değeri olarak kaydedilmiştir. Bunlardan da yararlanılarak çivi veya vida tutma direnç değerleri istatistiksel olarak hesaplanmıştır.

Deneylemlerden sonra; TS 53 (Anonim 1981) ve TS 2471'e (Anonim 1976) göre örneklerden 20 x 20 x 30 mm boyutlarında rutubet örnekleri alınmıştır. Bu örneklerin ağırlıkları ± 0.1 g. duyarlılıkta ölçülerek etüvde $103 \pm 2^\circ\text{C}$ 'de ağırlığı değişmez hale gelene kadar kurutulmuştur. Böylece tam kuru hale getirilen örnekler, içerisinde CaCl_2 bulunan bir desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılmıştır. Daha sonra örneklerin rutubet miktarları (r) eşitlik 3.1'e göre hesaplanmıştır.

$$r = \frac{m_r - m_0}{m_0} \times 100 (\%) \quad (3.1)$$

Burada;

r= Rutubet (%), m_r = Rutubetli ağırlık (g), m_0 = Tam kuru ağırlık (g)

3.2.6 İstatistiksel değerlendirme

Elde edilen çivi ve vida tutma direnci minimum, maksimum, ortalama ve standart hata değerleri hesaplanmış ve bunlar tablolar halinde verilerek grafikleri çizilmiştir. Ağaç türü, ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve deney örneklerinin kesiti faktörlerine göre elde edilen değerler arasında farklılıklar olup olmadığını araştırmak amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda önemli çıkan faktörlerin kendi içindeki farklılıkları ise Duncan test yöntemi ile homojenlik grupları oluşturularak karşılaştırılmıştır. Buna ilişkin olarak hazırlanan tablolarda değerlerin birbirlerinden farklı olup olmadıkları harflerle belirtilmiştir. Aynı harfler farklılık göstermeyen ortalamaları işaret etmektedir ve aynı harf ile gösterilmemiş ortalamalar %1 yanlış olma olasılığı ile farklılık gösterirler. Ayrıca, ağaç türleri, ısıl işlem sıcaklığı ve ısıl işlem süresi ile çivi ve vida tutma dirençleri arasındaki ilişkinin

saptanması amacıyla regresyon analizleri yapılmış ve bunlara ilişkin grafikler çizilmiştir.

İstatistik değerlendirmeler SPSS istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Varyans ve regresyon analizinde F değerleri belirlenmiş ve bu değerler düzenlenen tablolarda gösterilmiştir. F değerlerinin %5'ten büyük olması durumunda (ns), %5-%1 arasında olması durumunda (*), %1-%0.1 arasında olması durumunda (**) ve %0.1'den küçük olması durumunda (***) işaretleri ile açıklanmıştır.

4. BULGULAR

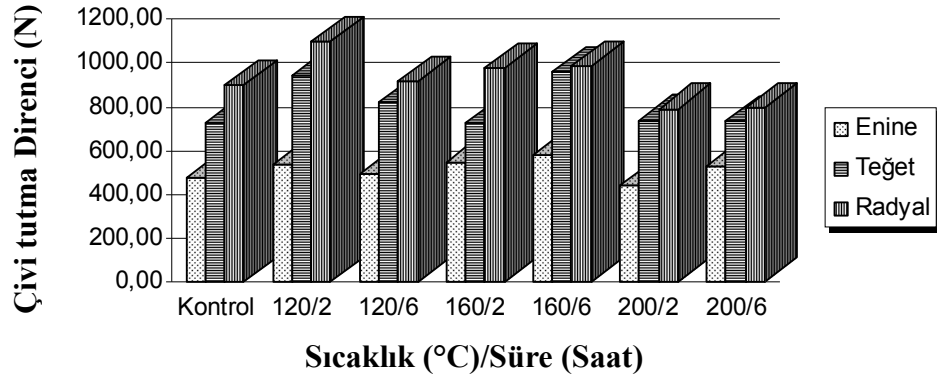
4.1 Çivi Tutma Direnci Değerleri

Deneyler sonucunda Kanada kavağına ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen çivi tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Kanada kavağı için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	396.01	561.28	474.74	68.84232	11
	T	10	671.93	811.28	728.57	53.26414	
	R	10	757.08	1008.29	895.24	117.65918	
120-2	E	10	425.76	813.02	533.59	143.60158	9.3
	T	10	812.15	1043.44	944.56	93.99575	
	R	10	1005.25	1293.69	1097.57	103.23785	
120-6	E	10	298.94	600.08	492.23	109.32016	9
	T	10	560.50	1042.57	819.65	194.66668	
	R	10	799.27	1014.82	913.61	92.27585	
160-2	E	10	373.83	727.42	547.68	119.72906	8.3
	T	10	574.59	897.74	728.27	114.82494	
	R	10	836.41	1117.46	979.18	113.60421	
160-6	E	10	480.21	662.28	576.54	69.29638	8.4
	T	10	889.76	1025.12	956.17	57.44847	
	R	10	803.47	1137.25	986.86	138.29625	
200-2	E	10	257.16	541.10	442.91	99.12689	8.3
	T	10	590.77	956.48	738.73	131.20401	
	R	10	667.32	876.10	789.80	86.13500	
200-6	E	10	416.27	622.35	530.21	84.70330	7.7
	T	10	633.66	826.43	735.91	65.24299	
	R	10	630.96	925.78	791.82	133.43146	

Kanada kavağına ait deney örneklerinde çiviler için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik ise Şekil 4.1’de verilmiştir.



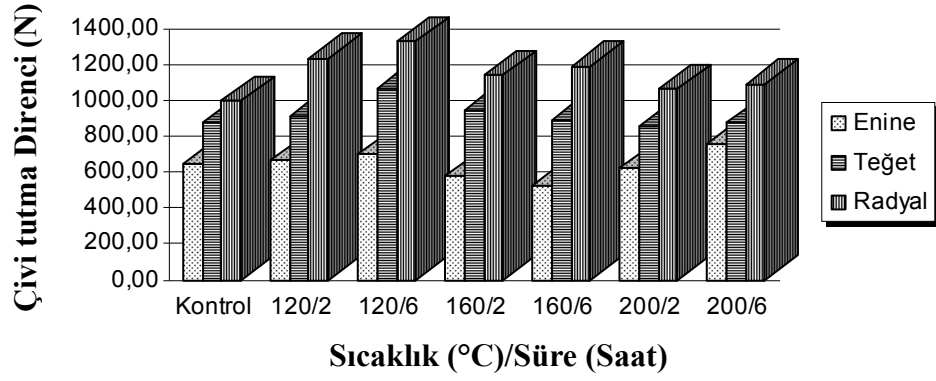
Şekil 4.1 Kanada kavağına ait çivi tutma dirençleri

Doğu kayınına ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen çivi tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2 Doğu kayını için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	570.50	792.75	650.76	83.31700	12.2
	T	10	777.09	990.90	876.51	81.81173	
	R	10	914.26	1125.98	1000.04	89.75122	
120-2	E	10	596.51	765.17	668.01	75.48483	10.1
	T	10	611.30	1130.16	916.89	175.90597	
	R	10	984.90	1487.31	1239.26	175.51987	
120-6	E	10	537.02	891.30	699.43	126.86875	10
	T	10	952.28	1218.27	1068.56	110.70657	
	R	10	1186.26	1463.83	1332.48	121.10636	
160-2	E	10	496.05	676.80	577.71	60.60145	9.5
	T	10	793.10	1075.18	950.27	110.85429	
	R	10	972.37	1281.95	1142.78	105.63963	
160-6	E	10	440.10	605.91	528.00	74.45988	9.5
	T	10	829.56	1004.33	892.86	60.43829	
	R	10	991.11	1436.41	1190.27	158.33551	
200-2	E	10	547.54	711.08	621.39	64.14706	8.1
	T	10	777.72	900.98	860.86	43.05294	
	R	10	817.47	1210.24	1066.97	133.50196	
200-6	E	10	560.50	896.89	763.81	116.05577	6.4
	T	10	746.31	1063.66	878.32	121.35018	
	R	10	918.99	1342.99	1095.01	159.59863	

Şekil 4.2’de Doğu kayınına ait deney örneklerinde çiviler için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik verilmiştir.



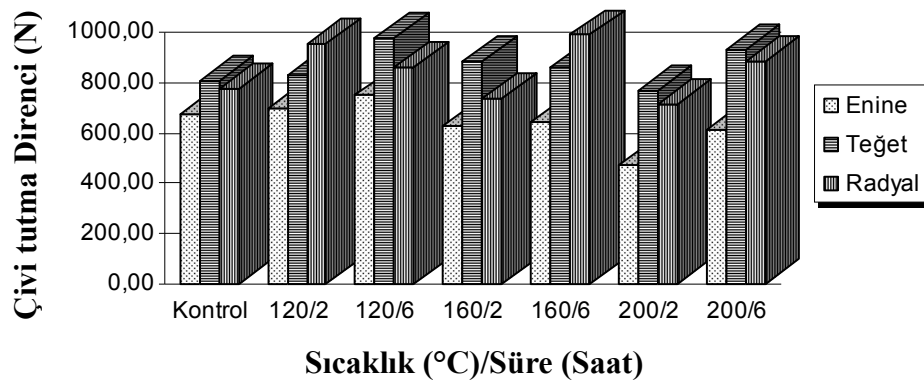
Şekil 4.2 Doğu kayınına ait çivi tutma dirençleri

Sarıçama ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen çivi tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Sarıçam için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	613.56	785.79	673.45	67.26131	12.8
	T	10	714.46	952.89	809.16	95.79033	
	R	10	553.89	874.34	775.62	114.54818	
120-2	E	10	523.10	876.25	694.89	129.44560	9.4
	T	10	678.45	998.12	827.81	110.22521	
	R	10	868.77	1174.52	956.77	123.69000	
120-6	E	10	676.71	897.56	748.16	85.00459	9.6
	T	10	818.84	1086.06	974.57	92.16625	
	R	10	818.41	940.97	857.87	44.92805	
160-2	E	10	544.32	810.49	624.68	97.71712	9.3
	T	10	714.29	1086.32	884.14	139.31134	
	R	10	602.17	930.62	735.65	117.94855	
160-6	E	10	440.02	761.80	643.67	118.67233	9.2
	T	10	602.17	1147.60	861.08	231.03977	
	R	10	761.97	1171.35	987.93	160.97558	
200-2	E	10	360.94	630.53	470.92	102.45173	9
	T	10	699.25	858.10	766.88	75.74412	
	R	10	515.44	791.11	714.29	100.12847	
200-6	E	10	562.15	695.42	615.15	62.37300	8.2
	T	10	763.71	1083.23	930.88	117.55768	
	R	10	777.45	1048.87	880.85	93.88119	

Şekil 4.3’de sarıçama ait deney örneklerinde çiviler için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik verilmiştir.



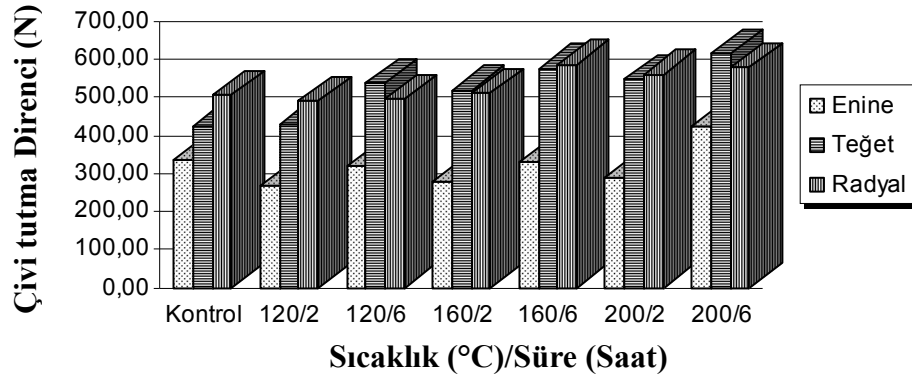
Şekil 4.3 Sarıçama ait çivi tutma dirençleri

Uludağ göknarına ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen çivi tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Uludağ göknarı için çivi tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	230.48	420.63	337.22	67.69869	12.6
	T	10	342.08	515.18	425.98	58.75343	
	R	10	418.80	787.70	506.93	139.69356	
120-2	E	10	188.99	356.44	267.48	59.34507	10.6
	T	10	332.52	481.17	430.09	53.96488	
	R	10	404.19	557.80	491.27	50.01253	
120-6	E	10	272.50	359.13	319.78	31.58574	10.7
	T	10	433.94	717.94	537.97	115.82198	
	R	10	436.81	573.29	496.62	48.82998	
160-2	E	10	241.94	316.05	278.60	28.82301	10
	T	10	467.42	573.20	517.86	39.67231	
	R	10	402.26	681.68	511.98	108.61373	
160-6	E	10	296.48	395.30	329.43	40.08300	9.4
	T	10	409.74	743.18	576.53	120.56605	
	R	10	444.02	698.03	586.20	88.29301	
200-2	E	10	207.92	451.41	290.50	99.65643	7.2
	T	10	475.07	680.55	548.27	70.58273	
	R	10	531.88	588.60	559.65	22.92882	
200-6	E	10	358.94	505.26	425.05	49.34523	6.7
	T	10	512.39	684.11	615.91	57.31267	
	R	10	492.56	637.92	579.30	49.37739	

Uludağ göknarına ait deney örneklerinde çiviler için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik ise Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Uludağ göknarına ait çivi tutma dirençleri

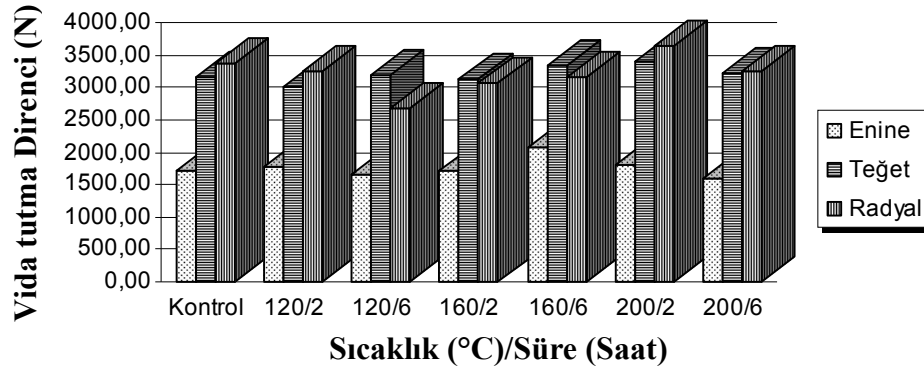
4.2 Vida Tutma Direnci Değerleri

Deneyler sonucunda Kanada kavağına ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen vida tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Kanada kavağı için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	1462.00	1905.01	1701.9650	164.89461	11.2
	T	10	2794.77	3538.57	3168.7167	303.75544	
	R	10	3030.67	3832.66	3357.8167	289.18002	
120-2	E	10	1634.67	1844.38	1761.3567	91.00772	9
	T	10	2696.22	3209.77	3001.7483	215.18121	
	R	10	2862.62	3513.78	3242.4750	240.13366	
120-6	E	10	1416.94	2682.91	1657.7017	503.77624	9.5
	T	10	2586.44	3905.55	3194.0550	555.05358	
	R	10	910.79	3647.99	2676.6600	964.21065	
160-2	E	10	1508.10	1832.55	1718.0233	113.75812	8.8
	T	10	2802.95	3528.74	3115.4100	247.49866	
	R	10	2664.64	3223.77	3064.8250	205.66300	
160-6	E	10	1642.41	2430.31	2084.6500	356.15070	8.1
	T	10	2974.91	3621.55	3341.0283	252.37198	
	R	10	2954.12	3451.93	3171.1783	177.09005	
200-2	E	10	1346.57	2359.59	1793.9300	368.81897	8.4
	T	10	2300.35	3885.63	3386.9833	583.97562	
	R	10	3184.81	3899.47	3634.3400	285.05045	
200-6	E	10	1134.42	2051.32	1602.3217	319.67171	8
	T	10	2636.28	3774.99	3213.7400	413.12696	
	R	10	2845.57	3617.03	3252.7117	290.89444	

Kanada kavağına ait deney örneklerinde vidalar için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik ise Şekil 4.5'de verilmiştir.



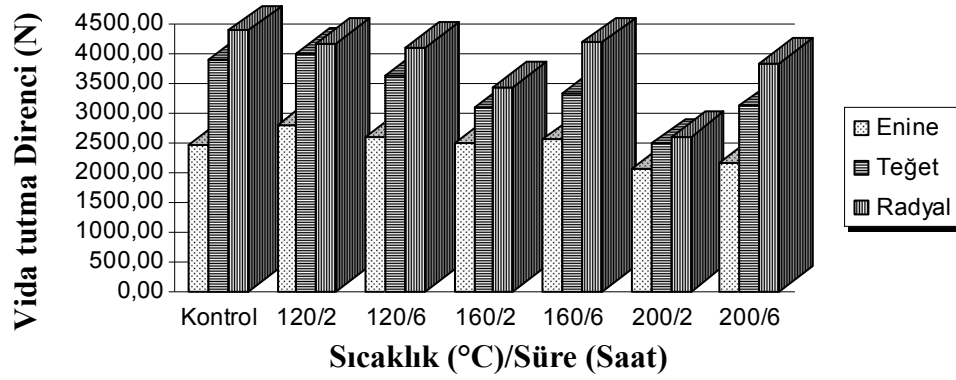
Şekil 4.5 Kanada kavağına ait vida tutma dirençleri

Doğu kayınına ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen vida tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Doğu kayını için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	1967.20	2842.18	2466.78	377.67541	12.1
	T	10	3401.05	4220.78	3908.28	327.58531	
	R	10	3901.38	4841.70	4395.07	365.79073	
120-2	E	10	2595.58	3075.55	2806.39	162.94513	9.6
	T	10	3782.50	4220.87	4015.26	164.48581	
	R	10	3931.45	4387.08	4173.41	170.93872	
120-6	E	10	2216.07	2870.97	2598.08	260.86553	9.9
	T	10	2490.85	4183.82	3630.28	651.91599	
	R	10	2588.93	4799.30	4119.61	843.52685	
160-2	E	10	2373.16	2755.63	2511.34	135.27044	9.5
	T	10	2408.30	4127.54	3113.03	559.40004	
	R	10	3062.39	4290.07	3445.93	491.04829	
160-6	E	10	2384.21	2894.80	2551.29	208.47370	8.9
	T	10	3132.01	3657.13	3340.60	221.93340	
	R	10	3936.00	4595.52	4198.07	278.79130	
200-2	E	10	1724.61	2395.17	2063.88	251.95687	5.2
	T	10	2044.55	2798.31	2483.03	258.90597	
	R	10	2142.84	2932.82	2602.41	271.36289	
200-6	E	10	1843.43	2511.90	2167.71	262.76730	4.8
	T	10	2068.45	3958.20	3123.01	688.85784	
	R	10	1556.47	5402.69	3837.16	1458.36463	

Şekil 4.6’da Doğu kayınına ait deney örneklerinde vidalar için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik verilmiştir.



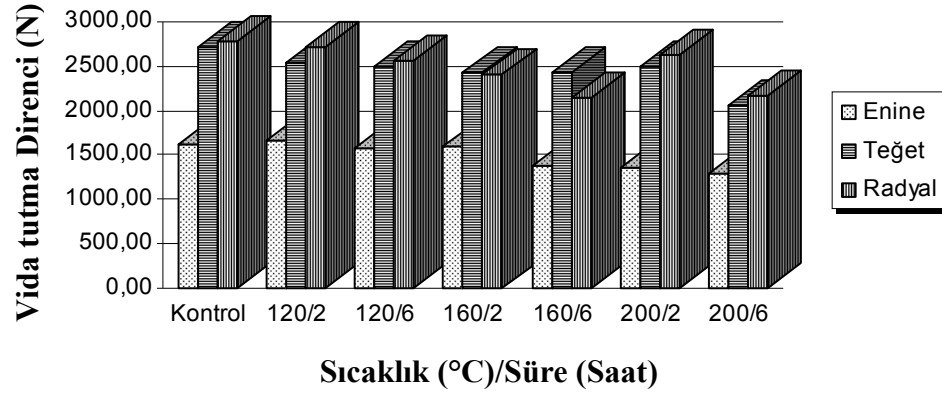
Şekil 4.6 Doğu kaymına ait vida tutma dirençleri

Sarıçama ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen vida tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Sarıçam için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	1285.86	1867.78	1628.50	228.85703	11.3
	T	10	2401.17	3115.48	2718.90	299.66174	
	R	10	2402.65	3383.39	2792.23	390.10441	
120-2	E	10	1467.40	1934.76	1671.99	194.14014	10.5
	T	10	2298.87	2723.44	2544.15	146.50710	
	R	10	2305.66	3378.00	2717.19	405.32076	
120-6	E	10	1359.19	1765.49	1584.56	150.64857	9.4
	T	10	2343.67	2636.37	2499.15	128.87118	
	R	10	2477.02	2724.66	2565.78	91.64776	
160-2	E	10	1298.47	1953.81	1609.13	246.06433	9.1
	T	10	2080.98	2623.85	2428.75	186.51872	
	R	10	2296.00	2695.61	2416.08	152.33744	
160-6	E	10	1142.68	1615.01	1371.88	151.42552	9
	T	10	1999.91	2648.11	2430.56	228.75065	
	R	10	2035.40	2271.13	2155.54	100.48774	
200-2	E	10	838.68	2141.26	1355.54	449.99574	8.9
	T	10	2231.72	2775.98	2513.36	219.91161	
	R	10	2217.63	2926.72	2637.57	307.14021	
200-6	E	10	1106.24	1506.63	1284.42	151.92403	7.9
	T	10	1800.54	2301.14	2069.60	217.97386	
	R	10	1997.56	2278.26	2165.68	101.18877	

Şekil 4.7’de sarıçama ait deney örneklerinde vidalar için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik verilmiştir.



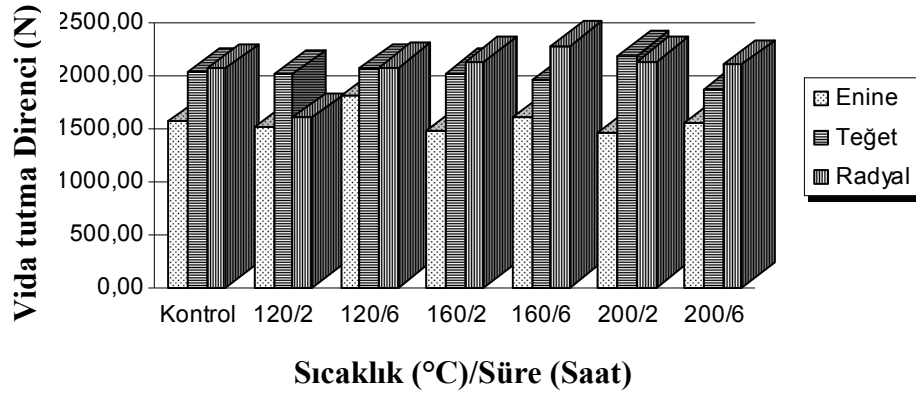
Şekil 4.7 Sarıçama ait vida tutma dirençleri

Uludağ göknarına ait üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen vida tutma direncine ait bazı değerler (minimum, maksimum, ortalama ve standart hata) ve rutubet yüzdeleri (%) Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Uludağ göknarı için vida tutma dirençleri (Newton) ve rutubet yüzdeleri

İşlem	Kesit	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Hata	Rutubet (%)
Kontrol	E	10	1300.73	1861.26	1567.55	210.52429	12.3
	T	10	1716.78	2236.85	2033.97	203.28016	
	R	10	1843.17	2264.86	2064.13	162.39352	
120-2	E	10	1338.40	1836.99	1512.40	187.94936	10.3
	T	10	1779.93	2243.29	2012.52	194.89030	
	R	10	807.88	2139.95	1606.81	549.43012	
120-6	E	10	1392.59	2000.00	1808.62	220.49406	9.8
	T	10	1877.26	2384.64	2051.48	176.45437	
	R	10	1840.90	2201.89	2073.19	140.74427	
160-2	E	10	979.76	1696.42	1482.80	267.98593	9.8
	T	10	1678.68	2363.68	2017.45	221.74096	
	R	10	1812.72	2467.54	2128.99	234.55161	
160-6	E	10	1319.09	1838.29	1603.39	218.03544	9.5
	T	10	1880.66	2049.67	1956.34	63.41019	
	R	10	1866.56	2523.38	2282.34	261.98788	
200-2	E	10	1160.60	1796.72	1462.20	270.77010	9.4
	T	10	1920.76	2353.67	2191.04	152.20212	
	R	10	1214.36	2499.20	2133.83	468.49276	
200-6	E	10	1196.27	1773.32	1561.01	212.08869	5.6
	T	10	1345.97	2156.92	1871.58	290.42619	
	R	10	1585.08	2424.65	2107.40	280.74009	

Uludağ göknarına ait deney örneklerinde vidalar için üç farklı kesitte (enine, teğet ve radyal), üç farklı sıcaklık (120, 160, 200°C) ve iki farklı sürede (2 ve 6 saat) elde edilen direnç değerlerinin aritmetik ortalamalarına ait grafik ise Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8 Uludağ göknarı vida tutma dirençleri

4.3 İstatistiksel Değerlendirme

4.3.1 Çivi tutma direnç değerlerinin istatistiksel analizi

Ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve örnek kesiti faktörlerine göre Varyans Analizi değerlendirme sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve örnek kesitine göre çivi tutma direncine ilişkin varyans analiz tablosu

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Önem Düzeyi
Tür	1.223E7	3	4077065.915	374.224	0.000***
Sıcaklık	327242.727	2	163621.363	15.018	0.000***
Süre	270400.148	1	270400.148	24.819	0.000***
Kesit	8695018.919	2	4347509.460	399.047	0.000***
Tür * Sıcaklık	675790.106	6	112631.684	10.338	0.000***
Tür * Süre	119435.870	3	39811.957	3.654	0.013*
Tür * Kesit	1368245.947	6	228040.991	20.931	0.000***
Sıcaklık * Süre	76207.838	2	38103.919	3.497	0.031*
Sıcaklık * Kesit	119604.856	4	29901.214	2.745	0.028*
Süre * Kesit	13935.644	2	6967.822	0.640	0.528ns
Tür * Sıcaklık * Süre	256964.921	6	42827.487	3.931	0.001**
Tür * Sıcaklık * Kesit	279287.755	12	23273.980	2.136	0.014*
Tür * Süre * Kesit	52137.171	6	8689.529	0.798	0.572ns
Sıcaklık * Süre * Kesit	148903.329	4	37225.832	3.417	0.009**
Tür * Sıcaklık * Süre * Kesit	252725.579	12	21060.465	1.933	0.029*
Hata	4575787.500	420	10894.732		
Toplam	2.964E8	504			
Düzeltilmiş Toplam	3.274E7	503			

Çizelge 4.9’da görüldüğü gibi çivi tutma direnci ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi, örnek kesiti ve bunların karşılıklı ilişkileri açısından farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkları daha iyi ve açık bir şekilde belirginleştirmek amacıyla ağaç türleri için yapılan Duncan testi Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Ağaç türleri için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları

Ağaç Türü	Duncan Testi			
	a	b	c	d
Uludağ göknarı	458.1825			
Kanada kavağı		747.3333		
Sarıçam			782.1190	
Doğu kayını				905.2460

Çizelge 4.10’da görüldüğü gibi ağaç türlerinden Doğu kayını en yüksek çivi tutma direncini vermektedir En düşük çivi tutma direnci ise Uludağ göknarında elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığına göre Duncan testi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Isıl işlem sıcaklığı için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları

Isıl İşlem Sıcaklığı	Duncan Testi		
	a	b	c
Kontrol	679.0139		
200 Derece	695.9167		
160 Derece		732.6042	
120 Derece			763.2431

Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi 120°C sıcaklıkta ısıl işlem görmüş örneklerin çivi tutma direnci en yüksek, kontrol örneklerinin çivi tutma direnci ise ısıl işlem görmüş örneklerden daha düşüktür. 120°C ve 160°C’de ısıl işlem görmüş örneklerin çivi tutma direnci 200°C’de ısıl işlem görmüş örneklerin çivi tutma direncinden daha yüksektir. 200°C’de ısıl işlem görmüş örneklerin çivi tutma direnci ile kontrol örnekleri arasında çok az (önemsiz) fark bulunmaktadır. Sıcaklık artışı ile çivi tutma direncinde düşüş görülmektedir.

Isıl işlem sürelerine göre çivi tutma direnci Duncan test sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Isıl işlem süresi için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları

Isıl İşlem Süresi	Duncan Testi		
	a	b	c
Kontrol	679.0139		
2 Saat		705.5694	
6 Saat			755.6065

Çizelge 4.12 incelendiğinde en yüksek çivi tutma direncinin 6 saat ısıl işlem görmüş örneklerde, en düşük çivi tutma direncinin ise kontrol örneklerinde elde edildiği görülmüştür.

Ağaç kesiti ile çivi tutma direnci etkileşimi Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 Kesitler için çivi tutma direnci Duncan testi sonuçları

Kesit	Duncan Testi		
	a	b	c
Enine	529.0476		
Teğet		778.2202	
Radyal			862.3929

Duncan testi sonucunda kesitin önemli olduğu, çivi tutma direncinin en iyi radyal kesitte olduğu, en düşük değer in ise enine kesitte olduğu saptanmıştır. Buna göre çivilerin odunun enine kesitinde yüklemeye maruz kalacak şekilde işleme sokulmaması gerekmektedir.

Kanada kavağı için ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları Çizelge 4.14’de verilmiştir.

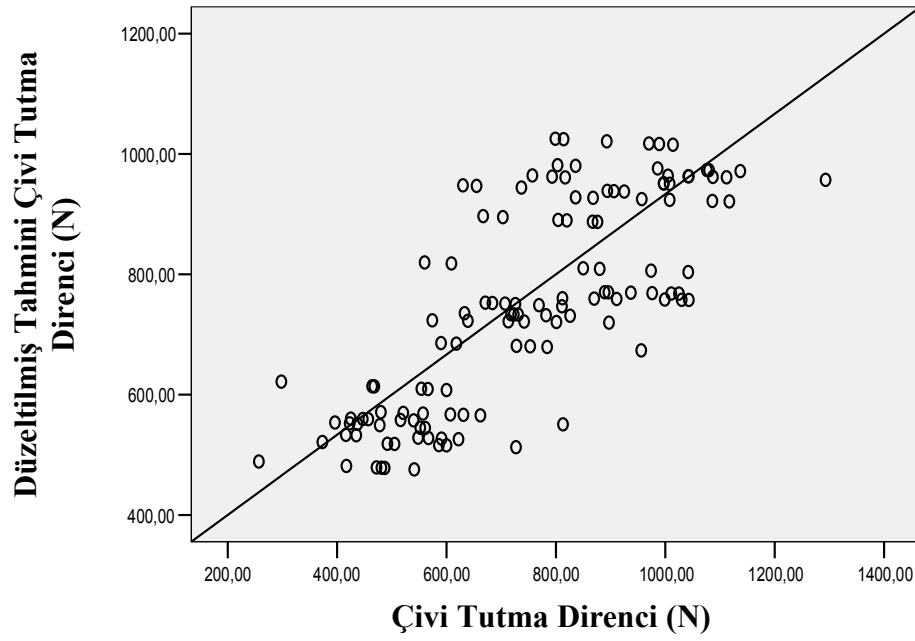
Çizelge 4.14 Kanada kavağı için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıtım İşlem Sıcaklığı	Regresyon	62592.033	1	62592.033	1.336	0.250ns
	Hata	5811483.967	124	46866.806		
	Toplam	5874076.000	125			
Isıtım İşlem Süresi	Regresyon	27595.313	1	27595.313	0.585	0.446ns
	Hata	5846480.688	124	47149.038		
	Toplam	5874076.000	125			
Isıtım İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	179013.980	2	89506.990	1.933	0.149ns
	Hata	5695062.020	123	46301.317		
	Toplam	5874076.000	125			
Kesit	Regresyon	3494928.048	1	3494928.048	182.154	0.000***
	Hata	2379147.952	124	19186.677		
	Toplam	5874076.000	125			
Isıtım İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	3673942.027	3	1224647.342	67.908	0.000***
	Hata	2200133.973	122	18033.885		
	Toplam	5874076.000	125			

Çizelge 4.14’de verilen regresyon analizi sonuçlarına göre kavak ağacında ısıtım işlem sıcaklığı ile çivi tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde ilişki anlamsızdır. Yani kavak ağacı için çivi tutma direncine ısıtım işlem sıcaklığının etkisi sınırlı ve rastlantısaldır. Isıtım işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.011$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %1.1’i ısıtım işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıtım işlem süresi ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi de %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıtım işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.005$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %0.5’i ısıtım işlem süresi ile açıklanabilir. Isıtım işlem sıcaklığı ve süresiyle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıtım işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.03$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %3’ü ısıtım işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Kesit için regresyon katsayısı $r^2=0.595$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %59.5’i kesit ile açıklanabilir. Isıtım işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde

anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesit için regresyon katsayısı $r^2=0.625$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %62.5'i ısıtım sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.9'da ise Kanada kavağında ısıtım sıcaklığı, ısıtım süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.9 Kanada kavağında ısıtım sıcaklığı, ısıtım süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi

Doğru kayını için ısıtım sıcaklığının, ısıtım süresinin ve ağaç kesitinin çivi tutma direnci ile ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları Çizelge 4.15'de verilmiştir.

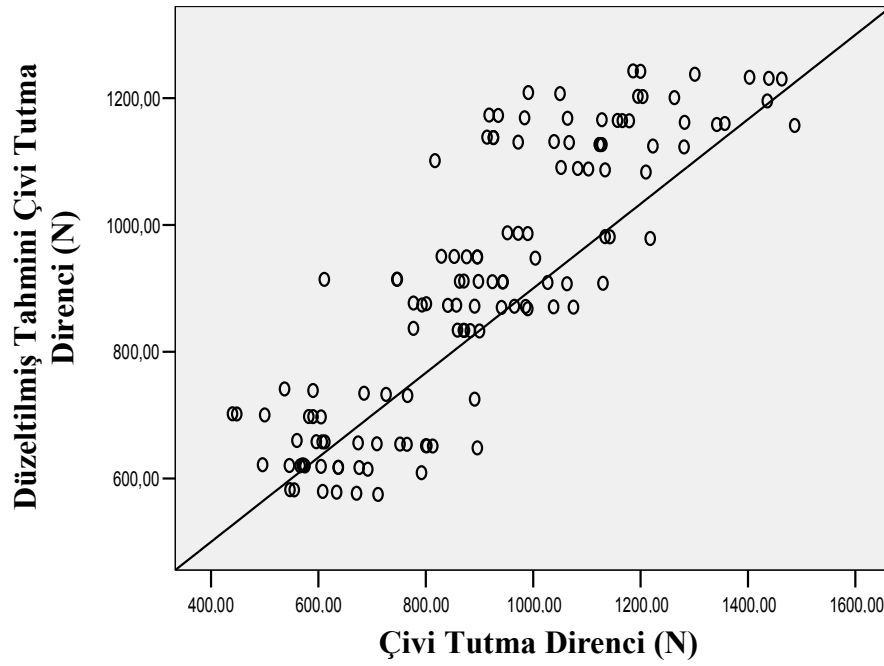
Çizelge 4.15 Doğu kayını için ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıl İşlem Sıcaklığı	Regresyon	18086.843	1	18086.843	0.294	0.589ns
	Hata	7627730.530	124	61513.956		
	Toplam	7645817.373	125			
Isıl İşlem Süresi	Regresyon	138551.574	1	138551.574	2.289	0.133ns
	Hata	7507265.799	124	60542.466		
	Toplam	7645817.373	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	280464.484	2	140232.242	2.342	0.100ns
	Hata	7365352.889	123	59880.918		
	Toplam	7645817.373	125			
Kesit	Regresyon	5421884.298	1	5421884.298	302.308	0.000***
	Hata	2223933.075	124	17934.944		
	Toplam	7645817.373	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	5702348.782	3	1900782.927	119.320	0.000***
	Hata	1943468.591	122	15930.070		
	Toplam	7645817.373	125			

Çizelge 4.15’de verilen regresyon analizi sonuçlarına göre kayın ağacında ısı işlem sıcaklığı ile çivi tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde ilişki anlamsızdır. Yani kayın ağacı için çivi tutma direncine ısı işlem sıcaklığının etkisi sınırlı ve rastlantısaldır. Isıl işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.002$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %0.2’si ısı işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıl işlem süresi ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıl işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.018$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %1.8’i ısı işlem süresi ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresiyle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.037$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %3.7’si ısı işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Ağaç kesiti için regresyon katsayısı $r^2=0.709$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %70.9’u kesit ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5

olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesit için regresyon katsayısı $r^2=0.746$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %74.6'sı ısıtma işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.10'da Doğu kayınına ait ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.10 Doğu kayınında ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi

Çizelge 4.16'da sarıçam için ısıtma işlem sıcaklığının, ısıtma işlem süresinin ve ağaç kesitinin çivi tutma direnci ile ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları verilmiştir.

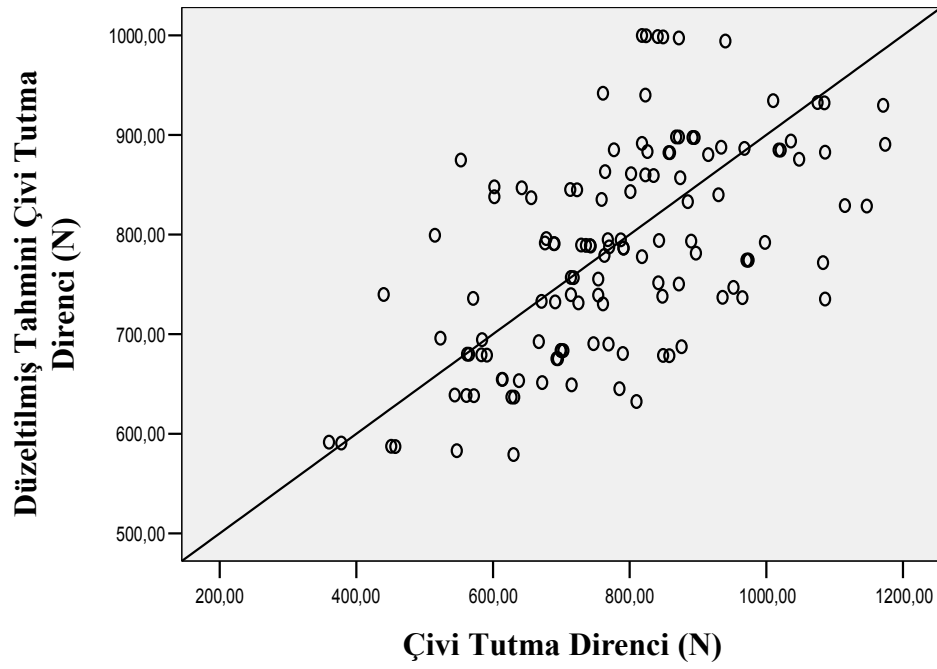
Çizelge 4.16 Sarıçam için ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıl İşlem Sıcaklığı	Regresyon	67654.291	1	67654.291	2.397	0.124ns
	Hata	3500406.923	124	28229.088		
	Toplam	3568061.214	125			
Isıl İşlem Süresi	Regresyon	174295.557	1	174295.557	6.368	0.013*
	Hata	3393765.657	124	27369.078		
	Toplam	3568061.214	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	476250.671	2	238125.335	9.473	0.000***
	Hata	3091810.544	123	25136.671		
	Toplam	3568061.214	125			
Kesit	Regresyon	886218.857	1	886218.857	40.976	0.000***
	Hata	2681842.357	124	21627.761		
	Toplam	3568061.214	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	1362469.528	3	454156.509	25.121	0.000***
	Hata	2205591.687	122	18078.620		
	Toplam	3568061.214	125			

Çizelge 4.16’da verilen regresyon analizi sonuçlarına göre sarıçamda ısı işlem sıcaklığı ile çivi tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde ilişki anlamsızdır. Yani sarıçam için çivi tutma direncine ısı işlem sıcaklığının etkisi sınırlı ve rastlantısaldır. Isıl işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.019$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %1.9’u ısı işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıl işlem süresi ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.049$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %4.9’u ısı işlem süresi ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresiyle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.133$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %13.3’ü ısı işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Ağaç kesiti için regresyon katsayısı $r^2=0.248$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %24.8’i kesit ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5

olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesit için regresyon katsayısı $r^2=0.382$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %38.2'si ısıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.11'de ise sarıçamda ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.11 Sarıçamda ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi

Çizelge 4.17'de Uludağ göknarı için ısıl işlem sıcaklığının, ısıl işlem süresinin ve ağaç kesitinin çivi tutma direnci ile ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları verilmiştir.

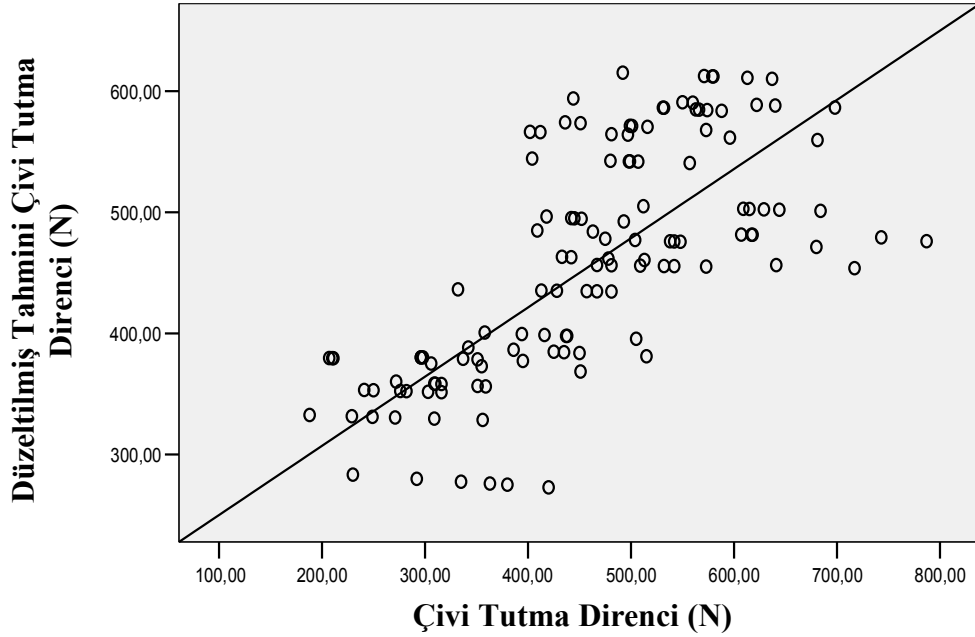
Çizelge 4.17 Uludağ göknarı için ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve ağaç kesiti ile çivi tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıl İşlem Sıcaklığı	Regresyon	127350.579	1	127350.579	7.956	0.006**
	Hata	1984824.222	124	16006.647		
	Toplam	2112174.802	125			
Isıl İşlem Süresi	Regresyon	115465.144	1	115465.144	7.171	0.008**
	Hata	1996709.657	124	16102.497		
	Toplam	2112174.802	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	161056.056	2	80528.028	5.077	0.008**
	Hata	1951118.746	123	15862.754		
	Toplam	2112174.802	125			
Kesit	Regresyon	942764.298	1	942764.298	99.967	0.000***
	Hata	1169410.504	124	9430.730		
	Toplam	2112174.802	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	1103820.353	3	367940.118	44.517	0.000***
	Hata	1008354.448	122	8265.200		
	Toplam	2112174.802	125			

Regresyon analizi sonuçlarına göre göknar ağacında ısı işlem sıcaklığı ile çivi tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde ilişki anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.06$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %6'sı ısı işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıl işlem süresi ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.055$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %5.5'i ısı işlem süresi ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresiyle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.076$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %7.6'sı ısı işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Ağaç kesiti için regresyon katsayısı $r^2=0.446$ olduğundan çivi tutma direncindeki değişimin %44.6'sı kesit ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle çivi tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı,

süresi ve kesit için regresyon katsayısı $r^2=0.523$ olup çivi tutma direncindeki değişimin %52.3'ü ısıtma işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.12'de ise Uludağ göknarına ait ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.12 Uludağ göknarında ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisi

$r^2=0.496$ regresyon katsayısında ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve örnek kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki regresyon denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \text{Çivi Tutma Direnci} = & 771,944 - 99,058 \times \text{Tür} - 27,684 \times \text{Sıcaklık} + 61,995 \times \text{Süre} \\ & + 166,673 \times \text{Kesit} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Çizelge 4.18'de ise ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve kesitin çivi tutma direnciyle ilişkisini gösteren korelasyon analizi görülmektedir.

Çizelge 4.18 Ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve örnek kesiti ile çivi tutma direnci arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi

	Tür	Sıcaklık	Süre	Kesit	Çivi
Tür	1				
Sıcaklık	0.000	1			
Süre	0.000	0.510**	1		
Kesit	0.000	0.000	0.000	1	
Çivi	-0.435**	-0.025	0.113*	0.534**	1

Korelasyon katsayısı (r) – 1 ile + 1 arasında bir değer alır. Burada ilişkinin yönünü “r”nin işareti, derecesini ise katsayının büyüklüğü belirler. Eksik değerler bir değişken artarken diğerinin azaldığını, artı değerler ise her iki değişkenin aldığı değerlerin birlikte artış ve azalış gösterdiğinin (iki değişken arasında doğru orantı olduğunun) göstergesidir.

Çivi tutma direnciye ısıtma işlem sıcaklığı arasında zayıf negatif doğrusal ilişki vardır ($r = -0.025$). Isıtma işlem sıcaklığı arttıkça çivi tutma direnci azalır. Isıtma işlem süresiyle çivi tutma direnci arasında zayıf pozitif doğrusal bir ilişki vardır ($r = 0.113$). Isıtma işlem süresi arttıkça çivi tutma direnci de artar. Çivi tutma direnciyle ağaç kesiti arasında pozitif doğrusal ilişki vardır ($r = 0.534$). Kesit çivi tutma direnci için en etkili faktördür.

4.3.2 Vida tutma direnç değerlerinin istatistiksel analizi

Ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve örnek kesiti faktörlerine göre Varyans Analizi değerlendirme sonuçları Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi ve örnek kesitine göre vida tutma direncine ilişkin varyans analiz tablosu

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Önem Düzeyi
Tür	1.285E8	3	4.284E7	328.603	0.000***
Sıcaklık	3183550.810	2	1591775.405	12.209	0.000***
Süre	56902.231	1	56902.231	.436	0.509ns
Kesit	1.108E8	2	5.539E7	424.799	0.000***
Tür * Sıcaklık	1.210E7	6	2016146.337	15.464	0.000***
Tür * Süre	3112109.972	3	1037369.991	7.956	0.000***
Tür * Kesit	1.620E7	6	2700749.321	20.714	0.000***
Sıcaklık * Süre	549796.394	2	274898.197	2.108	0.123ns
Sıcaklık * Kesit	565659.065	4	141414.766	1.085	0.364ns
Süre * Kesit	110207.671	2	55103.836	0.423	0.656ns
Tür * Sıcaklık * Süre	4977358.625	6	829559.771	6.363	0.000***
Tür * Sıcaklık * Kesit	2700169.269	12	225014.106	1.726	0.059ns
Tür * Süre * Kesit	3375144.514	6	562524.086	4.314	0.000***
Sıcaklık * Süre * Kesit	156250.954	4	39062.738	0.300	0.878ns
Tür * Sıcaklık * Süre * Kesit	1398257.972	12	116521.498	0.894	0.553ns
Hata	5.476E7	420	130380.956		
Toplam	3.489E9	504			
Düzeltilmiş Toplam	3.591E8	503			

Çizelge 4.19’da görüldüğü gibi vida tutma direnci ağaç türü, ısıtma işlem sıcaklığı, ısıtma işlem süresi, örnek kesiti ve bunların karşılıklı ilişkileri açısından farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıkları daha iyi ve açık bir şekilde belirginleştirmek amacıyla ağaç türleri için yapılan Duncan testi Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Ağaç türleri için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları

Ağaç Türü	Duncan Testi			
	a	b	c	d
Uludağ göknarı	1881.8016			
Sarıçam		2150.0238		
Kanada kavağı			2720.5476	
Doğu kayını				3216.1984

Çizelge 4.20’de görüldüğü gibi ağaç türlerinden Doğu kayını en yüksek vida tutma direncini vermektedir. Türler birbirinden farklılık göstermektedir. En düşük vida tutma direnci ise Uludağ göknarında elde edilmiştir.

Isıl işlem sıcaklığına göre Duncan testi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Isıl işlem sıcaklığı için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları

Isıl İşlem Sıcaklığı	Duncan Testi		
	a	b	c
200 Derece	2354.2569		
160 Derece		2480.2986	
120 Derece		2563.0417	2563.0417
Kontrol			2649.8056

Çizelge 4.21’de görüldüğü gibi ısıl işlem görmemiş örneklerin vida tutma direnci daha yüksek, 200°C’de ısıl işlem görmüş örneklerin vida tutma direnci 120°C’de ve 160°C’de ısıl işlem görmüş örneklerden daha düşüktür ve en düşük vida tutma direnci değerleri 200°C’de elde edilmiştir. 120°C ile 160°C’de ısıl işlem görmüş örnekler ve 120°C’de ısıl işlem görmüş örnekler ile kontrol örnekleri aynı homojenlik grubunda yer aldıklarından vida tutma direnci arasındaki fark önemsizdir.

Isıl işlem sürelerine göre Duncan test sonuçları Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Isıl işlem süresi için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları

Isıl İşlem Süresi	Duncan Testi	
	a	b
2 saat	2454.3889	
6 saat	2477.3426	
Kontrol		2649.8056

Çizelge 4.22 incelendiğinde en yüksek vida tutma direncinin ısı işlem görmemiş örneklerde, en düşük vida tutma direncinin ise 2 saat ısı işlem görmüş örneklerde elde edildiği görülmüştür. 2 saat ve 6 saat ısı işlem görmüş örneklerin vida tutma direnci arasındaki fark önemsizdir dolayısıyla aynı homojenlik grubunda yer almaktadırlar.

Ağaç kesitlerine göre çivi tutma direnci etkileşimine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 Kesitler için vida tutma direnci Duncan testi sonuçları

Kesit	Duncan Testi		
	a	b	c
Enine	1820.5595		
Teğet		2762.8452	
Radyal			2893.0238

Duncan testi sonucunda vida tutma direncinin en iyi radyal kesitte olduğu, bunu az farkla teğet kesitin izlediği, en düşük değer ise enine kesitte olduğu saptanmıştır.

Kanada kavağı için ısı işlem sıcaklığının, ısı işlem süresinin ve ağaç kesitinin vida tutma direnci ile ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları Çizelge 4.24’de verilmiştir.

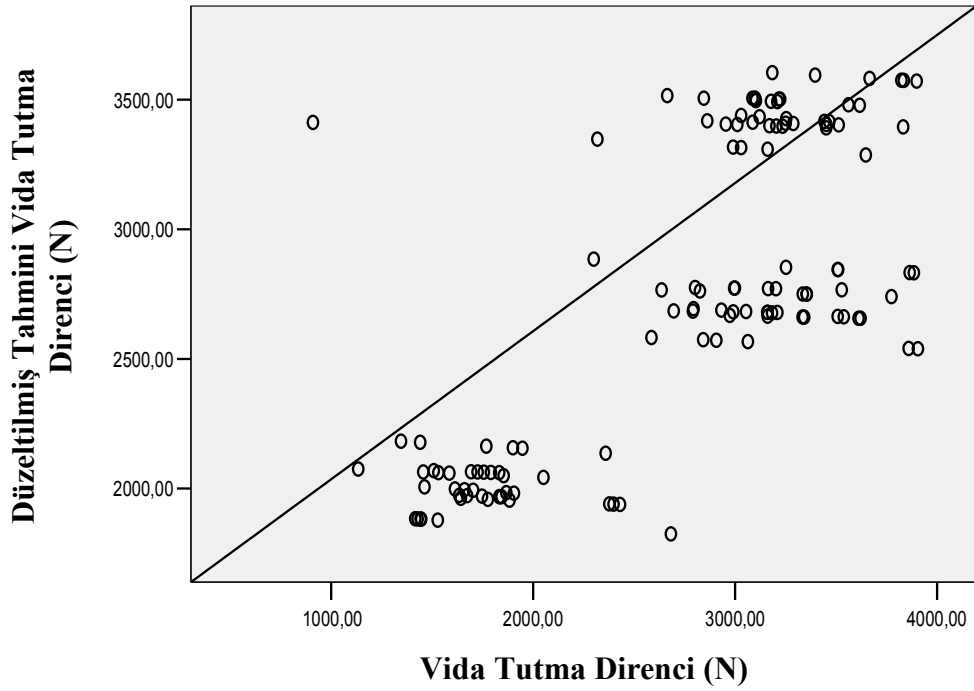
Çizelge 4.24 Kanada kavağı için ısıt işlem sıcaklığı, ısıt işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıt İşlem Sıcaklığı	Regresyon	400253.984	1	400253.984	0.639	0.426ns
	Hata	77651075.231	124	626218.349		
	Toplam	78051329.214	125			
Isıt İşlem Süresi	Regresyon	75860.224	1	75860.224	0.121	0.729ns
	Hata	77975468.991	124	628834.427		
	Toplam	78051329.214	125			
Isıt İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	882898.428	2	441449.214	0.704	0.497ns
	Hata	77168430.786	123	627385.616		
	Toplam	78051329.214	125			
Kesit	Regresyon	43542720.048	1	43542720.048	156.462	0.000***
	Hata	34508609.167	124	278295.235		
	Toplam	78051329.214	125			
Isıt İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	44425618.476	3	14808539.492	53.728	0.000***
	Hata	33625710.739	122	275620.580		
	Toplam	78051329.214	125			

Çizelge 4.24’de verilen regresyon analizi sonuçlarına göre kavak ağacında ısıt işlem sıcaklığı ile vida tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Yani kavak ağacı için vida tutma direncine ısıt işlem sıcaklığının etkisi sınırlı ve rastlantısaldır. Isıt işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.005$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %0.5’i ısıt işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıt işlem süresi ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıt işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.001$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %0.1’i ısıt işlem süresi ile açıklanabilir. Isıt işlem sıcaklığı ve süresiyle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıt işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.011$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %1.1’i ısıt işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Ağaç kesiti için regresyon katsayısı $r^2=0.558$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %55.8’i ağaç kesiti ile açıklanabilir. Isıt işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi

%5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesit için regresyon katsayısı $r^2=0.569$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %56.9'u ısıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.13'de ise Kanada kavağında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.13 Kanada kavağında ısıl işlem sıcaklığı, ısıl işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi

Doğu kayını için ısıl işlem sıcaklığının, ısıl işlem süresinin ve ağaç kesitinin vida tutma direnci ile ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları Çizelge 4.25'de verilmiştir.

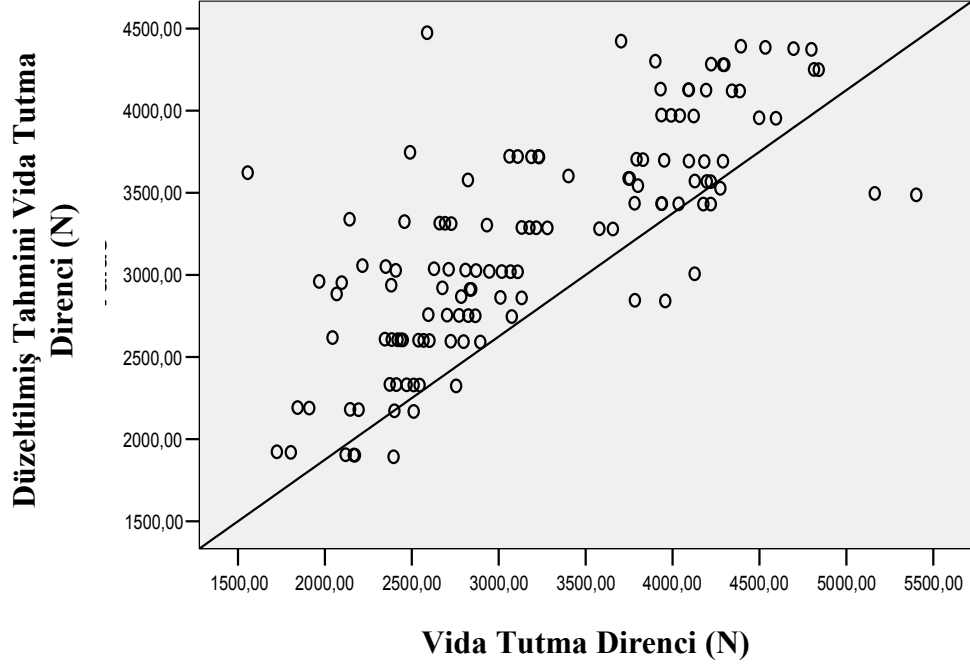
Çizelge 4.25 Doğu kayını için ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıl İşlem Sıcaklığı	Regresyon	14371464.005	1	14371464.005	22.412	0.000***
	Hata	79512598.034	124	641230.629		
	Toplam	93884062.040	125			
Isıl İşlem Süresi	Regresyon	148778.611	1	148778.611	0.197	0.658ns
	Hata	93735283.428	124	755929.705		
	Toplam	93884062.040	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	17599151.117	2	8799575.559	14.188	0.000***
	Hata	76284910.923	123	620202.528		
	Toplam	93884062.040	125			
Kesit	Regresyon	39546529.714	1	39546529.714	90.246	0.000***
	Hata	54337532.325	124	438205.906		
	Toplam	93884062.040	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	57145680.831	3	19048560.277	63.256	0.000***
	Hata	36738381.208	122	301134.272		
	Toplam	93884062.040	125			

Çizelge 4.25’de verilen regresyon analizi sonuçlarına göre kayın ağacında ısı işlem sıcaklığı ile vida tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde ilişki anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.153$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %15.3’ü ısı işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıl işlem süresi ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıl işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.002$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %0.2’si ısı işlem süresi ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresiyle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.187$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %18.7’si ısı işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Ağaç kesiti için regresyon katsayısı $r^2=0.421$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %42.1’i ağaç kesiti ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesit için regresyon katsayısı

$r^2=0.609$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %60.9'u ısıtma sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.14'de Doğu kayınına ait ısıtma sıcaklığı, ısıtma süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.14 Doğu kayınında ısıtma sıcaklığı, ısıtma süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi

Çizelge 4.26'da sarıçam için ısıtma sıcaklığının, ısıtma süresinin ve ağaç kesitinin vida tutma direnci ile ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları verilmiştir.

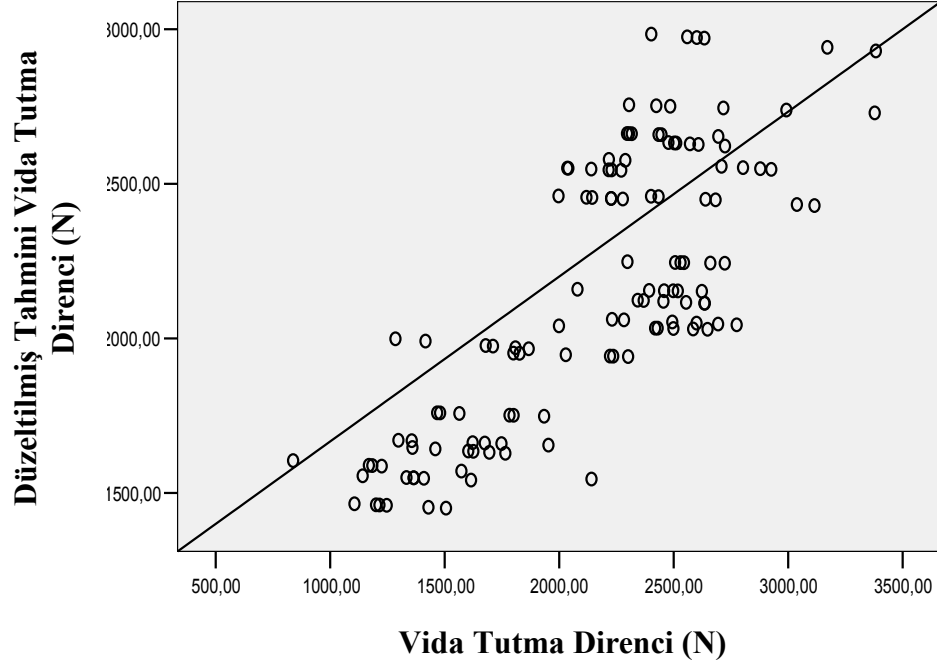
Çizelge 4.26 Sarıçam için ısıtım işlem sıcaklığı, ısıtım işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıtım İşlem Sıcaklığı	Regresyon	2315565.923	1	2315565.923	8.221	0.005**
	Hata	34925763.005	124	281659.379		
	Toplam	37241328.929	125			
Isıtım İşlem Süresi	Regresyon	2138789.049	1	2138789.049	7.555	0.007**
	Hata	35102539.880	124	283084.999		
	Toplam	37241328.929	125			
Isıtım İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	2953247.839	2	1476623.920	5.297	0.006**
	Hata	34288081.089	123	278764.887		
	Toplam	37241328.929	125			
Kesit	Regresyon	20669312.190	1	20669312.190	154.658	0.000***
	Hata	16572016.738	124	133645.296		
	Toplam	37241328.929	125			
Isıtım İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	23622560.030	3	7874186.677	70.539	0.000***
	Hata	13618768.899	122	111629.253		
	Toplam	37241328.929	125			

Çizelge 4.26’da verilen regresyon analizi sonuçlarına göre sarıçamda ısıtım işlem sıcaklığı ile vida tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde ilişki anlamlıdır. Isıtım işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.062$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %6.2’si ısıtım işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıtım işlem süresi ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıtım işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.057$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %5.7’si ısıtım işlem süresi ile açıklanabilir. Isıtım işlem sıcaklığı ve süresiyle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıtım işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.079$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %7.9’u ısıtım işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Ağaç kesiti için regresyon katsayısı $r^2=0.555$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %55.5’i ağaç kesiti ile açıklanabilir. Isıtım işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Isıtım işlem sıcaklığı, süresi ve kesit için regresyon katsayısı

$r^2=0.634$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %63.4'ü ısıtma sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.15'de ise sarıçamda ısıtma sıcaklığı, ısıtma süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.15 Sarıçamda ısıtma sıcaklığı, ısıtma süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi

Çizelge 4.27'de Uludağ göknarı için ısıtma sıcaklığının, ısıtma süresinin ve ağaç kesitinin vida tutma direnci ile ilişkisini belirlemek amacıyla yapılan regresyon analiz sonuçları verilmiştir.

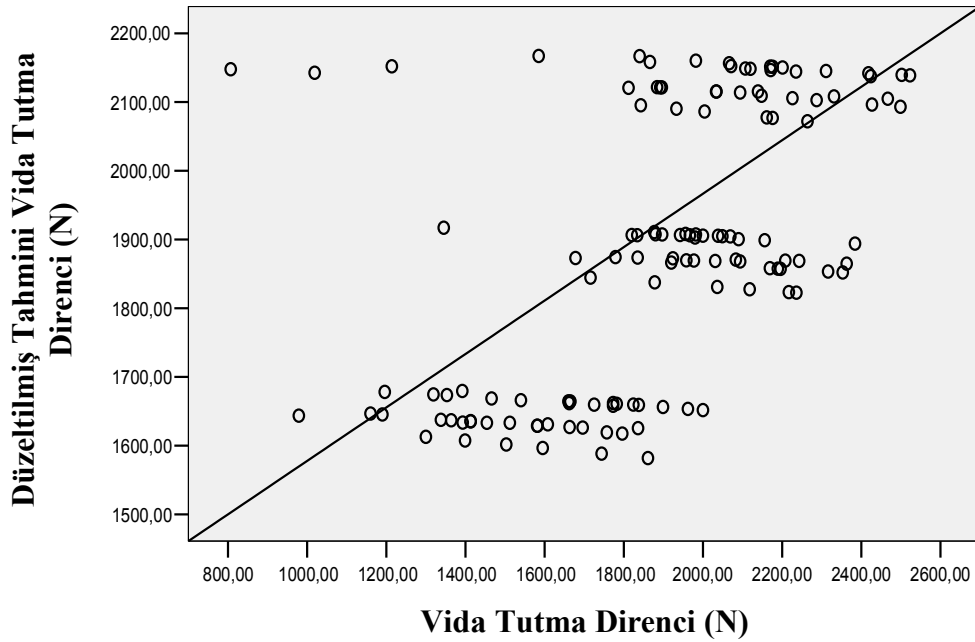
Çizelge 4.27 Uludağ göknarı için ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve ağaç kesiti ile vida tutma direnci ilişkisi regresyon analizi sonuçları

Koşul	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Isıl İşlem Sıcaklığı	Regresyon	13606.741	1	13606.741	0.108	0.743ns
	Hata	15582163.299	124	125662.607		
	Toplam	15595770.040	125			
Isıl İşlem Süresi	Regresyon	73800.834	1	73800.834	0.590	0.444ns
	Hata	15521969.206	124	125177.171		
	Toplam	15595770.040	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı ve Süresi	Regresyon	74441.016	2	37220.508	0.295	0.745ns
	Hata	15521329.024	123	126189.667		
	Toplam	15595770.040	125			
Kesit	Regresyon	4950400.762	1	4950400.762	57.664	0.000***
	Hata	10645369.278	124	85849.752		
	Toplam	15595770.040	125			
Isıl İşlem Sıcaklığı, Süresi ve Kesit	Regresyon	5024841.778	3	1674947.259	19.331	0.000***
	Hata	10570928.262	122	86646.953		
	Toplam	15595770.040	125			

Regresyon analizi sonuçlarına göre göknar ağacında ısı işlem sıcaklığı ile vida tutma direnci arasında %5 olasılık düzeyinde ilişki anlamsızdır. Yani göknar ağacı için vida tutma direncine ısı işlem sıcaklığının etkisi sınırlı ve rastlantısaldır. Isıl işlem sıcaklığı için regresyon katsayısı $r^2=0.001$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %0.1'i ısı işlem sıcaklığı ile açıklanabilir. Isıl işlem süresi ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıl işlem süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.005$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %0.5'i ısı işlem süresi ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı ve süresiyle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamsızdır. Isıl işlem sıcaklığı ve süresi için regresyon katsayısı $r^2=0.005$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %0.5'i ısı işlem sıcaklığı ve süresiyle açıklanabilir. Ağaç kesiti ile vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık düzeyinde anlamlıdır. Ağaç kesiti için regresyon katsayısı $r^2=0.317$ olduğundan vida tutma direncindeki değişimin %31.7'si ağaç kesiti ile açıklanabilir. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle vida tutma direnci arasındaki regresyon analizi %5 olasılık

düzeyinde anlamlıdır. Isıl işlem sıcaklığı, süresi ve kesit için regresyon katsayısı $r^2=0.322$ olup vida tutma direncindeki değişimin %32.2'si ısı işlem sıcaklığı, süresi ve kesitle açıklanabilir.

Şekil 4.16'da ise Uludağ göknarına ait ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisini gösteren grafik görülmektedir.



Şekil 4.16 Uludağ göknarında ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisi

$r^2=0.509$ regresyon katsayısında ağaç türü, ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve örnek kesiti ile vida tutma direnci arasındaki regresyon denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Vida Tutma Direnci} = 3006,562 - 358,241 \times \text{Tür} - 105,699 \times \text{Sıcaklık} + 20,339 \times \text{Süre} + 536,232 \times \text{Kesit} \quad (4.2)$$

Çizelge 4.28'de ise ağaç türü, ısı işlem sıcaklığı, ısı işlem süresi ve kesitin vida tutma direnciyle ilişkisini gösteren korelasyon analizi görülmektedir.

Çizelge 4.28 Ağaç türü, ısıt işlem sıcaklığı, ısıt işlem süresi ve örnek kesiti ile vida tutma direnci arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon analizi

	Tür	Sıcaklık	Süre	Kesit	Çivi
Tür	1				
Sıcaklık	0.000	1			
Süre	0.000	0.510**	1		
Kesit	0.000	0.000	0.000	1	
Vida	-0.475**	-0.120**	-0.049	0.519**	1

Vida tutma direnciyle ısıt işlem sıcaklığı arasında negatif doğrusal ilişki vardır ($r = -0.120$). Isıt işlem sıcaklığı arttıkça vida tutma direnci azalır. Isıt işlem süresiyle vida tutma direnci arasında zayıf negatif doğrusal bir ilişki vardır ($r = -0.049$). Isıt işlem süresi arttıkça çivi tutma direnci azalır. Vida tutma direnciyle ağaç kesiti arasında pozitif doğrusal ilişki vardır ($r = 0.519$). Kesit vida tutma direnci için en etkili faktördür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Odun, yapısı nedeniyle mikrobiyolojik saldırılara ve böcek saldırılarına maruz kalabilmekte ve bulunduğu çevrenin koşullarına göre fiziksel ve mekanik özellikleri de değişebilmektedir. Bu olumsuzlukları en aza indirmek amacıyla ağaçlar kurutulmaktadır. Günümüzde klasik kurutmanın yerini yüksek sıcaklıklarda kurutma almaya başlamıştır.

Isıl işlemde çevreye olumsuz etki yapacak kimyasallar kullanılmadığı için ısıl işlem gören ağaç malzemeye emprenyedeki gibi zehirli maddeler bulaşmamaktadır. Isıl işlemle ağaç malzemenin kararlılığı artıp, rutubet alışverişi azaldığı için boyutsal olarak daha sabit kalabilmektedir. Ayrıca, ısıl işlemle ahşap materyallerin ısıl iletkenliği iyileşmekte; çürümeye karşı direnci artmakta, mantar ve böcek saldırılarına karşı daha dirençli olmaktadır.

Çizelge 5.1’de Kanada kavağı, Doğu kayını, sarıçam ve Uludağ göknarı odununun ısıl işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak kesitler düzeyinde deneyler sonucunda tespit edilen çivi tutma direnci değerleri toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.1 Isıl işlem görmüş odunlarda çivi tutma direnci değerleri (N)

İşlem	Kesit	Ağaç Türü			
		Kanada Kavağı	Doğu Kayını	Sarıçam	Uludağ Göknaarı
Kontrol	E	474.74	650.76	673.45	337.22
	T	728.57	876.51	809.16	425.98
	R	895.24	1000.04	775.62	506.93
120-2	E	533.59	668.01	694.89	267.48
	T	944.56	916.89	827.81	430.09
	R	1097.57	1239.26	956.77	491.27
120-6	E	492.23	699.43	748.16	319.78
	T	819.65	1068.56	974.57	537.97
	R	913.61	1332.48	857.87	496.62
160-2	E	547.68	577.71	624.68	278.60
	T	728.27	950.27	884.14	517.86
	R	979.18	1142.78	735.65	511.98
160-6	E	576.54	528.00	643.67	329.43
	T	956.17	892.86	861.08	576.53
	R	986.86	1190.27	987.93	586.20
200-2	E	442.91	621.39	470.92	290.50
	T	738.73	860.86	766.88	548.27
	R	789.80	1066.97	714.29	559.65
200-6	E	530.21	763.81	615.15	425.05
	T	735.91	878.32	930.88	615.91
	R	791.82	1095.01	880.85	579.30

Çivi tutma direnci değerleri ağaç türü bakımından incelendiğinde, ısıl işlem görmüş sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), Uludağ göknarı (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve Kanada kavağı (*Populus canadensis* (*Populus nigra* x *Populus deltoides*)) odunlarından yapraklı türlerden Doğu kayını en yüksek çivi tutma direnci gösterirken; hem Kanada kavağı hem de iğne yapraklı türler daha düşük çivi tutma direnci değerleri göstermiştir. En düşük çivi tutma direnci değeri Uludağ göknarında elde edilmiştir. Bu durum ağaç türlerinin özgül ağırlık değerleri ile ilişkilendirilebilir. Akyıldız (1999) Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), sakallı kızılgağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey) Yalt.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarından Doğu kayınının en yüksek çivi tutma direncine sahip olduğunu, Anadolu kestanesi, sakallı kızılgağaç ve Doğu ladininin Doğu kayınına takip ettiğini ve en düşük tutma direncinin ise sarıçamda elde edildiğini ve belirgin özgül ağırlığı farklılığının direnci üzerinde etkisinin önemli olduğunu, ancak

farklılığın belirgin olmadığı yani az olduğu durumlarda özgül ağırlığın öneminin ortaya konulamayacağını, bununda özgül ağırlık dışında odunu oluşturan etmenlere bağlanabileceğini belirtmektedir. Aytekin (2008) göknar (*Abies nordmanniana*), meşe (*Quercus robur* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) odunlarının çivi tutma dirençlerini belirlemiş ve karşılaştırmıştır. Meşe odununun çivi tutma direncinin iğne yapraklı ağaçlardan daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Ferah (1991) yapraklı türlerde, iğne yapraklılardan daha büyük direnç değerleri elde ettiğini, yani özgül ağırlığın direnci artırdığını, Helińska-Raczkowska (1993), Bues et al. (1987) ile Noguchi and Sugihara (1961) benzer ilişkiyi ortaya koyduklarını belirtmektedirler. Yine Reardon and Boughton (1984) ladin, göknar ve çam türleri arasında özgül ağırlık ile çivi tutma dirençleri arasında bir ilişki olmadığını, Scholten (1953) yapraklı ve iğne yapraklı 6 tür odunu üzerinde yaptığı araştırma sonucunda düşük özgül ağırlıktaki türler ile çivileme sonucu yarılmayan yüksek özgül ağırlıktaki türlerde yüksek direnç değerleri elde ettiklerini belirtmektedirler.

Çizelge 5.1 incelendiğinde, ısı işlem sıcaklığına göre, 120°C ısı işlem görmüş örneklerin çivi tutma direncinin en yüksek, kontrol örneklerinin çivi tutma direncinin ise ısı işlem görmüş örneklerden daha düşük olduğu görülmektedir. 120°C ve 160°C’de ısı işlem görmüş örneklerin çivi tutma direnci 200°C’de ısı işlem görmüş örneklerin çivi tutma direncinden daha yüksektir. Yani 120°C’de ısı işlem çivi tutma direncini olumlu yönde etkilerken sıcaklık arttıkça çivi tutma direnci azalmakta fakat hiç ısı işlem görmemiş örneklerden daha yüksek çivi tutma dirençleri elde edilmektedir. Kontrol örneklerine göre 120°C’de çivi tutma direncindeki artış, denge rutubet miktarındaki azalmaya (Akyıldız and Ateş 2008, Akyıldız et al. 2009 a, Akyıldız et al. 2009 b, Ateş et al. 2009, Esteves et al. 2007, Esteves et al. 2008, Gündüz et al. 2008 b, Persson 2005); 160–200°C’deki çivi tutma direncindeki düşüşler ise sıcaklık artışıyla hemiselülozların parçalanması sonucu meydana gelen kütle kaybına ve odunun degradasyonuna (Viitanen et al. 1994, Fengel and Wegener 1989) bağlanabilir.

Isı işlem süresi bakımından, en yüksek çivi tutma direnci 6 saat ısı işlem görmüş örneklerde, en düşük çivi tutma direnci ise kontrol örneklerinde elde edilmiştir. Bu

nedenle ısıtma işlem süresi arttıkça çivi tutma direnci de artmaktadır (Çizelge 5.1). Çalışmada elde edilen sonuçlara göre ısıtma işlem sıcaklık ve süresi örnek kesiti kadar etkili olmamakla birlikte 120°C'de 6 saat ısıtma işlemle en yüksek çivi tutma direnci elde edilmektedir.

Örnek kesitlerine ait değerlendirmelerde; örnek kesitinin çivi tutma direnci için en etkili faktör olduğu görülmüştür. Radyal kesitin en büyük direnç değerleri verdiği, onu yaklaşık değerlerle teğet kesitin izlediği, enine kesitin ise düşük direnç değerleri verdiği görülmüştür (Çizelge 5.1). Literatürde Bues et al. (1987) ile Noguchi and Sugihara (1961) radyal kesitteki direnç değerlerinin teğet kesit dirençlerinden büyük olduğunu belirtmektedirler. AYTEKİN (2008) ve AKYILDIZ (1999) boyuna yönde, radyal ve teğet yöne göre daha düşük çivi tutma direnci elde ettiğini belirtmiştir. Bu durum çalışmada elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Çizelge 5.2'de Kanada kavağı, Doğu kayını, sarıçam ve Uludağ göknarı odununun ısıtma işlem sıcaklık ve süresine bağlı olarak kesitler düzeyinde deneyler sonucunda tespit edilen vida tutma direnci değerleri toplu olarak verilmiştir.

Çizelge 5.2 incelendiğinde vida tutma direncinde elde edilen değerlere göre ağaç türlerinden Doğu kayını en yüksek vida tutma direncini vermektedir. Türler birbirinden farklılık göstermektedir. En düşük vida tutma direnci ise Uludağ göknarında elde edilmiştir. Yapraklı ağaçlar iğne yapraklı ağaçlardan daha yüksek vida tutma direncine sahiptir. FERAH (1991) 2 yapraklı, 5 iğne yapraklı olmak üzere 7 ağaç türü üzerinde teğet kesitte ve iki farklı rutubet miktarında (%12 ve %30), yaptığı çalışmada; yapraklı türlerde iğne yapraklı türlere göre daha yüksek vida tutma direnci değerleri belirlediğini; aynı şekilde ağaç türleri özgül ağırlıkları ile vida tutma dirençleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirtmiştir. DOĞANAY (1995) beş çeşit ağaç malzemesinde, 3 tip vida ile yüzeylere paralel ve dik yaptığı deneyler sonucunda her iki yönde de en etkili malzemenin Doğu kayını olduğunu tespit etmiştir. ÖZÇİFTÇİ ve DOĞANAY (1999) Doğu kayını (*Fagus orientalis* lipsky), ladin (*Picea orientalis* lipsky.) ve etiket yongalı levhalarla yapılan vida tutma

deneylerinde en yüksek çekme direnci değerinin kayın odununda elde edildiğini bildirmektedir.

Çizelge 5.2 Isıl işlem görmüş odunda vida tutma direnci değerleri (N)

İşlem	Kesit	Ağaç Türü			
		Kanada Kavağı	Doğu Kayını	Sarıçam	Uludağ Göknaarı
Kontrol	E	1701.9650	2466.78	1628.50	1567.55
	T	3168.7167	3908.28	2718.90	2033.97
	R	3357.8167	4395.07	2792.23	2064.13
120-2	E	1761.3567	2806.39	1671.99	1512.40
	T	3001.7483	4015.26	2544.15	2012.52
	R	3242.4750	4173.41	2717.19	1606.81
120-6	E	1657.7017	2598.08	1584.56	1808.62
	T	3194.0550	3630.28	2499.15	2051.48
	R	2676.6600	4119.61	2565.78	2073.19
160-2	E	1718.0233	2511.34	1609.13	1482.80
	T	3115.4100	3113.03	2428.75	2017.45
	R	3064.8250	3445.93	2416.08	2128.99
160-6	E	2084.6500	2551.29	1371.88	1603.39
	T	3341.0283	3340.60	2430.56	1956.34
	R	3171.1783	4198.07	2155.54	2282.34
200-2	E	1793.9300	2063.88	1355.54	1462.20
	T	3386.9833	2483.03	2513.36	2191.04
	R	3634.3400	2602.41	2637.57	2133.83
200-6	E	1602.3217	2167.71	1284.42	1561.01
	T	3213.7400	3123.01	2069.60	1871.58
	R	3252.7117	3837.16	2165.68	2107.40

Akyıldız (1999) Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), sakallı kızılgağaç (*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A.Mey) Yalt.), Anadolu kestanesi (*Castanea sativa* Mill.), Doğu ladini (*Picea orientalis* (L.) Link) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunlarından en yüksek vida tutma direncinin Doğu kayınında elde edildiğini, onu sırasıyla sakallı kızılgağaç, Anadolu kestanesi ve sarıçamın takip ettiğini en düşük vida tutma direnci ise Doğu ladininde elde edildiğini belirtmiştir. Aytekin (2008) göknar (*Abies nordmanniana*), meşe (*Quercus robur* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold) ve fıstık çamı (*Pinus pinea* L.) odunları arasında en yüksek vida tutma direncini yivli vida kullanılan fıstık çamında elde etmiştir. Fıstık çamı ve meşenin vida tutma direnç değerleri arasında önemli bir fark bulamamıştır. Geleneksel vidada maksimum vida tutma direncini meşede ve daha sonra sırasıyla fıstık çamı, karaçam

ve göknarda bulmuştur. Akıllı vida da ise maksimum vida tutma direncinin meşede ve daha sonra sırasıyla fıstık çamı, karaçam ve göknarda elde edildiğini belirtmektedir.

Isıl işlem sıcaklığına ait vida tutma direnci değerlerinin değerlendirilmesinde, ısıl işlem görmemiş örneklerin vida tutma direnci daha yüksek, 200°C’de ısıl işlem görmüş örneklerin vida tutma direnci 120°C’de ve 160°C’de ısıl işlem görmüş örneklerden daha düşüktür. Isıl işlem sıcaklığı arttıkça vida tutma direnci azalmaktadır (Çizelge 5.2). Bu durum ısıl işlem sıcaklığının artmasıyla, hemiselülozların parçalanması sonucu meydana gelen kütle kaybına ve odunun degradasyonuna (Viitanen et al. 1994, Fengel and Wegener 1989) bağlanabilir.

Çizelge 5.2 ısıl işlem süresine göre incelendiğinde, en yüksek vida tutma direncinin ısıl işlem görmemiş örneklerde, en düşük vida tutma direncinin ise 2 saat ısıl işlem görmüş örneklerde elde edildiği görülmüştür. 2 saat ve 6 saat ısıl işlem görmüş örneklerin vida tutma direnci arasındaki fark önemsizdir. Bu nedenle, ısıl işlem süresinin vida tutma direnci üzerine fazla etki etmediği görülmektedir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre ısıl işlem sıcaklık ve süresi örnek kesiti kadar etkili olmamakla birlikte 120°C’de 6 saat ısıl işlemle en yüksek vida tutma direnci elde edilmektedir (Çizelge 5.2).

Örnek kesiti bakımında vida tutma direncinin de çivi tutma direncinde olduğu gibi (Çizelge 5.1) en iyi radyal kesitte olduğu, bunu az farkla teğet kesitin izlediği, en düşük değer ise enine kesitte olduğu saptanmıştır (Çizelge 5.2).

Sonuç olarak, incelediğimiz odun örneklerinin çivi ve vida tutma değerlerine göre; dış mekânlarda (telefon direği, bahçe mobilyası, çatı malzemesi), mobilya üretiminde özellikle mobilyaların birleşme yerlerinde ve ağaç malzemenin rutubetle temasının olduğu yerlerde (iskele, tekne, telefon direği, bahçe mobilyası) kullanımının uygun olduğu söylenebilir.

Örneklerin enine kesit değerleri, radyal ve teğet kesite göre düşük çıktığı için kullanım alanlarında özellikle yapı tasarımlarında çivi ve vidaların ağaç malzemelerin enine kesitlerinde kullanımlarından kaçınılmalıdır.

Isıl işlem görmüş odunlar, ısıl işlem görmemiş odunlara göre daha kullanışlı ve ekonomik olduğu için kullanım alanlarında ısıl işlem görmüş odunlar tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- 3D Mobilya Bilgi Platformu. 2009. www.3Dmobilya.com. Erişim Tarihi: 20.12.2009.
- Acar, O. 1972. 64 H melez kavak odununun bazı teknolojik odun özellikleri ve I-214 klonu ile mukayeseli araştırmalar. Kavak ve hızlı gelişen orman ağaçları araştırma müdürlüğü, Yayın No: 7.
- Açıkel, İ. 2007. Emprenye işleminin ağaç malzemede vida tutma direncine etkisi. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 52 s, Ankara.
- Akgün, K. 2008. Lamine edilmiş kestane (*Castanea sativa Mill.*) odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tanen ve ısıl işlemin etkileri. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 79 s, Zonguldak.
- Akyıldız, M. H. 1999. Doğu Karadeniz Bölgesinde yetişen önemli bazı ağaç odunlarının çivi ve vida tutma dirençleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 71 s, Trabzon.
- Akyıldız M.H. and Ateş S. 2008. Effect of heat treatment on equilibrium moisture content (EMC) of some wood species in Turkey. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4(6); 660–665.
- Akyıldız, M.H., Ateş, S. and Özdemir, H. 2009 a. Technological and chemical properties of heat-treated Anatolian black pine wood. African Journal of Biotechnology, 8(11); 2565–2572.
- Akyıldız, M.H., Ateş, S. and Özdemir, H. 2009 b. Physical, mechanical, chemical properties and crystalline structure of heat treated oak (*Quercus petraea Lieb.*) wood. Research Journal Of Chemistry And Environment, 13(3); 39–48.
- Alén, R., Kotilainen, R. and Zaman, A. 2002. Thermochemical behavior of Norway spruce (*Picea abies L.*) at 180–225°C. Wood Science and Technology, 36(2); 163–171.
- Anonim, 1976. TS 2470 Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metodları ve genel özellikler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1976. TS 2471 Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 1981. TS 53 Odunun fiziksel özelliklerini tayin için numune alma, muayene ve deney metodları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Anonim 1984. TS 4176, Odunun fiziksel ve mekanik özelliklerinin tayini için homojen meşcerelerden numune ağacı ve laboratuvar numunesi alınması. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 1988. TS 6094, Odun-çivi sökme mukavemetinin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 1994. TS 61-1, Bağlama elemanları-vidalar-kısım 1-terimler ve tarifler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 2001. TS 431, Cıvatalar-ahşap için, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim 2005. TS 155, Çiviler-özel uygulamalar için, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous 1974. Wood Handbook, Forest Product Laboratory, Forest Service, Department of Agriculture, Agriculture Handbook No: 72. U.S.
- Anonymous 2003. ThermoWood Handbook, Finnish ThermoWood Association, Helsinki, Finland.
- Anonymous 2006. ASTM-D 1761-06, Standard test methods for mechanical fasteners in wood, ASTM.
- Anonymous 2007. ASTM-D 143-94, Standard test methods for small clear specimens of timber, ASTM.
- Anşin, R. ve Özkan, Z. C. 1993. Tohumlu bitkiler-odunsu taksonlar. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Genel Yayın No:167, Fak. Yay. No:19, Trabzon.
- Ateş, S., Akyıldız, M.H. and Özdemir, H. 2009. Effect of heat treatment on Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) wood. *BioResources*, 4(3); 1032-1043.
- Ayadi, N., Lejeune, F., Charrier, F., Charrier, B. and Merlin, A. 2003. Color stability of heat treated wood during artificial weathering. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 61(3); 221-226.
- Aydemir, D. 2007. Gökmar (*Abies bornmülleriana* Mattf.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) odunlarının bazı fiziksel, mekanik ve teknolojik özellikleri üzerine ısı işlemin etkisi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 175 s, Zonguldak.
- Aytekin, A. 2008. Determination of screw and nail withdrawal resistance of some important wood species. *International Journal of Molecular Sciences*, 9; 626-637.
- Bacher, F. 1964. Nailing of wet wood. *Holzforsch. U. Holzverwert*, 16(3); 6-55.

- Bekhta, P. and 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.
- Bengtsson, C., Jermer, J., Clang, A. and Ek-Olausson, B. 2003. Investigation of some technical properties of heat-treated wood. International Research Group on Wood Preservation, Dococument No. IRG/WP 03–40266.
- Berkel, A. 1950. Orman ağaç ve ağaççıkları odunlarını teşhis kılavuzu. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 451, Orman Fakültesi Yayın No: 14, İstanbul.
- Berkel, A. 1970. Ağaç malzeme teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 147. İstanbul.
- Bhuiyan, T. R., Nobuyuki, H. and Nobuo, S. 2000. Changes of crystallinity in wood cellulose by heat treatment under dried and moist conditions. *Journal of Wood Science*, 46(6); 431–436.
- Bhuiyan, M.T.R., Hirai, N. and Sobue, N. 2001. Effect of intermittent heat treatment on crystallinity in wood cellulose. *Journal of Wood Science*, 47(5); 336–341.
- Boonstra, M. J. and Tjeerdsma, B. 2006. Chemical analysis of heat treated softwoods. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64(3); 204–211.
- Boonstra, M. J., Rijdsdijk, J. F., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., Van, A. J. and Steven, M. 2006 a. Microstructural and physical aspects of heat treatment wood. Part. 1. Softwoods. *Maderas Ciencia y tecnologia*, 8(3); 193–208.
- Boonstra, M. J., Rijdsdijk, J. F., Sander, C., Kegel, E., Tjeerdsma, B., Militz, H., Van, A. J. and Steven, M. 2006 b. Microstructural and physical aspects of heat treatment wood. Part. 2. Hardwoods. *Maderas Ciencia y tecnologia*, 8(3); 209–218.
- Boonstra, M. J., Van, A. J, Kegel, E. and Stevens, M. 2007. Optimisation of a two-stage heat treatment process: durability aspects. *Wood Science and Technology*, 41(1); 31–57.
- Bourgois, J., Bartholin, M.C. and Guyonnet, R. 1989. Thermal treatment of wood: analysis of the obtained product. *Wood Science and Technology*, 23(4); 303–310.
- Bourgois, J., Janin, G. and Guyonnet, R. 1991. Measuring colour: a method of studying and optimising the chemical transformations of thermally-treated wood. *Holzforschung*, 45(5); 377–382.
- Bozkurt, A.Y. 1992. Odun anatomisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 3652, Fakülte Yayın No: 415, İstanbul.

- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 1989. Ticarete önemli yabancı ağaçlar. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3572, Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No: 4, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 1997. Ağaç teknolojisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 3998, Fak. Yay. No: 445, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Erdin, N. 2000. Odun anatomisi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No: 4263, Fak. Yay. No: 466, İstanbul.
- Broker, F.W., Krause, H. A. 1991. Preliminary investigations on the holding power of dynamically loaded wood-screws. Holz als Roh-und Werkstoff, 49(10); 381–384.
- Bues, C.T., Schulz, H., Eichenseer, F. 1987. Investigation of the pull-out resistance of nails and screws in pine wood. Holz als Roh-und Werkstoff, 45(12); 514.
- Burmester, A. 1975. The dimensional stabilization of wood. Holz als Roh-und Werkstoff, 33(9); 333–335.
- Chang, C.I. and Keith, C.T. 1978. Properties of heat-darkened wood. II. Mechanical properties and gluability. Report. Eastern Forest Products Laboratory, No. OPX214E, Canada.
- Chow, S.Z. 1971. Infrared spectral characteristics and surface inactivation of wood at high temperatures. Wood Science and Technology, 5(1); 27–39.
- Chow, S. Z. and Pickles, K. J. 2003. Thermal softening and degradation of wood and bark. Wood and Fiber Science, 3(3); 166–178.
- Çiçek Yetiştiriciliği. 2010. <http://cicek-cicekci-cicekcilik.blogspot.com/2008/09/kavak-populus.html>. Erişim Tarihi:01.09.2010.
- Dinwoodie, J.M. 2000. Timber: Its nature and behaviour. Second edition, FFN Spon, 257 p, London, UK.
- Dirol, D. and Guyonnet, R. 1993. The improvement of wood durability by retification process. The International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 93–40015, IRG Secretariat, Stockholm, Sweden.
- Doğanay, S. 1995. Mobilya endüstrisinde kullanılan ahşap malzemenin vida tutma direncinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 69 s, Ankara.
- Doi, S., Kurimoto, Y., Takahashi, M. and Yoshimura, T. 1997. Effects of steaming heat treatment on the stimulation of termite feeding. International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/WP 97–10212.

- Doi, S. Kurimot, Y., Ohmura, W., Ohara, S. Aoyama, M. and Yoshimura, T. 1999. Effects of heat treatments on the feeding behaviour of two subterranean termites. *Holzforschung*, 53(3); 225–229.
- Edlund, M. L. and Jermer, J. 2004. Durability of heat-treated wood. Final Workshop COST Action E22-Environmental Optimisation of Wood Protection, Lisboa–Portugal.
- Efe, H. ve İmirzi H.Ö. 2007. Mobilya üretiminde kullanılan çeşitli bağlantı elemanlarının mekanik davranış özellikleri. *Politeknik Dergisi*, 10(1); 93–103.
- Edlund, M. L. and Jermer, J. 2004. Durability of heat-treated wood. Final Workshop COST Action E22-Environmental Optimisation of Wood Protection, Lisboa–Portugal.
- Esteves, B., Velez, M. A., Domingos, I. and Pereira, H. 2007. Influence of steam heating on the properties of pine (*Pinus pinaster*) and eucalypt (*Eucalyptus globulus*) wood. *Wood Science Technology*, 41(3); 193–207.
- Esteves, B., Domingos, I. and Pereira, H. 2008. Pine wood modification by heat treatment in air. *Bioresources*, 3(1); 142–154.
- Faherty, K.F., Williamson, T.G. (Editor). 1989. *Wood engineering and construction handbook*. McGraw-Hill Publishing Company, 864 pp, New York.
- Feist, W.C. and Sell, J. 1987. Weathering behaviour of dimensionally stabilized wood by heating under pressure of nitrogen gas. *Wood and Fiber Science*, 19(2); 183–195.
- Fengel, D. and Wegener, G. 1989. *Wood: chemistry, ultrastructure, reactions*. Walter de Gruyter, 613 p, Berlin, Germany.
- Ferah, O. 1991. Bazı önemli ağaç türlerimizin vida ve çivi tutma direnç özelliklerinin belirlenmesi. *Orman Araştırma Enstitüsü Yayını, Teknik Bülten No: 252, Ankara*.
- Fung, D.P.C., Stevenson, J.A. and 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.
- Giray, N. 1994. Sarıçam. *Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları, El Kitabı Dizisi: 7, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Ankara*.
- Güller, B. ve Korkut, S. 2006. Isıl işlem görmüş ahşap (ThermoWood). *Woodwork Mobilya, Mobilya Yan Sanayi, Mimarlık, Dekorasyon ve Araştırma Dergisi*, 38–48.

- Gunduz, G., Korkut, S. and Korkut, D. S. 2008 a. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of Camiyanı Black Pine (*Pinus nigra* Arn. subsp. *pallasiana* var. *pallasiana*) wood. *Bioresource Technology*, 99(7); 2275–2280.
- Gündüz, G., Niemz, P. and Aydemir, D. 2008 b. Changes in specific gravity and equilibrium moisture content in heat-treated fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf.) wood. *Drying Technology*, 26(9); 1135–1139.
- Gündüz, G., Aydemir, D. and Karakaş, G. 2009 a. The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) wood and changes in physical properties. *Materials & Design*, 30(10); 4391–4395.
- Gündüz, G., Korkut, S., Aydemir, D. and Bekar, İ. 2009 b. The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (*carpinus betulus*) wood. *Maderas. Ciencia y tecnología* 11(1); 61–70.
- Hakkou, M., Pétrissans, M., Zoulalian, A. and Gérardin, P. 2005 a. Investigation of wood wettability changes during heat treatment on the basis of chemical analysis. *Polymer Degradation and Stability*, 89(1); 1–5.
- Hakkou, M., Pétrissans, M., Bakali, I. E., Gérardin, P. and Zoulalian, A. 2005 b. Wettability changes and mass loss during heat treatment of wood. *Holzforschung*, 59(1); 35–37.
- Haw, J.F. and Schultz, T.P. 1985. Carbon-13 CP/MAS NMR and FT-IR study of low-temperature lignin pyrolysis. *Holzforschung*, 39(5); 289–296.
- Helińska-Raczkowska L. 1993. Zdolność do utrzymywania gwozdzi przez młodociane drewno sosny zwyczajnej (Withdrawal resistance of nails from juvenile wood of Scots pine), *Sylwan*, 137(9); 31–36.
- Hietala, S., Maunu, S.L., Sundholm, F., Jämsä, S. and Viitaniemi, P. 2002. Structure of thermally modified wood studied by liquid state NMR measurements. *Holzforschung*, 56(5); 522–528.
- Hill, C. A. S. 2006. *Wood modification: chemical, thermal and other processes*. John Wiley & Sons Ltd., 232 p, England.
- Hillis, W. E. 2004. High temperature and chemical effects on wood stability. *Wood Science and Technology*, 18(4); 281–293.
- Hoyle, R.J. 1972. *Wood technology in the design of structures*. Second Edition, College of Engineering Washington State University, Pullman, Washington.
- Inari, G. N., Petrisans, M., Lambert, J., Ehrhardt, J. J. and Gérardin, P. 2006. XPS characterization of wood chemical composition after heat-treatment. *Surface and Interface Analysis*, 38(10); 1336–1342.

- International ThermoWood Association. 2009. <http://www.thermowood.fi/>. Erişim Tarihi: 15.11.2009.
- Ishikawa, A., Kuroda, N. and Kato, A. 2004. In situ measurement of wood moisture content in high-temperature steam. *Journal of Wood Science*, 50(1); 7–14.
- İstanbul Üniversitesi. 2010. <http://www.orman.istanbul.edu.tr/journal/index.php/orman/article/viewPDFInterstitial/264/183>. Erişim Tarihi: 01.09.2010.
- Jaémsaé, S., Ahola, P. and Viitaniemi, P. 2000. Long-term natural weathering of coated ThermoWood. *Pigment & Resin Technology*, 29(2); 68–74.
- Johansson D 2005 a. Drying and heat treatment of wood: Influences on internal checking. *Proceedings 3rd Nordic Drying Conference*, Karlstad, Sweden.
- Johansson, D. 2005 b. Strength and colour response of solid wood to heat treatment. Luleå University of Technology Department of Skellefteå Campus Division of Wood Technology Licentiate Thesis, Vol. 93, pp. 85, Sweden.
- Johansson, D. and Morén, T. 2006. The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 64(2); 104–110.
- Kamden, D.P., Pizzi, A. and Triboulot, M.C. 2000. Heat-treated timber: potentially toxic byproducts presence and extent of cell wall degradation. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 58(4); 253–257.
- Kamden, D.P., Pizzi, A. and Jermannaud, A. 2002. Durability of heat-treated wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60(1); 1–6.
- Kanamori, K., Chino, A., Kawarada, Y. 1977. The withdrawal resistance of nails during wetting and drying cycles. *Journal of the Hokkaido Forest Products Research Institute*, 305; 6–11.
- Karakaş, G. 2008. Ahlât (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde ısıı işlemin etkisi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 71 s, Zonguldak.
- Keith, C.T. and Chang, C.I. 1978. Properties of heat-darkened wood. I. Hygroscopic properties. Report, Eastern Forest Products Laboratory, Canada, No. OPX213E.
- Kim, D.Y., Nishiyama, Y., Wada, M., Kuga, S. and Okano, T. 2001. Thermal decomposition of cellulose crystallites in wood. *Holzforschung*, 55(5); 521–524.
- Kim, G.H., Yun, K.E. and Kim, J.J. 1998. Effect of heat treatment on the decay resistance and bending properties of radiata pine sapwood. *Material und Organismen*, 32(2); 101–108.

- Kim, S.C. 1979. Studies on the static withdrawal resistance on nail in wood. *Wood Industry*, 7(1); 8–11.
- Kjucukov, G. and Enceev, E. 1977 a. The effect of screw sizes on the withdrawal resistance in fir wood. *Holztechnologie*, 18(1); 26–29.
- Kjucukov, G. and Enceev, E. 1977 b. The effect of screw dimensions on the withdrawal resistance in beech wood. *Holztechnologie*, 18(3); 149–151.
- Kocaefe, D., Younsi, R., Chaudry, B. and Kocaefe, Y. 2006. Modeling of heat and mass transfer during high temperature treatment of aspen. *Wood Science and Technology*, 40(5); 371–391.
- Korkut, S. 2008. The effects of heat treatment on some technological properties in Uludag fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) wood. *Building and Environment*, 43(4); 422–428.
- Korkut, S. and Bektaş, İ. 2008. The effects of heat treatment on some physical properties of Uludag fir (*Abies bornmuelleriana* Mattf.) and scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Forest Products Journal*, 58(3); 95–99.
- Korkut, S., Kök, M. S., Korkut, D. S. and Gürleyen, T. 2008 a. The effects of heat treatment on technological properties in red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. *Bioresource Technology*, 99(6); 1538–1543.
- Korkut, S., Akgül, M. and Dündar, T. 2008 b. The effects of heat treatment on some technological properties of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood. *Bioresource Technology*, 99(6); 1861–1868.
- Korkut, D.S., Korkut, S., Bekar, İ., Budakçı, M., Dilik, T. and Çakıcıer, N. 2008 c. The effects of heat treatment on the physical properties and surface roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) wood. *International Journal of Molecular Sciences*, 9; 1772–1783.
- Korkut, D.S. and Guller, B. 2008. The effects of heat treatment on physical properties and surface roughness of red-bud maple (*Acer trautvetteri* Medw.) wood. *Bioresource Technology*, 99(8); 2846–2851.
- Korkut, S., Alma, M.H. and Elyıldırım, Y.K. 2009. The effects of heat treatment on physical and technological properties and surface roughness of European Hophornbeam (*Ostrya carpinifolia* Scop.) wood. *African Journal of Biotechnology*, 8(20); 5316–5327.
- Kubojima, Y., Okano, T. and Ohta, M. 2000. Bending strength and toughness of heat treated wood. *Journal of Wood Science*, 46(1); 8–15.
- Küçük, M. 1990. Makine bilgisi, endüstri meslek liseleri için. Milli Eğitim Basımevi, 1. Baskı, Ankara.

- Leijten, A. M. 2004. Heat treated wood and the influence on the impact bending strength. *Heron*, 49(4): 235–237.
- Leithoff, H. and Peek, R.D. 2001. Heat Treatment of Bamboo. The International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 01–40216, Stockholm.
- Lexa, J. 1968. Tests on the withdrawal resistance of nails with a protective coating. 2; 87–102, *St. Drev, Vyskum*.
- Mack, J.J. 1960. Grooved nails. *The Australian Timber Journal*, 26(8); 43–50.
- Malkoçoğlu, A. 1989. Mobilya endüstrisi ders notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Trabzon.
- Malkoçoğlu, A. 1994. Doğu kayımı odununun teknolojik özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 139 s, Trabzon.
- McDonald, A. G., Dare, P. H., Gifford, J. S., Steward, D. and Riley, S. 2002. Assessments of air emissions from industrial kiln drying of *Pinus radiata* wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 60(3); 181–190.
- Merev, N. 1988. Odun anatomisi ve odun tanıtımı ders notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi, Trabzon.
- Militz, H. 2002. Heat treatment technologies in Europe: Scientific background and technological state-of-art. In: Proceedings conference on enhancing the durability of lumber and engineered wood products, February 11–13, Kissimmee, Orlando, Forest Products Society, Madison, US.
- Noguchi, M. and Sugihara, H., 1961. Studies on static withdrawal resistance of nail. Effect of driving method and time after driving. *Wood Research Kyoto No. 25*; 1–13.
- Nuopponen, M. 2005. FTIR and UV raman spectroscopic studies on thermal modification of scots pine wood and its extractable compounds. The Department Of Forest Products Technology For Public Examination And Debate In Auditorium V1 At Helsinki University Of Technology Doctor Thesis, 40 p, Helsinki.
- Obataya, E., Shibusani, S., Hanata, K. and Doi, S. 2006 a. Effects of high temperature kiln drying on the practical performances of Japanese cedar wood (*Cryptomeria japonica*) I: changes in hygroscopicity due to heating. *Journal of Wood Science*, 52(1); 33–38.
- Obataya, E., Shibusani, S., Hanata, K. and Doi, S. 2006 b. Effects of high temperature kiln drying on the practical performances of Japanese cedar wood (*Cryptomeria japonica*) II: changes in mechanical properties due to heating. *Journal of Wood Science*, 52(2); 111–114.

- Öktem, E. 1994. Kızılçam el kitabı dizisi 2. Ormancılık Araştırma Enstitüsü Muhtelif Yayın No: 52, Ankara.
- Özçiftçi, A. ve Doğanay, S. 1999. Etiket yongalı levha (waferboard) ile Doğu kayını ve ladin odunlarının vida ve çivi tutma dirençleri. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23(5); 1207–1213.
- Özçiftçi, A., Altun, S. ve Yapıcı, F. 2009. Isıl işlem uygulamasının ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
- Persson, M. S. 2005. Properties of solid wood: Responses to drying and heat treatment. Luleå University of Technology, Department of Skellefteå Campus, Division of Wood Technology, Licentiate Thesis, 70; 68, Sweden.
- Pétrissans, M., Gérardin, P., El-Bakali, I. and Seraj, M. 2003. Wettability of heat-treated wood. *Holzforschung*, 57(3); 301–307.
- Petrucci, R.H., Harwood, W.S. and Herring, F.G. 2005. Sekizinci Baskıdan çeviri. Çeviri editörleri: Tahsin UYAR, Serpil AKSOY. Genel Kimya İlkeler ve Modern Uygulamalar, sayfa 270–276.
- Podgorski, L., Chevet, B., Onic, L. and Merlin, A. 2000. Modification of wood wettability by plasma and corona treatments. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 20(2); 103–111.
- Poncsak, S., Kocaefe, D., Bouazara, M. and Pichette, M. 2006. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). *Wood Science and Technology*, 40(8); 647–663.
- Reardon, G.F. and Boughton, G.N. 1984. Withdrawal resistance of grooved nails in seasoned pine. *Proceedings of the Pacific Timber Engineering Conference* (Ed. Hutchison, J.D.), Auckland, New Zealand, Institution of Professional Engineers, Vol. III; 907–914, Wellington, New Zealand.
- Repellin, V. and Guyonnet, R. 2005. Evaluation of heat-treated wood swelling by differential scanning calorimetry in relation to chemical composition. *Holzforschung*, 59(1); 28–34.
- Rousset, P. Perrfi, P. and Girard, P. 2004. Modification of mass transfer properties in poplar wood (*P. robusta*) by a thermal treatment at high temperature. *European Journal of Wood and Wood Products*, 62(2); 113–119.
- Rowell R. 1984. The chemistry of solid wood. American Chemical Society, Vol. 207, Washington, USA.

- Rusche, H. 1973. Thermal degradation of wood at temperatures up to 200 deg C. Part II. Reaction kinetics of loss of mass during heat treatment of wood. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 31(8); 307–312.
- Sanderman, W. and 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.
- Santos, J. A. 2000. Mechanical behaviour of Eucalyptus wood modified by heat. *Wood Science and Technology*, 34(1); 39–43.
- Sarni, F., Moutounet, M., Puech, J.L. and Rabier, P. 1990. Effect of heat treatment on oak wood extractable compounds. *Holzforschung*, 44(6); 461–466.
- Schneider, A. 1971. Investigations on the Influence of Heat Treatment in the Temperature Range 100–200°C on modulus of Elasticit., *Holz Roh-u Werkstoff*, 29(11); 431–440.
- Schneider, A. 1973. Investigation on the convection Drying of Lumber at Extremely High Temperatures, *Holz Roh-u Werkstoff*, 31; 198–206.
- Scholten, J.A. 1953. Effect of nail points on the withdrawal resistance of plain nails. U.S. Forest Products Laboratory, Report No. 1226, pp. 3+1, Madison.
- Seborg, R.M., Tarkow, H. and Stamm, A.J. 1953. Effect of heat upon the dimensional stabilization of wood. *Journal of the Forest Products Research Society*, 3(3); 59–67.
- Sefil, Y. 2010. Thermowood yöntemiyle ısıl işlem uygulanmış göknar ve kayın odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri. Karabük Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 93 s, Karabük.
- 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*.
- Sertmehmetoğlu, Z., Acar, O. ve Birler, A.S. 1967. Bir endüstri ağacı olarak "I-214" işaretli melez kavak odununun mekanik dirençleri konusunda araştırmalar. Kavak ve hızlı gelişen orman ağaçları araştırma müdürlüğü, Yayın No: 2.
- Shafizadeh, F. 1984. The chemistry of pyrolysis and combustion. *The Chemistry of Solid Wood*, 207; 489–529.
- Sidorova, E. 2009. Trends and reasons for development of heat treated wood. Luleå University of technology, master thesis, continuation courses wood technology department of Skellefteå Campus, division of wood physics, 40 p, Sweden.

- Stamm, A.J. 1956. Thermal degradation of wood and cellulose. *Industrial and Engineering Chemistry*, 48(3); 413–417.
- Stamm, A.J. and Hansen, L.A. 1937. Minimizing wood shrinkage and swelling. Effect of heating in various gases. *Industrial and Engineering Chemistry*, 29(7); 831–833.
- Stern, E.G. and Price, A.E. 1949. Effects of depth penetration on nail withdrawal resistance. *Wooden Box and Crate*, v. 11(2;3), Washington, D.C.
- Sudo, K., Shimizu, K. and Sakurai, K. 1985. Characterization of steamed wood lignin from beech wood. *Holzforschung*, 39(5); 281–288.
- Sundqvist, B. 2004 a. Colour changes and acid formation in wood during heating, Skellefteå Campus, Division of Wood Material Science, Doctoral Thesis, Vol. 10, pp. 61, Sweden
- Sundqvist, B. 2004 b. Colour stability of capillary phase heat-treated wood exposed to UV Light. In: *Proceedings of the Fourth International Conference on the development of Wood Science, Wood Technology and Forestry (ICWSF)*, Missenden Abbey, UK.
- Sundqvist, B., Karlsson, O. and Westermark, U. 2006. Determination of formic acid and acetic acid concentrations formed during hydrothermal treatment of birch wood and its relation to colour, strength and hardness. *Wood Science and Technology*, 40(7); 549–561.
- Şahin Kol, H., Özbay, G. ve Altun, S. 2009 a. Shear strength of heat-treated Tali (*Erythrophleum Ivorense*) and İroko (*Chlorophora excelsa*) woods, bonded with various adhesives. *Bio Resources*, 4(4); 1545–1554.
- Şahin Kol, H., Uysal, B., Altun, S., Kurt, Ş. ve Özbay, G. 2009 b. Shear strength of heat treated Pine wood (*Pinus nigra*) with some structural adhesives. *Technology*, 12(1); 57–62.
- Tjeerdsma, B.F., Boonstra, M. and Militz, H. 1998 a. Thermal modification of non-durable wood species 2. Improved wood properties of thermal treated wood. International Research Group on Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP/98–40124.
- Tjeerdsma, B. F., Boonstra, M., Pizzi, A., Tekely, P. and Militz, H. 1998 b. Characterisation of thermally modified wood: molecular reasons for wood performance improvement. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 56(3); 149–153.
- Tjeerdsma, B. F. and Militz, H. 2005. Chemical changes in hydrothermal treated wood FTIR analysis of combined hydrothermal and dry heat-treated wood. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 63(2); 102–111.

- Troya, M.T. and Navarette, A. 1994. Study of the degradation of retified wood through ultrasonic and gravimetric techniques. International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/ WP 94–40030.
- Tunçtaner, K., As, N. ve Özden, Ö. 2004. Bazı kavak klonlarının büyüme performansları, odunlarının bazı teknolojik özellikleri ve kâğıt üretimine uygunlukları üzerine araştırmalar. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 212, Müdürlük Yayın No: 239, Teknik Bülten No: 196, s.29.
- Ünsal, O. and Ayrilmis, N. 2005. Variations in compression strength and surface roughness of heat-treated Turkish river red gum (*Eucalyptus camaldulensis*) wood. *Journal of Wood Science*, 51(4); 405–409.
- Ünsal, O, Korkut, S. and Atik, A. 2003. The effect of heat treatment on some properties and colour in eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehn.) wood. *Maderas Ciencia y tecnologia*, 5(2); 145–152.
- Vernois, M. 2000. Heat treatment of wood in France-state of the art, In: Proceedings of special seminar, Paris–France.
- Viitanen, H., Jämsä, S., Paajanen, L., Nurmi, A. and Viitaniemi, P. 1994. The effect of heat treatment on the properties of spruce. A preliminary report. International Research Group on Wood Preservation, Document No. IRG/WP 94–40032.
- Viitaniemi, P. and Lamsa, S. 1996. Modification of wood with heat treatment. *VTT Building Technology*, 1; 1–7.
- Viitaniemi, P. 1997. Decay-resistant wood created in a heating process. *Industrial Horizons*, 23; 77–85.
- Vital, B. R. and Lucia, M. D. 1983. Effect of heating on some properties of *Eucalyptus saligna* wood. *Revista-Arvore*, 7(2); 136–146.
- Wikipedia Özgür Ansiklopedi. 2010. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Piezoelektrik>. Erişim Tarihi: 01.09.2010.
- Yaltrık, F. 1994. Dendroloji ders kitabı gymnospermae-angiospermae. İstanbul Üniversitesi yayın No: 3836, Fakülte Yayın No: 431, s 20–48, İstanbul.
- Yıldız, S. 2002 a. Isıl işlem uygulanan Doğu kayını ve Doğu ladini odunlarının fiziksel, mekanik, teknolojik ve kimyasal özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Doktora Tezi, 264 s, Trabzon.
- Yıldız, S. 2002 b. Physical, mechanical, technological and chemical properties of *Fagus orientalis* and *Picea orientalis* wood treated by heat. PhD Thesis, Blacksea Technical University, p. 245, Trabzon.
- Yıldız, S. and Gümüşkaya E 2007. The effects of thermal modification on crystalline structure of cellulose in soft and hardwood. *Building and Environment* 42(1); 62–67.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sedat BALTACI
Doğum Yeri : Kastamonu/Daday
Doğum Tarihi : 10.06.1985
Medeni Hali : Bekâr
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Orhan Şaik Gökyay Lisesi–2003
Lisans : Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Orman
Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü–2008
Yüksek Lisans : Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı