



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OKALİPTÜS (*Eucalyptus grandis*) ODUNUNUN
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE LAMİNE
AĞAÇ MALZEME ÜRETİMİNDE KULLANILMASI
ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR**

BEKİR CİHAD BAL

**DOKTORA TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

KAHRAMANMARAŞ 2011

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OKALİPTÜS (*Eucalyptus grandis*) ODUNUNUN
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ VE LAMİNE
AĞAÇ MALZEME ÜRETİMİNDE KULLANILMASI
ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

BEKİR CİHAD BAL

Bu tez,
Orman Endüstri Mühendisliği Ana bilim Dalında
Doktora
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2011

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi **Bekir Cihad BAL** tarafından hazırlanan “**OKALİPTÜS (*Eucalyptus grandis*) ODUNUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ve LAMİNE AĞAÇ MALZEME ÜRETİMİNDE KULLANILMASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR**” adlı bu tez, jürimiz tarafından 15/ 09 / 2011 tarihinde oy birliği ile Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ (DANIŞMAN)

Orman End. Müh. KSÜ

Prof. Dr. M. Hakkı ALMA (ÜYE)

Orman End. Müh. KSÜ

Doç. Dr. Hüseyin TEMİZ (ÜYE)

İnşaat Müh. KSÜ

Doç. Dr. Fatih MENGELOĞLU (ÜYE)

Orman End. Müh. KSÜ

Yrd. Doç. Dr. M. Said FİDAN (ÜYE)

Mal. iş. Tek. Böl. GÜ



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

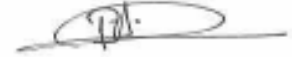
Prof. Dr. M. Hakkı ALMA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Bekir Cihad BAL

Bu çalışma Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2009/3-2D

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**OKALİPTÜS (*Eucalyptus grandis*) ODUNUNUN FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİ VE LAMİNE AĞAÇ MALZEME ÜRETİMİNDE
KULLANILMASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR**

(DOKTORA TEZİ)

BEKİR CİHAD BAL

ÖZ

Bu çalışmada, okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) masif odununun, okaliptüsten, ÜF, MÜF ve FF tutkalları kullanılarak elde edilen LVL ve kontrplağın fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Testlerden elde edilen bulgular, kavak (*Populus x euramericana* I-214 klonu) ve kayın (*Fagus orientalis* L.) masif odunu ve bu türlerden elde edilen LVL ve kontrplağın fiziksel ve mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Masif ağaç malzemenin tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma ve genişleme miktarları, termik genleşme katsayıları, statik eğilme direnci, dinamik eğilme direnci, liflere paralel ve liflere dik çekme direnci, liflere paralel basınç direnci ve makaslama direnci, statik sertlik değeri araştırılmıştır. LVL ve kontrplağın ise yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme miktarları, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci ve çekme-makaslama direnci araştırılmıştır.

Sonuçlar; denemelerde kullanılan okaliptüs diri odununun ve kayın odununun mekanik özelliklerinin istatistiksel olarak benzer olduğunu göstermiştir. Okaliptüsten üretilen LVL ve kontrplağın mekanik özelliklerinin kayından üretilenlere benzer olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Okaliptüs grandis, fiziksel ve mekanik özellikler, kontrplak, LVL

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Eylül/ 2011

Danışman : Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ

Eş Danışman :

Sayfa sayısı : 177

**RESEARCHS ON PHYSICAL and MECHANICAL PROPERTIES OF
EUCALYPTUS (*Eucalyptus Grandis*) WOOD and ITS USAGE IN THE
MANUFACTURING OF LAMINATED WOOD MATERIAL**

(PhD THESIS)

BEKİR CİHAD BAL

ABSTRACT

In this study, the physical and mechanical properties of solid wood, LVL and plywood produced from eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) using UF (Urea Formaldehyde), MUF (Melamine-Urea Formaldehyde) and PF (Phenol Formaldehyde) were determined. Findings obtained from tests were compared with physical and mechanical properties of solid wood, LVL and plywood produced poplar (*Populus x euramericana* I-214 clone) and beech wood (*Fagus orientalis* L.).

Oven dry density, air dry density, basic density, swelling and shrinkage amounts, thermal linear expansion, modulus of rupture, modulus of elasticity, impact bending, shearing strength, compression strength, tensile strength (perpendicular and parallel to grain), static hardness of solid wood were investigated. In the case of LVL and plywood, density, thickness swelling, water absorption, modulus of rupture, modulus of elasticity, tensile-shear strength, compression strength were investigated.

The results showed that the mechanical properties of sap wood of eucalyptus and beech wood were similar. It was also determined that the mechanical properties of LVL and plywood produced eucalyptus were similar to that of beech.

Key words: *Eucalyptus grandis*, physical and mechanical properties, plywood, LVL

Kahramanmaraş Sütçü Imam University
Institute for Graduate Studies in Science and Technology
Department of Forest Industry Engineering September / 2011

Supervisor : Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ
Co-supervisor :
Page number : 177

OKALİPTÜS (*Eucalyptus grandis*) ODUNUNUN FİZİKSEL ve MEKANİK ÖZELLİKLERİ ve LAMİNE AĞAÇ MALZEME ÜRETİMİNDE KULLANILMASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

ÖZET

Okalıptüs türleri hızlı büyümelerinden dolayı plantasyonlarda en çok tercih edilen türlerdendir. Okalıptüs türleri hızlı büyümenin sonucu olarak, büyüme gerilmeleri ve genç odun içerirler. Ayrıca kurutma kusurları bu türlerin kullanım yerlerini sınırlandırmaktadır. Okalıptüsler kağıt ve selüloz endüstrisinde ve yakacak odun olarak çok miktarda kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, okalıptüsün LVL ve kontrplak üretiminde kullanımı araştırılmıştır. Bu amaç için, farklı katman düzenlemelerine sahip kontrplak ve LVL levhaları üretilmiştir. Katman düzenlemesinin, kuvvet uygulama yönünün ve tutkal türünün, levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaç için, okalıptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) masif odununun, okalıptüsün 3 mm kaplamalarından ÜF, MÜF ve FF tutkalları ile elde edilen LVL ve kontrplağın fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Testlerden elde edilen bulgular, kavak (*Populus x euramericana* I-214 klonu) ve kayın (*Fagus orientalis* L.) masif odunu ve bu türlerden elde edilen LVL ve kontrplağının fiziksel ve mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

Masif ağaç malzemenin tam kuru yoğunluk, hava kurusu yoğunluk, hacim ağırlık değeri, daralma ve genişleme miktarları, termik genleşme katsayıları, statik eğilme direnci, dinamik eğilme direnci, liflere paralel ve liflere dik çekme direnci, liflere paralel basınç direnci, makaslama direnci ve statik sertlik değeri belirlenmiştir. LVL ve kontrplağın ise yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme miktarları, eğilme direnci, elastikiyet modülü, basınç direnci ve çekme-makaslama direnci araştırılmıştır.

Sonuçlar; denemelerde kullanılan okalıptüs diri odununun ve kayın odununun mekanik özelliklerinin benzer olduğunu göstermiştir. Okalıptüsten üretilen LVL ve kontrplağın mekanik özelliklerinin kayından üretilenlere yakın olduğu belirlenmiştir. Okalıptüs masif odununun olumsuzluklarının, laminasyonla giderilebileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, LVL’de kuvvet uygulama yönünün, kontrplakta katman düzenlemesinin mekanik özellikleri istatistiksel olarak etkilediği belirlenmiştir.

RESEARCHS ON PHYSICAL and MECHANICAL PROPERTIES OF EUCALYPTUS (*Eucalyptus Grandis*) WOOD and ITS USAGE IN THE MANUFACTURING OF LAMINATED WOOD MATERIAL

SUMMARY

Due to the rapid grown, eucalyptus species are planted mostly in plantations. These species contain growth stresses and a large volume of juvenile wood as a result of fast growing. Besides, drying defects limit usage areas of these species. Eucalyptus species are used mostly in pulp and paper industry and fuel wood.

In this study, it was investigated eucalyptus usage in LVL and plywood manufacture. For this aim, LVL and plywood boards were produced in different ply organization. The effects of ply organization, load direction and adhesives types on the physical and mechanical properties were investigated. The physical and mechanical properties of solid wood, LVL and plywood produced from eucalyptus (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) veneer with UF, MUF and PF adhesives were determined. Findings obtained from tests were compared with physical and mechanical properties of solid wood, LVL and plywood produced poplar (*Populus x euramericana* I-214 clone) and beech wood (*Fagus orientalis* L.).

Oven dry density, air dry density, basic density, swelling and shrinkage amounts, thermal linear expansion of solid wood were investigated. Density, thickness swelling and water absorption of LVL and plywood were determined. Modulus of rupture, modulus of elasticity, impact bending, shearing strength, compression strength, tensile strength and static hardness of solid wood were conducted. Modulus of rupture, modulus of elasticity, compression strength, tensile-shear strength of LVL and plywood were determined.

The results showed that the mechanical properties of eucalyptus sap wood and beech wood were similar. It was determined that the mechanical properties of LVL and plywood produced eucalyptus were similar to that of beech. It was concluded that the negativenesses of solid wood of eucalyptus can be eliminated with lamination. In addition, it was determined that load direction in LVL and ply organization of plywood effect mechanical properties statistically significant.

TEŞEKKÜR

“Okalıptüs (*Eucalyptus grandis*) odununun fiziksel ve mekanik özellikleri ve lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar” adı altında hazırlamış olduğum bu doktora tezinin çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen;

Danışman hocam Sayın Prof. Dr. İbrahim BEKTAŞ’a ve bilgilerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Ramazan KURT hocama, tezimin bu hale gelmesinde katkısı olan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. M. Hakkı ALMA, Sayın Doç. Dr. Fatih MENGELOĞLU, Sayın Doç. Dr. Hüseyin TEMİZ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Said FİDAN’a, istatistik çalışmalarında yardımını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan SERİN hocama teşekkür ediyorum.

Tezimle ilgili test örneklerinin hazırlanmasında büyük emek sarf eden Andırın Meslek Yüksek Okulu Mobilya ve Dekorasyon Programı atölye ustaları Yunus FEDAKAR ve Mehmet FEDAKAR’a teşekkür ediyorum.

Araştırmada kullanılan soyma kaplamaların üretiminde yardımcı olan YORÜS kereste ve kontrplak fabrikası sahibi Sayın Cemal DERELİ ve fabrika çalışanlarına, araştırmada kullanılan tutkalların temini konusunda yardımcı olan Gentaş Kimya fabrikası yetkililerine ve kimya mühendisi Sayın Murat AYTEKİN’e teşekkür ediyorum.

Laboratuar çalışmalarım sırasında yardımını gördüğüm yüksek lisans ve doktora öğrencileri; Kadir KARAKUŞ, Kaan ASLAN, Alperen KAYMAKÇI ve Türker GÜLEÇ’e teşekkür ediyorum.

Son olarak bu çok yoğun geçen tez hazırlık dönemimde gösterdikleri sabır ve manevi desteklerinden dolayı; eşim Demet, kızım Ceylin ve oğlum Burak’a teşekkürlerimi sunuyorum.

2011

KAHRAMANMARAŞ

Bekir Cihad BAL

İÇİNDEKİLER

ÖZ	i
ABSTRACT	ii
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Odun ve Ağaç Malzeme	1
1.2. Dünyada ve Türkiye’de Orman Varlığı	2
1.3. Türkiye’de Yetişen Hızlı Gelişen Ağaç Türleri ve Önemi	3
1.4. Çalışmanın Amacı	6
1.5. Okalıptüs Grandis Hakkında Genel Bilgiler	7
1.6. Melez Kavak Hakkında Genel Bilgiler	10
1.7. Doğu Kayını Hakkında Genel Bilgiler	11
1.8. Odun Esaslı Kompozit Malzemeler	12
1.9. Kontrplağın Tanımı, Üretim Akışı ve Sınıflandırılması	13
1.10. Adhezyon teorisi	15
1.11. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar	16
1.11.1. Üre-Formaldehit Tutkalı (ÜF)	17
1.11.2. Melamin-Formaldehit Tutkalı (MF)	18
1.11.3. Melamin-Üre -Formaldehit Tutkalı (MÜF)	19
1.11.4. Fenol-Formaldehit Tutkalı (FF)	20
1.11.5. Resorsinol-Formaldehit Tutkalı (RF)	20
1.12. Dolgu ve Katkı Maddeleri	21
1.13. LVL Hakkında Genel Bilgiler	21
1.14. Önceki Çalışmalar	25
1.14.1. Okalıptüs Grandis	25
1.14.2. Melez Kavak	28
1.14.3. Doğu Kayını	29
1.14.4. Kontrplak	29
1.14.5. LVL	31
2. MATERYAL VE METOT	37
2.1. Materyal	37
2.2. Metot	42
2.2.1. Masif Ağaç Malzemede Rutubet Miktarının (M) Belirlenmesi	43
2.2.2. LVL’de Kondisyonlama ve Denge Rutubeti Miktarının Belirlenmesi ..	44
2.2.3. Tam Kuru Yoğunluk (D ₀) Miktarının Belirlenmesi	44

2.2.4. Hava Kuru Yoğunluk (D_{12}) Miktarının Belirlenmesi	45
2.2.5. Hacim Ağırlık Değerinin (R) Belirlenmesi.....	45
2.2.6. Daralma Miktarının (β) Belirlenmesi	46
2.2.7. Genişleme Miktarının (α) Belirlenmesi	47
2.2.8. Lif Doygunluk Noktasının (LDN) Belirlenmesi	48
2.2.9. Termik Genleşme Katsayısının (α) Belirlenmesi	48
2.2.10. LVL’de Kalınlığına şişme ve Su Alma Miktarının Belirlenmesi.....	48
2.2.11. Statik Eğilme Direncinin ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi ...	50
2.2.12. Dinamik Eğilme Direncinin Belirlenmesi.....	51
2.2.13. Liflere Paralel Çekme Direncinin Belirlenmesi	52
2.2.14. Liflere Dik Çekme Direncinin Belirlenmesi	53
2.2.15. Liflere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi.....	54
2.2.16. Liflere Paralel Makaslama Direncinin Belirlenmesi	54
2.2.17. Statik Sertliğin (Janka) Belirlenmesi	55
2.2.18. LVL’de Çekme-makaslama Direncinin Belirlenmesi	56
2.2.19. Kontrplakta Hava Kuru Yoğunluk Miktarının Belirlenmesi	57
2.2.20. Kontrplakta Rutubet Miktarının Belirlenmesi.....	58
2.2.21. Kontrplakta Kalınlığına Şişme ve Su alma Miktarının Belirlenmesi ..	58
2.2.22. Kontrplakta Statik Eğilme Direncinin ve E. Modülünün Belirlenmesi	59
2.2.23. Kontrplakta Yüzlere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi.....	60
2.2.24. Kontrplakta Çekme-makaslama Direncinin Belirlenmesi	60
2.2.25. Statik Kalite Değerinin Belirlenmesi.....	61
2.2.26. Dinamik Kalite Değerinin Belirlenmesi	61
2.2.27. İstatistik Analizler.....	62
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	63
3.1. Masif Ağaç Malzemede Fiziksel Özelliklerle İlgili Bulgular	63
3.1.1. Hava Kuru Yoğunluk, Tam Kuru Yoğunluk ve Hacim Ağ. Değeri ..	63
3.1.2. Daralma ve Genişleme Miktarları	66
3.1.3. Termik Genleşme Katsayıları.....	69
3.2. Masif Ağaç Malzemede Mekanik Özelliklerle İlgili Bulgular	71
3.2.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	71
3.2.2. Dinamik Eğilme Direnci	75
3.2.3. Liflere Paralel Basınç Direnci	78
3.2.4. Liflere Paralel Makaslama Direnci.....	81
3.2.5. Liflere Paralel Çekme Direnci.....	83
3.2.6. Liflere Dik Çekme Direnci.....	84
3.2.7. Statik Sertlik	85
3.3. LVL’de Fiziksel özellikler ile İlgili Bulgular	88
3.3.1. Hava Kuru Yoğunluk ve Tam Kuru Yoğunluk.....	88
3.3.2. Denge Rutubeti Miktarı	90
3.3.3. Termik Genleşme Katsayısı	92
3.3.4. LVL’de Kalınlığına Şişme ve Su Alma	93
3.4. LVL’de Mekanik Özellikler.....	96
3.4.1. LVL’de Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	96
3.4.2. LVL’de Dinamik Eğilme Direnci.....	101
3.4.3. LVL’de Liflere Paralel Basınç Direnci.....	104
3.4.4. LVL’de Liflere Paralel Makaslama Direnci	106

3.4.5. LVL’de Statik Sertlik.....	107
3.4.6. LVL’de Çekme-makaslama Direnci.....	109
3.5. Homojen Kontrplakta Fiziksel Özelliklerle İlgili Bulgular	111
3.5.1. Hava Kuru Yoğunluk	111
3.5.2. Kalınlığına Şişme ve Su alma Miktarı.....	113
3.6. Homojen Kontrplakta Mekanik Özellikler	117
3.6.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	117
3.6.2. Yüzeye Paralel Basınç Direnci.....	120
3.6.3. Çekme-Makaslama Direnci.....	122
3.7. Karışık Kontrplakta Fiziksel Özelliklerle İlgili Bulgular	124
3.7.1. Hava Kuru Yoğunluk	125
3.7.2. Kalınlığına Şişme ve Su alma Miktarı.....	125
3.8. Karışık Kontrplakta Mekanik Özellikler	129
3.8.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü	129
3.8.2. Yüzeye Paralel Basınç Direnci.....	131
3.8.3. Çekme-makaslama Direnci	133
3.9. Masif Ağaç Malzeme ile LVL’de Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması.....	135
3.9.1. Tam Kuru Yoğunluk Değerlerinin Karşılaştırılması	135
3.9.2. Termik Genleşme Katsayılarının Karşılaştırılması	137
3.10. Masif Ağaç Malzeme ile LVL’nin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması	138
3.10.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün karşılaştırılması	138
3.10.2. Dinamik Eğilme Direncinin Karşılaştırılması.....	139
3.10.3. Liflere Paralel Basınç Direncinin Karşılaştırılması.....	140
3.10.4. Liflere Paralel Makaslama Direncinin karşılaştırılması	141
3.10.5. Statik Sertliğin Karşılaştırılması.....	142
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	144
4.1. Sonuçlar	144
4.2. Öneriler	147
KAYNAKLAR.....	149
ÖZGEÇMİŞ.....	158

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Türkiye’de okalıptüsün yetiştiği alanlar (Özkurt, 2002).....	4
Şekil 1.2 Okalıptüs grandise ait masif ağaç malzeme ve LVL.....	6
Şekil 1.3 Okalıptüs grandis odununda enine kesit görünüşü.....	9
Şekil 1.4 Idaho üniversitesi, Kibbie kubbesi, Moskova (Reich, 1990).....	22
Şekil 1.5 LVL’de kaplama birleştirme şekilleri	23
Şekil 2.1 ÜF, un ve sertleştirici katılmış ÜF, MÜF ve FF tutkalları	41
Şekil 2.2 LVL’de statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü test örnekleri.....	50
Şekil 2.3 Çekme-makaslama örneğinin test esnasındaki görüntüsü.....	57
Şekil 3.1 Öz odun ve diri odunda tam kuru yoğunluk miktarları varyasyon grafiği.....	64
Şekil 3.2 Kavak odununda tam kuru yoğunluk ile hacmen daralma ilişkisi	69
Şekil 3.3 Kayın odununda tam kuru yoğunluk ile hacmen daralma ilişkisi.....	69
Şekil 3.4 Okalıptüs odununda tam kuru yoğunluk ile hacmen daralma ilişkisi	69
Şekil 3.5 Termik genleşme katsayılarına ait varyasyon grafiği.....	70
Şekil 3.6 Öz odun ve diri odunda eğilme direnci (A) ve e.modülü (B) varyasyon grafikleri	72
Şekil 3.7 Kavak odununda eğilme direnci (A) ve e. modülünün (B) yoğunluk ile ilişkisi	74
Şekil 3.8 Kayın odununda eğilme direnci (A) ve e. modülünün (B) yoğunluk ile ilişkisi	74
Şekil 3.9 Okalıptüs odununda eğilme direnci (A) ve e. modülünün (B) yoğunlukla ilişkisi	74
Şekil 3.10 Öz odun ve diri odunda dinamik eğilme direncine ait varyasyon grafiği	76
Şekil 3.11 Kavak odununda şok direnci ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki	77
Şekil 3.12 Kayın odununda şok direnci ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki.....	77
Şekil 3.13 Okalıptüs odununda şok direnci ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki	77
Şekil 3.14 Öz odun ve diri odunda basınç direnci varyasyon grafiği.....	79
Şekil 3.15 Kavak odununda liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki.....	80
Şekil 3.16 Kayın odununda liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki.....	80
Şekil 3.17 Okalıptüs odununda liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk ilişkisi	81
Şekil 3.18 Öz odun ve diri odunda makaslama direnci varyasyon grafiği.....	82
Şekil 3.19 Öz odun ve diri odunda liflere paralel çekme direnci varyasyon grafiği	84
Şekil 3.20 Öz odun ve diri odunda liflere dik çekme direnci varyasyon grafiği.....	85
Şekil 3.21 Öz odun ve diri odunda statik sertlik değerleri varyasyon grafiği.....	86
Şekil 3.22 Kavak odununda teğet, radyal ve enine kesitte statik sertlik yoğunluk ilişkisi	87
Şekil 3.23 Kayın odununda teğet, radyal ve enine kesitte statik sertlik yoğunluk ilişkisi	87
Şekil 3.24 Okalıptüs odununda teğet, radyal ve enine kesitte statik sertlik yoğunluk ilişkisi	87
Şekil 3.25 LVL’de tam kuru yoğunluk miktarlarına ait varyasyon grafiği.....	89
Şekil 3.26 ÜF, MÜF ve FF ile üretilen kavak LVL’de süre-denge rutubeti ilişkisi.....	91
Şekil 3.27 LVL’de termik genleşme katsayıları varyasyon grafiği.....	92
Şekil 3.28 Kavak LVL’de kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği	95

Şekil 3.29 Kayın LVL’de kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği	96
Şekil 3.30 Okalıptüs LVL’de kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği	96
Şekil 3.31 Kavak LVL’de Eğilme direnci ve E. modülü değerleri varyasyon grafiği ...	100
Şekil 3.32 Kayın LVL’de Eğilme direnci ve E. modülü değerleri varyasyon grafiği	101
Şekil 3.33 Okalıptüs LVL’de Eğilme direnci ve E. modülü değerleri varyasyon grafiği	101
Şekil 3.34 Kavak LVL’de dinamik eğilme direnci değerleri varyasyon grafiği	103
Şekil 3.35 Kayın LVL’de dinamik eğilme direnci değerleri varyasyon grafiği.....	104
Şekil 3.36 Okalıptüs LVL’de dinamik eğilme direnci değerleri varyasyon grafiği	104
Şekil 3.37 LVL’de liflere paralel basınç direnci değerleri varyasyon grafiği.....	106
Şekil 3.38 LVL’de liflere paralel makaslama direnci değerleri varyasyon grafiği	107
Şekil 3.39 LVL’de statik sertlik değerleri varyasyon grafiği.....	109
Şekil 3.40 LVL’de hava kurusu (HK) ve soğuk su (SS) ile ön işlem gören örneklerde çekme-makaslama direnci değerleri varyasyon grafiği.....	111
Şekil 3.41 Homojen kontrplakta hava kurusu yoğunluk değerleri varyasyon grafiği	112
Şekil 3.42 Kavak kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği	116
Şekil 3.43 Kayın kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği	116
Şekil 3.44 Okalıptüs kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği	116
Şekil 3.45 Homojen kontrplakta paralel örneklerde eğilme direnci ve Elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği.....	118
Şekil 3.46 Homojen kontrplakta dik örneklerde eğilme direnci ve Elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği.....	118
Şekil 3.47 Homojen kontrplakta elyafa paralel ve elyafa dik örneklerde yüzeye paralel basınç direnci değerleri varyasyon grafiği.....	121
Şekil 3.48 Homojen kontrplakta çekme-makaslama direnci değerleri. A: hava kurusu test edilen örnekler, B: soğuk su (ÜF-MÜF) ve sıcak su (FF) ile ön işlem gören örnekler.....	124
Şekil 3.49 Karışık kontrplakta hava kurusu yoğunluk miktarları varyasyon grafiği.....	125
Şekil 3.50 Kayın-okalıptüs kontrplakta KŞ ve SA değerleri varyasyon grafikleri	128
Şekil 3.51 Kayın-kavak kontrplakta KŞ ve SA değerleri varyasyon grafikleri	128
Şekil 3.52 Okalıptüs-kavak kontrplakta KŞ ve SA değerleri varyasyon grafikleri.....	128
Şekil 3.53 Karışık kontrplakta paralel örneklerde eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği.....	131
Şekil 3.54 Karışık kontrplakta dik örneklerde eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği.....	131
Şekil 3.55 Karışık kontrplaklarda elyafa paralel ve elyafa dik örneklerde yüzeye paralel basınç direnci değerleri varyasyon grafiği.....	133
Şekil 3.56 Karışık kontrplakta çekme-makaslama direnci değerleri. A: hava kurusu test edilen örnekler, B: soğuk su (ÜF-MÜF) ve sıcak su (FF) ile ön işlem gören örnekler.....	135
Şekil 3.57 Masif ağaç malzeme ile LVL’nin tam kuru yoğunluk değerleri grafiği	136
Şekil 3.58 Masif ağaç malzeme ile LVL’nin eğilme direnci ve E.modülü değerleri varyasyon grafiği	139
Şekil 3.59 Masif ağaç malzeme ile LVL’nin şok direnci değerleri varyasyon grafiği...	140

Şekil 3.60 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin basınç direnci değerleri varyasyon grafiği	141
Şekil 3.61 Masif ağaç malzeme ile LVL'de makaslama direnci değerleri varyasyon grafiği	142
Şekil 3.62 Masif ağaç malzeme ile LVL'de statik sertlik değerleri varyasyon grafiği ..	143

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 En fazla kullanılan formaldehit esaslı tutkallar.....	17
Çizelge 2.1 Masif ağaç malzemede yapılan testler ve örnek sayıları.....	38
Çizelge 2.2 LVL’de yapılan testler ve örnek sayıları.....	39
Çizelge 2.3 Homojen kontrplakta yapılan testler ve örnek sayıları.....	39
Çizelge 2.4 Karışık kontrplak gruplarında yapılan testler ve örnek sayıları.....	40
Çizelge 2.5 LVL ve kontrplak üretiminde tutkal karışımı ve pres şartları.....	41
Çizelge 2.6 Kullanılan tutkalların teknik özellikleri (Anonim, 2011b).	41
Çizelge 2.7 Geniş yapraklı ağaçlar için dinamik kalite değerine göre kalite sınıfları....	62
Çizelge 3.1 Kavak, kayın ve okalıptüs odunu hava kurusu yoğunluk (D_{12}), tam kuru yoğunluk (D_0), hacim ağırlık değeri (R) ve hava kurusu rutubet miktarı..	63
Çizelge 3.2 Öz odun-diri odun tam kuru yoğunluk miktarlarına ait T testi sonuçları....	64
Çizelge 3.3 Tam kuru yoğunluk, daralma ve genişleme miktarları, lif doygunluk noktası, $\beta t/\beta r$ ve $\alpha t/\alpha r$ oranları.....	66
Çizelge 3.4 Masif ağaç malzemede termik genleşme.....	70
Çizelge 3.5 Statik eğilme direnci, elastikiyet modülü, statik kalite değeri ve Tukey testi sonuçları.....	72
Çizelge 3.6 Statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait varyans analizi	72
Çizelge 3.7 Dinamik eğilme direnci ve dinamik kalite değeri.....	75
Çizelge 3.8 Dinamik eğilme direnci varyans analizi sonuçları.....	76
Çizelge 3.9 Liflere paralel basınç direnci ve statik kalite değeri.....	79
Çizelge 3.10 Liflere paralel basınç direnci varyans analizi sonuçları	79
Çizelge 3.11 Liflere paralel makaslama direnci	81
Çizelge 3.12 Makaslama direnci varyans analizi sonuçları	82
Çizelge 3.13 Liflere paralel çekme direnci sonuçları	83
Çizelge 3.14 Liflere paralel çekme direnci varyans analizi sonuçları	83
Çizelge 3.15 Liflere dik çekme direnci sonuçları.....	84
Çizelge 3.16 Liflere dik çekme direnci varyans analizi sonuçları.....	85
Çizelge 3.17 Teğet, radyal ve enine yüzeyde statik sertlik değerleri	86
Çizelge 3.18 LVL’de hava kurusu yoğunluk değerleri ve Tukey testi sonuçları.....	88
Çizelge 3.19 LVL’de tam kuru yoğunluk değerleri ve Tukey testi sonuçları.....	88
Çizelge 3.20 LVL’de ağaç türü ve tutkal türüne göre denge rutubeti miktarları	90
Çizelge 3.21 ÜF ile üretilmiş kavak LVL’de 336 saatlik kondisyonlama işlemi	90
Çizelge 3.22 LVL’de termik genleşme katsayıları	92
Çizelge 3.23 LVL’de kalınlığına şişme ve su alma miktarları.....	94
Çizelge 3.24 LVL’de kalınlığına şişme ve su alma miktarlarına ait varyans analizi	94
Çizelge 3.25 LVL’de kalınlığına şişme ve su alma miktarları Tukey çoklu ayırım testi	95
Çizelge 3.26 LVL’de statik eğilme direnci ve statik kalite değeri	97
Çizelge 3.27 Statik eğilme direnci, eğilme direncinde statik kalite değeri ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü (AT), tutkal türü (TT) ve kuvvet yönünün (KY) etkisine ilişkin çoğul varyans analizi	98
Çizelge 3.28 Ağaç ve tutkal türüne göre elastikiyet modülü değerleri.....	99
Çizelge 3.29 Statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait Tukey testi sonuçları..	100
Çizelge 3.30 LVL’de dinamik eğilme direnci ve dinamik kalite değerleri.....	102
Çizelge 3.31 Dinamik eğilme direnci ve dinamik kalite değeri üzerine ağaç türü, tutkal türü ve kuvvet yönünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi.....	103

Çizelge 3.32 Dinamik eğilme direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	103
Çizelge 3.33 Ağaç ve tutkal türüne göre liflere paralel basınç direnci.....	105
Çizelge 3.34 Liflere paralel basınç direnci üzerine ağaç türü, tutkal türü etkisine ilişkin çoğul varyans analizi.....	105
Çizelge 3.35 Liflere paralel basınç direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları....	105
Çizelge 3.36 LVL’de liflere paralel makaslama direnci.....	106
Çizelge 3.37 Liflere paralel makaslama direnci çoğul varyans analizi	107
Çizelge 3.38 Liflere paralel makaslama direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi.....	107
Çizelge 3.39 LVL’de teğet yüzeyde statik sertlik değerleri.....	108
Çizelge 3.40 Statik sertlik üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi.....	108
Çizelge 3.41 Statik sertlik Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları.....	109
Çizelge 3.42 LVL’de çekme-makaslama direnci test sonuçları.....	110
Çizelge 3.43 Çekme-makaslama direnci üzerine ağaç türü (AT), tutkal türü (TT) ve ön işlem türünün (İT) etkisine ilişkin çoğul varyans analizi.....	110
Çizelge 3.44 Çekme-makaslama direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları	111
Çizelge 3.45 Homojen kontrplaklarda hava kurusu yoğunluk miktarları.....	112
Çizelge 3.46 Homojen kontrplaklarda su alma ve kalınlığına şişme miktarları.....	114
Çizelge 3.47 Homojen kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma miktarı üzerine ağaç türü, tutkal türü ve sürenin etkisine ilişkin çoğul varyans analizi.....	115
Çizelge 3.48 Homojen kontrplakta kalınlığına şişme miktarı Tukey testi sonuçları.....	115
Çizelge 3.49 Homojen kontrplaklarda paralel statik eğilme direnci, elastikiyet modülü ve statik kalite değeri	117
Çizelge 3.50 Homojen kontrplaklarda dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü.	117
Çizelge 3.51 Homojen kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin varyans analizi.....	119
Çizelge 3.52 Homojen kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin Tukey testi.....	119
Çizelge 3.53 Homojen kontrplaklarda yüzeye paralel basınç direnci	120
Çizelge 3.54 Homojen kontrplakta yüzeye paralel basınç direnci üzerine ağaç türü, kuvvet yönü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi.....	121
Çizelge 3.55 Homojen kontrplakta basınç direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi	121
Çizelge 3.56 Homojen kontrplaklarda çekme-makaslama direnci	123
Çizelge 3.57 Hava kurusu ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin varyans analizi.....	123
Çizelge 3.58 Hava kurusu ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci Tukey çoklu ayırım testi sonuçları	124
Çizelge 3.59 Karışık kontrplaklarda hava kurusu yoğunluk miktarı.....	125
Çizelge 3.60 Karışık kontrplaklarda kalınlığına şişme ve su alma miktarları.....	126
Çizelge 3.61 Karışık kontrplaklarda kalınlığına şişme ve su alma testi varyans analizi	127
Çizelge 3.62 Karışık kontrplaklarda kalınlığına şişme miktarları Tukey testi.....	127
Çizelge 3.63 Karışık kontrplaklarda su alma miktarları Tukey çoklu ayırım testi.....	127
Çizelge 3.64 Paralel statik eğilme direnci, statik kalite ve e. modülü değerleri.....	129
Çizelge 3.65 Dik statik eğilme direnci, statik kalite ve elastikiyet modülü değerleri	129

Çizelge 3.66 Karışık kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin varyans analizi.....	130
Çizelge 3.67 Karışık kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin Tukey testi.....	130
Çizelge 3.68 Karışık kontrplaklarda levha yüzeyine paralel basınç direnci.....	132
Çizelge 3.69 Karışık kontrplakta yüzeye paralel basınç direnci üzerine ağaç türü, kuvvet uygulama yönü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi.....	132
Çizelge 3.70 Karışık kontrplakta basınç direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi.....	133
Çizelge 3.71 Karışık kontrplaklarda çekme-makaslama direnci.....	134
Çizelge 3.72 Hava kurusu ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi	134
Çizelge 3.73 Karışık kontrplaklarda hava kurusu ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci Tukey çoklu ayırım testi sonuçları.....	134
Çizelge 3.74 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin tam kuru yoğunluklarının karşılaştırılması.....	136
Çizelge 3.75 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin tam kuru yoğunlukları varyans analizi.....	136
Çizelge 3.76 Termik genleşme miktarları ve termik genleşme katsayıları.....	137
Çizelge 3.77 Masif ağaç malzeme ve LVL'nin eğilme direnci ve e. modülüne ait bulguların karşılaştırılması.....	138
Çizelge 3.78 Masif ağaç malzeme ve LVL'de dinamik eğilme direnci	139
Çizelge 3.79 Masif ağaç malzeme ve LVL'de basınç direncinin karşılaştırılması	141
Çizelge 3.80 Liflere paralel makaslama direncinin karşılaştırılması.....	142
Çizelge 3.81 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin statik sertliğinin karşılaştırılması	143

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

D_o	:Tam kuru yoğunluk
D_{12}	:Hava kurusu yoğunluk
R	:Hacim ağırlık değeri
M_f	:Lif doygunluk noktası
LDN	:Lif doygunluk noktası
M	:Rutubet
W	:Ağırlık
β_v	:Hacmen daralma miktarı
α_v	:Hacmen genişleme miktarı
β_l	:Boyuna daralma miktarı
β_r	:Radyal daralma miktarı
β_t	:Teğet daralma miktarı
α_l	:Boyuna genişleme miktarı
α_r	:Radyal genişleme miktarı
α_t	:Teğet genişleme miktarı
β_t/β_r	:Teğet daralma / Radyal daralma oranı
σ_{SE}	:Statik eğilme direnci
σ_{EM}	:Elastikiyet modülü
σ_{DE}	:Dinamik eğilme direnci
$\sigma_C//$	:Liflere paralel çekme direnci
σ_{CL}	:Liflere dik çekme direnci
$\sigma_{M//}$	:Liflere paralel makaslama direnci
$\sigma_{B//}$	:Liflere paralel basınç direnci
σ_{CM}	:Çekme-makaslama direnci
H_j	:Statik sertlik (janka)
LVL	:Laminated Veneer Lumber (Tabakalı kaplama kereste)
$K\delta$	:Kalınlığına şişme
SA	:Su alma
$\ddot{U}F$	:Üre-formaldehit
$M\ddot{U}F$	:Melamin-üre-formaldehit
$m\ddot{U}F$	:Melamin ile güçlendirilmiş Üre-formaldehit
MF	:Melamin-formaldehit
$MF+\ddot{U}F$	:Melamin-formaldehit ve Üre-formaldehit karışımı
$PVAc$	:Polivinil asetat
FF	:Fenol-formaldehit
P_{max}	:Maksimum kuvvet
a	:Genişlik
b	:Kalınlık
h	:Yükseklik
L	:Uzunluk
N	:Newton

1. GİRİŞ

1.1. Odun ve Ağaç Malzeme

Yenilenebilen bir enerji kaynağı olması yanında, diğer mühendislik materyallerine göre kolay elde edilebilmesi, yoğunluğuna göre mukavemet özelliklerinin yüksek olması, ucuz olması, kolay temin edilebilmesi ve kolay işlenebilmesi gibi özelliklerinden dolayı odun hammadde insanlığın hayatında geçmişten günümüze önemli bir değere sahiptir. Özellikle bazı kullanım alanlarında, yukarıda sayılanların yanında, ısı ve ses yalıtımı sağlaması, basit yöntemlerle özelliklerinin değiştirilebilmesi ayrıca tercih sebepleri arasındadır. Bu önemli özelliklerinden dolayı odun ve odundan elde edilen ağaç malzemeler çağlar boyunca insan hayatında yer edinmiştir. Odunun ilk kullanımlarının yakacak odun olarak ve basit el aletleri şeklinde olduğu bilinmektedir.

Dünyada bilinen en eski yerleşim yeri, mezolitik çağlarda (M.Ö. 8000–7000) kurulan Filistin'deki Jericho'dur (Arise). Ancak, yapılan kazı çalışmalarında o dönemlerin özelliklerini yansıtan çok az sayıda ev eşyası ve çanak-çömlek bulunduğu için, tarih öncesi çağların bu yerleşimcileri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır. Bilinen en eski ikinci yerleşim yeri ise; Neolitik çağlarda (M.Ö. 6500–5700) kurulan Türkiye'de, Konya ilinin Çumra ilçesindeki Çatal höyük'tür. Bu yerleşim yerinde ise, o dönemin özelliklerini anlatan çok sayıda çeşitli buluntulara rastlanmıştır. Bunlar arasında çamurdan ve odundan yapılan kaplar ve tekstil ürünlerinin parçaları bulunmaktadır. Ayrıca, höyükteki evlerin damlarının oluşturulmasında da odundan yararlanılmıştır (Crochet, 2004). Bu bilgiler ışığında, odunun insan tarafından kullanımına ait ve günümüze kadar gelen ilk buluntular Çatal höyük'tedir diyebiliriz.

Odunun farklı şekillerde kullanımı ise daha sonraki yıllarda olmuştur. Özellikle kaplama ve bugünkü anlamı ile mobilyanın ilk kullanımları eski Mısır'da firavunlar döneminde olmuştur. Muhtemelen ilk kaplama M.Ö. 3000 yıllarında üretilmiştir. Bunlar değerli ağaçlardan elde edilmiş ufak parçalar olup, kral ve prens mobilyalarında kullanılmıştır. Kaplamalar elle hazırlanmış olup yüzeyleri el aletleri ile düzeltilmiştir (Bozkurt ve Göker, 1986).

Odunun farklı şekillerde ve farklı isimler altında kullanımı sanayi devrimiyle artış göstermiş ve odundan elde edilen malzemeler hızlı bir gelişim sürecine girmiştir. Bu gün yaklaşık olarak odun hammaddesinin 10.000 farklı kullanım yeri bulunduğu bildirilmektedir. Örneğin; bina yapımı, mobilya ve dekorasyon işleri, parke, müzik aleti, tel

direği, travers olarak masif halde kullanıldığı gibi, kaplama levha, kontrplak, yonga levha, lif levha, kâğıt ve karton üretiminde de kullanılmaktadır. Ayrıca, suni ipek, selofan, fotoğraf filmleri, patlayıcı maddeler, sentetik sünger, etil alkol, metanol, asetik asit, hayvan yemi, sentetik vanilin v.b. birçok maddenin üretilmesinde odun hammaddesinden yararlanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

1.2. Dünyada ve Türkiye’de Orman Varlığı

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ve sanayileşme, doğal kaynaklar üzerinde yoğun baskılar oluşturmakta ve bu olumsuzluktan ormanlar ciddi şekilde etkilenmektedir. Öngörülen kestirim; 2023 yılına kadar dünya nüfusunun ortalama %2 artacağını, orman alanlarının tahribinin süreceğini, endüstriyel odun hammaddesi açığıının 800–900 milyon m³ olacağını, ormanların bio çeşitlilik, toprak koruma, su üretimi, rekreasyon (eğlen-dinlen), avcılık, eko turizm gibi fonksiyonlarının giderek önem kazanacağını ve bunun doğal orman alanlarından yapılan üretim üzerinde bir baskı unsuru oluşturacağını göstermektedir (Anonim, 2006).

Ülkemizin orman varlığı 21.2 milyon hektar olup toplam ülke yüzölçümünün % 27,2’sini teşkil etmektedir. Biyolojik çeşitlilik açısından oldukça zengin olan ormanlarımızın yaklaşık yarısı iğne yapraklı, diğer yarısı ise geniş yapraklı türlerden oluşmaktadır. Toplam ağaç serveti 1.3 milyar m³ olan orman kaynaklarımızın birim alandaki ortalama serveti oldukça düşüktür. Ormanlarımızın yıllık cari artımı 36.3 milyon m³, amenajman planlarında verilen yıllık eta miktarı ise ortalama 16.3 milyon m³’tür. Mevcut orman alanlarımız içinde üretim yapılabilir alan 9.6 milyon ha (koru 8.0 milyon ha, baltalık 1.6 milyon ha), bu alanlardaki yıllık artım ise 26.8 milyon m³’tür. Ülkemizde 13 milyon m³ endüstriyel odun ile 9 milyon m³ yakacak odun tüketilmekte olup endüstriyel odunun %60-65’i, yakacak odunun ise yaklaşık %85’i devlet ormanlarından elde edilmektedir. Devlet ormanlarından üretilen endüstriyel odun içinde tomruk oranının ve standardının düşük olması ile oluşan arz açığı ithalat yoluyla karşılanmaktadır (Anonim, 2006).

Dünyanın toplam ormanlık alanı 2000 yılı itibariyle yaklaşık 3.9 milyar hektar olup ormanlık alanın toplam kara alanına oranı %29,6 dır. Mevcut ormanların yaklaşık % 95’i doğal ormanlardan, %5’i ise plantasyonlardan oluşmaktadır. En fazla orman alanına sahip kıtalar ve toplam dünya orman alanına oranları itibariyle; Avrupa (%46), Kuzey ve Orta Amerika (%25.7) ve Afrika (%21.8)’dir. Rusya Federasyonu, Brezilya, Kanada, Amerika

Birleşik Devletleri ve Çin Halk Cumhuriyeti en çok orman varlığına sahip ülkelerdir. Yapılan periyodik envanter ve değerlendirmeler, gelişmiş ülkeler başta olmak üzere bazı ülke ve bölgelerde ormansızlaşmanın stabilize edildiğini, hatta orman alanlarının bir miktar artmakta olduğunu (Avrupa’da yıllık ortalama 881 bin ha), buna karşılık gelişmekte olan ülkelerin ağırlıkta olduğu çoğu ülke ve bölgelerde ormansızlaşmanın halen devam ettiğini göstermektedir. 1980–1990 döneminde yıllık ortalama orman azalması 15,5 milyon hektar iken 1990–2000 döneminde bu miktar 9,4 milyon hektara düşmüştür (Anonim, 2006).

1.3. Türkiye’de Yetişen Hızlı Gelişen Ağaç Türleri ve Önemi

Hızlı büyüyen türlerin Türkiye’de yaklaşık 35-40 yıllık bilimsel geçmişi bulunmaktadır. *E. camaldulensis* Dehn., *E. grandis* W.Hill., *Pinus pinaster* Ait., *P. radiata* D. Don., melez kavaklar, *Populus deltoides* Bartr. Ex Marsh. bazı klonları ve *P. nigra* L. türleri, Türkiye’de orijin denemelerinde bu türlerde ilerleme elde etmek için en önemli türlerdir. Türkiye’de hızlı gelişen türlerle ilgili ilk çalışmalar 1880 yılında *Pinus pinaster* ve 1939 yılında *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. ve 1946 yılında *Populus x euramericana* kavak klonları ile başlamıştır. Örnek fidanlıklar ve egzotik iğne yapraklı türlerin denemeleri farklı seviyelerde, farklı organizasyonlar tarafından yürütülmektedir (Ayan ve Sivacioğlu, 2006).

Odun arzının artırılmasına ilişkin olarak öngörülen çözümler ve düşünceler arasında; odun talebini azaltıcı tedbirlerin alınması, odun arzının ithalat yoluyla artırılması ve odun arzının üretim yoluyla artırılması düşünülmektedir. Odun arzının üretim yoluyla artırılması hiç kuşkusuz en kısa sürede ve en ekonomik olanıdır. Bunun içinde kısa dönemde verim gücü yüksek ve özel sektör ormancılığına konu olabilecek hızlı gelişen türlerle yapılacak endüstriyel plantasyonlar büyük önem kazanmaktadır (Özkurt, 2002).

Dünya toplam orman varlığının tekrar artırılması için yapılan çalışmalar arasında hızlı gelişen ağaç türleri önemli bir yere sahiptir. Hızlı gelişen türler içinde sıcak iklime sahip birçok bölgede olduğu gibi Türkiye’de de okaliptüs türleri tercih edilen önemli türlerdendir. Türkiye’ye okaliptüs ilk defa, 31.01.1885 tarihinde inşasına başlanan Adana-Mersin demiryolu hattını yapan Fransız şirketi tarafından bu hat güzergahındaki istasyonlara süs bitkisi olarak dikilmek amacıyla getirilmiştir (Adalı, 1944).

İlk *E.camaldulensis* ağaçlandırması 1939 yılında Tarsus-Karabucak’ta gerçekleştirilmiştir. 885 hektarlık bir alanı kaplayan bu ağaçlandırmanın, aynı zamanda

Türkiye'nin ilk ağaçlandırması olduğu belirtilmektedir. Gerçekleştirilen bir envanter çalışmasına göre 1987 yılı itibariyle ülkemizde, %58 devlete, %42'si özel sektöre ait olmak üzere toplam 14 bin hektar *E. camaldulensis* ağaçlandırması bulunmaktadır. 1993 yılı itibariyle ise bu miktarın 20 bin hektara ulaştığı bildirilmektedir (Şekil 1.1). *E. camaldulensis*'e ve *E. grandis* türleriyle yapılan denemelerde sırasıyla 33.5 ve 50.5 m³/ha yıllık ortalama artım değerlerine ulaşılmıştır (Gürses ve ark, 1995).



Şekil 1.1 Türkiye’de okaliptüsün yetiştiği alanlar (Özkurt, 2002)

Bu rakamlar Türkiye verimli ormanlarının artım gücü olan 3 m³/ha ile kıyaslandığında büyüklükleri ortaya çıkmaktadır. Okaliptüs yetiştiriciliğinin diğer bir cazip yönü ise orman arazileri dışında bulunan tarım arazilerinde yetiştirilmesi, yani tarım ormancılığına (farm forestry) konu olmasıdır (Özkurt, 2002).

Bu artım rakamları göz önüne alındığında Okaliptüs *E.grandis* ve *E. camaldulensis*’in Türkiye’de denemesi yapılan okaliptüs türleri içinde verim bakımından en başarılı olan iki tür olduğu görülmektedir.

“Okaliptüsün belirtilen bu iyi özelliklerine rağmen son yıllarda Türkiye’de okaliptüs yetiştiriciliğinde büyük sorun yaşanmaktadır. Bu sorun kullanım alanlarının daralmasına paralel olarak okaliptüs fiyatlarının çok düşmesi ve talebin azalmasıdır. Plantasyon alanları son yıllarda giderek daralmaktadır. Yapılan bir fiyat incelemesinde özellikle okaliptüs odunu kendisi ile aynı kullanım alanlarına hitap edebilen aynı sınıftan kızılçam odunu ile karşılaştırılmış ve son 10 yılda okaliptüs ve kızılçam fiyatlarının reel olarak değer

kaybettiği ve fiyatlardaki düşüşün devam ettiği görülmüştür. Bu düşüşte konjonktürün de etkisi olduğu açıktır. Çünkü Türkiye’de son yıllarda odun satış fiyatlarının reel olarak azaldığı ifade edilmektedir. Bu azalma; toplam üretim içinde kaliteli ve kalın odun üretiminin azalmasına, ithalatın artarak yılda 1 milyon m³ seviyesine çıkarılmasına, ithal odun fiyatlarındaki düşüşe ve odun yerine ikame maddelerin kullanımındaki artışa bağlanmaktadır” (Özkurt, 2002).

“Genel olarak Afrika’daki plantasyonlardan elde edilen *E.camaldulensis* ve *E. grandis* odununun 23 farklı kullanım yeri bilinmektedir. Bunlar; yapı kerestesi, yer döşemesi, maden direği, tekne yapımı, karoseri yapımı, mobilyacılık, alet sapı ve merdiven, spor malzemeleri, tarımsal aletler, kaplama ve kontrplak, kâğıt hamuru, enerji odunu, odun kömürü, ambalaj sandığı, iç dekorasyon, dolgu malzemesi, doğramacılık, travers, yonga levha, direk ve kazık, oyuncak, tornacılık ve odun yünüdür”(Gürses, 1992).

Ancak, okaliptüsün ekonomik değeri yüksek olan yapacak odun (özellikle iç mekân ürünleri-doğrama, parke ve diğer masif ürünler) yapımında kullanılmamasının önündeki en büyük engel kurutma zorluğu ve kuruma sırasında meydana gelen şekil değişiklikleridir (Özkurt, 2002). Eğer bu şekil değişiklikleri bir şekilde bertaraf edilebilirse Okaliptüs odununun kullanım yerlerinin artacağı düşünülmektedir.

“Türkiye de uzun yıllar genel amaçlı kontrplak üretiminde önemli ağaç türlerimizden olan kayın kullanılmıştır. Ancak, kalite ve miktar olarak kontrplak üretimine uygun kayın tomrukların Türkiye’de teminindeki zorluklar sonucu, sektör hammadde açığını ithalat yoluyla dengelemeye çalışmış ve son yıllarda yaşanan ekonomik krizler (Nisan 1994, Şubat 2001) sonrası oluşan devalüasyon ile ithal tomruklarla üretimini sürdüren özellikle kaplama ve kontrplak üretimi yapan şirketler büyük ekonomik sıkıntılar yaşamışlardır. Bu nedenle, kontrplak endüstrisinin hammadde ihtiyacının ucuz ve sürekli olarak temin edilebileceği ağaç türleri üzerinde çalışılması önem kazanmıştır. Bilindiği gibi genel amaçlı kontrplakların değerlendirildiği yerlerde fazla özellik aranmamaktadır. Raute Wood firmasının (Finlandiya) hızlı gelişen ağaç türlerinin bu tür kontrplak üretiminde değerlendirilmesi ile ilgili bir raporunda okaliptüsten (*E.globulus* ve *E.grandis*) uygun sonuçlar alındığı belirtilmiştir” (Çolak ve Ark., 2003). Okaliptüs odunundan kontrplak üretimi konusunda Türkiye’de bir çok çalışma yapılmış, genel amaçlar ve yapı maksatlı olarak kontrplak üretiminde Okaliptüs odunundan yararlanılabileceği belirtilmiştir (Çolak ve Ark., 2003; Şahin, 1998).

1.4. Çalışmanın Amacı

Okalıptüs odununa Türkiye’de son yıllarda talebin azalmaya başladığı ve bu ağaçtan elde edilen kerestelerin en büyük sorununun kurutma sırasında oluşan kurutma kusurları olduğu (Şekil 1.2), çatlakların meydana geldiği ve koruyucu kurutma şartları seçildiğinde ise kurutma işleminin çok uzun sürdüğü, bu kötü tespitlerin de bu ağacın yetiştirilmesine yönelik ön yargıların oluşmasına sebep olduğu göz önüne alınırsa, bu olumsuzlukların üstesinden gelebilecek yöntemlerin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Türkiye’de okalıptüs odunundan yapılan bilimsel çalışmalarda kontrplak, LVL (Laminated Veneer Lumber) ve diğer lamine ağaç malzemelerin üretiminde genelde *E. camaldulensis* denenmiş fakat *E. grandis* türü üzerinde bu alanlarda fazla bir çalışma yapılmadığı belirlenmiştir.



Şekil 1.2 Okalıptüs grandise ait masif ağaç malzeme ve LVL

Bu çalışmada, okalıptüs grandis (*E. Grandis* W. Hill ex Maiden), doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve melez kavak (*Populus x euramericana* I-214) kaplamaları ile üretilen LVL ve kontrplakların teknolojik özellikleri belirlenmesi, karşılaştırılması ve tartışılması amaçlanmıştır. Bu çalışma ile okalıptüs grandis odunundan daha fazla yararlanmanın yolları ve lamine ağaç malzeme üretiminde hızlı gelişen bir tür olan okalıptüs grandisin kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Genel olarak bu çalışmanın amacı; Karabucak orijini okaliptüs odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, diğer bölgelerde yetişenlerle karşılaştırılması, Karabucak orijini okaliptüs odununun LVL ve kontrplak üretiminde kullanılmasının araştırılması, okaliptüs odunundan üretilen LVL'nin ve kontrplağın teknolojik özelliklerinin, kayın ve kavaktan elde edilenlerinki ile karşılaştırılması, farklı kombinasyonlarda üretilen kontrplakların teknolojik özelliklerinin araştırılması ve karşılaştırılmasıdır.

1.5. Okaliptüs Grandis Hakkında Genel Bilgiler

Kayacık tarafından verilen bilgilere göre; okaliptüsler herdem yeşil ağaç, bazen de ağaçcık şeklinde bulunur ve bitkisel sistematikte, *Spermatopyta* bölümünün, *Angiospermae* (kapalı tohumlular) altbölümünün, *Dicotyledoneae* (çift çenekliler) sınıfının, *Choripetalae* (periyant yaprakları ayrı) alt sınıfının, *Dialypetaleae* grubunun, *Myrtales* takımının, *Myrtaceae* familyasının *Eucalyptus* cinsi içerisinde yer almaktadırlar. Okaliptüsler, ait oldukları *Myrtales* takımının diğer familya örneklerinden, değişik dokularında lisigen eteri yağ bezelerinin bulunması ile ayrılır. Yapraklarının şekli yaşa ve türe göre değişken şekiller göstermekle beraber, çoğunluğu tırpan biçimindedir. *E. grandis*, hızlı gelişen, 40-65 m boya ulaşabilen düzgün gövdeli bir ağaçtır. Beyaz, gri ya da mavimsi yeşil olan gövde, dipten 60-180 cm'lik kısmı haricinde uzunca şeritler halinde parçalanır ve dökülür. Yapraklar mızrak biçiminde dalgalı, üst yüzü parlak koyu yeşil, alt yüzü solgun yeşil renkte ve saplıdır. Çiçekler beyaz renkte olup 3-10 çiçekli şemsiye kurulları halindedir. Meyve kapsülleri 6-8 mm çap ve 7-8 mm uzunlukta olup, mavimsi yeşil renkte sapsız ya da çok kısa saplı ve armut biçimindedir (Özkurt ve ark., 1998).

Okaliptüsler genel olarak, Avustralya ve yakın çevresindeki adaların asli ağacı olarak bilinirse de yayılışları yalnızca buralarla sınırlı değildir. Bazı türler Papua Yeni Gine'de, Endonezya takım adalarının doğusunu oluşturan bazı adalarda (Örneğin Timor, Filores, Weter'da) ve Filipinler'in Mindanao adasında doğal olarak bulunurlar. Hatta iki tür (*E. deglupta* ve *E. urophylla*) Avustralya'da bulunmamaktadır. Adalı'ya göre; On sekizinci yüzyılda bir Fransız botanikçisi tarafından bitkisel sistemattikteki yeri belirlenen okaliptüsün, dünya'ya tanıtılmasında da en büyük rolü Fransızlar oynamışlardır. Daha 1850'li yıllarda Fransızlar, o sıralarda bir Fransız sömürgesi olan Cezayir'de adaptasyon denemelerine başlamışlardır. Bu denemeler sırasında ve sonrasında da okaliptüsler Cezayir'de ve Fransa'nın güney kesimlerinde hızla yayılmışlardır. Işıklı'ya göre ilginç

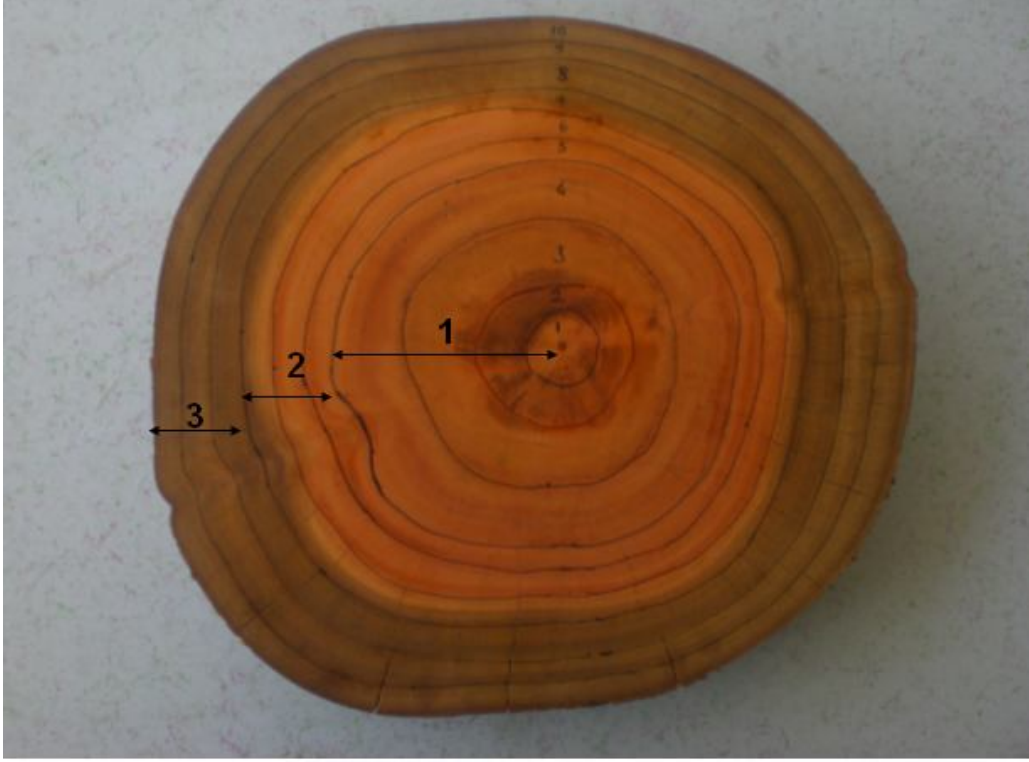
olan bir nokta da okalıptüsün doğal yayılış alanında hızlı büyüyen bir ağaç olmadığıdır. Ayrıca, Hillis ve Brown tarafından, Avustralya’da, birim alandan, okalıptüs ormanlarından elde edilen yıllık hasılatın, çam ormanlarından elde edilenden daha düşük olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca okalıptüsün bazı türleri baltalık olarak işletilmeye de son derece uygundur. Nitekim bugün Avustralya dışında en fazla plantasyonu yapılan on türde baltalık olarak işletilmesi için ideal olup bunlar, *E. grandis*, *E. saligna*, *E.globulus*, *E. camaldulensis*, *E. tereticornis*, *E. euophylla*, *E. robusta*, *E.maculata*, *E. paniculata* ve *E. viminalis* türleri olmaktadır (Yıldızbakan ve ark., 2007).

Taylor, Malan, Bhat ve Sardinah’a göre; Okalıptüs grandis odununda yoğunluk miktarı, özden çevreye doğru hızlı bir şekilde ve özellikle genç odun kısmında artar. Hızlı büyümeye elverişli bölgelerde, bazı ağaçlarda genç odun kısmı, gövdenin büyük bir kısmını oluşturduğu için büyük bir öneme sahiptir. Bazı ağaçlarda radyal yöndeki yoğunluk artışı, aynı miktarda ağaç boyu yönünde oluşmaz. Gövdedeki genç odun kısmı ağaç boyunca kökten taca doğru uzanır ve gövde enine kesitinde genç odun oranı artar. Bunun sonucunda da yoğunluk özellikle yumuşak odunlarda azalma gösterir. Ancak Okalıptüs grandis odununda yoğunluk genellikle yükseklik arttıkça artar. Bazen bu artışta başlangıçta hafif bir azalma olabilir (Malan, 1995).

Yapılan bu çalışmada okalıptüs grandis odununun ilk yaşlarda hızlı büyüme sonucu, çok belirgin şekilde genç odun oluşturduğu, araştırmada kullanılan 10 yaşındaki test ağaçlarında, ilk 4 yıllık halkanın belirgin şekilde genç odun oluşumu, sonraki 2-3 yıllık halkanın geçiş bölgesi olduğu, en dıştaki 3-4 yıllık halkanın ise olgun odun oluşumu olduğu gözlemlenmiştir. Bununla ilgili bir görüntü Şekil 1.3’de verilmiştir. Belirgin bir görüntü elde edebilmek amacıyla enine kesit zımparalanmış, yıllık halka sınırları kalemle belirginleştirilmiştir ve yüzey ıslatılmıştır. Genç odun oluşumu öz çevresindeki ilk 4 yıllık halkada görülmektedir (1 nolu bölge). 5, 6 ve 7. yıllık halkalar geçiş bölgesi (2 nolu bölge) ve 8-10. yıllık halkalar (3 nolu bölge) olgun odun kısmıdır. 1 ile 6. yıllık halkalar öz odun 8 ile 10. yıllık halkalar diri odun kısmını ve 7. yıllık halka öz odundan diri oduna geçiş kısmını oluşturmaktadır.

Genç odun ve olgun odun oluşumu ile ilgili olarak; Ağacın ilk yıllarında oluşan genç odun gerek yıllık halka gerekse diğer görüşür özellikleri ile bazı farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar odun türüne ve doğal ortama göre ortaya çıkmaktadır. Genelde yapılan çalışmalara göre olgun odun ve genç odun arasındaki kimyasal yapıdaki değişimler çok sınırlıdır. Buna karşın Yapraklı odun türlerinde, iğne yapraklılara göre

özelliklerdeki farklılıkların daha az olduğu gözlenmiştir. Genelde, genç odunlar olgun oduna göre daha kısa ve küçük traheid bulundurulur ve bunların hücre duvarları daha incedir. Buna karşın mikro fibril açıları daha geniş, ekstraktif madde oranlarının daha fazla, yoğunluk değerleri daha düşük, şişme değerleri daha fazladır. Bu faktörler bir araya gelerek genç odunun mekanik özelliklerinin, olgun oduna göre daha düşük olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır (Arslan ve Aydemir, 2009).



Şekil 1.3 Okaliptüs grandis odununda enine kesit görünüşü

Okaliptüs türlerindeki büyüme gerilmesi, şüphesiz en ciddi büyüme kusurudur. Bu kusur odun kalitesini, ürün verimini ve ürün ölçülerini etkiler. Büyüme gerilmeleri ağaçlar büyürken gelişir ve kesildiklerinde, tomruklara ayrılırken yada keresteye biçilirken kendisini belli ederler. Ayrıca, tüm okaliptüs türleri kino üretir. Bu, okaliptüs gövdesinde kanal yada boşluk kısımlarında bulunur. Portakal renginde gövdeden dışarı sızan viskoz bir yapıdadır ve hava ile temas ettiğinde koyu renk alır. Vasküler kambiyum yaralandığı zaman travmatik kino damarının teğet olarak sıralanmış çok miktarda grubu gelişir. Bu damar sıraları veya grupları kino halkaları olarak adlandırılır. Bu durum okaliptüs grandis’de çok sıklıkla olmaz ve genellikle, çok önemli kusur oluşturmaz. Okaliptüs grandis genellikle iyi derecede kendi kendine budanma özelliği gösterir. Fakat bu durumda oluşan budaklar temel olarak genç odun kısmında kalır ve tomruğun orta kısımlarından kesilen kerestenin kalitesini ciddi miktarda azaltır (Malan, 1995).

1.6. Melez Kavak Hakkında Genel Bilgiler

Kavak cinsi, Dünya üzerinde 5 seksiyon halinde yayılış göstermektedir. Bunlar; Fırat kavakları, Akkavaklar, Titrek kavaklar, Karakavaklar, Balzam kavaklarıdır. Bunların çeşitli türleri vardır. Bazı seksiyonlara mensup türler kendi aralarında tabii olarak veya insan eliyle kolaylıkla çaprazlanarak melez fertler meydana getirebilmektedirler. Özellikle Karakavaklar kendi aralarında ve Balsam kavakları ile Karakavaklar arasında çok kolay çaprazlanma gerçekleşebilmektedir. Bu şekilde tabii olarak ortaya çıkmış veya ıslah çalışmalarıyla oluşturulabilen kavak fertlerine **Melez kavak** denmektedir.

Tabiatta kendiliğinden ortaya çıkmış veya insanlar tarafından çaprazlamalar sonucu elde edilmiş, çeşitli özellikleri bakımından üstün bir ağaç bulunduğunda, bu ağaç vejetatif yoldan üretime alınmakta ve elde edilen fertlere **klon** denmektedir. Bir kavak klonu, Uluslararası Kavak Komisyonu (IPC) tarafından bir numara veya isimle tescil edilmekte ve isteyen ülkelerde kültüre alınmaktadır. Klonlar, farklı iki türün melezi olabildiği gibi, belli bir türe mensup üstün fertler de olabilir. Kavakçılıkta klonal üretim, tek bir ağaçtan alınmış çeliklerle yapıldığından, bütün fertler genetik olarak birbirinin aynıdır (Anonim, 2011a).

Populus nigra Avrupa kavağı ve *Populus deltoides* Amerika kavağıdır. Bu iki türün melezi olarak ortaya çıkan tür *Populus x euramericana*'dır. I-214 ise bu melezden elde edilen bir klondur.

Türkiye'de yaklaşık 200.000 hektar kavak ve diğer hızlı gelişen türlerden özel plantasyon alanı bulunmaktadır. Türkiye'deki yıllık melez kavak odunu üretimi 2.400.000 m³ civarındadır. Bu üretimi sağlayan plantasyonların büyük bir kısmı Marmara Bölgesi'nde yer almaktadır. Bu bölgedeki kavak ağaçlandırmalarında ağırlıklı olarak kullanılan *Populus x euramericana* I-214 klonundan elde edilen odun hammaddesi, bölgedeki çeşitli orman ürünleri sanayi kollarında değerlendirilmektedir. Bu klonun, yapı kerestesi, ambalaj, kaplama, kontrplak ve kibrit gibi kullanım yerleri bulunmaktadır (Tunçtaner, 2004).

Türkiye'de 130.000 hektar kavak plantasyonu bulunmaktadır. Bunun 61.000 hektarı *populus nigra* ve 69.000 hektarı *P. x euramericana* ve *P. deltoides* klondur. Son bazı araştırmalar, yıllık kavak odunu üretiminin en az 3.870.000 m³ olduğunu bunun yaklaşık 1.700.000 m³ kara kavak ve 2.170.000 m³ *euramericana* ve *deltoides* klonları olduğu belirtilmiştir (Zoralioğlu, 2003).

1.7. Doğu Kayını Hakkında Genel Bilgiler

Kayacık, Yaltırık ve Anşin'e göre; Doğu kayını 30-40 m'ye kadar boy, 1 m'ye kadar çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli 1. sınıf bir orman ağacıdır. Kabuğu açık kül rengi olup ince ve düzgündür. Genç sürgünler tüylüdür. Yapraklar elips, ters yumurta biçiminde sivri uzun veya kısa uçlu ve 6-12 cm uzunluğundadır. Körpe iken kenarları kirpiklidir. Şanlı'ya göre; Doğu kayını oluşturur elemanların diri odundaki oranları ortalama olarak, trahe %33.9, libriform lif %45.7, özışınları %20.2 ve boyuna paranşim yaklaşık %5'dir (Malkoçoğlu, 1994).

Anşin ve Saatçioğlu'na göre; Doğu kayınının genel coğrafi yayılışı Bulgaristan, Türkiye, Kafkasya, İran'dır. Batı'da balkan yarım adasından başlar. Trakya'nın kuzey ve güney kenar dağları ile bağlantı kurarak İstanbul mıntıkası üzerinden batı Anadoluya geçer. Oradan kuzey Anadolu kenar dağları boyunca Kafkasya ve kırım'a kadar uzanır. Doğu kayını bu ana yayılıştan çok ayrılan güneydoğuda Hatay, Seyhan ve K.maraş ormanlarının yüksek bölgelerinde izole bir yayılış gösterir. Ülkemizde en geniş yayılış ve en iyi gelişimini Karadeniz bölgelerinde yapar Demirköy'den Hopa'ya kadar uzanan saf ve karışık ormanlar kurar. Marmara bölgesi ile Ege bölgesinde yer yer görülür. Güney Anadolu da Adana'nın pos ormanlarında Amanos dağlarında ve K.maraş-Andırın yöresinde lokal olarak bulunur (Ünsal, 1998).

Ülkemizde kayının doğal olarak yetişen türü *Fagus Orientalis* (doğu kayını) koru ve bozuk koru olarak, ormanlarımızın 666.607 hektarını kaplamaktadır. Odunu kırmızımsı beyaz renktedir. Olgun odun özelliklerine sahiptir. 80-100 yaşını aşan her yaşlı ağaç gövdesi içersinde kırmızımsı kahverenginde düzensiz şekilli dalgali şeritli ve kırmızı yürek (yalancı öz odun) adı verilen bir öz odun bulunmaktadır. Odunu sert ve ağır ($D_{12}=0.72 \text{ gr/cm}^3$), şok direnci yüksektir. Buharlandığında kolayca bükülebilir. Kurutmada dikkat isteyen bir ağaç türüdür. Fazla çalışır kolay yarılır, işlenmesi kolay olup, özellikle diri odunu kolay emprenye edilir.

Öz odununda traheler tüllerle dolu olduğundan emprenyesi güçleşir. Diğer yapraklı ağaçlardan daha geniş kullanım yerine sahiptir. Özellikle masif ve bükme mobilya, lambri, spor aletleri, oyuncak, bobin, alet sapları, sandal, fırın kürekleri, müzik aletleri, parke, kontrplak, kaplama levha, fiçı, karoser yapımında, tornacılıkta, maden direği, lif-kağıt odunu olarak, odun kömürü, odun katranı, asetik asit eldesin de ve emprenye edildiğinde travers olarak kullanılmaktadır (Bozkurt ve Erdin, 1997).

1.8. Odun Esaslı Kompozit Malzemeler

Kompozit, iki yada daha fazla malzemenin bir matris ile tutulması, bağlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu tanım vasıtasıyla, bizim masif odun olarak isimlendirdiğimiz şey kompozittir. Masif odun selüloz, hemiseluloz ve ligninden oluşan ve lignin matrisi tarafından bir arada tutulan üç boyutlu bir kompozittir. Gelişmiş odun kompozitlerinin avantajları;

- 1-Daha küçük ağaçlardan yararlanmak
- 2-Diğer odun işleyen endüstrilerin artıklarını kullanmak
- 3-Kusurları ortadan kaldırmak
- 4-Çok daha homojen parçalar oluşturmak
- 5-Masif odundan çok daha güçlü kompozitler oluşturmak
- 6-Farklı biçimlere sahip kompozitleri yapabilmektir (Berglund ve Rowell, 2005).

Odun kompozitlerinin değişik araştırmacılar tarafından değişik şekilde sınıflandırılması yapılmaktadır. Yeni geliştirilen odun esaslı kompozit malzemelerle bu sınıf daha da genişlemektedir. Genel bir sınıflandırma Berglund ve Rowell (2005) tarafından aşağıdaki şekilde yapılmıştır. Benzer bir sınıflandırma Güller (2001) tarafından da yapılmıştır.

Odun Esaslı Malzemelerin Genel Sınıflandırması:

- 1-Tutkallanmış tabakalı kereste (Glued Laminated Timber-GLULAM)
- 2-Yapısal kompozit keresteler (Structural Composite Lumber-SCL)
 - a-Tabakalı kaplama kereste (Laminated Veneer Lumber-LVL)
 - b-Paralel şerit kereste (Paralel Strand Lumber-PSL)
 - c-Tabakalı şerit kereste (Laminated Strand Lumber-LSL)
 - d-Yönlendirilmiş şerit kereste (Oriented Strand Lumber-OSL)
- 3-Kontrplak (Plywood)
- 4-Yongalevha (Particleboard)
- 5-Etiket yonga levha-şerit yongalı levha (Waferboard-Flakeboard)
- 6-Liflevha (Fiberboard)
 - a-Düşük yoğunluklu liflevha (Low-Density Fiberboard -LDF) ($0.15-0.45 \text{ gr/cm}^3$)
 - b-Orta yoğunluklu liflevha (Medium-Density Fiberboard-MDF) ($0.6-0.8 \text{ gr/cm}^3$)
 - c-Yüksek yoğunluklu liflevha (High-Density Fiberboard-HDF) ($0.85-1.2 \text{ gr/cm}^3$)
- 7-Yönlendirilmiş şerit levha (oriented strand board-OSB)
- 8-Nano kompozitler (Nanocomposites)

Genel olarak, kompozit malzemeleri şekillendirmek için tutkallarla birlikte ağaç kaplamaların, liflerin, yongaların ya da şerit parçaların, yapıştırılması ile üretilen, imal edilmiş levha yada insan yapımı ahşap veya kompozit odun olarak isimlendirilen ürünler “Engineered Wood Products” şeklinde isimlendirilmektedir (Anonim, 2007). Bu terim türkçeye “Mühendislik ürünü Ağaç Malzemeler” olarak çevrilmiştir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

“Mühendislik ürünü ağaç malzemelerin kullanımı, doğal kaynaklardan verimli ve ekonomik şekilde faydalanılması açısından çok önemlidir. Kuru ağaç malzeme kullanımı ve üretim sırasında malzemenin kusurlardan arındırıldıktan sonra işleme alınması elde edilen ürünün fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde büyük etki göstermektedir. Yeni üretim tekniklerinin, yapıştırıcı ve ağaç malzeme türlerinin kullanımı bu ürünlerin inşaat sektörü ve diğer alanlarda kullanım olanaklarını arttırmaya başlamıştır. Mühendislik ürünü ağaç malzemelerin depreme dayanıklı yapı bileşenleri olarak kullanımlarının ideal olması deprem bölgesinde olan Türkiye için büyük önem taşımaktadır. Bunlar ticari, endüstriyel yapılarda ve konut yapımında kullanılabilirler. Türkiye’de henüz bu malzemeleri üreten bir fabrika bulunmamaktadır” (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

1.9. Kontrplağın Tanımı, Üretim Akışı ve Sınıflandırılması

Kontrplak; belirli uzunluk ve çaplardaki tomrukların özel makinelerde soyulması ile elde edilmiş ince soyma levhaların lif doğrultuları birbirine dik olmak üzere üç veya daha çok tek sayıda üst üste konularak basınç altında preslenerek yapıştırılması ile elde edilen mamuldür (Anonim, 1971).

Amerikan standartlarına göre (ASTM-D-907) odun kaplama genellikle 0,254-6,35 mm arasında kalınlıklara sahip ve odun lif yönü yüzeye paralel olan bir levha olarak tarif edilmektedir Aynı standartta kontrplak ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiriyle 90° açı yapacak şekilde yapıştırılmış odun levhaları olarak belirtilmektedir. Genel olarak kontrplak katları 3, 5, 7... gibi sayıdadır.

Orta tabakası birbirine paralel yapıştırılmış iki kaplama levhadan oluşan kontrplakların üretimine başlanmasından sonra kontrplağın her bir tabakası tek bir tabakadan oluşabileceği gibi iki veya daha çok kaplama levhaların birbirine paralel yapıştırılmasıyla teşkil edilebileceği bildirilmektedir (Çolakoğlu, 1996). Kontrplağın genel olarak üretim akışı Çolakoğlu (1996) tarafından şu şekilde verilmiştir;

Kontrplak üretimi iş akışı;

- Tomruk depolama
- Isıtma
- Kabuk soyma ve boyutlandırma
- Merkezileştirme
- Kaplama soyma
- Yaş yada kuru boyutlandırma
- Kaplama levha yada bant kaplama
- Kurutma
- Boyutlandırma, kusurların kesilmesi ve kenar düzeltme
- Dar kaplamaların yan yana eklenmesi
- Tutkal hazırlama ve tutkallama
- Taslak hazırlama
- Ön presleme
- Sıcak pres
- İklimlendirme
- Boy kesme ve yan alma
- Zımparalama,
- Tasnif ve depolama

Kontrplağın sınıflandırılması TS 3103 EN 313-1'e göre;

1. Genel görünüşlerine göre

1.1. Yapılarına göre

a) Kaplamadan yapılmış kontrplak (bütün katları kaplama olan kontrplak)

b) Odun özlü kontrplak (kontrtabla)

b1) orta tabakası geniş çıtalı kontrplak (7-30 mm)

b2) orta tabakası dar çıtalı kontrplak (7 mm den az)

c) Karma (kompozit) kontrplak

1.2. Şekil ve formuna göre

a)Düz

b) Şekillendirilmiş

2. Başlıca özelliklerine göre

2.1. Dayanıklılıklarına göre

- a) Kuru ortamlarda kullanım için
 - b) Rutubetli ortamda kullanım için
 - c) Dış ortamlarda kullanım için
- 2.2. Mekanik özelliklerine göre
- 2.3. Yüzey görünüşüne göre
- 2.4. Yüzey durumlarına göre
- a)Zımparalanmamış
 - b)Zımparalanmış
 - c)Boyanmış veya cilalanmış
 - d) Yüzeyi kaplanmış (dekoratif kaplama, film, emprenye edilmiş kağıt)
3. Kullanıcının ihtiyaçlarına göre, şeklinde sınıflandırılmıştır (Anonim, 1998).

1.10. Adhezyon teorisi

Ağaç sanayii tutkalları ekseriya koloidal çözeltiler halindedir. Yapışma sırasında, çözeltinin su kaybetmesi, soğuması veya içersinde kimyasal reaksiyonun olmasıyla, çözelti geçici olarak pelteleşir ve zaman geçtikçe de katılaşır. Böylece iki ağaç malzeme yüzeyi arasında katı bir tabaka oluşur. Bu tabaka çeşitli zorlamalara karşı koyabilecek dirence sahiptir. Diğer taraftan tutkal çözeltisi katılaşırken iki ağaç malzemeyi de birleştirir. Ayırıcı kuvvetlere karşı, tutkal ve odun yüzeyi arasında oluşan bağlar ve tutkal tabakası yeterli direnç göstermelidir. İki katı maddenin yapışmasını, yani yan yana gelen yüzeylerinin birleşmesini sağlayan kuvvetlerin toplamına **Adhezyon** denir. Ağaç malzemelerin yapıştırılmasında koloidal çözelti halinde olan tutkal, odun gözeneklerini yüzeyden itibaren viskozitesine göre çeşitli derinliklerde doldurur veya bu boşlukların iç yüzeylerini ıslatır. Sıvı tutkalın katılaşmasıyla odun ile tutkal arasında kenetlenme olur. Bu mekanik Adhezyon olarak isimlendirilir. Maddeler polar ve polar olmayanlar olarak ikiye ayrılır. Ancak aynı gruptan olan maddeler aynı gruptan olan tutkallarla yapıştırılabilirler. Bu genel kurala göre odun ve odun tutkalları kuvvetli polar sınıfına dahildir. Polar cisimlerin molekülleri küçük mıknatıs çubuklara benzetilen dipoller oluştururlar. İki polar cisim yaklaştırıldığında dipoller arasındaki karşılıklı elektriksel etkiler sonucu birbirini çekerler. Dipoller arasındaki etki bir tarafta hidrojen ve azotun katılmasıyla çok artar, çünkü hidrojen atomu çapının küçük olması nedeniyle dipoller bir birine çok yaklaşabilirler. Bunun sonucu hidrojen köprüleri olarak isimlendirilen ağ oluşur. Ağaç malzeme selülozu ile tutkalların –OH grupları arasında oluşan hidrojen köprülerinin

adhezyonunun dolayısıyla yapışma direncinin sağlanmasındaki etkilerinin çok büyük olduğu sanılmaktadır (Özen, 1981).

Pizzi'ye göre; Yapışacak madde-yapıştırıcı ara yüzeyindeki fiziksel ve kimyasal etkileşimlerin varlığı ve birbirlerine olan etkilerini içeren 5 temel Adhezyon teorisi ortaya konulmuştur. Bunlar;

1. Mekanik kenetlenme teorisi; yapışacak malzemenin yüzeyindeki düzensiz bölgeler içersinde katılaştıran yapıştırıcının fiziksel kenetlenmesi sonucu oluşan adhezyonu ifade etmektedir.
2. Islanma teorisi (adsorpsiyon veya spesifik adhezyon olarak ta bilinmektedir); çok yakın bir temasın gerçekleşmesi şartıyla, bir ara yüzeyde etkili olan atomlar arası ve moleküller arası kuvvetleri içermektedir.
3. Difüzyon teorisi; moleküler düzeyde sıvı yapıştırıcı içindeki uzun zincir moleküllerinin yapıştırılacak madde içine kısmen veya tamamen nüfuz etmesi esasına dayanmaktadır.
4. Elektrostatik teori; elektronik bant yapıları benzer olmayan iki malzemenin birbiri ile temas etmesi durumunda, ara yüzeyde adhezyonu sağlayan iki katlı bir elektrostatik yük oluşacağını ifade etmektedir.
5. Kovalent kimyasal bağlanma teorisi; ağaç malzeme ile tutkal arasındaki kovalent bağ oluşumu neticesinde meydana gelen adhezyonu ifade etmektedir (Aydın ve ark, 2001).

1.11. Kontrplak Üretiminde Kullanılan Tutkallar

Özellikle II. Dünya savaşıdan sonra zamanla tutkal çeşitlerinde ve yapıştırma tekniğinde meydana gelen değişimler kontrplak, kontrtabla ve yonga levhaların yapımında olumlu yönde gelişmelere sebep olmuştur. Sonuç olarak bu malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri ıslah edilmiş ve çok çeşitli kullanım yerlerinde değerlendirilme olanakları doğmuştur. İlk zamanlarda kullanılan bitkisel ve hayvansal tutkallar daha sonra yerlerini sentetik reçinelere terk etmişlerdir. Hayvansal ve bitkisel tutkalların sıcak suya ve mikroorganizmalara karşı gösterdikleri dayanıksızlık ve direnç azlığı, kontrplakların kullanım yerlerini sınırlandırdığı halde sentetik reçinelerin kullanışı ve yapımında kuru sistemin uygulanışı bu sakıncaları ortadan kaldırmıştır (Bozkurt ve Göker, 1986).

Baldwin ve Seller'e göre; önceleri kontrplak üretiminde kullanılan hayvansal tutkallar, kazein, kan albümini ve nişasta gibi doğal kökenli tutkallar 1930'lu yılların

ortalarına doğru yerini petrol veya kömür katranı esaslı sentetik tutkallara bırakmıştır. Duroplastik reçinelerle (Aminoplastlar; üre ve melamin formaldehit ve Fenoplastlar; fenol ve resorsin formaldehit) levha üretimi bu yıllardan itibaren hızlı bir şekilde artmıştır. (Çolak, 2002).

Çizelge 1.1 En fazla kullanılan formaldehit esaslı tutkallar

ÜF	Üre-Formaldehit
MF	Melamin- Formaldehit
MÜF	Melamin-Üre- Formaldehit (kokondenzasyon reçinesi)
mÜF	Melamin ile güçlendirilmiş Üre-Formaldehit
MF-ÜF	Melamin- Formaldehit ile Üre-Formaldehit karışımı
MÜFF,FMÜF	Melamin-Üre-Fenol-Formaldehit
FF	Fenol-Formaldehit
FÜF	Fenol-Üre-Formaldehit

Yıllık olarak dünya çapında sıvı formda formaldehit esaslı reçine tutkalları 15 milyon ton kullanılmaktadır. Avrupa da yaklaşık olarak, sıvı formda 6 milyon ton satılmaktadır. ÜF tutkalı bu miktarın %80'nini, MÜF-MÜFF yaklaşık olarak %10'unu, FF ise %5'ini oluşturmaktadır. Dünya çapında kullanılan ÜF tutkalının %66 kuru madde miktarı esasına göre yıllık maksimum 6 milyon tonu bulmaktadır (Bu miktar 10 milyon ton sıvı tutkala karşılık gelir). Çizelge 1.1'de en fazla kullanılan formaldehit esaslı tutkallar verilmiştir (Dunky, 2004).

1.11.1. Üre-Formaldehit Tutkalı (ÜF)

Üre formaldehit tutkalı, ürenin ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) formaldehit (CH_2O) ile yaptığı bir kondenzasyon ürünü olup, sıvı ve kuru şekillerde elde edilebilmektedir. Buna göre üre-formaldehitin üretiminde kullanılan hammaddeler formaldehit ve üredir. Formaldehit, metanol'dan elde edilmektedir. Metanol'da modern metanol sentezi yoluyla ana madde olarak kömür, oksijen ve hidrojenden kazanılmaktadır (Huş, 1977).

Bauman'a göre; üre formaldehit tutkalı üre ve formaldehitin kademeli bir şekilde kondense olması ile elde edilir. Bunun için pH değeri 5 olan sulu bir çözeltide üre ve formaldehitin 1:1,5-2 mol oranında karıştırılması ve arzu edilen reaksiyon seyrine göre sıcaklığının ayarlanması gerekir. Çünkü reaksiyon seyri çözeltinin pH değeri ile sıcaklığına bağlıdır. Birincisinin azalması ikincisinin artmasıyla reaksiyon hızı artar. Çözeltide ilk önce mono metil ve dimetilol üre meydana gelir (Özen, 1981).

Bunlar bünyelerinden su kaybederek etilen, su ve formaldehit kaybederek metilen köprüleri oluşturmak suretiyle kondense olurlar. Bu ön kondenzasyon ürünleri henüz suda

çözülebilir bileşiklerdir. Reaksiyon aynı çözeltide olduğu için bir taraftan ön kondenzasyon ürünleri ortaya çıkarken diğer taraftan yeni ara maddeleri meydana gelir. Suda çözülebilir bu kondenzasyon ürünleri reaksiyona üç boyutlu ağlar oluşturacak şekilde devam ederek, çözülmeyen katı maddeler meydana getirirler. Odun tutkalı üretiminde reaksiyon bu noktaya kadar devam ettirilmez ve kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilir durumda iken reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötrleştirilmesi ile durdurulur. Yarıda kesilmiş olan bu kondenzasyon reaksiyonu, tutkalın kullanımı sırasında, yani yapıştırma işleminde sertleştiriciler ve ısı yardımıyla yeniden başlatılır ve sonuna kadar devam ettirilir (Özen, 1981).

Genellikle üre-formaldehit tutkalı için sertleştirici olarak amonyum klorür (nişadır) NH_4Cl ve amonyum sülfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ kullanılır. Amonyum klorür daha homojen bir sertleşme gerçekleştirdiği için daha çok tercih edilmektedir. Genellikle %15-20'lik çözelti halinde hazırlanırlar. Tutkal karışımına katılan bu tuzlar pres sıcaklığının etkisi altında oluşan serbest formaldehit reaksiyona girerek asit oluştururlar. Aşağıdaki eşitlikte gösterildiği gibi sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılması durumunda oluşan hidroklorik (HCl) asit ÜF tutkalının sıcak preste sertleşmesini hızlandırmaktadır. Amonyum klorürün, hazırlanmış kontrplak taslağı prese gitmeden kapalı bekleme süresi içinde tutkal çözeltisinin formaldehiti ile reaksiyona girerek önceden meydana gelecek sertleşmeyi önlemek için amonyak ve üre ilave edilmektedir. Amonyak düşük sıcaklıklarda oluşabilecek asitleri nötrleştirir (Çolakoğlu, 1996). Amonyum klorür ile formaldehidin reaksiyonu şu şekildedir.



1.11.2. Melamin-Formaldehit Tutkalı (MF)

Daha ziyade tabakalı ağaç malzemelerin üretiminde ve yüzeylerinin kaplanmasında kullanılan çeşitli kağıt türlerinin emprenye edilmesinde ve film tutkallarının üretiminde kullanılan bu tutkal, özellikleri itibarıyla üre-formaldehit ile fenol-formaldehit tutkallarının arasında yer alır. Maliyeti pahalı olduğu için üre formaldehit tutkalı kadar fazla kullanılmaz. Genellikle ucuz olan üre formaldehit tutkalına ilave edilerek kullanılır. Melaminin, üreden iki adet fazla aktif hidrojen atomu olduğu için reaksiyon kabiliyeti daha fazladır (Özen, 1981). Piyasada genellikle toz halinde bulunmakta, kullanılacağı zaman suda çözeltiye ve sertleştirici madde katılmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1986).

Melamin formaldehit tutkalı melaminin ($C_3H_6N_6$) formaldehit (CH_2O) ile kondenzasyonu sonucu elde olunmaktadır. Reaksiyon, pH değeri 5-6 olan bir çözeltide melamin ile formaldehitin 1:2, 1:3 mol oranında karıştırılmasıyla başlar ve kademeli olarak ilerler (Çolakoğlu, 1996). ÜF ve FF'de olduğu gibi, reaksiyon sonu beklenmeden kondenzasyon ürünleri henüz suda çözülebilir durumda iken, çözeltinin nötrleştirilmesi ve soğutulması ile yarıda durdurulur. Yapıştırma esnasında ısı ve sertleştiricilerin etkisiyle reaksiyon yeniden başlar ve sonunda çözülmeyen erimeyen katı bir madde oluşur (Özen, 1981; Çolakoğlu, 1996).

1.11.3. Melamin-Üre -Formaldehit Tutkalı (MÜF)

Melamin-formaldehit (MF) ve Melamin-üre-formaldehit (MÜF) reçineleri, açık alanlarda ve yarı açık alanlarda kullanılan ahşap esaslı levhalarda en fazla kullanılan tutkallardandır. Düşük ve yüksek basınç kağıt laminatlar ve overlay tabakaları hazırlamak ve yapıştırmak içinde kullanılmaktadır. Suyu karşı yüksek dirençleri, ÜF tutkalından ayrılan temel karakterleridir. MF tutkalları pahalıdır. Bu sebepten dolayı MÜF tutkalları, üre katılarak ucuzlatılarak elde edilir. Ekonomik önemleri ve geniş kullanımlarına rağmen, melamin tutkalları üzerine literatür sınırlıdır. Sık sık MF ve MÜF tutkalları, ÜF amino reçinelerinin bir alt grubu gibi tanımlanmaktadır. Bu durum doğru değildir. Kendilerine özgü karakterlerinden dolayı ÜF tutkallarından farklıdır. Kopolimerler MF tutkalının fiyatını ucuzlatmak için hazırlanabilirler fakat bu durum onların özelliklerini kötüleştirmektedir. Kopolimerizasyon, temel bileşikler ve polikondenzasyon vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Reçine hazırlama aşamasında kopolimerizasyon ile elde edilen MÜF reçinesi, MF ile ÜF reçinelerinin karışımı ile elde edilen MF+ÜF'den performans olarak daha üstündür.

MÜF reçinelerinde melaminin üreye oranı 40:60, 45:55 yada 50:50'dir. MÜF tutkalları basit reaksiyon aşamaları ile üretilmektedir. Öncelikle ÜF reçinesi hazırlanmaya başlanır. Reaksiyonun bu aşamalarında pH seviyesi 10-10.4 seviyelerinde tutulur. Sıcaklık 92-93 °C'lere ayarlanır. pH seviyesini 9.5'e ayarlamak için NaOH (%22'lik) ilave edilir. Sonra Melamin sulu çözelti halinde katılır. İkinci üre ilavesi melamin ilavesinden sonra yapılır. Reaksiyon, su toleransı %150 den daha düşük seviyelere ulaşınca kadar devam eder. Bu son aşamalarda pH 7.7 civarındadır. Bu aşamadan sonra reaksiyonun sonlandırılması için pH seviyesi 9.5 civarına ayarlanır. Karışım soğutulur ve depolanır. Bu şekilde hazırlanan reçinelerin katı madde miktarı %58-65 civarındadır (Pizzi, 2004).

1.11.4. Fenol-Formaldehit Tutkalı (FF)

ABD ve güney Asya ülkelerinde, kontrplak üretiminde önemli oranda kullanılan FF tutkalının yapışma direnci dayanıklılık ve üretim sonrası ayrılan formaldehit miktarının daha az olması gibi üstünlükleri vardır (Çolakoğlu, 1993).

Formaldehit reçinesi, kondenzasyonun çeşitli durumlarına göre elde edilen ürünler için, fenol (diğer adı karbolik asit) (C_6H_6O) ve formaldehit (diğer adı metanal) (CH_2O) arasında iki temel reaksiyona göre uluslar arası literatürde isimlendirilir. Bunlar novalak ve resoldür. Resol A durumunda resol, B durumunda resol (resitol) ve C durumunda resol (resit) olmak üzere üç durumda bulunur. Novalak termoplastik bir fenolik reçinedir. Bunlar ısı etkisinde eriyerek akışkan hale geçerler. Çeşitli çözücülerde çözünürler. **Novalak**, asit ortamda (pH 7'den küçük) fenol ve formaldehitten üretilir. Bu tür reçinede fenol mol oranı formaldehite göre daha fazladır. Novalak asidik etkisi ve termoplastik olması nedeniyle kontrplak endüstrisinde genellikle kullanılmaz. **Resol**, alkali şartlar altında (pH 7'den büyük) üretilen fenolik bir reçinedir. Formaldehit mol oranı fenole göre fazladır. Bu oran kontrplak üretimi için kullanılacak FF reçinesi için 2/1 kadar olabilir (Çolakoğlu, 1996).

Üretim aşamasında, fenol ile formaldehit arasında kondenzasyon reaksiyonu, diğer sentetik tutkallarda olduğu gibi, çözeltinin nötrleşmesi ve soğutulması ile henüz ara ürün suda çözülebilir durumdayken durdurulur. Yapıştırma işleminde yarıda kalmış kondenzasyonun devamı sağlanır. Fakat kondenzasyon reaksiyonu küçük ölçüde de olsa günlerce devam eder. Buna pratikte sonradan sertleşme denir (Özen, 1981).

1.11.5. Resorsinol-Formaldehit Tutkalı (RF)

Her türlü açık hava şartlarına, kaynar suya, asitlere, düşük konsantrasyonlu alkalilere ve diğer çözücülere karşı dayanıklıdır. Bu üstün özelliklerine rağmen resorsinol formaldehit tutkalı çok pahalıdır. Saf olarak ancak özel amaçlar için kullanılır. Daha çok diğer tutkallara özellikle fenol formaldehite uygun oranlarda ilave edilir. Bilhassa inşaat sektöründe ağaç taşıyıcı elemanların yapıştırılmasında, uçak ve gemi inşaatında kullanılır. Sertleştirici madde olarak genellikle para formaldehit kullanılır. Resorsin formaldehit reçinesi 1 mol resorsinolun ($C_6H_6O_2$) 1 molden daha az formaldehit (CH_2O) ile birleştirilmesi suretiyle elde edilmektedir. Reaksiyon fenol formaldehit üretiminde olduğu gibidir. Reaksiyon birbirinden kesin sınırlarla ayrılmayan üç safhadan oluşur. Resorsinol fenole göre iki katı daha aktiftir. Bu nedenle formaldehite karşı çok düşük sıcaklıklarda dahi reaksiyon gösterir. Kondenzasyon oda sıcaklığında ve nötr bir ortamda son safhaya

kadar devam eder. Bu sebepten ağaç malzemeye zarar vermeden soğuk yapıştırma mümkün olur ki bu özelliğiyle fenol-formaldehitten üstündür (Özen, 1981).

1.12. Dolgu ve Katkı Maddeleri

Kontrplak endüstrisinde kullanılan tutkal türüne, kullanım yeri, odun türü, tutkallama metotları ve pres şartlarına göre çeşitli miktarlarda dolgu ve katkı maddeleri ilave edilmektedir. Genel olarak proteinli ve nişastalı maddeler katkı, lignoselülozik maddeler ise dolgu maddeleri olarak tanımlanmıştır. Amerikan standartlarında **katkı maddeleri**; (buğday, çavdar, patates, soya, mısır gibi proteinli ve nişastalı tahıl ve baklagil unları) nispeten az miktarda yapıştırma özelliğine sahip, birim alana sürülen esas yapıştırıcının miktarını azaltmak için, viskoziteyi ayarlamak için, ıslanabilme yeteneğini artırmak için, penetrasyonu engellemek için, tutkala ilave edilen maddeleridir. **Dolgu maddeleri**; (furfurol yan ürünleri, çekirdekli meyve kabuk unları, ağaç kabuk unları, odun tozları, kağıt hamuru artıkları, çeşitli killeri) genellikle yapıştırma özelliği olmayan ve tutkala onun çalışma özelliklerini, yeknesak dağılımını, direncini veya diğer özelliklerini iyileştirmek için, boşlukları çatlakları doldurup poroziteyi azaltmak için ilave edilen maddeler olarak tanımlanmaktadır (Çolakoğlu, 1996).

1.13. LVL Hakkında Genel Bilgiler

LVL (Laminated Veneer Lumber) 1971 yılında Amerikalı, ünlü mimar ve mucit Arthur Troutner tarafından geliştirilmiştir. Çok sayıda odun kompozit ürününü geliştiren Arthur bu buluşlarının 50 kadarının patent hakkını da elinde bulundurmaktadır. Aslında bir çok kaynakta belirtilen LVL'nin ilk olarak hava araçlarında kullanılması durumunu da Arthur'un askerlik yaptığı dönemde uçaklar üzerinde çalışırken ortaya koymuştur. 1971 yılında kendi ekibi ile LVL imalatı için çalışmalara başlamış ve sürekli tutkallama yapan makineyi ve sürekli presi geliştirmiştir. LVL ilk olarak bu preste 8,8 cm kalınlık, 120 cm genişlik ve 24 m uzunlukta üretilmiştir. LVL (mikrolam) haricinde, ahşap I-kiriş, açık makas kiriş ve PSL'ide (parallam) geliştiren Arthur Troutner'dir (Reich, 1990).

Bir mimar olarak tasarımı yaptığı en ünlü yapılardan biri Moskova'da Idaho üniversitesindeki Kibbie kubbesidir. 1975 yılında inşa edilmiştir. Yapımında o gün için en uzun çatı açıklığını geçen ahşap tasarım olmuştur. Üst ve alt kiriş olarak mikrolam kullanarak modifiye edilmiş bir makas-kiriş kullanmıştır. Bu yapının inşaatına ait bir resim Şekil 1.4'de verilmiştir (Reich, 1990).



Şekil 1.4 Idaho üniversitesi, Kibbie kubbesi, Moskova (Reich, 1990).

Lamine edilmiş ağaç malzemeler, kullanılan lamine elemanların kalınlığına göre farklı isimlerle isimlendirilirler. 25.4 mm ile 50.8 mm arasındaki kalınlıklardaki masif odunlar, büyük açıklıkların geçimlesin de kemer, kolon ve kiriş gibi diğer inşaat elemanları olarak kullanılan tabakalı parçalar, tutkallanmış tabakalı kereste (glued laminated timber –GLULAM) olarak isimlendirilir. Maksimum 3.2 mm kalınlığa sahip ağaç kaplamalar ise mobilya gibi ağaç malzeme ve yapısal elemanların üretiminde kullanılmaktadır. Bu tipteki lamine elemanlar LVL yada Mikrolam olarak isimlendirilmektedir (Stevens and Turner 1970, Örs ve Keskin, 2001).

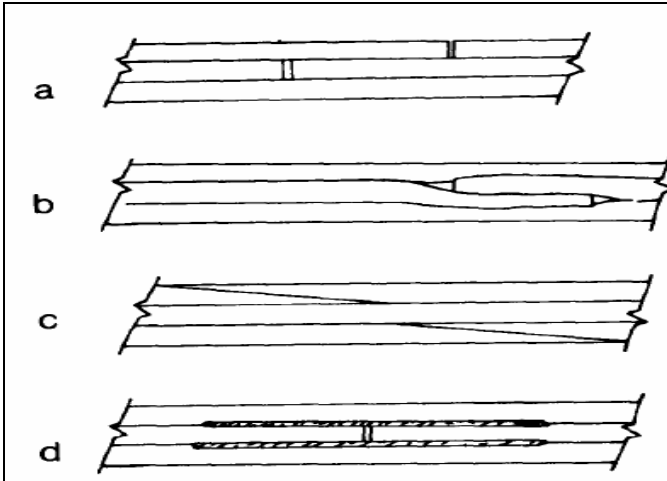
Bu tanımlara göre üretilen bir malzemenin LVL olarak adlandırılabilmesi için;

- 1-Soyma kaplamalardan üretilmiş olması,
- 2-Kaplama kalınlığının maksimum 3.2 mm olması
- 3-Kaplamaların birbirlerine paralel olarak yapıştırılması gerekir.

Bunun dışında kalan tabakalı malzemeler, eğer bıçme kaplamalardan elde edilmişse, birbirlerine paralel yapıştırılmışsa ve kaplama kalınlığı 3.2 mm'den fazla ise o zaman; lamine kereste, lamine ağaç malzeme yada lamine masif ağaç malzeme olarak adlandırılabilir. Ancak LVL olarak adlandırılmasının yanlış olacağı söylenebilir. Soyma kaplamalar üretilirken buharlama işleminden geçer. Soyma kaplamalarda kaplama kalınlığı arttıkça gevşek yüzdeki çatlakların derinliği de artar. Buda levhanın direncini ve yapışmayı zayıflatır. Yine soyma kaplama üretilirken bıçak ile basınç levhası arasından geçerken sıkışmadan dolayı düşük seviyede de olsa deformasyon oluşur. Bıçme kaplamalar yapıştırılmadan önce genelde yapışma performansını artırmak için zımparalama yapılır. Bu ise yapıştırmayı güçlendirir. Bu farklar üretilen malzeme için önemlidir.

1940’larda çalışmalar, sitka ladini kaplamaları kullanarak uçak iskeletleri için yüksek performansa sahip parçaların üretimine yoğunlaşmıştır. LVL zerine araştırmalar 1970’lerde 12.7 mm kalınlığa kadar olan kaplamalar için üretim değişkenlerinin etkilerini tanımlamayı amaçlamıştır. 1990’larda, LVL retiminde 2.5 mm’den 3.2 mm’ye kadar kalınlıkta olan kaplamalar kullanılmıştır. Bu kaplamalar fenol formaldehit tutkalı ile tutkallanmış ve 2.4’ten 18.3 m’ye kadar uzunlukta üretilmiştir. LVL retimi için kaplamalar, arzu edilen mühendislik özelliklerini elde edebilmek için dikkatlice seçilmektedir. Kaplamalar sık sık, bitmiş ürünün arzu edilen mühendislik özelliklerine sahip olmasını sağlamak için ultrasonik testler kullanarak sınıflandırılmaktadır. Ayrı kaplamaların arasındaki ek yerleri direnç üzerine etkilerini minimize etmek için ürün boyunca şaşırtmalı olarak yerleştirilmektedir. Bazı üreticiler, parmak birleştirme yada pahlı bileştirme kullanarak bu ek yerlerini sağlamlaştırmaktadır. LVL 2.4 m uzunlukta da imal edilebilir. Bu durumda, kaplamalarda ek yeri bulunmaz. LVL taslakları genellikle 0,6 veya 1.2 m genişlikte ve 38 mm kalınlıkta üretilmektedir. Sürekli presler potansiyel olarak sonsuz uzunluktaki taslakları oluşturmak için kullanılmaktadır. Bu sonsuz uzunlukta imal edilen levhalar pres çıkışında istenilen lere kesilmektedir. Değişik genişliklerde LVL piyasa talebine göre fabrikada imal edilebilmektedir (Anonim, 1999g).

LVL’nin imalatı aşamasında, eğer sonsuz pres kullanılıyorsa, kısa boylu kaplamaların ucuca eklenerek sonsuz bant şeklinde kaplama levhaları oluşturulması gerekmektedir. Bu LVL taslağı prese girmeden önce kaplamaların değişik şekillerde uç uca bileştirilmesi ile olur. Bu eklemeler; düz birleştirme (butt joints), bindirme birleştirme (lap joints), pahlı birleştirme (scarf joints) ve güçlendirilmiş birleştirme (reinforced joints) şeklindedir. Bu eklemeler şekil 1.5’de gösterilmiştir (Laufenberg, 1983).



şekil 1.5 LVL’de kaplama birleştirme şekilleri a-düz, b-bindirme, c-pahlı, d-güçlendirilmiş

LVL üretiminde kullanılan kaplamalar ultrasonik olarak sağlamlığına göre sınıflandırılır. Düşük kalitedeki kaplamalar LVL'nin iç tabakalarında, daha kaliteli olan kaplamalar ise dış tabakalarda kullanılır. Kaplamalar tasnif edildikten sonra tutkallanma aşamasına geçer. Genel olarak fenol formaldehit tutkalı kullanılır. Ancak, LVL'nin üretildiği ağaç türü sert ağaçlar sınıfındansa ÜF tercih edilebilir. Tutkallamadan sonra kaplamalar elle uzun ve kalın istif haline getirilir ve prese verilir. Preste sıcaklık ve basınç altında LVL taslağı (billet) oluşur. LVL çok katlı preslerde standart boylarda yada sürekli preslerde sonsuz uzunluklarda imal edilebilir. LVL presleri elektrikle, mikrodalga ile, sıcak yağlar ile, buhar ve radyo frekansla ısıtılabilir. Pres sıcaklığı 120-230 °C arasında değişebilir. Kısa boya sahip olan LVL'ler çok katlı preslerde kontrplaklar gibi preslenebilir. Sonsuz uzunlukta imal edilen LVL'ler daha sonra ebatlanır. LVL nakliye için maksimum uzunluk olan 24 m boya kadar imal edilebilir (Anonim, 2002).

LVL, odunun değerlendirilmesinde ve üretiminde yeni bir teknolojiyi temsil eder ve LVL'nin uygulanmasında ve üretim metotlarında farklı bölgelerde çoğu ar-ge çalışmaları vardır. Son 20 yıl içinde, LVL inşaat alanında çok önemli ve dikkat çeken yeni bir ürün olmuştur. LVL boyutsal esnekliği ve homojen mühendislik özellikleri ile yüksek kalitede yapısal bir materyaldir. Bu özellikleri onu, özellikle büyük açıklıklarda kullanılan strüktürler için glulam ve masif keresteden daha üstün yapmaktadır (Neuvonen, 1998).

Fakat, LVL üretim ve tüketim miktarlarında son yıllarda özellikle 2005 yılı sonrası azalma başlamıştır. I-kirişler, Glulam ve LVL gibi mühendislik ürünü ağaç malzemelerin tüketimi yoğun bir şekilde yeni ev inşaatlarına bağımlıdır. Kanada'da 2007 yılında yeni ev yapımı 228.000 adetle zirve yaptıktan sonra, 2008'de düşüşe geçmiş ve 211.000 adete gerilemiş ve tahminen 2009'da %34 azalma ile 140.000 adet olacaktır. ABD'de ise 2005 yılında zirve yapmış ve 2.100.000 adete ulaşmış fakat 2009'da 470.000 adete gerilemesi tahmin edilmektedir. Kanada global finansal krizden, ABD ise ekonomik ve finansal krizden ve ülkedeki fazla sayıdaki binalardan etkilenmektedir. Kuzey Amerika kıtasında toplam LVL'nin %80'i yeni ev inşasında kullanılmaktadır. Bu miktarın yaklaşık %29'u I-kirişlerin flanşında, %64'ü ağır yük taşıyan kirişlerde ve yaklaşık %5'i mobilya ve yapı iskelesi elemanları olarak kullanılmaktadır. Kuzey Amerika'da 2005 yılında 2.600.000 m³ olan LVL üretiminin, 2009 yılında 894.000 m³'e düşmesi tahmin edilmektedir (Anonim, 2009).

1.14. Önceki Çalışmalar

1.14.1. Okaliptüs Grandis

Gürboy ve Özden (1994) “Okaliptüs camaldulensis ve okaliptüs grandis odununun hacim ağırlık değeri ve lif morfolojisi” adlı çalışmada, deneme ağaçlarının 4-6 metreleri aralığından ve 7 yaşındaki ağaçlardan test numuneleri alınmış testler yapılmıştır. Okaliptüs grandis odununun hacim-ağırlık değeri $0,418 \text{ gr/cm}^3$, lif uzunluğu 0.690 mm, lif genişliği 20.78, lümen genişliği 6.42 ve çeper kalınlığı 7.18 μm olarak tespit edilmiştir.

Castro ve Paganini (2003) kavak ve okaliptüs grandis klonlarından karışık olarak tutkallanmış lamine kereste üzerinde yapılan bir çalışmada, küçük ebatlı ek yeri olmayan, kavağın ve okaliptüsün 7 katından oluşan, farklı kombinasyonlardaki lamine malzeme (80x115x2000 mm) özelliklerini araştırmışlardır. Oluşturulan lamine malzemelerde eğilme direnci, elastikiyet modülü, makaslama direnci ve tutkal hattında makaslama direnci test edilmiş ve sonuçlar; O.grandis klonlarından “330” en başarılı klon olduğunu göstermiştir.

Lobao ve ark. (2004) rasgele yöntemle elde ettikleri okaliptüs grandis kerestesi üzerinde fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek için yoğunluk miktarına göre iki alt grup oluşturmuş ve testleri bu gruplarda ayrı ayrı yapmışlardır. Sonuçta: alt grupların ortalama yoğunluk miktarı $575\text{-}880 \text{ kg/m}^3$ olarak, liflere paralel basınç $49\text{-}62 \text{ N/mm}^2$, liflere dik basınç $3,6\text{-}6,5 \text{ N/mm}^2$, makaslama $8,7\text{-}12,2 \text{ N/mm}^2$, paralel çekme $75\text{-}93 \text{ N/mm}^2$, statik eğilme direnci $65\text{-}90 \text{ N/mm}^2$, elastikiyet modülü $13772\text{-}16778 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir.

Piter ve ark. (2004) tarafından “Arjantin orijini okaliptüs grandis masif odununun görsel olarak direnç sınıflandırması” adlı çalışma da, yapısal ölçülerdeki keresteler üzerinde statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü, liflere paralel çekme ve liflere paralel basınç direnci testleri yapılmıştır. Sonuçlar; çoğu durumlarda yıllık halkaları ayırt etmenin imkansız olduğu ve lif kıvrıklığının çok düşük etki ettiğini, bu iki görsel sınıflandırma değerinin bu sebepten dolayı dikkate alınmadığını, geniş çatlak ve budakların varlığının statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerini, liflere paralel çekmeyi anlamlı bir şekilde düşürdüğünü ancak basınç direnci üzerinde az etki ettiğini göstermiştir.

Dias ve Lahr (2004) “Kontrplak üretiminde kullanılan, hint yağı esaslı poliüretan tutkal” adlı çalışmada, okaliptüs grandis odunundan elde edilen 2 mm kalınlığındaki kaplamalardan 7 tabakalı kontrplak levhaları üretilmiştir. Dış tabakaların lif yönüne paralel ve dik olmak üzere iki grupta statik eğilme direnci, elastikiyet modülü ve çekme-

makaslama direnci testi sonuçlarına göre, literatürde daha önce belirlenen değerlerden daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Carvalho ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, *Eucalyptus Grandis* Hill ex Maiden ve *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake türlerinin hibriti kullanılmıştır. Üretilen LVL'nin yoğunluğu 0.640 gr/cm^3 , eğilme direnci düz yüzeyde 59, elastikiyet modülü 13.792 ve kenar yüzeyde 55 N/mm^2 ve 12.917 N/mm^2 olarak tespit etmişlerdir. Düz yüzeyde kenar yüzeye göre eğilme direnci ve EM yaklaşık olarak %8-10 daha yüksek çıkmış, bu durum pres basıncından dolayı malzemenin yoğunluğunun artması sonucu olduğu şeklinde açıklanmıştır.

Santos ve ark (2004) “okaliptüs grandis’de masif kereste üretimi için odun özelliklerinin genetik parametrelerinin hesaplanması” adlı çalışmada, hacim ağırlık değeri 523 kg/m^3 , taze hal rutubeti %84, diri odun/özodun oranı 0.85, tam kuru yoğunluk 559 kg/m^3 , liflere paralel basınç 48.94 N/mm^2 , makaslama direnci 12.61, statik eğilme direnci ise 93.30 N/mm^2 tespit edilmiştir.

Lemenih ve Bekele (2004) “Etiyopya’da yetişen üç okaliptüs türünün bazı mekanik özellikleri ve kalorifik değerleri üzerine yaşın etkisi” adlı çalışmada, *E. globus* Labill, *E. saligna* Sm. ve *E. Grandis* W. Hill ex Maiden, ağaçlarının gövdelerinin 4, 8, 12 ve 16 metre yüksekliklerinden alınan diskler üzerinde, kalorifik değerler, özgül ağırlık, eğilme direnci ve elastikiyet modülü araştırılmıştır. Sonuçlar, farklı ağaç türleri arasında öz odun-diri odun itibarıyla ve yaş bakımından anlamlı bir farkın olmadığını göstermiştir. Fakat ağaçtan alındığı yer itibarıyla, ağaç boyu yönünde yukarı çıkıldıkça kalorifik değer arttığı belirlenmiştir. *E. globus* ve *E. saligna* her bir diskin pozisyonu ve ağaç yaşları dikkate alındığında kalorifik değerler arasındaki korelasyon genellikle zayıf negatif olarak, fakat *E. grandis*’te ise pozitif olarak belirlenmiştir.

Joe ve Dickson (2006) “Radyal ve teğet sertlik değerlerine göre okaliptüs grandis tomruklarının tahripsiz tasnifi” adlı çalışmada; pilodin penetrasyonuna göre tomruk enine kesitlerini iç, orta ve dış olmak üzere üç bölgeye ayırmış ve bu bölgelerdeki janka sertlik, eğilme direnci ve elastikiyet modülü ve liflere paralel basınç direnci değerlerini elde etmişlerdir. Pilodin penetrasyonu arttıkça yoğunluğun düştüğü ve mekanik özelliklerin azaldığını tespit etmişlerdir.

Iwakiri ve ark. (2006) tarafından FF tutkalı kullanarak, 1.8 mm kalınlıktaki *E.grandis*, *Pinus tedeia*, *Araucaria angustifolia* kaplamalarından, kontrplak levhaları

üretilmiştir. Test sonuçlarına göre; Okalıptüs grandis odun yoğunluğu 0.700 gr/cm^3 , levha yoğunluğu $0,79$, yapışma direnci soğuk suda ön işlemiden sonra 16.40 ve 19.71 kg/cm^2 , elastikiyet modülü: 167.505 kg/cm^2 - 156.751 kg/cm^2 , statik eğilme direnci 1040 - 969 kg/cm^2 olarak tespit edilmiştir.

Silva ve ark. (2006) tarafından “okalıptüs grandis odununun hacmen ve doğrusal daralma miktarları üzerine ağaç yaşı ve radyal pozisyonun etkisi” adlı çalışmada, dört farklı yaşta (10, 14, 20 ve 25) özden çevreye doğru radyal yönde dört farklı bölgede (%0, 33, 66, 100) radyal, teğet, boyuna ve toplam daralma miktarları ölçülmüş, sonuçta ortalama olarak boyuna yönde % 0.45, radyal yönde %6.09, teğet yönde %10.44 ve hacmen %16.98 daralma miktarları elde edilmiştir. Ayrıca teğet daralma miktarının radyal daralma miktarına oranı (T/R) ise 1.71 olarak bulunmuştur. Özden kabuğa doğru uzaklık ve ağaç yaşı arttıkça daralma miktarının arttığı belirlenmiştir.

Piter ve ark. (2007) Arjantin menşeli okalıptüs grandis odunundan elde edilen lamine kirişlerde karakteristik direnç ve sertlik değerlerini belirlemek için yapılan çalışmada, yoğunluğa göre yüksek oranda bir elastikiyet modülü elde edildiği belirtilmiştir.

Kurt ve ark. (2008) “okalıptüs odununun kullanımında yeni alanlar” adlı çalışmada, Türkiye’de okalıptüs odununun genellikle ambalaj sanayi ve yakacak odunu olarak ve kağıt hamuru üretiminde kullanılmakta olduğu, dünyada okalıptüs odununun ambalaj ve yakacak odunu olarak kullanımının azaldığını, günümüzde yapılan araştırma sonuçlarının okalıptüs odununun mobilya üretiminde, kontrplak, OSB, Yonga levha, lif levha, glulam ve LVL üretimine uygun olduğunu bildirmişlerdir.

Bektaş ve ark. (2008) tarafından “Okalıptüs grandis odununun dinamik eğilme direncinin belirlenmesi ve bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması” adlı çalışmada, bu ağaç türünün dinamik eğilme direnci ile saçlı meşe, kızılçam, doğu çınarı odunlarının dinamik eğilme direncini karşılaştırmışlar ve dinamik kalite değeri bakımından iyi kalite grubunda olduğunu tespit etmişlerdir.

Acosta ve ark. (2008) tarafından “hızlı büyüyen plantasyonlardan elde edilen okalıptüs grandis odununun masif ürünler için kullanımı ve odun teknolojisi” adlı çalışmada, hava kurusu yoğunluğunu 467 kg/m^3 , eğilmede elastikiyeti 9641 N/mm^2 , basınç direncini 33.5 N/mm^2 , janka sertlik değerini 28 N/mm^2 olarak belirtmiştir.

Saviana ve ark. (2009) tarafından “hızlı büyüyen Arjantin orijini okalıptüs grandis odunundan üretilen LVL’nin statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri” adlı

çalışmada, yapısal ölçülerde üretilmiş olan LVL test edilmiştir. Denemeler test örneklerinin kenar yüzeylerinde yapılmıştır. LVL'nin yoğunluğu ve statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri aynı ağaç türünden elde edilen masif kereste ve lamine kerestenin değerlerinden sırasıyla %22 ve %14 seviyelerinde yüksek çıkmıştır.

Githiomi ve Kariuki (2010) tarafından 4-10 yaş arasındaki okaliptüs grandis odununda yükseklik, yaş ve öz odun-diri odun arasındaki hacim ağırlık değeri araştırılmıştır. 4 yaşında hacim ağırlık değeri 0.414 gr/cm^3 iken 10 yaşında bu değer 0.570 gr/cm^3 olarak ölçülmüştür. 4, 5, 6 ve 7 yaşında hacim ağırlık değeri 8, 9, 10 yaşındaki değerden oldukça düşük elde edilmiş ve 10 yaşında oldukça yüksek kalorifik değer vermesinden dolayı daha küçük yaşlarda kesilmemesi tavsiye edilmiştir.

1.14.2. Melez Kavak

Tunçtaner ve ark. (1994) “bazı kavak klonlarının büyümeleri ve teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar” adlı çalışmada, 10 farklı kavak klonu büyüme ve teknolojik özellikler yönünden değerlendirilmiştir. I-214 klonunun sonuçları şu şekildedir: D_0 : $0,376 \text{ gr/cm}^3$, R: $0,273$, liflere paralel basınç: 34 N/mm^2 , statik eğilme direnci: 49 N/mm^2 , dinamik eğilme direnci: $0,247 \text{ kgm/cm}^2$, Statik sertlik: yüzeylerde $32, 17,16 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir.

Tunçtaner ve ark. (2004) “bazı kavak klonlarının büyüme performansları, odunlarının bazı teknolojik özellikleri ve kağıt üretimine uygunlukları üzerine araştırmalar” adlı çalışmada, 7 farklı klonun teknolojik özellikleri incelenmiştir. I-214 klonunun, D_0 : $0,32 \text{ kg/cm}^3$, D_{12} : $0,34 \text{ gr/cm}^3$, R: $0,277 \text{ gr/cm}^3$, radyal daralma: %1.97, teğet daralma %6.44, statik eğilme direnci: 53.89 N/mm^2 , liflere paralel basınç: 28.88 N/mm^2 , dinamik eğilme direnci: $0,172 \text{ kN/cm}^2$, janka sertlik: $27.7, 14.00, 13.9 \text{ N/mm}^2$ (E, R, T) şeklinde tespit edilmiştir. Acosta ve ark. (2008) “hızlı büyüyen plantasyonlardan elde edilen okaliptüs grandis odununun masif ürünler için kullanımı ve odun teknolojisi” adlı çalışmada, melez kavak (*Populus x euramericana* I-214) odununun hava kurusu yoğunluğu 440 kg/m^3 , eğilmede elastikiyeti 5441 N/mm^2 , basınç direnci 28.1 N/mm^2 , janka sertlik değeri 15 N/mm^2 olarak belirtilmiştir.

Kord ve ark. (2010) “*P. x euramericana* odununda yoğunluk ve daralma miktarında ağaç içerisinde değişimler” adlı çalışmada, radyal yönde yoğunluk artışı, boyuna yönde ise azalma olduğunu, özellikle yoğunluk artışı ile radyal ve teğet yönlerdeki daralma miktarının arttığını ve pozitif ilişki olduğunu ancak yoğunluk artışı ile boyuna yönde daralma miktarı arasında zayıf negatif ilişki olduğunu belirlemişlerdir.

1.14.3. Doğu Kayını

Malkoçoğlu, A. (1994), “Doğu kayını (*Fagus Orientalis* L.) odununun teknolojik özellikleri” adlı çalışmada, bu türün dört farklı coğrafi bölgeden alınan odun örneklerinin ortalama tam kuru yoğunluk 0.645, hava kurusu yoğunluk 0.669, hacim-ağırlık değeri 0.538 gr/cm³, radyal daralma %4.95, teğet daralma %11.04, boyuna %0.29, basınç direnci 56 N/mm², dinamik eğilme direnci 0.95 kgm/cm², statik eğilme direnci 110 N/mm², elastikiyet modülü 12825, Çekme direnci 129 N/mm², Makaslama direnci 9.4 N/mm², yarıлма direnci 0.7 N/mm² olarak tespit edilmiştir.

Bektaş ve Güler (2001) “Andırın yöresi doğu kayını odununun bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi” adlı çalışmada, yapılan testler sonucunda, hava kurusu yoğunluk 0.663, tam kuru yoğunluk 0.631, hacim ağırlık değeri 0.522 gr/cm³, hacmen daralma miktarı %15,27 ve hacmen genişleme miktarı %18.29 olarak tespit edilmiştir.

Yılığör ve ark. (2001) tarafından “buharlanmış kayın odununun fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri” adlı çalışmada, 20, 50, 70 ve 100 saat süre ile 80 °C’de buharlama işlemi gören kayın odununun bazı teknolojik özellikleri incelenmiş, 100 saat buharlama ile basınç direnci, elastikiyet modülü ve yoğunluğun azaldığı, az miktarda da radyal ve teğet daralma miktarlarının ve hemiselüloz miktarının azaldığı tespit edilmiştir.

Keskin (2001) “lamine masif ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri ve ağaç işleri endüstrisinde kullanım imkanları” adlı çalışmada, doğu kayınının masif odununun hava kurusu yoğunluk 0.659, tam kuru yoğunluk 0.632, hacim ağırlık değeri 0.560 gr/cm³, radyal daralma %5.06, teğet daralma %10.04, boyuna %0.48, eğilme direnci 119, elastikiyet modülü 12279, liflere paralel basınç 71.10, makaslama 11.42, yarıлма direnci 0.67 N/mm² olarak tespit edilmiştir.

Bektaş ve ark. (2002) “Andırın yöresinde doğal olarak yetişen doğu kayınının başlıca mekanik özellikleri” adlı çalışmada, basınç direnci 59.4 N/mm², eğilme direnci 118 N/mm², dinamik eğilme direnci 0,85 kgm/cm², makaslama direnci 9.7 N/mm² olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre Andırın yöresi kayın odunu ile diğer yörelerinin benzerlik gösterdiği belirtilmiştir.

1.14.4. Kontrplak

Gillespie ve River (1976) tarafından yapılan bir çalışmada, 7 farklı tutkal türü ile (ÜF, MÜF, FF, FF (asit katalizörlü), PVAc (katalizörlü), RF, MF) üretilmiş 3 tabakalı

kontrplaklarda 8 yıl süre ile açık alanda maruz kalma testi sonunda yapışma performansları makaslama testi ile ölçülmeye çalışılmıştır. Sonuçlar, en dayanıksız tutkal ÜF, en dayanıklı FF ve RF tutkalları olduğunu göstermiştir.

Özen (1981) “Çeşitli faktörlerin kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerine yaptığı etkilere ilişkin araştırmalar” konulu çalışmasında, doğu kayını ve kızıl ağaç odunlarından elde edilen 0.8- 2.0- 2.7 mm kalınlıktaki kaplamalar ile ÜF ve FF tutkalları kullanılarak 15 farklı grupta kontrplak levhaları üretilmiştir. Bu levhalar üzerinde çekme-makaslama, statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü, çekme direnci, dinamik eğilme direnci, yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme testleri yapılmış ve her bir test için dolgu maddesi, orta tabaka kalınlığı, ağaç cinsi, tutkal türü, levha kalınlığı, tabaka sayısı gibi değişkenlerin etkisi incelenmiştir.

Çolakoğlu (1990) “Kavak ve Kızılağaç kontrplaklarının tutkallanma özellikleri” adlı çalışmada, pres basıncı, pres sıcaklığı, tutkal miktarı, bekletme süresi (soğuk suda ve 67 °C deki suda), tutkal miktarı, kaplama sıcaklığı, pres süresi gibi değişkenlerin etkileri araştırılmıştır. Kızılağaç kontrplakların kavaktan daha yüksek yapışma direnci gösterdiği, pres sıcaklığının artmasının yapışma direncini artırdığını, denenen tutkal miktarlarının yapışma direncini etkilemediği, pres basıncının artmasının yapışma direncini artırdığı tespit edilmiştir.

Cremonini ve Pizzi (1999) okume kaplamalardan üretilmiş kontrplaklarda ÜF (1:1.5 Üre-formaldehit oranı), MÜF (47:53 Melamin-üre oranı ticari), mÜF (%10 mac-%15 mac-%20 mac eklenmiş (mac: melamin acetat) ve PMÜF (10:30:60 fenol-melamin-üre oranlarına sahip) tutkalları kullanılmıştır. 2 yıllık süre ile açık hava şartlarına maruz bırakılan kontrplaklar ile kontrol grupları karşılaştırılmış ve %15 mac katılan mÜF tutkalı, melamin eklenen ÜF tutkal grupları içinde en yüksek yapışma direncini vermiştir.

Çolakoğlu ve Güler (2001) tarafından kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğünün çekme-makaslama direncine etkisi incelenmiş, yüzey pürüzlülüğünün daha az olduğu buharlanmış-doğal kurutulmuş kaplama levhalarından elde edilen kontrplaklarda, çekme-makaslama direnci yüksek, yüzey pürüzlülüğünün fazla olduğu buharlanmış-teknik kurutulmuş kaplama levhalarından elde edilen kontrplaklarda ise düşük bulunmuştur.

Örs ve ark, (2001) “Kavak (*Populus x eureamericana* I 45/51) kontrplaklarının çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastiklik modülü üzerine bazı üretim faktörlerinin etkisi” adlı çalışmada, pres basıncı ve süresinin artması çekme-makaslama ve

eğilme direnci ile elastikiyet modülü üzerine olumlu etki yaparken üre ilavesi ile çekme-makaslama direnci, statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri azalmıştır.

Çolak (2002) “Kontrplaklarda emprenye işlemlerinin formaldehit ve asit emisyonu ile teknolojik özelliklere etkileri” adlı çalışmada, kayın ve kızılğaç kaplamalarından, FF tutkalı ve iki farklı mol oranına sahip ÜF tutkalı, üç farklı yanma geciktirici kimyasal ile kontrplaklar üretilmiş, mekanik özellikler ve yanma özellikleri incelenmiştir. Sonuçlar; çekme-makaslama direncinin uygulama şekli ve uygulanan kimyasallar ile düştüğünü fakat statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinde fazla düşüş olmadığı tespit edilmiştir. Kayın kontrplakların denge rutubeti kızılğaç kontrplaklardan, ÜF ile yapıştırılan kontrplaklarında FF den daha yüksek denge rutubetine ulaştığı belirtilmiştir.

Örs ve ark. (2002) “Kayın, okume ve kavak soyma kaplamalarından farklı kombinasyonlarda üretilen kontrplakların bazı teknik özelliklerinin karşılaştırılması” adlı çalışmada, yoğunluğu yüksek olmasına rağmen okume kontrplaklarda buharlama işlemi yapıldığı için çekme-makaslama direnci değeri kavaktan küçük belirlenmiş, orta tabakası kayın ve okume olan kavak kontrplakların eğilme direnci yaklaşık aynı çıkmıştır. Orta tabakada kullanılan kaplamanın paralel statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerine etkisi bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Çolak ve ark. (2003) “Okalıptüs camaldulensis ağacının farklı yüksekliklerinden alınan tomruklardan üretilmiş kontrplakların bazı mekanik özellikleri” adlı çalışmada kontrplakların yapışma direnci üzerine, tomrukların ağaçtan alınma yüksekliğinin belirgin bir etkisi olmadığı belirtilmiştir.

Güngör ve ark. (2007) “Kanatlı ceviz odunundan üretilen kontrplağın ve masif odununun teknolojik özellikleri” adlı çalışmada, 1.3 mm kalınlığında soyma kaplamalarla, ÜF tutkalı ile 9 katlı kontrplaklar üretilmiştir. Elde edilen kontrplağın, paralel eğilme direnci, elastikiyet modülü (paralel ve dik), yapışma direnci test edilmiş ve çok yüksek direnç özelliklerinin aranmadığı yerlerde kullanılabileceği belirtilmiştir.

1.14.5. LVL

Biblis (1996) tarafından, 20 yaşındaki plantasyonlardan ve 28-40 yaşındaki doğal orman alanlarından elde edilen ağaçların kaplamaları ile LVL üretilmiş ve masif odun ile LVL’nin özellikleri karşılaştırılmıştır. 20, 28 ve 40 yaşındaki ağaçlardan elde edilen LVL’lerin teğet yüzeylerinde ölçülen statik eğilme direnci değerleri, radyal yüzeylerinde ölçülenlerden daha yüksek çıkmıştır. 20 yaşındaki ağaçlardan elde edilen LVL’nin eğilme

direnci 40 yaşındaki ağaçlardan elde edilenden önemli derecede düşük çıkmıştır. Makaslama direnci LVL’de masif odununkinden düşük çıkmıştır. Bunun sebebi olarak derin soyma çatlakları gösterilmiştir.

Ozarska (1999) “Sert ağaç odunlarının LVL’de değerlendirilmesi” konusunda yapmış olduğu çalışmada, kuzey Amerika’da, yapısal amaçla üretilen LVL nin 390-500 kg/m³ arasındaki düşük yoğunluğa sahip, Amerikan titrek kavağı (apsen) (*Populus tremuloides*), Balsam kavağı (poplar) (*Populus balsamifera*), Lale ağacı (Yellow poplar) (*Liriodendron tulipifera*) gibi düşük yoğunluğa sahip sert odunlardan elde edildiğini, Malezya’da deneysel amaçla LVL üretimi için kauçuk ağacı (*Hevea brasiliensis*), Akasya (*Acacia mangium*), *Gmelina arborea*, *Albizia falcata*, *Eucalyptus deglupta* odunlarının kullanıldığını, Avrupada kavak, türk meşesi, kızıl ağaç (alder), Huş (birch), Doğu kayını (beech) odunlarının denendiğini, Avusturalya’da ise okaliptüs türlerinin denendiğini ancak yoğunluğu yüksek türlerde tutkallama problemi oluştuğunu, Japonyada ise meşe türlerinden ve huş ağacından denemeler yapıldığını, bu denemelerde soyma sırasında oluşan çatlaklar sebebiyle makaslama ve yarıma direncinin aynı türün masif odunundan düşük bulunduğunu belirtmiştir.

Biblis (2001) “Güney çamı LVL ve kontrplaklarının farklı ölçülerinin kenar yüzeyde statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü özellikleri” adlı çalışmada, LVL ve kontrplak örneklerinin statik eğilme direnci değerlerinin, aynı açıklık-derinlik oranı ile test edildiğinde parça genişliği ile etkilendiği belirlenmiştir. Derinlik arttıkça statik eğilme direnci değeri test grupları arasında anlamlı şekilde azaldığı belirlenmiştir.

Keskin ve Togay (2003) “Doğu kayını ve Karakavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi” amacıyla yapılan çalışmada, Doğu kayını ve Karakavak odunlarından PVAc-D4 tipi tutkal ile beş katmanlı olarak hazırlanan lamine masif ağaç malzemeler kullanılmışlardır. Deneyler sonunda, Doğu kayını ve Karakavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluğu 0.571g/cm³, eğilme direnci 98.66 N/mm², eğilmede elastiklik modülü 9020,24 N/mm², liflere paralel basınç direnci 54.49 N/mm², makaslama direnci 9.11 N/mm², yarıma direnci 0.540 N/mm² olarak bulunmuştur.

Keskin ve ark. (2003) “Lamine edilmiş sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi” adlı çalışmada, sarıçam odununun polivinilasetat tutkalı ile 5 katmanlı olarak hazırlanan lamine edilmiş ağaç malzemeler kullanılmıştır. Deney

örneklerinin; yoğunluk, çalışma miktarı, eğilme direnci, eğilmede elastiklik modülü, basınç direnci ve makaslama direnci araştırılmıştır. Lamine edilmiş ağaç malzemenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, bu ağaç türünü temsil eden masif ağaç malzemeye göre daha üstün olduğu tespit edilmiştir.

Aydın (2004) “Yapıştırma için mekanik ön muamele ile odun yüzeyinin aktivasyonu ve bu işlemin kaplama ve kontrplak panellerinin bazı özellikleri üzerine etkileri” adlı çalışmada, temas açısının tutkal türleri arasında farklı olduğu, zımparalanmış ve zımparalanmamış kaplamalarda ve doğal kurutulan ile fırında kurutulanlar arasında farklı olduğu, çekme makaslama ve eğilme direncinin ise yine zımparalanmış kaplamalardan elde edilenlerde yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çolak ve ark. (2004) “Melamin eklenmiş üre formaldehit tutkalı ile sarıçam kaplamalarından üretilmiş LVL’nin bazı teknolojik özellikleri” adlı çalışmada, 4 farklı tutkal ile (ÜF, MÜF, mÜF, FF), 2 farklı klima ortamında, rutubet, statik eğilme direnci, elastikiyet modülü ve çekme-makaslama direnci testleri yapılmıştır. Çekme-makaslama direnci testinde 6 saat kaynayan suda ön işlem gören ÜF ve MÜF tutkalları başarısız olurken, mÜF ve FF tutkalları başarılı olmuştur. Aynı sıcaklıkta %45 bağıl nem ortamında kondisyonlanan statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü test örnekleri daha yüksek sonuç vermiştir.

Aydın ve ark. (2004) Okaliptüs camaldulensis ve kayın kaplamalarından üretilen LVL’nin hava kurusu ve tam kuru yoğunlukları, basınç direnci, statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü, yarıma direnci test edilmiş ve sonuçta ağaç türünün ve tutkal türünün üretilen LVL’nin teknolojik özelliklerine anlamlı etki gösterdiği belirlenmiştir.

Gupta ve Siler (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı LVL, LSL ve PSL levhalarından iki farklı şekilde kesilerek (plank ve joist tipi- boyuna-teğet ve boyuna radyal yönde) makaslama test örnekleri hazırlamışlar. Yapılan testler sonucunda: boyuna-teğet hazırlanan test örneklerinde makaslama direnci, boyuna-radyal yönde önemli derecede yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin, boyuna radyal yönde kesilen örneklerde makaslama düzlemi kaplama veya şeritlere dik etki etmesi olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, kaplama soyulurken oluşan bıçak çatlakları ve diğer çatlakların, LVL ve PSL’nin masif oduna göre makaslama direncini düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Kılıç ve ark. (2006) “PVA ve PÜ tutkalları ile yapıştırılmış, kızıl ağaçtan üretilmiş LVL’nin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması” adlı çalışmada, LVL’nin,

çivi ve vida tutma dirençleri hariç, kaplama kalınlığı arttıkça LVL'nin yoğunluğunun ve direnç değerlerinin azaldığı, tutkal türünün yoğunluk ve direnç değerlerini etkilediği, PVA tutkalının PÜ'den daha yüksek mekanik özellikler verdiği tespit edilmiştir.

Güngör ve ark. (2006) "Kanatlı ceviz odunundan üretilmiş LVL'nin fiziksel ve mekanik özellikleri" adlı çalışmada, üretilen LVL'nin yoğunluğu ve mekanik özellikleri masif odununkinden yüksek bulunmuştur.

Toksoy ve ark. (2006) "Kayın ve kızıl ağaç odununun kontrplak ve LVL üretiminde kullanımının ekonomik ve teknolojik olarak karşılaştırılması" başlıklı çalışmada, 3 katlı kontrplak ve 9 katlı LVL üretilmiştir. Statik eğilme direnci, elastikiyet modülü ve çekme-makaslama direnci hesaplanmıştır. Kayın odunundan elde edilen LVL'nin mekanik özellikleri kızıl ağaçtan elde edilenden yüksek çıkmıştır. Ancak kızıl ağacın yıllık verim bakımından kayın odunundan 3.82 kat daha verimli olduğu belirtilmiştir.

Aydın ve ark. (2006) "Kontrplağın mekanik özellikleri ve formaldehit emisyonu üzerine rutubet miktarının etkileri" adlı çalışmada ÜF ve MÜF tutkallarını kullanarak farklı rutubet miktarlarına sahip soyma kaplamalarla üretilmiş kavak ve ladin kontrplakların mekanik özellikleri ve formaldehit emisyonunu ölçülmüştür. En iyi yapışma direnci %4-6 rutubet seviyesindeki kaplamalardan en düşük yapışma direnci ise %16-18 rutubet seviyesine sahip kaplamalardan elde edilen kontrplaklarda elde edilmiştir. Her iki tip tutkal içinde formaldehit salınım miktarının kaplamaların rutubet miktarı arttıkça azaldığı tespit edilmiştir.

Çolak ve ark. (2007) "LVL'nin mekanik özellikleri üzerine tomruk buharlama, kaplama kurutma ve yaşlandırma işlemlerinin etkileri" adlı çalışmada; kayın ve ladin odunlarının buharlanmış ve buharlanmamış, doğal ve fırında kurutulmuş kaplamalarından üretilmiş LVL test örnekleri ile aynı tomruklardan elde edilen masif odun test örnekleri karşılaştırılmıştır. LVL'nin yoğunluğu masif ağaç malzemeninkinden yüksek, statik eğilme direnci ve basınç direnci LVL'de masif oduna göre daha yüksek fakat dinamik eğilme direnci masif odunda daha yüksek bulunmuştur. Kaplama üretimi için tomrukların buharlanması işlemi en az basınç direnci olmak üzere mekanik özellikleri önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir.

Burdurlu ve ark. (2007) "Kayın ve kavaktan elde edilen LVL'de eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine tabaka düzenlemesi ve yükleme yönünün etkileri" adlı çalışmada, zımparalama işlemi görmüş, biçme kaplamalar ile 7 tabakadan oluşan lamine

kereste üretilmiş ve yoğunluk, statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değeri beklenildiği gibi lamine kayında, en düşük ise masif kavakta gerçekleşmiştir. Kuvvetin tutkal tabakasına paralel ya da dik olarak uygulanması ise sonuçlarda anlamlı bir fark oluşturmamıştır.

Aydın ve Çolakoğlu (2008) tarafından buharlama ve kurutma işlemlerinin statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine etkisi belirlenmiştir. En yüksek statik eğilme direnci buharlanmamış ve 110 °C de kurutulmuş kızılğacıta elde edilmiştir. En yüksek elastikiyet modülü değeri ise buharlanmış ve 180 °C de kurutulmuş ladin kontrplaklarda tespit edilmiştir.

Shukla ve Kamdem (2008) “Düşük yoğunluğa sahip üç sert ağaç türü ile üretilmiş LVL’nin özellikleri: pres süresinin etkisi” adındaki çalışmada, PVAc tutkal ve düşük yoğunluklu üç ağaç türünün kaplamaları kullanılarak, farklı pres süreleri uygulanarak LVL levhaları üretilmiştir. Üç tabakalı LVL de 38 °C’de 5 dk pres süresinde oda sıcaklığından daha iyi özellikler elde edilmiştir. Bu ağaç türünden (*Silver maple*) elde edilen LVL’de eğilme direnci, elastikiyet modülü, sertlik masif oduna göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Sulaiman ve ark. (2009) “Hurma ağacı ve kauçuk ağacı odunlarından LVL üretimi için tutkal türlerinin uygunluğunun değerlendirilmesi” adlı çalışmada, ÜF, MÜF, FF ve FRF tutkalları ile 4.5 mm kalınlığındaki soyma kaplamalardan 250 ve 500 gr/m² tutkal miktarı ve farklı pres sıcaklık derecelerinde, 3 tabakalı LVL üretilmiş ve kalınlığına şişme ve su alma, yoğunluk, çekme makaslama, testleri yapılmıştır. Sonuçlara göre; hurma ağacı LVL’de kalınlığına şişme ve su alma testleri sonuçları, kauçuk ağacından daha yüksek çıkmıştır. Ayrıca FRF tutkalı diğer tutkallara göre oldukça yüksek çekme-makaslama direnci göstermiştir.

Shukla ve Kamdem (2009) “Amerikan lale ağacından elde edilen LVL’nin özellikleri: tutkalların etkisi” adlı çalışmada, PVAc, ÜF, MÜF ve MF tutkalları ile farklı tutkal miktarları, farklı pres basınçları ve sıcaklıkları altında LVL levhaları üretmişlerdir. PVAc ile yapıştırılan LVL, formaldehit esaslı tutkallarla yapıştırılan LVL’den su alma ve kalınlığına şişme miktarı daha düşük ölçülmüştür. LVL’nin statik eğilme direnci değeri masif odundan %40-50 daha yüksek çıkmıştır. Hava kurusu şartlarda PVAc ile yapıştırılan LVL, termoset tutkallarla yapıştırılanlarla benzer özellikler sergilemiştir.

Kurt (2010) tarafından 8 tabakalı olarak üretilmiş olan LVL de statik eğilme direnci, elastikiyet modülü, tutkal hattı makaslama direnci ve yoğunluk testleri yapılmıştır. LVL'nin mekanik özelliklerinin, aynı türün masif odununun mekanik özelliklerine göre daha yüksek sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Klonlar içerisinde ise elde edilen sonuçlar bakımından I-214'e göre I-77/51 ve S.307-26 klonları daha başarılı bulunmuştur.

Tenorio ve ark. (2011) tarafından "Hızlı büyüyen *Gmelina arborea* ağacının odunundan elde edilen kontrplak ve LVL panellerinin fiziksel ve mekanik özellikleri" adlı çalışmada beş tabakalı LVL ve kontrplak levhaları üretilmiştir. *G.arborea* kaplamalarından elde edilen kontrplak ve LVL'nin çoğu mekanik özelliklerinin farklı olduğu ve bu farkların panellerdeki kaplama diziliminden meydana geldiği belirtilmiştir. Diğer taraftan bu kaplama esaslı levhaların mekanik özellikleri masif odununkilerle benzer olduğu bildirilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden), kayın (*Fagus orientalis* L.) ve kavak (*Populus x euramericana* I-214) odunları kullanılmıştır. Bu amaçla, ağaçların düzgün gövdelerinden elde edilen 200 cm uzunluktaki tomruklar kullanılmıştır. Okaliptüs tomrukları Tarsus Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Karabucak okaliptüs sahalarından (Güresin ormanı, 112. parselden) TS 4176'ya (Anonim, 1984), kayın tomrukları YORÜS kontrplak fabrikasından tesadüfi metotla “soyma kaplamalık kayın tomruğu” standardı TS 1002'e (Anonim,1979a) ve kavak tomrukları Karabük ili, Eskipazar ilçesinde özel bir şahsa ait kavak sahasından “soyma kaplamalık kavak tomruğu” standardı TS 3273'e (Anonim, 1979b) uygun olarak alınmıştır.

Kayın ve kavak tomruklarının ebatlanması esnasında her tomruğun 200 cm'lik kısmının üstünden masif test örneklerinin hazırlanacağı seksiyonlar alınmıştır. Daha sonra bu bölümlerden fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için laboratuvar numuneleri kesilmiştir. Her deney için hazırlanan örneklerin boyutları ve nasıl elde edildikleri ilgili konu başlıkları altında aşağıda anlatılmıştır.

Yoğunluk ölçümleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda her üç ağaç türünde, malzemenin özelliklerini daha iyi anlayabilmek için, malzemeden kaynaklanan test sonuçlarında çıkabilecek hata paylarını elimine edebilmek için enine kesitte, öz odun-dirî odun ayrımı yapılarak test grupları ayrı ayrı hazırlanmıştır. Lamine malzeme ile masif ağaç malzemenin hatasız bir şekilde karşılaştırılabilmesi için, kavak ve kayın odununda masif test örnekleri, soyma kaplama elde edilen tomrukların uç kısımlarından alınan parçalardan hazırlanmıştır. Bu tomruklarda tomruk çapı büyük olduğu için yeter derecede örnek hazırlanabilmiştir. Ancak okaliptüs ağaçlarının 2-4 m arasından alınan tomruklar üzerinde masif test örnekleri hazırlanmıştır.

Okaliptüs tomruklarından kesimden 4 gün sonra, kavak tomruklarından kesimden 1 gün sonra kontrplak fabrikasında, soyma kaplamalar elde edilmiştir. Kayın tomrukları yaklaşık olarak 50 saat, okaliptüs tomrukları ise 15 saat süre ile buharlama işlemine alınmıştır. Kavak tomrukları buharlama yapılmadan soyulmuştur. Buharlama işleminden sonra kayın tomruklarının kabuğu kabuk soyma makinesinde okaliptüs ve kavak tomruklarının kabuğu ise basit soyma gereçleri ile elle soyulmuştur. Kabuk soyma işlemi tamamlandıktan sonra tomruklar kaplama soyma makinesine bağlanarak 3 mm kalınlıkta

kaplamalar soyulmuştur. Kaplama soyma makinesinde her tomruktan yaklaşık olarak 14 cm çapında tomruğun orta kısmı artık olarak kalmıştır. Soyulan kaplamalar bant üzerinde otomatik kaplama giyotin makinesine taşınmış ve buradan geçerken yaklaşık 65 cm genişlikte ebatlanmıştır. Daha sonra kaplamalar %6-8 arası rutubet seviyesine kadar kurutulmuştur.

Çizelge 2.1 Masif ağaç malzemede yapılan testler ve örnek sayıları

	OKALİPTÜS		KAYIN		KAVAK		
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER	ÖZ	DİRİ	ÖZ	DİRİ	ÖZ	DİRİ	TOP.
Statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü (2x2x30)	30	30	30	30	30	30	180
Dinamik eğilme direnci (2x2x30)	30	30	20	30	30	30	170
Liflere paralel basınç direnci (2x2x3)	150	150	150	150	150	150	900
Liflere paralel makaslama direnci (2x5x7)	30	30	30	30	30	30	180
Liflere paralel çekme direnci (1.5x5x30)	30	30	30	30	30	30	180
Liflere dik çekme direnci (2x3x7)	30	30	30	30	30	30	180
D ₀ , D ₁₂ , R ve rutubet miktarı (2x2x3)	200	200	200	200	200	200	1200
Daralma-genişleme miktarları (2x2x3)	150	150	150	150	150	150	900
Statik sertlik değeri (Janka) (5x5x5)	24	24	24	24	30	30	156
Termik genleşme miktarı ve katsayısı (2x7.5x14)	10	10	10	10	10	10	60
Toplam örnek sayısı							4106

LVL ve kontrplak levhalarının üretiminde kullanılan kaplamalar TS 4893'e göre (Anonim, 1986) tasnif edilmiş ve sadece 1. kalite kaplamalar kullanılmıştır. LVL levhaları üretilirken kaplamalar lif yönü birbirine paralel gelecek şekilde, kontrplak levhaları üretilirken ise kaplama levhaları birbirlerine dik gelecek şekilde preslenmiştir. Hem LVL ve hem de kontrplak levhalarında yüzeyde kullanılan kaplama levhalarının sıkı yüzeyleri dışa bakacak şekilde taslaklar oluşturulmuştur. Tutkal, kaplama levhalarının sadece bir yüzeyine sürülmüştür.

Kaplama levhaları 3 mm kalınlıkta soyulmuş ve 600 mm genişlikte, 600 mm uzunlukta kare kesitli olarak ebatlanmıştır. LVL levhaları 7 tabakalı olarak anma boyutu yaklaşık 21 mm kalınlıkta, kontrplak levhaları ise 5 tabakalı ve anma boyutu 15 mm kalınlıkta olacak şekilde hazırlanmıştır. LVL grupları oluşturulurken, kayın, kavak ve okaliptüs kaplamalarından elde edilen homojen LVL grupları oluşturulmuştur. Kontrplak grupları oluşturulurken ise 3 homojen ve 3 karışık kontrplak grubu oluşturulmuştur. Homojen kontrplaklar (katmanları aynı ağaç kaplamalarından oluşan) kayın, kavak ve okaliptüs kaplamalarından elde edilmiştir. Karışık kontrplak (katmanları farklı ağaç

türlerinden elde edilmiş kaplamalardan oluşan) grupları oluşturulurken kayın-okalıptüs (dış katmanları kayın orta katmanları okalıptüs), kayın-kavak (dış katmanları kayın orta katmanları kavak) ve okalıptüs-kavak (dış katmanları okalıptüs orta katmanları kavak) kombinasyonları kullanılmıştır (Çizelge 2.4). Oluşturulan toplam 3 farklı LVL grubu ve 6 farklı kontrplak grubunun her birinde ayrıca 3 farklı tutkal alt grubu oluşturulmuştur. Toplamda levha grubu sayısı 27 olmuştur. Oluşturulan bu gruplar, yapılan testler ve her test için hazırlanan örnek sayıları Çizelge 2.2, 2.3 ve 2.4’de gösterilmiştir. Test örneklerinin hazırlanmasında 600x600 mm olan levhaların kenardan itibaren 3-5 cm’lik kısımlar kullanılmamıştır.

Çizelge 2.2 LVL’de yapılan testler ve örnek sayıları

	OKALİPTÜS			KAVAK			KAYIN			
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	TOP.
Statik eğilme direnci ve E. modülü (a *x2x30)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	270
Dinamik eğilme direnci (ax2x30)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	270
Liflere paralel basınç direnci (ax2x3)	60	60	60	60	60	60	60	60	60	540
Liflere paralel makaslama direnci (ax5x7)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	270
Yapışma direnci testi (ax2.5x10)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1080
D ₀ , D ₁₂ ve rutubet miktarı (ax2x3)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1080
Kalınlığına şişme, su alma (ax5x5)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
Statik sertlik değeri (Janka) (ax5x5)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
Termik genleşme (ax7.5x15)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	90
Toplam örnek sayısı										3960

*a: Levha kalınlığı

Çizelge 2.3 Homojen kontrplakta yapılan testler ve örnek sayıları

	OKALİPTÜS			KAYIN			KAVAK			
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	TOP.
Eğilme direnci ve E.modülü (ax5x35)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	270
Çekme-makaslama direnci (ax2.5x10)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1080
Yüzeye paralel basınç direnci (ax5x6)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
D ₁₂ ve rutubet miktarı (ax5x5)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	270
Kalınlığına şişme, su alma (aX5x5)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
Toplam örnek sayısı										1980

Elde edilen kaplama levhalarından özellikle okalıptüs kaplamalarda yüzey pürüzlülüğü, kayın ve kavağa göre daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Aydın (2003), ağaç

kaplama levhalarının yüzey pürüzlülüğü, yüzeyin ıslanabilme yeteneğini ve dolayısıyla da tutkallanabilme ve yapışma kabiliyetini önemli ölçüde etkilemekte olduğunu, tutkal ile kaplama yüzeyinin birbiri ile yeterince temas etmesi mümkün olmadığı için pürüzlü yüzeylerin tutkallanmasının zor olduğunu belirtmiştir. Bundan dolayı tutkal miktarı normalden biraz fazla kullanılmıştır.

Çizelge 2.4 Karışık kontrplak gruplarında yapılan testler ve örnek sayıları

DIŞ TABAKALAR ORTA TABAKALAR	KAYIN OKALİPTÜS			KAYIN KAVAK			OKALİPTÜS KAVAK			
FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLER	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	TOP.
Statik eğilme direnci ve E.modülü (ax5x35)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	270
Çekme-makaslama direnci (ax2.5x10)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	1080
Yüzeye paralel basınç direnci (ax5x6)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
D ₁₂ ve rutubet miktarı (ax5x5)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	270
Kalınlığına şişme, su alma (aX5x5)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	180
Toplam örnek sayısı										1980

Metrekareye uygulanan tutkal miktarı, tüm gruplar için 200 gr'dır. Sertleştirici konsantrasyonu %15'tir. Sertleştirici olarak amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄) kullanılmıştır. Tutkal karışımı her defasında sadece bir gruba yetecek kadar hazırlanmıştır. Tutkallama işlemi tutkal merdanesi ile yapılmıştır. Pres basıncı, kavak LVL, kavak kontrplaklarda ve orta tabakası kavak olan kontrplaklarda 8, diğer tüm gruplarda 12 kg/cm² olarak seçilmiştir. Presleme işleminde elektrikle ısıtılan, Cemil USTA marka, SSP 180 model hidrolik pres kullanılmıştır. Presten çıkan LVL ve kontrplak levhaları tutkalın tam olarak kondenzasyonun sağlanması için 1 hafta süre ile üst üste istif edilip bekletilmiştir. Bu süreden sonra test örnekleri hazırlanmaya başlanmıştır.

LVL'nin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi için 54 adet levha (her bir grup için 6 adet), kontrplağın özelliklerini belirlemek için ise 108 adet levha (her bir grup için 6 adet) üretilmiştir. Her levhadan her test için eşit sayıda test örneği kesilmiş ve hazırlanmıştır. Kesilen örneklerden yapılacak olan testin standartlarını karşılamayan kusurlu örnekler elenmiş ve kusursuz örneklerden test grupları oluşturulmuştur.

Kullanılan tutkal türüne ve levha türüne göre pres şartları, tutkal miktarı, sertleştirici miktarı ve un miktarı farklıdır. Bu miktarlar Çizelge 2.5'de gösterilmiştir. Kullanılan 3 farklı tutkal türünün özellikleri Çizelge 2.7'de verilmiştir. Tutkallar Gentaş Kimya fabrikasından sıvı olarak temin edilmiş ve raf ömrü kısa tutkal oldukları için 3 hafta içerisinde kullanılmıştır.



Şekil 2.1 ÜF, un ve sertleştirici katılmış ÜF, MÜF ve FF tutkalları

Çizelge 2.5 LVL ve kontrplak üretiminde tutkal karışımı ve pres şartları.

Levha Türü	Tutkal Türü	Tutkal Miktarı (birim)	Un Miktarı (birim)	Sertleştirici Miktarı (birim)	Pres Süresi (dk.)	Pres * Basıncı (kg/cm ²)	Pres Sıcaklığı (°C)
LVL	ÜF	100	30	10	24	8 veya 12	110
	MÜF	100	15	10	24	8 veya 12	110
	FF	100	0	0	24	8 veya 12	140
KONTRPLAK	ÜF	100	30	10	18	8 veya 12	110
	MÜF	100	15	10	18	8 veya 12	110
	FF	100	0	0	18	8 veya 12	140

*Pres basıncı, kavak LVL, kavak kontrplakta ve orta tabakalarda kavak kullanılan kontrplaklarda 8, diğer gruplarda 12 kg/cm² uygulanmıştır.

Çizelge 2.6 Kullanılan tutkalların teknik özellikleri (Anonim, 2011b).

Özellikler	ÜF	MÜF	FF
Ticari adı	GENFOR-7055	GENMÜF-875	ALFEN-74
Görünüş	Yarı saydam sıvı	Yeşil renkli, sıvı	Kırmızı kahverengi
Katı madde miktarı	%52±1	%55±1	%47±1
Viskozite (Cps 20°C'de)	100-200	150-350	350-450
pH	7.5-8.5	9.0-9.2	8.4-8.8
Yoğunluk (20°C'de) gr/cm ³	1.22	1.23	1.12
Su toleransı	-----	-----	sonsuz
Jel zamanı	20-35 sn (100 °C'de 50 gr reçine+5ml %10 NH4 Cl, ~1 ml karışım deney tüpünde)	25-35 sn (100 °C'de)	(130 °C'de) 6-7 dk
Depolama koşulları	20-25 °C'de	20-25 °C'de	20-25 °C'de
Serbest Formaldehit	Maksimum 0.7	Maksimum 0.3	-----

2.2. Metot

Masif ağaç malzeme ve LVL'nin Fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi için numune almada, TS 2470 (Anonim, 1976a) numaralı ve “odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler” isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Kayın için 4 tomruktan alınan 4 seksiyondan elde edilen laboratuvar numuneleri, kavak ve okalıptüs için ise 5 adet tomruktan alınan 5 adet seksiyondan laboratuvar numuneleri elde edilmiştir. Bu seksiyonlar soyma kaplama elde edilecek olan 2 m'lik tomrukların uç kısımlarından alınmıştır.

Yuvarlak odundan laboratuvar numunesi kesim planı kuzey-güney hatlarında yapılmıştır. Her deney için aynı tomruktan eşit sayıda test numunesi alınmıştır. Test örnekleri alınırken, öz odun ve diri odundan alınan test örnekleri sayısı eşit tutulmuştur. Bu standarda göre deney parçalarının hazırlanması, deneyin yapılışı, hesaplama ve sonuçların gösterilmesi sırasıyla şu şekildedir; deney parçalarının biçim ve boyutları odunun denenmesine ilişkin metot standartlarında belirtildiği gibi hazırlanmıştır. Lif doğrultusu uzunluk eksenine paralel ve deney parçası başlarında yıllık halkalar iki yüze paralel diğer iki yüze dik olarak ayarlanmıştır. Deneyler bittikten sonra deney parçalarının rutubet miktarı ve yoğunluğu tayin edilmiştir. Rutubet miktarı deney parçalarından kesilen numuneler üzerinde tayin edilmiştir. Odun özelliklerine ait değerler uygun deney metotları için ilgili standartlarda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

Mekanik özelliklerin tamamı TSE standartlarına uygun olarak yapılmıştır. Fakat mekanik özelliklerin formüle edilmesinde kullanılan simge ve alt indislerde standardı yakalamak için tüm mekanik özelliklerin gösterilmesinde “ σ (sigma)”, alt indis olarak o mekanik özelliğin adının ilk harfi “SE: statik eğilme direnci, DE: dinamik eğilme direnci, Ç: çekme, B: basınç, M: makaslama ve EM: elastikiyet modülü, ÇM: çekme-makaslama” ve kuvvetin etki yönü “ $\perp$: Liflere dik, $\parallel$: Liflere paralel” şeklinde, statik sertlik ise H_j ile gösterilmiştir.

Masif ağaç malzemedeki ve LVL'de mekanik testler sonrası (LVL'de çekme-makaslama direnci testi hariç) rutubet ve yoğunluk örnekleri alınmış, her test örneğinin yoğunluğu ve rutubeti tespit edilmiş ve %12'den sapma gösteren örneklerin mekanik özellikleri %12 rutubet seviyesindekine tahvil edilmiştir. Böylece tam anlamıyla masif test örnekleri ile LVL örnekleri arasında mekanik özellikler bakımından farklar ortaya konmaya çalışılmıştır.

LVL levhalarından test örnekleri hazırlanırken üretilen her levhadan her test grubu için eşit sayıda örnek hazırlanmıştır.

Deney sonuçlarının değerlendirilmesi için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

a) Aritmetik ortalama $\bar{X}$,

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (2.1)$$

b) Standart sapma S ,

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.2)$$

c) Varyasyon katsayısı V ,

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 \quad (2.3)$$

Formülleri ile hesaplanmıştır.

Burada; x_i : münferit gözlem değeri

n : gözlem sayısıdır.

Tüm deney sonuçları %12 rutubet miktarına tahvil edilmiştir.

2.2.1. Masif Ağaç Malzemede Rutubet Miktarının (M) Belirlenmesi

Masif ağaç malzeme ve LVL’de rutubet miktarının belirlenmesi için TS 2471 (Anonim, 1976b) numaralı ve “odunda fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini” isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standarda göre; TS 2470’e göre alınan materyalden rutubet miktarı tayininde kullanılacak deney parçaları, lif doğrultusundaki boyu 30 mm ve en kesit boyutları 20x20 mm² olan bir dikdörtgen prizma biçiminde hazırlanmıştır. Sonra 0.01 gr hassasiyetle ilk ağırlıkları alınmıştır. Deney parçası 103±2 °C’de değişmez ağırlığa erişinceye kadar kurutulmuştur. Deney parçası bir desikatörde soğutulduktan sonra rutubet miktarı %0.1’den fazla yükselmeyecek şekilde çabucak tartılmıştır. Her bir deney parçasının rutubet miktarı M , tam kuru ağırlığının yüzdesi olarak %1 duyarlılıkla aşağıdaki formülle (2.4) hesaplanmıştır:

$$M = \frac{w_r - w_o}{w_o} \times 100 \quad (2.4)$$

Burada: w_r : deney parçasının rutubetli ağırlığı (gr)

w_o : deney parçasının tam kuru ağırlığı (gr)

Her bir deney parçası için elde edilen sonuçların aritmetik ortalaması hesaplanmış ve bu değer deney parçalarının ortalama rutubet miktarı olarak gösterilmiştir.

2.2.2. LVL’de Kondisyonlama ve Denge Rutubeti Miktarının Belirlenmesi

LVL’nin mekanik özellikleri test edilmeden önce test örnekleri, 2-4 hafta süre ile değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar klima dolabında 65 ± 5 bağıl nemde ve 20 ± 2 °C’de kondisyonlanmıştır. Test örnekleri dolaptan çıkarıldıktan hemen sonra test edilmiş. Test sonrasında, test örneğinin tamamı yada bir parçası, bazı testlerde ise $2 \times 2 \times 3$ cm³ ölçüsünde yoğunluk örneği alınmış ve bunlar üzerinde ya sadece rutubet yada hem rutubet hem de yoğunluk testleri yapılmıştır.

Ağaç türünün ve tutkal türünün denge rutubetine etkisini daha kesin ölçebilmek için $2 \times 5 \times 5$ cm³ (kalınlık x genişlik x uzunluk) ebatlarında her gruptan 10 adet toplamda 90 adet test örneği hazırlanmış ve bunlar üzerinde ayrıca LVL’nin denge rutubeti ölçülmeye çalışılmıştır. Bunun için test örnekleri öncelikle tam kuru hale getirilmiş sonra 20 °C ve %65 bağıl nem ortamındaki dolaba yerleştirilmiş ve yaklaşık 2 hafta süre (336 saat) ile bekletilmiştir. 48 Saat ara ile ağırlıkları ölçülmüştür. Değişmez ağırlığa ulaştığında teste son verilmiştir. Bu noktadaki rutubeti denge rutubeti olarak kaydedilmiştir.

2.2.3. Tam Kuru Yoğunluk (D_o) Miktarının Belirlenmesi

Masif ağaç malzemede ve LVL’de hava kurusu ölçümleri TS 2472’ye (Anonim, 1976c) göre yapılan örnekler kurutma dolabına konmuş ve sıcaklığı kademeli olarak 103 ± 2 °C’ye çıkarılarak, yüksek ısıda zarar görmesi önlenmiştir. Kurutma dolabında örnek ağırlıklarının sabit hale gelmesini müteakip, dolaptan çıkarılan örnekler desikatöre alınarak, soğumaları sağlanmış daha sonrada ağırlıkları ve üç yöndeki boyutları ölçülerek aşağıdaki formülle (2.5) hesaplanmıştır.

$$D_o = \frac{W_o}{V_o} \quad (\text{gr/cm}^3 \text{ veya kg/m}^3) \quad (2.5)$$

Burada;

D_o : Tam kuru yoğunluk (gr/cm³ veya kg/m³)

W_o : Tam kuru ağırlık (gr veya kg)

V_o : Tam kuru hacim (cm³ veya m³)’dür.

2.2.4. Hava Kuru Yoğunluk (D_{12}) Miktarının Belirlenmesi

Masif ağaç malzemede ve LVL’de hava kuru yoğunluk miktarının belirlenmesi için TS 2472 numaralı (Anonim, 1976c) ve “odunda fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini” isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standarda göre; deney parçaları lif doğrultusundaki boyu 30 mm, en kesit boyutları 20 mm olan dik kare prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçası ağırlığı 0,01 g duyarlıkta tayin edilmiştir. Deney parçalarının en kesit boyutları ve simetri eksenini boyunca uzunluğu 0,1 mm yaklaşımla ölçülmüştür. Rutubet miktarı TS 2471’e uygun olarak tayin edilmiştir. Hazırlanan deney parçaları klima dolabında 20 ± 2 °C’de ve 65 ± 5 bağıl nemde %12 rutubet seviyesine gelinceye kadar 2-4 hafta süre ile kondisyonlanmış ve aşağıdaki formüller (2.6 ve 2.7) yardımı ile hava kuru yoğunluk miktarı D_{12} belirlenmiştir.

$$D_{12} = \frac{W_{12}}{V_{12}} \quad (\text{gr/cm}^3 \text{ veya kg/m}^3) \quad (2.6)$$

Burada: W_{12} : deney parçası ağırlığı (gr veya kg)

V_{12} : deney parçası hacmidir (cm^3 veya m^3)

Birim hacim ağırlığının %12’ye ayarlanması istendiğinde, %7 den %17 rutubete kadar aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$D_{12} = D_M \left[1 - \frac{(1 - K)(M - 12)}{100} \right] \quad (2.7)$$

Burada: D_M : M rutubetteki hava kuru yoğunluk miktarı, K: %1 rutubet miktarı değişmesi için hacmin çekme katsayısıdır. Yaklaşık hesaplamalarda K değeri birim hacim ağırlığı metreküpde kilogram olarak gösterildiği için K: $0,85 \times 10^{-3}$ olarak alınmıştır.

2.2.5. Hacim Ağırlık Değerinin (R) Belirlenmesi

Masif ağaç malzemede hacim ağırlık değerinin belirlenmesinde TS 2472’de (Anonim, 1976c) belirtilen esaslara uyulmuştur. D_0 tespit edilen örnekler damıtılmış su içerisine bırakılarak boyutları değişmez hale gelinceye kadar bekletilmiş, sonrada radyal (r), teğet (t) ve boyuna (l) yöndeki uzunlukları ölçülerek tam yaş hacmi (V_{mak}) belirlenmiştir. Aşağıdaki formülle (2.8) hacim ağırlık değeri (R) hesaplanmıştır.

$$R = \frac{W_o}{V_{max}} (\text{gr/cm}^3 \text{ veya kg/m}^3) \quad (2.8)$$

Burada; R: Hacim ağırlık değeri (gr/cm³ veya kg/m³)

W_o :Tam kuru ağırlık (gr veya kg)

V_{max}: Tam yaş haldeki hacim (cm³ veya m³)

2.2.6. Daralma Miktarının (β) Belirlenmesi

Daralma ve genişleme miktarlarının belirlenmesi testleri masif ağaç malzemede yapılmıştır. Denemeler TS 4083, 4084, 4085 ve 4086'daki esaslara uygun yapılmıştır. Bu standartlarda adı geçen çekme teriminin yerine daralma, şişme teriminin yerine ise genişleme terimleri kullanılmıştır.

Daralma miktarının belirlenmesi için TS 4083 numaralı ve “odunda radyal ve teğet doğrultuda çekmenin tayini” ve TS 4085 numaralı “odunda hacimsel çekmenin tayini” isimli standarttan yararlanılmıştır (Anonim, 1983a, 1983b). Bu standarda göre; deney parçaları tabanı 20x20 mm ve lif doğrultusundaki uzunluğu 30 mm olan prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçaları değişmez hale gelinceye kadar bir kap içerisinde 20±5 °C sıcaklıkta damıtık su içerisine 2 hafta süre ile batırılmış sonra ölçümler yapılmış ve kaydedilmiştir. Deney parçaları normal çevre koşullarında kondisyonlanmıştır. Daha sonra deney parçaları boyut ve biçimlerini bozabilecek çatlaklar oluşmayacak biçimde kurutma dolabında 103±2 °C sıcaklıkta değişmez boyutlara ulaşınca kadar kurutulmuştur. Tam kuru haldeki ölçüleri alınmıştır.

Daralma miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki formüllerden (2.9 ve 2.10) yararlanılmıştır;

$$\beta = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max}} \times 100 \quad (2.9)$$

Bu formülle teğet, radyal ve boyuna yöndeki ölçüler kullanılarak, teğet yöndeki daralma yüzdesi (β_t) ve radyal yöndeki daralma yüzdesi (β_r) ve boyuna yöndeki daralma (β_l) tespit edilmiştir. Hacmen daralma yüzdesi (β_v) ise aşağıdaki formül (2.10) ile hesaplanmıştır.

$$\beta_v = \beta_r + \beta_t + \beta_l \quad (\%) \quad (2.10)$$

Burada: L_{max} : Lif doygunluk noktası üzerinde rutubet derecesine sahip deney parçasının sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutları,

L_{min} : Deney parçasının kurutulduktan sonra sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutlarıdır.

2.2.7. Genişleme Miktarının (α) Belirlenmesi

Genişleme miktarının belirlenmesi için TS 4084 ve TS 4086 numaralı standartlar kullanılmıştır (Anonim, 1983c, 1983d). Bu standarda göre deney parçaları; tabanı 20x20 mm ve lif doğrultusundaki uzunluğu 30 mm olan prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçaları boyut ve biçimlerini bozabilecek çatlaklar oluşmayacak biçimde kurutma dolabında 103 ± 2 °C'de sıcaklıkta değişmez boyutlara ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Deney parçaları boyut ve şekillerini bozabilecek çatlaklar oluşmayacak biçimde normal çevre koşulları (65 ± 5 % bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık) ile denge sağlayacak rutubet miktarına kadar kondisyonlanmıştır. Daha sonra deney parçaları değişmez hale gelinceye kadar bir kap içerisinde 20 ± 5 °C sıcaklıkta damıtık su içerisine 2 hafta süre ile batırılmıştır. Daha sonra tam yaş haldeki son ölçüleri alınmıştır. Genişleme miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki formüllerden (2.11 ve 12) yararlanılmıştır.

$$\alpha = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{min}} \times 100 \quad (2.11)$$

Bu formülle teğet, radyal ve boyuna yöndeki ölçüler kullanılarak, teğet yöndeki daralma yüzdesi (α_t), radyal yöndeki daralma yüzdesi (α_r) ve boyuna yöndeki daralma (α_l) tespit edilmiştir. Hacmen daralma yüzdesi (α_v) ise aşağıdaki formül (2.12) ile hesaplanmıştır.

$$\alpha_v = \alpha_r + \alpha_t + \alpha_l \quad (2.12)$$

Burada: L_{max} : lif doygunluk noktası üzerinde rutubet derecesine sahip deney parçasının sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutları,

L_{min} : deney parçasının kurutulduktan sonra sırasıyla radyal, teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutlarıdır.

2.2.8. Lif Doygunluk Noktasının (LDN) Belirlenmesi

Lif doygunluk noktası rutubeti (LDN), hücre çeperinin tamamen su ile doygun olduğu fakat hücre lümenlerinde suyun hiç bulunmadığı durumdur. Lif doygunluğu rutubet derecesi aşağıdaki formül (2.13) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$LDN = \frac{\beta_v}{R} \quad (2.13)$$

Burada; LDN : Lif doygunluk noktası (%)

β_v : Hacmen daralma yüzdesi (%)

R : Hacim ağırlık değeri (g/cm³)

2.2.9. Termik Genleşme Katsayısının (α) Belirlenmesi

Masif ağaç malzemenin ve LVL'nin termik genleşme katsayılarının hesaplanması için her hangi bir TS standardı bulunmamaktadır. Termik genleşme katsayısının hesaplanmasında aşağıda verilen 2.14 nolu formül kullanılmıştır. Deney parçaları 20x75x140 mm ebatlarında hazırlanmıştır. Rutubet miktarının testin sonucunu etkilememesini sağlamak için örnekler tam kuru hale getirilmiştir. Tam kuru ağırlıklar alınmış ve her aşamadan sonra rutubet alıp almadığı kontrol edilmiştir. Test örnekleri daha sonra -10 °C ye kadar %0 bağıl nem ortamında 4 saat süre ile soğutulmuş, dolaptan grup grup çıkarılıp teğet ve boyuna yönlerdeki ölçüleri alınmıştır. Daha sonra dolap içerisi +40 °C'ye ve %0 bağıl nem derecesine ayarlanmış, örnekler bu sıcaklıkta 4 saat bekletilmiş, dolaptan çıkarılıp ölçüleri alınmıştır.

Termik genleşme katsayısının α hesaplanmasında aşağıdaki formülden (2.14) yararlanılmıştır (Örs ve Keskin, 2001).

$$\alpha = \frac{d_L}{L_1 \cdot d_t} \quad (2.14)$$

Burada: l_{max} tam kuru rutubet seviyesinde ve +40 °C sıcaklıktaki mm olarak boyutlar, l_{min} deney parçasının -10 °C sıcaklıktaki teğet ve boyuna doğrultularda mm olarak boyutlarıdır. d_L sıcaklık ile meydana gelen uzama miktarı, d_t sıcaklık farkı, L_1 ise ilk uzunluktur.

2.2.10. LVL'de Kalınlığına Şişme (KŞ) ve Su Alma (SA) Miktarının Belirlenmesi

LVL'de kalınlığına şişme ve su alma miktarının belirlenmesinde TS EN 317 numaralı (Anonim, 1999a) ve “yonga levhalar ve lif levhalar-su içerisine daldırma

işleminden sonra kalınlığına şişme tayini” isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standarda göre deney parçaları kenar uzunluğu 50 ± 1 mm olan kare şeklinde hazırlanmıştır. Deney parçaları $\%65 \pm 5$ bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşmaya kadar kondisyonlanmıştır. 24 saat ara ile yapılan tartımlarda birbirini izleyen iki tartım arasındaki farkın deney parçası kütlesinin $\%0.1$ ’inden fazla olmaması durumunda bu kütle değişmez kütle kabul edilmiştir. Her deney parçasının kalınlığı TS EN 325’e uygun olarak köşegenlerin kesişme noktalarından 0.01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Deney parçaları her yeni deney başlangıcında temiz ve durgun, pH değeri 7 ± 1 ve sıcaklığı 20 ± 3 °C olan su içerisine daldırılmıştır. Her deneyin sonunda su değiştirilmiştir. Daldırma süresinin tamamlanmasının ardından deney parçaları sudan çıkarılmış fazla sular akıtılmış yüzey kuru bir bezle hafifçe silinmiş ve her deney parçasının kalınlığı ve ağırlığı ölçülmüştür. Her deney parçası için kalınlığına şişme yüzde olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki formülle (2.15) hesaplanmıştır.

$$KS = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100 \quad (2.15)$$

Burada; L_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı(mm)

L_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki kalınlığı (mm)

Su alma miktarı ise bu standartta belirtilmemesine rağmen aynı metotla ve formül (2.16) ile hesaplanmıştır;

$$SA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (2.16)$$

Burada; m_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki ağırlığı (mm)

m_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki ağırlığı (mm)

Kısa süreli ve uzun süreli suyla temas halinde malzemenin davranışını görebilmek için dört farklı sürede ölçümler yapılmıştır. Bu süreler 2, 24 kısa süreli ve 168, 336 saat uzun süreli maruz kalma şeklindedir. Belirtilen bu sürelerin sonunda test örnekleri su içersinden çıkartılmış yüzey suyu silinmiş, ağırlıkları alınmış ve kalınlık ölçümleri yapılmıştır.

2.2.11. Statik Eğilme Direncinin ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi

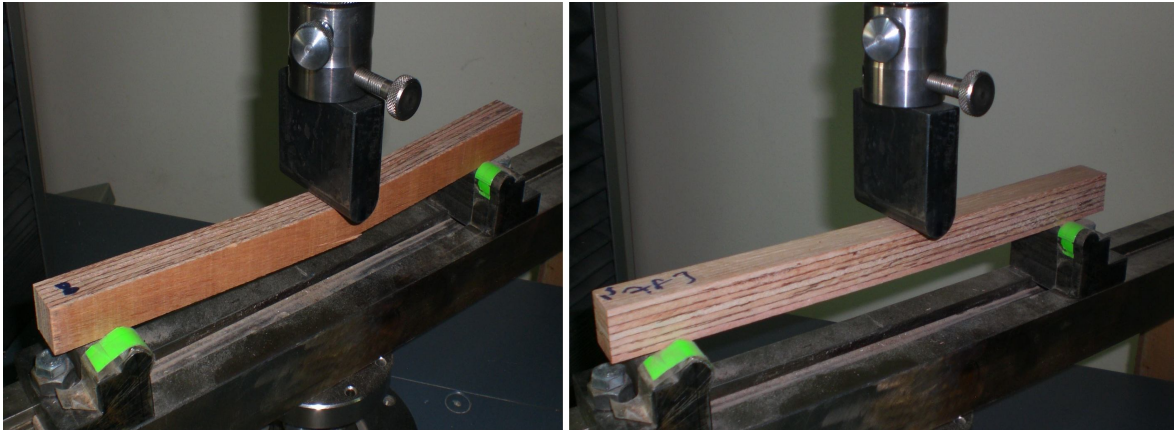
Statik eğilme direncinin belirlenmesi için TS 2474 numaralı (Anonim, 1976d) ve “odunun statik eğilme dayanımının tayini” isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standarda göre; deney parçaları lif doğrultusundaki boyutu 300 mm ve kare en kesitin kenarları 20 mm olan dik prizmalar biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçasının yerleştirildiği silindirik mesnetlerin merkezleri arasındaki uzaklık deney parçası kalınlığının 12 katı olarak ayarlanmıştır. Masif ağaç malzemede kuvvet, deney parçasının radyal yüzeyine (teğetsel yönde eğilme) orta noktadan uygulanmıştır. LVL’de ise kuvvetin uygulama yönü iki farklı şekilde yapılmıştır. Bunlar; kenar yüzey (edge wise) ve düz yüzeydir (flat wise). Aslında bu yüzeyler bazı araştırmacılar tarafından tutkal hattına paralel ve tutkal hattına dik olarak ve masif ağaç malzemedekine karşılık gelen radyal yüzey ve teğet yüzey olarak da isimlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada radyal yüzey ve teğet yüzey terimleri kullanılmıştır. Deney hızı, deney parçaları 1.5±0.5 dakika sonra kırılacak şekilde ayarlanmıştır. Deneyin tamamlanmasından sonra rutubet miktarının ve yoğunluk miktarının tayini, deney parçasının kırılmanın meydana geldiği yere yakın bir kısımdan kesilen 30 mm uzunluğunda bir parça üzerinde yapılmıştır.

Deney esnasındaki rutubet miktarı M , statik eğilme dayanımı σ_{SE} N/mm² olarak aşağıdaki formüle (2.17) göre hesaplanmıştır.

$$\sigma_{SE} = \frac{3 \cdot P_{\max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.17)$$

Burada; $P_{\max}$: Kırılma anında uygulanan maksimum yük (N)

b : deney parçasının eni (mm), h : deney parçasının kalınlığı (mm).



Şekil 2.2 LVL’de statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü test örnekleri: (A) radyal yüzeyde ve (B) teğet yüzeyde

Statik eğilme dayanımı σ_{SE} 'nin, %12 rutubet miktarına ayarlanması gerektiğinde, 1 N/mm² duyarlılıkta olmak üzere aşağıdaki formüle (2.18) göre hesaplanmıştır;

$$\sigma_{SE12} = \sigma_{SEM} (1 + \alpha(M-12)) \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.18)$$

Burada; α : rutubet miktarı için düzeltme faktörü olup, bu değer 0.04'dür.

M: test edilen örneğin rutubet miktarıdır.

Elastikiyet modülünün belirlenmesinde ise TS 2478 numaralı standart kullanılmıştır. Denemeler statik eğilme direncinin belirlenmesinde kullanılan örneklerle aynı örnekler üzerinde aşağıdaki formüle (2.19) göre yapılmıştır.

$$\sigma_{EM} = \frac{\Delta F \cdot L^3}{\Delta f \cdot 4 \cdot b \cdot h^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.19)$$

Burada; ΔF : Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı

Δf : Örnekteki eğilme miktarı farkı

Rutubetleri %12'den farklı olan örneklerin %12 rutubetteki elastikiyet modülleri (σ_{EM12}) aşağıdaki eşitlik (2.20) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_{EM12} = \sigma_{EMM} [1 + \alpha(M-12)] \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (2.20)$$

Burada; σ_{EMM} : M rutubetteki elastikiyet modülü α : rutubet miktarı için düzeltme faktörü olup 0.02'dir (Anonim,1976e).

2.2.12. Dinamik Eğilme Direncinin Belirlenmesi

Denemeler TS 2477 numaralı (Anonim,1976f)'e göre yapılmıştır. Bu standarda göre; deney parçaları en kesiti 20x20 mm ve lif doğrultusunda boyu 300 mm olan kare dik prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçası bir yüzü odunun radyal ve diğer yüzü teğetsel yönünden olacak şekilde kesilmiştir. Mesnetler üzerine simetrik olarak konulan deney parçası bir çarpma ile kırılmıştır. Deney parçası tarafından yapılan iş 0,1 kgm duyarlılıkta ölçülmüştür. Kırılmanın biçimi kıymıklı ya da kıymıksız şeklinde raporda gösterilmiştir. Kırılmada 3 mm den daha az boyda lifler oluşursa bu kıymıksız kabul edilmiştir. Deneyin tamamlanmasından sonra kırılma bölgesine yakın bir yerden rutubet

miktarının tayini için 20x20x30 mm boyutlarında örnek alınmıştır. Dinamik eğilme direnci aşağıdaki formülle (2.21) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{DE} = \frac{Q}{bxh} \text{ (kgm/cm}^2\text{)} \quad (2.21)$$

Burada; Q: deney parçasının kırılması için gerekli enerji 0.1 (kgm veya jul)

b ve h: deney parçasının radyal ve teğet yönlerdeki boyutları (cm)

Dinamik eğilme direncinin %12 rutubete ayarlanması aşağıdaki formülle (2.22) yapılmıştır.

$$\sigma_{DE12} = \sigma_{DEM} (1 + \alpha (M - 12)) \quad (2.22)$$

Burada; σ_{DEM} : M rutubet seviyesindeki dinamik eğilme direncidir, σ_{DE12} : %12 rutubet seviyesindeki dinamik eğilme direncidir, α : düzeltme faktörü olup bunun değeri 0.025'dir.

Dinamik eğilme direnci testleri masif odunda, tüm gruplarda radyal yüzeyde (teğet yönde) uygulanmıştır. Aslında dinamik eğilme direnci testlerinin hem radyal hem de teğet yüzeylerde yapılabileceği TS 2477'de belirtilmiştir. Ancak teğet yüzeyde yapılan denemelerde test örneği fazla deforme olduğu için araştırmacılar tarafından genelde radyal yüzey tercih edilmektedir. LVL ile yapılan testlerde ise hem radyal ve hem de teğet yüzeylerde uygulanmıştır. Böylece LVL de teğet ile radyal yüzeyler arasında dinamik yüklemeler karşısında malzeme davranışı incelenmeye çalışılmıştır.

2.2.13. Liflere Paralel Çekme Direncinin Belirlenmesi

Liflere paralel çekme direnci testi sadece masif ağaç malzemede yapılmış ve belirlenmesi için TS 2475 (Anonim,1976g)'den yararlanılmıştır. Bu standarda göre; deney parçalarının asıl deneme bölgesinin en kesiti radyal yöndeki boyutu 12 mm ve teğetsel yöndeki boyutu 5 mm olan bir dikdörtgen olarak hazırlanmıştır. Asıl deneme bölgesinin uzunluğu 50 mm'dir. Deney parçasının iki başı deney anında kırılmanın asıl deneme bölgesinde olmasını sağlayacak ve geniş alandaki gerilim birikimini en az düzeyde tutacak şekilde biçimlendirilmiştir. Deney parçasının asıl deneme bölgesi en kesit boyutları 0,1 mm duyarlıkta ölçülmüştür. Deney parçası başları asıl deneme bölgesinden sonraki 20-25 mm'lik kısımlarından itibaren kavrama çeneleri arasına sıkıştırılmıştır. Deney parçasına sabit bir yük uygulanmış ve deney hızı deneye başlanmasından 1.5-2 dakika sonra

kırılmasının sağlayacak miktarda ayarlanmıştır. Asıl deneme bölgesinin dışında bir yerden kırılma olan deney parçalarına ait sonuçlar değerlendirmeye alınmamıştır. Deneyin tamamlanmasından sonra kırılmanın gerçekleştiği yere yakın yerlerden alınan rutubet örnekleri ile rutubet tayini yapılmıştır. Her bir deney parçasının liflere paralel çekme direnci “ $\sigma_{C//}$ ” aşağıdaki formülle (2.23) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{C//} = \frac{P_{\max}}{b \times h} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.23)$$

Burada; $P_{\max}$: kırılma yükü (N)

b ve h: deney parçasının asıl deneme bölgesinde en kesit boyutları (mm).

Sonuçların %12 rutubet miktarına ayarlanması gerektiğinde aşağıdaki formülle (2.24) hesaplamalar yapılmıştır.

$$\sigma_{C//12} = \sigma_{C//M} (1 + \alpha (M - 12)) \quad (2.24)$$

Burada; α rutubet miktarı için düzeltme faktörü olup bu değer 0.03’dür

2.2.14. Liflere Dik Çekme Direncinin Belirlenmesi

Liflere dik çekme direnci sadece masif ağaç malzemede yapılmış ve belirlenmesi için TS 2476 numaralı (Anonim,1976h) standarttan yararlanılmıştır. Bu standarda göre; deney parçasının asıl deneme bölgesinin en kesitinin boyutları 20x20 mm olan kare şeklinde hazırlanmıştır. Başlar kırılmanın asıl deney bölgesinde oluşmasını sağlayacak biçimde şekillendirilmiştir. Deney yapılmadan hemen önce deney parçası asıl deneme bölgesinin en kesit boyutları 0,1 mm duyarlıkta ölçülmüştür. Deney parçasının başları asıl deneme bölgesinden 10-15 mm uzaktan aletin kavrama çenelerine takılmıştır. Deney hızı deneye başlanmasından sonra 1,5–2 dakika sonra deney parçasının kırılmasını sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Deney tamamlandıktan sonra asıl deneme bölgesinden rutubet örnekleri alınmıştır. Her bir deney parçasının liflere dik çekme direnci “ $\sigma_{C\perp}$ ” aşağıdaki formülle (2.25) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{C\perp} = \frac{P_{\max}}{b \times h} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.25)$$

Burada; $P_{\max}$: kırılma yükü (N)

b ve h: deney parçasının asıl deneme bölgesi kesit boyutları (mm)

Sonuçların %12 rutubet miktarına ayarlanması gerektiğinde aşağıdaki formülle (2.26) hesaplamalar yapılmıştır.

$$\sigma_{\perp 12} = \sigma_{\perp M} (1 + \alpha (M - 12)) \quad (2.26)$$

Burada: α : rutubet miktarı için düzeltme faktörü olup bu değer 0.015'dir.

M: rutubet miktarıdır.

2.2.15. Liflere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi

Denemeler hem masif ağaç malzemede hem de LVL'de yapılmış ve TS 2595 numaralı (Anonim,1977) ve “odunun liflere paralel doğrultuda basınç dayanımının tayini” isimli standarda göre belirlenmiştir. Bu standarda göre deney parçaları lif doğrultusundaki boyu 30 mm ve en kesit kenarları 20 mm olan kare dik prizma biçiminde hazırlanmıştır. Deney parçalarının genişliği ve uzunluğu simetri eksenleri boyunca 0,1 mm duyarlılıkta ölçülmüştür. Deney hızı yüklemeye başladıktan 1.5±0.5 dakika sonra ezilme sınırına ulaşacak miktarda ayarlanmıştır. Deneyin tamamlanmasından sonra rutubet miktarının tayini için deney parçasının tamamı alınmıştır. Liflere paralel doğrultuda basınç direnci $\sigma_{B//}$ N/mm² olarak aşağıdaki formülle (2.27) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{B//} = \frac{P_{\max}}{a \times b} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.27)$$

Burada; $P_{\max}$: kırılma anında uygulanan maksimum yük (N)

a ve b: deney numunesinin genişlik ve kalınlığı (mm)

M rutubet miktarında bulunan liflere paralel basınç direncinin %12 rutubet miktarına ayarlanması gerektiğinde bu değer 1 N/mm² duyarlılıkta olmak üzere aşağıdaki formülle (2.28) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{B//12} = \sigma_{B//M} (1 + \alpha (M - 12)) \quad (2.28)$$

Burada; α : rutubet miktarı için düzeltme faktörü olup bu değer 0.05 dir.

M: odunun deney yapıldığı andaki rutubet miktarıdır.

2.2.16. Liflere Paralel Makaslama Direncinin Belirlenmesi

Denemeler hem masif ağaç malzemede hem de LVL'de yapılmış ve TS 3459'a uygun olarak (Anonim,1980) belirlenmiştir. Bu standarda göre deney parçalarının biçimi normal gerilmeyi makaslama yüzüne azaltarak yayacak biçimde hazırlanmıştır. Deney parçasının kalınlığı 20 mm makaslama uzunluğu ise 30 mm şeklinde hazırlanmıştır.

Makaslama deneyi radyal yüzeyde yapılmıştır. Deney hızı deney başlanmasından 1.5-2 dakika sonra deney parçasının kırılmasını sağlayacak biçimde ayarlanmıştır. Deney tamamlandıktan sonra kırılan parçalardan birisi üzerinde rutubet miktarı belirlenmiştir. Her bir deney parçasının liflere paralel makaslama direnci “ $\sigma_{M//}$ ” aşağıdaki formülle (29) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{M//} = \frac{P_{\max}}{b \cdot l} \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2.29)$$

Burada; $P_{\max}$: Maksimum kırılma yükü (N)

b ve l : asıl deneme bölgesinin kalınlığı ve uzunluğu (mm)

M rutubet seviyesinde bulunan sonuç %12 rutubet seviyesine ayarlanmak istendiğinde aşağıdaki formülle (2.30) hesaplama yapılmıştır.

$$\sigma_{M/12} = \sigma_{M/M} (1 + \alpha(M-12)) \quad (\text{N/mm}^2) \quad (2.30)$$

Burada; α : rutubet miktarı için düzeltme faktörü olup 0,03’tür.

M: rutubet miktarıdır.

2.2.17. Statik Sertliğin (Janka) Belirlenmesi

Bazı araştırmacılar tarafından odunun “teknolojik özellikleri” şeklinde farklı bir gruba dahil edilse de aslında bir mekanik özelliktir. Gren ve ark. (1999) mekanik özellikler sınıfına dahil etmişlerdir. Statik bir yükleme sonucu yapılan testle belirlenir. Odunun üç farklı yüzeyinde uygulanır. Genel olarak en yüksek statik sertlik değeri enine yüzeyde elde edilir.

Denemeler hem masif ağaç malzemede hem de LVL’de yapılmış ve TS 2479 numaralı (Anonim,1976i) “odunun statik sertliğinin tayini” isimli standarda göre belirlenmiştir. Bu standarda göre; masif ağaç malzemede kenarları 50x50x50 mm olan küp biçiminde, LVL’de ise 20x50x50 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Denemeler masif ağaç malzemede radyal, teğet ve enine kesitlerde, LVL’de ise sadece bir yüzeyde yapılmıştır. 3-6 mm/dk hızla hareket eden yükleme ucu ile deney parçasının radyal, teğet ve en kesit yüzeylerinin merkez eksenleri üzerinde yarım küre ucun yarıçapına (5,64 mm) eşit olan derinlikte bir oyuk açılmıştır. Bu derinliğe ulaşıldığı andaki veya deney parçasının 2,82 mm’lik bir oyuk açılmasına kadar çatlaması durumunda 2,82 mm derinliğe ulaşıldığı andaki yük %1 duyarlıkta okunmuştur. Her bir deney parçasının statik sertliği H_j deneyin

yapıldığı rutubet miktarında alanı 1 cm²'ye eşit olan bir iz elde edebilmek için gerekli yük miktarı (Newton) olarak aşağıdaki formülle (2.31) hesaplanmıştır.

$$H_j = K \times P_{\max} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.31)$$

Burada: $P_{\max}$ = yükleme ucunun deney parçasının içersinde belirli derinliğe girmesi sırasındaki yük N olarak, K =yükleme ucunun 5.64 mm derinliğe girmesi halinde 1'e, 2.82 mm derinliğe girmesi halinde ise 4/3'e eşit olan bir katsayıdır. M rutubet seviyesinde elde edilen statik sertlik değeri H_j 'nin %12 rutubet miktarına ayarlanmasında aşağıdaki formül (2.32) kullanılmıştır.

$$H_{j12} = H_{jM} (1 + \alpha(M-12)) \quad (2.32)$$

Burada; α : düzeltme faktörü olup enine kesit için 0.04, radyal ve teğet kesit için 0.025'dir.

M: rutubet miktarıdır

H_{jM} : m rutubet seviyesindeki sertlik değeridir.

2.2.18. LVL'de Çekme-makaslama Direncinin Belirlenmesi

LVL'nin Çekme-makaslama direncinin belirlenmesinde TS 3969 EN 314-1 numaralı (Anonim,1998) ve "Kontrplak kaplanmış-yapışma kalitesi. Bölüm 1: deney metotları" isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standarda göre deney parçalarının hazırlanması, deneyin yapılışı, hesaplama ve sonuçların gösterilmesi sırasıyla ve kısaca şu şekildedir; her bir deney parçası, yüzeydeki tabakanın elyafı yönünde kesilmiş ve ölçüleri

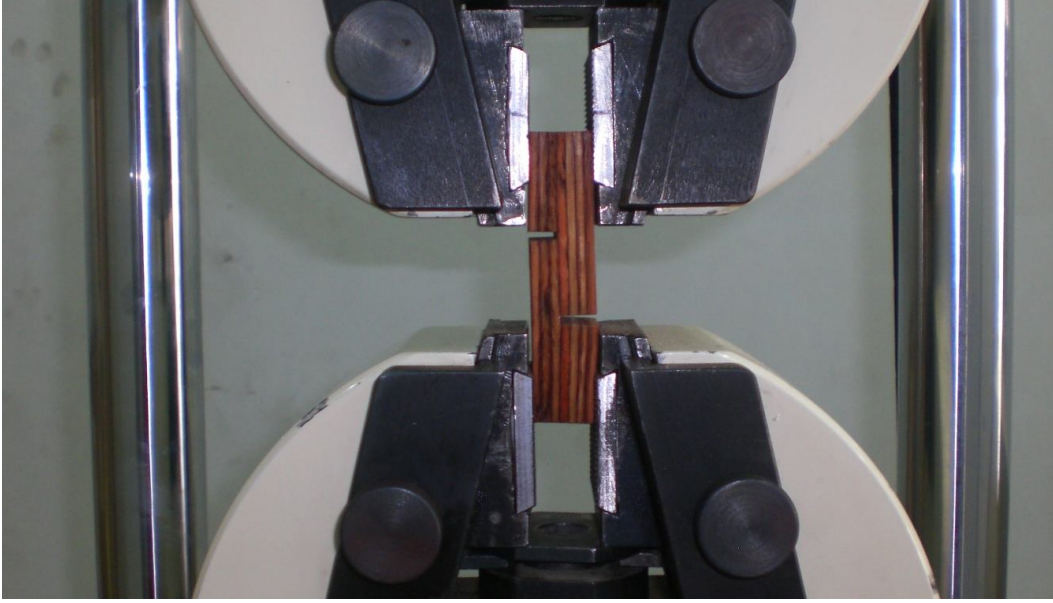
Biçme uzunluğu l_1 : 25±5 mm,

Biçme eni b_1 : 25±5 mm,

Testere kesiğinin eni b_2 : 2,5 - 4 mm

Kelepçelerin uzaklığı l_2 : 50 mm olarak ayarlanmıştır.

Ön işlem olarak ise; 20 °C ve %65 bağıl nemde kondisyonlama, üre formaldehit, melamin-üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalları için, su içersinde (20±3 °C'de) 24 saat bekletme, ayrıca fenol formaldehit tutkalı için ise 6 saat kaynayan suda bekletme işlemleri uygulanmıştır. Soğuk ve sıcak su ile ön işlem yaparken tüm örneklerin su içersine batmaları sağlanmıştır. Kaynayan su ile ön işlem sonrası örnekler 20±3 °C 'daki suda 1 saat bekletilerek soğutulmuş ve sonra test edilmiştir. Testler, levhanın alt yüzeyinden üst yüzeyine doğru 3. ve 4. tutkal tabakaları üzerinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.3 Çekme-makaslama örneğinin test esnasındaki görüntüsü

Her deney parçasının çekme-makaslama kuvveti $\sigma_{\text{ÇM}}$ N/mm² olarak, aşağıdaki formül (2.33) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_{\text{ÇM}} = \frac{F}{l \times b} \quad (2.33)$$

Burada; F: deney parçasının kırılma kuvveti (N)

l: biçme yüzeyinin uzunluğu (mm)

b: biçme yüzeyinin kalınlığı (mm)

Ayrıca LVL’de çekme-makaslama direnci testlerinde TS EN 314-2 numaralı (Anonim, 1999e) “kontrplak yapışma kalitesi-bölüm 2: özellikler” isimli standartta kullanılmıştır. Bu standartta belirtilen şartlara göre çekme-makaslama direnci değeri 1,0 N/mm² den büyük olan gruplar için yapışma hattında görünen ahşap kusuru ortalama değerinin sağlanması şartı yoktur. Bundan dolayı ahşap veya tutkal kırılması % miktarları verilmemiştir.

2.2.19. Kontrplakta Hava Kuru Yoğunluk Miktarının Belirlenmesi

Kontrplakların tam kuru yoğunluklarının belirlenmesinde TS EN 323 numaralı (Anonim, 1999b) “Ahşap esaslı levhalar-birim hacim ağırlığının tayini” isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standarda göre; deney parçaları kare biçiminde ve anma kenar uzunluğu 50 mm olarak hazırlanmıştır. Homojen kontrplak gruplarının kuru yoğunluk miktarları, statik eğilme direnci test örneklerinden kesilen yoğunluk örnekleri üzerinde belirlenmiştir. Her deney parçasının hava kuru yoğunluk miktarı “D₁₂” aşağıdaki formülle (2.34) hesaplanmıştır.

$$D_{12} = \frac{W_{12}}{V_{12}} \quad (\text{gr/cm}^3 \text{ veya kg/m}^3) \quad (2.34)$$

Burada; W_{12} :deney parçası ağırlığı (gr veya kg), V_{12} :deney parçası hacmidir (cm^3 veya m^3)

2.2.20. Kontrplakta Rutubet Miktarının Belirlenmesi

Kontrplakların rutubet miktarının belirlenmesinde TS EN 322 numaralı (Anonim, 1999c) “Ahşap esaslı levhalar-rutubet miktarının tayini” isimli standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Hava kurusu yoğunluk miktarının belirlenmesi ve rutubet ölçümleri aynı test örnekleri üzerinde yapılmıştır. Test örnekleri statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri yapıldıktan hemen sonra bu test örneklerinden kesilip alınmıştır. Böylece elde edilen sonuçlar hem kontrplak levhalarının ortalama yoğunluğunu ve rutubetini hem de eğilme direnci test örneklerinin yoğunluğunu ve rutubetini göstermiştir. Hesaplamalar aşağıda verilen formülle (2.35) yapılmıştır.

$$M = \frac{w_r - w_o}{w_o} \times 100 \quad (2.35)$$

Burada: w_r : deney parçasının rutubetli ağırlığı

w_o : deney parçasının tam kuru ağırlığı

2.2.21. Kontrplakta Kalınlığına Şişme ve Su alma Miktarının Belirlenmesi

Kontrplakta kalınlığına şişme (KŞ) ve su alma (SA) miktarının belirlenmesinde TS EN 317 numaralı (Anonim, 1999a) standartta belirtilen esaslara uyulmuştur. Bu standarda göre deney parçaları kenar uzunluğu 50 ± 1 mm olan kare şeklinde hazırlanmıştır. Deney parçaları 65 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşmaya kadar kondisyonlanmıştır. Her deney parçasının kalınlığı TS EN 325’e uygun olarak köşegenlerin kesişme noktalarından 0.01 mm hassasiyetle ölçülmüştür. Her deneyin sonunda su değiştirilmiştir. Daldırma süresinin tamamlanmasının ardından deney parçaları sudan çıkarılmış fazla sular akıtılmış yüzey kuru bir bezle hafifçe silinmiş ve her deney parçasının kalınlığı ölçülmüştür. Her deney parçası için kalınlığına şişme yüzde olarak ifade edilmiş ve aşağıdaki formülle (2.36) hesaplanmıştır.

$$KŞ = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100 \quad (2.36)$$

Burada; t_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki kalınlığı (mm)

t_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki kalınlığı (mm)

Su alma miktarı SA ise bu standartta belirtilmemesine rağmen aynı metotla ve formül (2.37) ile hesaplanmıştır;

$$SA = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad (2.37)$$

Burada; m_1 : deney parçasının suya daldırmadan önceki ağırlığı (gr)

m_2 : deney parçasının suya daldırmadan sonraki ağırlığı (gr)

Standarttan farklı olarak kısa süreli ve uzun süreli maruz kalma halinde malzemenin davranışını görebilmek için dört farklı sürede ölçümler yapılmıştır. Bu süreler 2, 24 kısa süreli ve 168, 336 saat uzun süreli maruz kalma şeklindedir. Belirtilen bu sürelerin sonunda test örnekleri su içersinden çıkartılmış yüzey suyu silinmiş, ağırlıkları alınmış ve kalınlık ölçümleri yapılmıştır.

2.2.22. Kontrplakta Statik Eğilme Direncinin ve Elastikiyet Modülünün Belirlenmesi

Kontrplağın statik eğilme direncinin ve elastikiyet modülünün belirlenmesinde, kontrplakta test örneğinin levhadan kesilme yönü itibarıyla iki farklı alt test grubu oluşturulmuştur. Kontrplağın statik eğilme direncinin ve elastikiyet modülünün belirlenmesinde TS EN 310 numaralı (Anonim, 1999d) “Ahşap esaslı levhalar- eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü tayini” isimli standarttan yararlanılmıştır. Bu standarda göre; levhanın enine ve boyuna yönde kesilen iki grup deney parçası seti hazırlanmıştır. Dış tabaka elyaf yönü test örneğinin uzun kenarına paralel olan test örnekleri “paralel”, dik olan test örnekleri ise “dik” test örnekleri olarak gruplanmıştır. Deney parçaları dikdörtgen biçiminde ve genişliği 50 ± 1 mm’dir. Uzunluk deney parçasının anma kalınlığının 20 katı +50 mm ve toplamda 350 mm olarak hazırlanmıştır. Deney parçaları %65±5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşmaya kadar kondisyonlanmıştır. Silindirik destekler arasındaki uzaklık levha anma kalınlığının 20 katı olacak şekilde ayarlanmıştır. Kuvvet deney boyunca sabit hızla uygulanmış ve yükleme başlığının hızı en büyük kuvvete 60 ± 30 sn’de ulaşacak şekilde ayarlanmıştır. Her deney parçasının statik eğilme direnci aşağıdaki formülle (2.38) hesaplanmıştır.

$$\sigma_{SE} = \frac{3 \cdot P_{max} \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.38)$$

Burada; P_{max} : Kırılma anında uygulanan maksimum yük (N)

b: Deney parçasının eni (mm)

h: Deney parçasının kalınlığı (mm) dir.

L: Mesnetler arası açıklık (mm)

Her deney parçasının elastikiyet modülü (σ_{EM}) şu formülle hesaplanmıştır;

$$\sigma_{EM} = \frac{\Delta F \cdot L^3}{\Delta f \cdot 4 \cdot b \cdot h^3} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.39)$$

Burada; ΔF : Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı (N)

Δf : Örnekteki eğilme miktarı farkı (mm)

L: Mesnetler arası açıklık(mm)

2.2.23. Kontrplakta Yüzlere Paralel Basınç Direncinin Belirlenmesi

Kontrplağın yüzlere paralel basınç direncinin belirlenmesinde TS 3968 numaralı (Anonim, 1983e) ve “kontrplak yüzlere paralel basınç dayanımının tayini” isimli standarttan yararlanılmıştır. Bu standart, kalınlığı 7 mm ve daha kalın olan yapı kontrplaklarına uygulanır. Bu standarda göre test örneklerinin hazırlanması, testin yapılması ve sonuçların hesaplanması şu şekildedir; Her numune kontrplaktan 20 adet deney parçası alınarak basınç dayanımı yapılmıştır. Deney parçaları uzunluk eksenine, 10 tanesinde dış plaka lif doğrultusuna dik, diğer 10 tanesinde paralel olacak şekilde iki grup halinde hazırlanmıştır. Deney parçaları dikdörtgen prizma biçiminde ve yaklaşık olarak şu boyutlarda kesilmiştir Genişlik: 5 cm, kalınlık: kontrplak kalınlığı, uzunluk: kontrplak anma kalınlığının 4 katıdır. Deney parçaları %65±5 bağıl nem ve 20±2 °C sıcaklıkta değişmez kütleye ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Deneyden önce test örneğinin genişlik ve kalınlığı 0,01 mm hassasiyetle ölçülüp, kaydedilmiştir. Deney parçası deney makinesinin iki çelik plakası arasına dikey olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kırılmanın 90±30 saniyede gerçekleşecek şekilde, sabit bir hızla yükleme yapılmıştır. Her deney parçasının basınç dayanımı “ σ_B ” N/mm² olarak aşağıdaki formül (2.40) ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_B = \frac{P_{max}}{b \cdot h} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.40)$$

Burada: P_{max} : kırılma yükü (N)

b: deney parçasının kalınlığı (mm)

h: deney parçasının genişliği (mm)

2.2.24. Kontrplakta Çekme-makaslama Direncinin Belirlenmesi

Kontrplakta çekme-makaslama direncinin belirlenmesinde, LVL'nin çekme-makaslama direncinin belirlenmesinde kullanılan TS 3969 EN 314-1 numaralı standart kullanılmıştır. Bu standarda göre;

Biçme uzunluğu l_1 : 25±5 mm,
Biçme eni b_1 : 25±5 mm,
Testere kesliğinin eni b_2 : 2,5 - 4 mm

Kelepçeler arası uzaklık l_2 : 50 mm olarak ayarlanmıştır.

Ön işlem olarak; üre formaldehit ve melamin-üre formaldehit için su içersinde (20±3 °C da) 24 saat bekletme, fenol formaldehit tutkalı için ise 6 saat kaynayan suda bekletme işlemleri uygulanmıştır. Soğuk ve sıcak su ile ön işlem yaparken tüm örneklerin su içersine batmaları sağlanmıştır. Kaynayan su ile ön işlem sonrası örnekler 20±3 °C'daki suda 1 saat bekletilerek soğutulmuş ve sonra test edilmiştir.

Her deney parçasının çekme-makaslama kuvveti $\sigma_{\text{ÇM}}$ N/mm² olarak, aşağıdaki formül (2.41) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_{\text{ÇM}} = \frac{F}{l \times b} \quad (2.41)$$

Burada: F: deney parçasının kırılma kuvveti (N)

l: biçme yüzeyinin uzunluğu (mm)

b: biçme yüzeyinin genişliği (mm)'dir.

2.2.25. Statik Kalite Değerinin Belirlenmesi

Statik kalite değeri, %12 hava kurusu halde ölçülen mekanik özelliğin hava kurusu yoğunluk miktarına bölünmesi ile bulunan bir değerdir. Yapılan mekanik özelliklerden elde edilen sonuçların birbirleriyle karşılaştırılmasında ve yoğunluk faktörünün mekanik özellikler üzerine olan etkisini görmek için statik kalite değeri hesaplanmıştır. Statik kalite değeri 10-15 aralığında düşük, 16-20 aralığında orta ve 21-25 aralığında yüksek olarak değerlendirilmektedir. Hesaplamalar aşağıdaki formüle (2.42) göre yapılmıştır (Örs ve Keskin, 2001)

$$I_s = \frac{\sigma_{12}}{100 \cdot D_{12}} \quad (2.42)$$

Burada; I_s : Statik kalite değeri, σ : %12 rutubetteki mekanik özellik (kg/cm²), D_{12} : %12 rutubetteki yoğunluk (gr/cm³)

2.2.26. Dinamik Kalite Değerinin Belirlenmesi

Dinamik kalite değeri, %12 rutubet seviyesinde ölçülen dinamik eğilme direncinin, tam kuru yoğunluk değerinin karesine bölünmesiyle elde edilen bir değerdir. Bu oran ile yoğunluğun dinamik eğilme direnci üzerine etkisi arındırılmakta ve elde edilen sonuçla dinamik kalite değerine karar verilmektedir. Karar verirken ağacın sertlik değeri ve bu

değere karşılık dinamik kalite sınıfına karar verilir. Bu karar verme aşamasında Bozkurt ve Göker (1996) tarafından verilen aşağıdaki Çizelge 2.7' den yararlanılır. Hesaplamalarda aşağıdaki formül (2.43) kullanılmıştır.

$$I_d = \frac{\sigma_{DE}}{D_o^2} \quad (2.43)$$

Burada: I_d : Dinamik kalite değeri, σ_{DE} : Dinamik eğilme direnci (kgf/cm^2), D_o : Tam kuru yoğunluktur.

Çizelge 2.7 Geniş yapraklı ağaçlar için dinamik kalite değerine göre kalite sınıfları

		Enine Kesitte Janka Sertlik Değerleri (kgf/cm^2)			
		Yumuşak	Orta sert	Sert	Çok sert
		<500	500-650	650-1000	1000-1500
Geniş yapraklı ağaçlar için kalite sınıfları	Düşük	<1.5	<1	<0.8	<0.5
	Orta	1.5-2.5	1-2	0.8-1.5	0.5-1
	İyi	2.5<	2<	1.5<	1<

2.2.27. İstatistik Analizler

Yapılan testler sonucunda elde edilen veriler Excel programında kaydedilmiştir. Her test grubu için aritmetik ortalamalar, standart sapmalar ve varyasyon katsayıları hesaplanmış ve ilgili çizelgelerde gösterilmiştir. Yoğunluk ile bazı fiziksel ve mekanik özellikler arasındaki ilişki regrasyon denklemi ve korelasyon katsayısı hesaplanarak verilmiştir. İlişkiler regrasyon grafikleri şeklinde gösterilmiştir. İstatistik hesaplamalar SPSS 13.0 programında yapılmıştır. Gruplar arasındaki farkların incelenmesinde T testi, tek faktörlü ve çok faktörlü varyans analizi yapılmıştır. T testi, bağımsız iki grup arası farkların T testi (Independent samples T test) şeklinde yapılmıştır. Eğer test grubunda ikiden fazla grup varsa ve bağımlı değişken sayısı bir, bağımsız değişken sayısı bir ise tek faktörlü varyans analizi, eğer bağımsız değişken sayısı 1'den fazla ise çok faktörlü varyans analizi yapılmıştır. Test grupları arasındaki farkları görebilmek için Tukey HSD (Honestly Significant Difference) çoklu ayırım testi kullanılmıştır. Grupların grafik gösterimlerinde varyasyon grafikleri kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan testlerle ilgili olarak elde edilen bulgular; masif ağaç malzeme, LVL, homojen kontrplak ve karışık kontrplak ile ilgili bulgular olmak üzere dört ana grup altında toplanmıştır.

3.1. Masif Ağaç Malzemedeki Fiziksel Özelliklerle İlgili Bulgular

3.1.1. Hava Kuru Yoğunluk, Tam Kuru Yoğunluk ve Hacim Ağırlık Değeri

Masif ağaç malzeme test örneklerinden elde edilen yoğunluk testine ait bulgular Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Hava kuru yoğunluk miktarı hesaplanırken rutubet miktarı %12'den sapma gösteren örneklerin yoğunlukları %12'ye tahvil edilmiştir.

Çizelge 3.1 Kavak, kayın ve okaliptüs odunu hava kuru yoğunluk (D_{12}), tam kuru yoğunluk (D_0), hacim ağırlık değeri (R) ve hava kuru rutubet miktarı (M)

İ.D.	D_{12} kg/m ³	D_0 kg/m ³	R kg/m ³	M %	D_{12} kg/m ³	D_0 kg/m ³	R kg/m ³	M %	D_{12} kg/m ³	D_0 kg/m ³	R kg/m ³	M %
	Kavak diri odun (n:200)				Kavak öz odun (n:200)				Kavak ortalama (n:400)			
x	410.1	377.3	337.1	12.0	351.8	323.7	288.1	12.6	380.9	350.5	312.6	12.3
s	32.3	31.3	26.6	0.7	28.8	29.1	23.2	1.3	30.6	30.2	24.9	1
v	7.9	8.3	7.9	5.8	8.2	9	8.1	10.6	8	8.6	8	8.2
	Kayın diri odun (n:200)				Kayın öz odun (n:180)				Kayın ortalama (n:380)			
x	647.8	616.2	521.5	12.4	665.2	632.5	531.2	12.1	656.5	624.3	526.4	12.3
s	48	48.6	35	1.5	46.5	46.6	31	1.2	47.2	47.6	33	1.4
v	7.4	7.9	6.7	12.3	7	7.4	5.8	9.8	7.2	7.6	6.3	11.1
	Okaliptüs diri odun (n:200)				Okaliptüs öz odun (n:200)				Okaliptüs ortalama (n:400)			
x	676.6	634.1	543.1	13.1	554.8	516.9	457.1	12.2	615.7	575.5	500.1	12.6
s	88.2	89.9	71.4	1.2	63.1	61.7	49.3	0.9	75.6	75.8	60.4	1
v	13	14.2	13.2	9.2	11.4	11.9	10.8	7.2	12.2	13.1	12	8.2

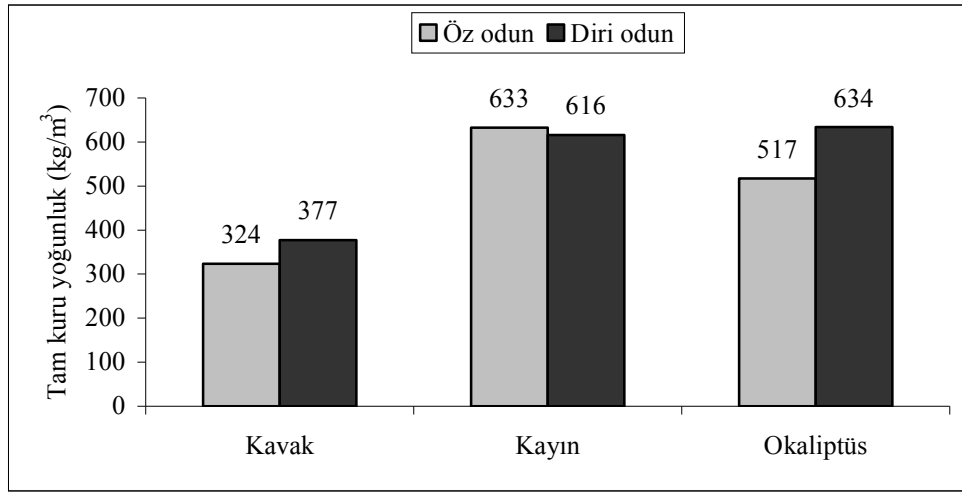
İ.D.: İstatistik değerler

Çizelge 3.1 incelendiğinde kondisyonlama işleminden sonra test örneklerinin %12 hava kuru rutubet seviyesine oldukça yaklaştıkları, her üç ağaç türünde de öz odun ile diri odun arasında istatistiksel olarak önemli seviyede yoğunluk farklılıkları olduğu (Çizelge 3.2) ve en yüksek farkın okaliptüste olduğu belirlenmiştir. Standart sapma miktarları incelendiğinde en yüksek değerin yine okaliptüs de olduğu görülmektedir. Odunun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen en temel özelliğin yoğunluk olduğu birçok araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Bu durumda okaliptüs odununun diğerlerine göre homojen bir odun yapısına sahip olmadığı, yoğunluğun öz odun-diri odun arasında çok değişken olduğu (Şekil 3.1) görülmektedir. Bunun sebebi, okaliptüs grandis odununda

çok belirgin şekilde genç odun-olgun odun oluşumudur. Bu ağaç türü genç yaşlarda çok hızlı büyümesinin sonucu olarak yoğunluğu düşük, yıllık halkaları geniş, lif boyları kısa olan genç odun (juvenile wood), yaş ilerledikçe yoğunluğu yüksek, yıllık halkaları dar, lif boyları nispeten uzun olgun odun (mature wood) oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak odunun teknolojik özellikleri genç odun ile olgun odun arasında çok değişkenlik göstermektedir. Test gruplarının standart sapması ve varyasyon katsayısı okaliptüs odununda bu sebepten dolayı yüksektir.

Çizelge 3.2 Öz odun-diri odun tam kuru yoğunluk miktarlarına ait T testi sonuçları

Ağaç türü	t	SD	Önem düzeyi
Kavak	17.71	398	0.000
Kayın	-3.32	378	0.001
Okaliptüs	15.20	398	0.000



Şekil 3.1 Öz odun ve diri odunda tam kuru yoğunluk miktarları varyasyon grafiği

Yoğunluk üzerinde yapılan çalışmalarda elde edilen kavak ve kayın odunlarında hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk ve hacim ağırlık değerleri literatürle benzerlik göstermektedir. Ancak, okaliptüse ait değerler Brezilya, Kenya, Arjantin ve Hindistan gibi diğer bazı yetiştirme ortamlarında yetişenlerin odunlarından farklıdır. Ayrıca farklı ağaç türlerinde yoğunluk miktarlarının dipten-tepeye ve özden-çevreye farklı şekillerde değiştiği de diğer araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir. Kavak odununda (I-44/55 klonu), özden-çevreye arttığı, dipten-tepeye azaldığı, kayın odununda özden-çevreye azaldığı, dipten-tepeye arttığı, okaliptüs odununda ise özden-çevreye ve dipten-tepeye doğru arttığı bildirilmiştir.

Literatürde bu ağaçların yoğunlukları diğer bazı araştırmacılar tarafından şu şekilde tespit edilmiştir; Githiomi ve Karuiki (2010), Kenya menşei okaliptüs grandis odununda

hacim-ağırlık değerini 4 ile 10 yaş arası farklı ağaçlarda ölçmüşler ve 414 ile 517 kg/m³ olarak, diri odunda 405-543 ve öz odunda 422-494 kg/m³ aralığında tespit etmişlerdir. Literatürdeki bu çalışma da ölçülen değerler ile Çizelge 3.1'deki değerler birbirine yakındır. Ancak diğer bazı çalışmalarda yetiştirme yeri, orijin farklılığı ve klon farklılıklarından, özellikle iklim farklılığından dolayı sonuçlar farklı çıkmakta, yoğunluk hızlı gelişmeye paralel olarak düşük oluşmaktadır. Santos ve ark. (2004), Sao paulo menşei 8 yaşındaki okalıptüs grandis odununda ortalama hacim ağırlık değerini 523 kg/m³, özgül ağırlığı 559 olarak tespit etmişlerdir. Joe ve Dickson (2006) tarafından okalıptüs grandis odununun hacim ağırlık değerini özden çevreye doğru artarak, 400-600 kg/m³ aralığında ölçülmüştür. Acosta ve ark. (2008) Arjantin menşeli okalıptüs grandis odununun yoğunluğunu 467 kg/m³, I-214 kavak kolonunun ise 440 kg/m³ olarak ölçmüşlerdir. Acosta ve ark. (2007) Arjantin menşeli okalıptüs grandis odununda yoğunluğu 467 kg/m³ ve daralma miktarını teğet yönde %7.2, radyal yönde %3.5 ve βt/βr oranını 2.05 olarak tespit etmişlerdir.

Çizelge 3.1'deki verilere benzer şekilde melez kavak odununda öz ile diri odun arasındaki yoğunluk farklılığını Kord ve ark. (2010) melez kavak (*Populus x euramericana* 77/51) odununun yoğunluğunun öze yakın kısımlarda 339 kg/m³ ve kabuğa yakın kısımlarda 379 kg/m³ olarak özden çevreye gidildikçe artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Melez kavak odununun tam kuru yoğunluğu ve hava kurusu yoğunluğuna ait benzer sonuçlar; Kurt (2010) tarafından 320 kg/m³ olarak, Tunçtaner ve ark. (1994) farklı bloklardan elde edilen I-214 klonunun hava kurusu yoğunluk değeri B-I'de 342, B-II'de 360 ve B-III'de 426 kg/m³ olarak, Tunçtaner ve ark. (2004) tarafından Marmara bölgesinde üç farklı deneme sahasında I-214 klonunun ortalama tam kuru yoğunluk değeri; 320, hava kurusu yoğunluk değeri 340 ve hacim ağırlık değeri 277 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

Kayın odunu üzerinde yapılan çalışmalarda Çizelge 3.1'deki verilere benzer veriler elde edilmiştir. Malkoçoğlu (1994) Kayın odununun tam kuru yoğunluk miktarını 645, hava kurusu 669 ve hacim yoğunluk değerini 538 kg/m³ olarak, Ünsal (1998) 50 saat buharlanmış kayın odununun tam kuru yoğunluk miktarını 620, hava kurusu 637 kg/m³ olarak, Keskin (2001) masif kayın odununun tam kuru yoğunluk miktarını 632, hava kurusu 659, hacim yoğunluk değeri 560 kg/m³, Bektaş ve Güler (2000) Andırın yöresi kayın odununun, hava kurusu yoğunluğunu 663 kg/m³, tam kuru yoğunluğunu 631 kg/m³, hacim ağırlık değerini 522 kg/m³ olarak ölçmüşlerdir.

3.1.2. Daralma ve Genişleme Miktarları

Masif ağaç malzeme üzerinde yapılan daralma ve genişleme miktarlarına ve lif doygunluk noktasına ait bulgular Çizelge 3.3’de verilmiştir. Bu bulgulara göre; hacmen en düşük daralma miktarı kavak diri odununda %10.3, en yüksek %16.42 kayın öz odununda, lif doygunluk noktası en düşük okalıptüs öz odununda %25.5, en yüksek kavak öz odununda %37.1 ölçülmüştür.

Çizelge 3.3 Tam kuru yoğunluk, daralma ve genişleme miktarları, lif doygunluk noktası, β_t/β_r ve a_t/a_r oranları

			Darlama miktarları (%) (n:150)					Genişleme miktarları (%) (n:150)					
		D_o kg/m ³	β_t	β_r	β_l	β_v	β_t/β_r	a_t	a_r	a_l	a_v	a_t/a_r	LDN (%)
Kavak diri odun	x	375.5	7.28	2.98	-	10.26	2.47	7.86	3.07	-	10.92	2.59	31.08
	s	32.7	0.51	0.31	-	0.64	0.28	0.60	0.32	-	0.72	0.30	2.16
	v	8.7	7.05	10.26	-	6.23	11.23	7.59	10.58	-	6.63	11.73	6.94
Kavak öz odun	x	317.1	7.32	3.18	-	10.50	2.35	7.90	3.29	-	11.19	2.46	37.07
	s	29.9	0.63	0.53	-	0.87	0.35	0.73	0.57	-	0.98	0.38	2.35
	v	9.4	8.54	16.62	-	8.28	14.95	9.25	17.28	-	8.78	15.52	6.35
Kayın diri odun	x	615.9	11.02	4.71	0.28	16.01	2.37	12.40	4.95	0.25	17.60	2.54	30.77
	s	46.2	1.16	0.69	0.22	1.67	0.29	1.46	0.76	0.17	1.96	0.33	2.69
	v	7.5	10.53	14.55	79.84	10.42	12.43	11.75	15.29	68.35	11.12	13.12	8.75
Kayın öz odun	x	626.4	11.31	4.90	0.22	16.42	2.35	12.77	5.15	0.19	18.11	2.52	31.16
	s	49.1	1.20	0.71	0.17	1.60	0.35	1.53	0.78	0.12	1.98	0.40	2.10
	v	7.8	10.60	14.42	76.47	9.77	14.71	11.99	15.16	60.08	10.92	15.74	6.74
Okalıptüs diri odun	x	619.8	8.85	5.27	0.34	14.47	1.70	9.73	5.58	0.27	15.58	1.76	27.39
	s	95.5	1.25	0.79	0.25	1.92	0.23	1.50	0.89	0.14	2.19	0.26	3.41
	v	15.4	14.09	15.07	72.88	13.26	13.57	15.40	15.89	49.57	14.05	14.56	12.43
Okalıptüs öz odun	x	513.6	7.10	4.16	0.24	11.50	1.75	7.66	4.35	0.24	12.25	1.81	25.46
	s	82.0	1.02	0.79	0.11	1.53	0.35	1.19	0.86	0.11	1.74	0.37	2.84
	v	16.0	14.41	19.03	44.90	13.30	19.74	15.58	19.89	44.99	14.21	20.64	11.14

(D_o tam kuru yoğunluk değerleri, çalışma örneklerinin yoğunluklarını göstermektedir)

Ayrıca, teğet daralma miktarının radyal daralma miktarına oranı $\beta t/\beta r$ en düşük okaliptüs diri odunda 1.70, en yüksek kavak diri odunda 2.47 olarak ölçülmüştür. Hacmen genişleme miktarı en düşük kavak diri odunda %10.9, en yüksek kayın öz odununda %18.11 olarak ölçülmüştür.

Boyuna yöndeki çalışma miktarı %1'den küçüktür. Çoğu araştırmada ihmal edilmektedir. Ayrıca boyuna yöndeki çalışma miktarı ile yoğunluk arasındaki ilişkide karmaşıktır. Bazı araştırmacılar yoğunluk arttıkça boyuna yöndeki çalışma miktarının azaldığını, bazıları değişmediğini yada arttığını belirtmişlerdir. Bu farklılıkların temel nedeninin mikro fibril açısı olduğu belirtilmektedir (Kord ve ark. 2010).

Ağaç malzemedeki çalışma miktarı üzerine yetiştirme ortamı farklılığının yanı sıra, özgül ağırlık, yıllık halka genişliği, reçine miktarı ve ağaç yaşı da etkilidir. Yaşlı ağaçlarda, diri oduna nazaran daha az çalışan öz odun oranı fazladır. Genç odunda mikro fibril açıları daha büyük olduğundan normal oduna nazaran boyuna yönde daha fazla çalışmaktadır (Bektaş, 1997).

Hacmen daralma ve genişleme miktarı; en yüksek kayın, en düşük kavakta ölçülmüştür. Yoğunluk miktarı arttıkça hacmen daralma ve genişleme miktarı doğrusal olarak artar. Çünkü daralma ve genişleme miktarı hücre çeper maddesi miktarı ile ilişkilidir. Çeper maddesi miktarı fazla ise odun fazla çalışır.

LDN miktarı; en yüksek kavak öz odunda, en düşük okaliptüs öz odunda ölçülmüştür. LDN miktarı da yoğunlukla ve hacmen daralma miktarı ile orantılıdır. Odunun yoğunluğu arttıkça LDN miktarı genel olarak azalır.

Daralma yüzdeleri bakımından en yüksek $\beta t/\beta r$ oranı; (teğet yöndeki daralmanın, radyal yöndekine oranı) kavak diri odunda ölçülmüştür. En düşük ise okaliptüs odununda elde edilmiştir. Bunun temel sebepleri yıllık halka içinde yaz odunu miktarı, öz ışınlarının miktarı, trahelerin miktarı ve dağılımıdır. Öz ışını miktarı arttıkça bu oran artar ve odun teğet yönde fazla çalışır. Yaz odunu miktarı arttıkça ve ilk bahar odununa geçiş ani ise yine teğet yönde fazla çalışma olur.

Okaliptüs odununda öz ışınları miktarı az, trahe dağınık, yıllık halka içinde yaz odunu belirsiz olduğu için bu oran küçüktür. Ayrıca, test örneklerinde yıllık halkaların kenar ile yaptığı açı büyükse bu $\beta t/\beta r$ oranı küçülür. Elde edilen bu sonuçların yanında literatürde; Bektaş (1997) ağaç malzemenin yapı stabilitesini belirlemede kullanılan kriterlerden birinin de $\beta t/\beta r$ oranı ve $\alpha t/\alpha r$ oranı olduğunu, bu oran 1'e ne kadar yakınsa

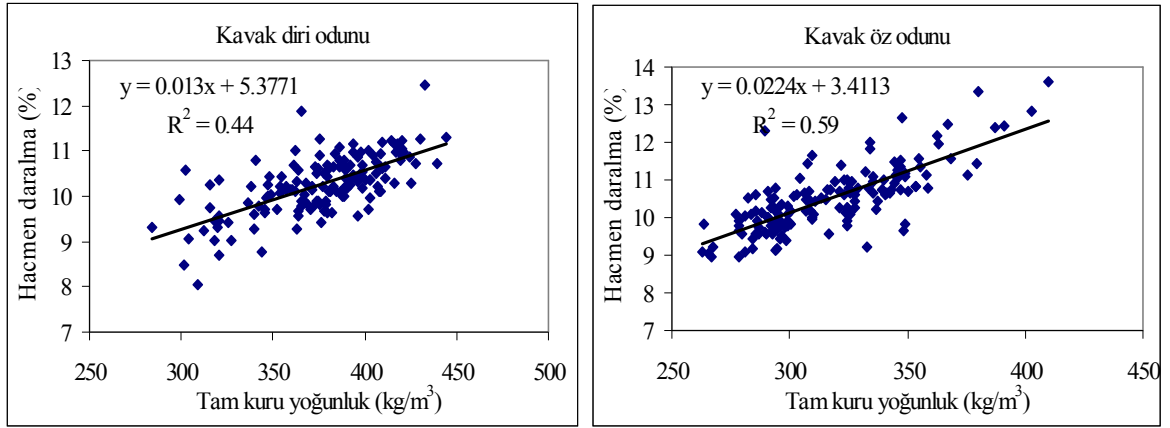
odun yapısının o kadar stabil olarak değerlendirilmekte olduğunu belirtmiştir. Ayrıca bu konuda Bozkurt ve Göker (1996) bu oranın çoğu ağaçta ortalama 1.65 olduğu ve yoğunluk miktarı arttıkça 1'e yaklaştığını belirtmişlerdir.

Tunçtaner ve ark. (2004) kavakta (I-214 klonu) teğet yöndeki daralma miktarını %6.44 ve radyal yönde %1.97 olarak ölçülmüştür. Bu değerlerden hesaplanan LDN ise yaklaşık %30.3 olarak bulunmuştur. Kord ve ark. (2010) Melez kavak (*Populus x euramericana* 77/51) odununun hacmen daralma miktarını öze yakın kısımlarda %7.92 ve kabuğa yakın kısımlarda %13.04 olarak ve özden çevreye gidildikçe artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Literatürdeki bu bilgiye benzer olarak, Çizelge 3.3'de öz odunda daralma miktarı diri odundan daha düşük bulunmuştur.

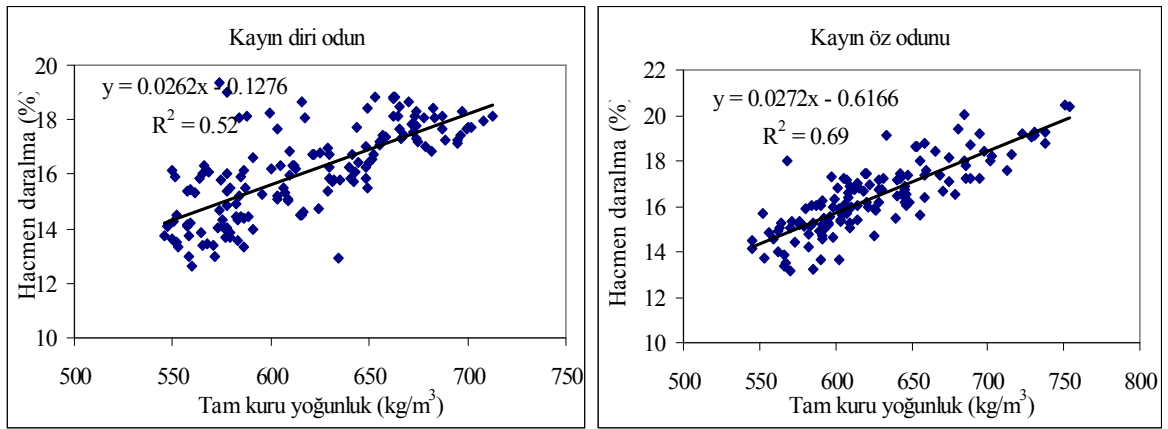
Çizelge 3.3'de verilen bulgulara benzer şekilde okaliptüs odununda; Ayata (2008) tarafından, hacmen daralma miktarı ortalama olarak %12.63 olarak ölçülmüştür. Silva ve ark. (2006) okaliptüs grandis odununda hacmen daralma miktarını %14-22, radyal yönde %4.7 ile 7.5, teğet yönde %8-12.5, boyuna daralma miktarını %0.39-0.47 aralığında, ağacın boyuna yönünde dipten tepeye değiştiğini belirlemişlerdir. Teğet yöndeki daralma miktarının radyal yöndekine oranı ise β_t/β_r oranı 1.71 olarak ölçülmüştür. Bu değer Çizelge 3.3'de görüldüğü gibi karabacak orijininde ölçülen değerlere yakındır.

Kayın odunu üzerinde yapılan diğer bazı çalışmalarda; Malkoçoğlu (1994) Kayın odununun daralma miktarını radyal yönde %4.95, teğet yönde %11.04, boyuna yönde %0.28 ve hacmen %16.21 olarak tespit etmiştir. Ünsal (1998) tarafından 50 saat buharlanmış Kayın odununun daralma miktarı radyal yönde %5.56, teğet yönde %11.57 olarak ölçülmüştür. Aynı çalışmada genişleme miktarları radyal yönde %5.49 ve teğet yönde %12.47 olarak ölçülmüştür. Keskin (2001) tarafından masif kayın odununun daralma miktarı radyal yönde %5.06, teğet yönde %10.04 ve boyuna yönde %0.48 hacmen %15.58 olarak ölçülmüştür. Bektaş ve Güler (2001) tarafından Andırın yöresi kayın odununun hacmen daralma miktarı %15.27, hacmen genişleme miktarı %18.29 olarak ölçülmüştür. Bu veriler ile Çizelge 3.3'deki veriler oldukça benzerdir.

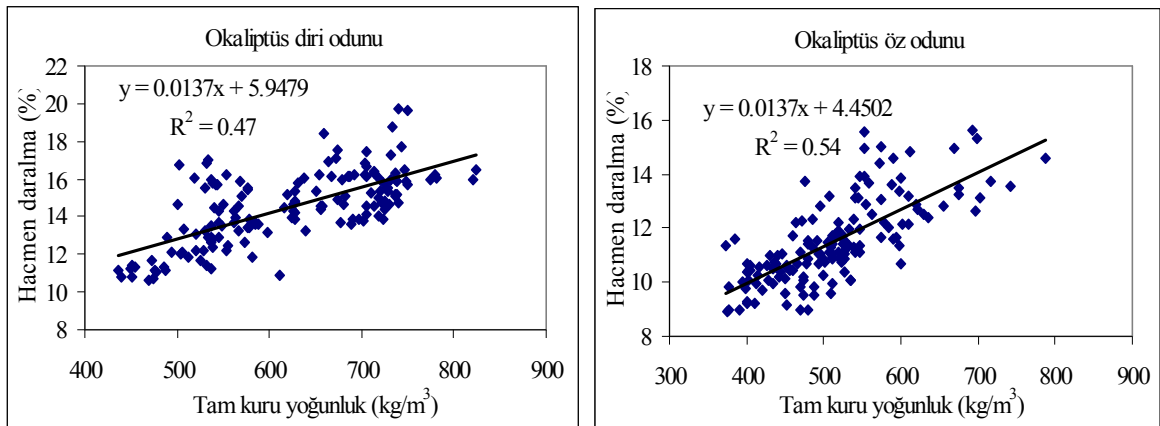
Şekil 3.2, 3.3 ve 3.4'te tam kuru yoğunluk miktarı ile hacmen daralma miktarı arasındaki ilişkiyi gösteren grafikler, regrasyon denklemleri ve belirtme katsayıları verilmiştir. Şekiller incelendiğinde en düşük belirtme katsayısının kavak diri odununda (0.44) ve en yüksek belirtme katsayısının ise kayın öz odununda (0.69) ölçüldüğü görülmektedir.



Şekil 3.2 Kavak odununda tam kuru yoğunluk ile hacmen daralma ilişkisi



Şekil 3.3 Kayın odununda tam kuru yoğunluk ile hacmen daralma ilişkisi



Şekil 3.4 Okaliptüs odununda tam kuru yoğunluk ile hacmen daralma ilişkisi

3.1.3. Termik Genleşme Katsayıları

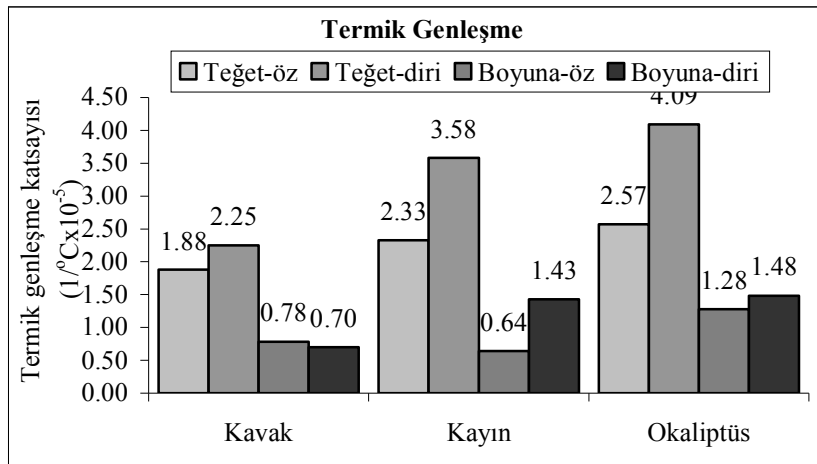
Termik genleşme ile ilgili bulgular Çizelge 3.4'de ve varyasyon grafiği Şekil 3.5'de verilmiştir. Bu verilere göre, termik genleşme katsayısı teğet yönde en yüksek okaliptüs diri odununda 4.09×10^{-5} , en düşük kavak öz odununda 1.88×10^{-5} , boyuna yönde ise en yüksek okaliptüs diri odununda 1.48×10^{-5} , en düşük kayın öz odununda 0.64×10^{-5}

ölçülmüştür. Keskin (2001) tarafından termik genleşme katsayısının hesaplanması üzerine yapılan çalışmada, kayın odununda teğet ve boyuna yönde; 3.87×10^{-5} ve 0.25×10^{-5} olarak ölçülmüştür. Ancak deney ortamının bağıl nemi %65 olarak ayarlandığı için sonuçlar Çizelge 3.4'te verilen değerlerden farklılık göstermektedir.

Deney şartları sıcaklık 0 °C'den 50 °C'ye ve %65 bağıl nem olarak ayarlandığında denge rutubeti yaklaşık olarak %12'lerden %10'lara düşmektedir. Bunun sonucunda da testten önce kondisyonlanmış örnekler rutubet kaybederek daralırlar. Yapılan bu çalışmada örnekler önce tam kuru hale getirilmiş, rutubet değişkeni sabitlenmiş ve daha sonra test yapılmıştır. Bu deney şartlarında benzer bir çalışma Baştürk (2007) tarafından OSB üzerinde yapılmıştır. Termik genleşme katsayısı levha yönüne paralel 0.815×10^{-5} ve levha yönüne dik yönde ise 1.33×10^{-5} şeklinde elde edilmiştir. Aynı çalışmada, Weatherwax'ın, betula odununda termik genleşme katsayısını teğet yönde 3.94×10^{-5} ve boyuna yönde 0.35×10^{-5} olarak tespit ettiği bildirilmiştir (Baştürk, 2007).

Çizelge 3.4 Masif ağaç malzemede termik genleşme

	Termik genleşme katsayısı (α)			
	Teğet	Boyuna	Teğet	Boyuna
	Kavak öz odun (n:10)		Kavak diri odun (n:10)	
x	1.88×10^{-5}	0.70×10^{-5}	2.25×10^{-5}	0.78×10^{-5}
s	1.43×10^{-5}	0.41×10^{-5}	1.23×10^{-5}	0.27×10^{-5}
v	76.2	53.6	54.72	38.4
	Kayın öz odun (n:10)		Kayın diri odun (n:10)	
	Teğet	Boyuna	Teğet	Boyuna
	Kavak diri odun (n:10)		Kayın diri odun (n:10)	
x	2.33×10^{-5}	0.64×10^{-5}	3.58×10^{-5}	1.43×10^{-5}
s	1.18×10^{-5}	0.20×10^{-5}	1.05×10^{-5}	0.70×10^{-5}
v	50.82	32.06	29.45	49.01
	Okalıptüs öz odun (n:10)		Okalıptüs diri odun (n:10)	
	Teğet	Boyuna	Teğet	Boyuna
	Okalıptüs diri odun (n:10)		Okalıptüs diri odun (n:10)	
x	2.57×10^{-5}	1.28×10^{-5}	4.09×10^{-5}	1.48×10^{-5}
s	1.17×10^{-5}	1.08×10^{-5}	1.58×10^{-5}	1.22×10^{-5}
v	45.56	83.97	38.63	82.44



Şekil 3.5 Termik genleşme katsayılarına ait varyasyon grafiği

3.2. Masif Ağaç Malzemede Mekanik Özelliklerle İlgili Bulgular

3.2.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Statik eğilme direnci, eğilmede kalite değeri ve elastikiyet modülü testlerine ait bulgular, rutubet miktarları ve rutubet düzeltmesi yapılmış bulgular Çizelge 3.5’de ve varyasyon grafikleri Şekil 3.6’da verilmiştir. Bu verilere göre en yüksek statik eğilme direnci değeri okalıptüs diri odununda $100,4 \text{ N/mm}^2$ olarak, en düşük kavak öz odununda $45,8 \text{ N/mm}^2$ ölçülmüştür.

Elastikiyet modülü değeri de yine, en yüksek okalıptüs diri odununda 10074 N/mm^2 ve en düşük kavak öz odununda 4356 N/mm^2 olarak ölçülmüştür. Statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü ile yoğunluk arasında güçlü bir ilişki olduğu, yoğunluğu yüksek olan test örneklerinin statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin yüksek çıktığı daha önce yapılmış bir çok araştırmada rapor edilmiştir (Green ve ark. 1999; Bektaş ve ark. 2001; Kantay ve ark. 1998; Güller ve Ay, 2001).

Eğilme direncinden elde edilen bulgulara göre; en düşük statik kalite değeri 13.6 ile kavak öz odunu ve en yüksek 15.6 ile okalıptüs diri odununda hesaplanmıştır. Elde edilen kalite değerlerine göre kavak öz odunu “düşük” diğerleri “orta kalite” sınıfındadır.

Yoğunluk haricinde, odunun rutubeti, lif açısı, yıllık halka yönü ve kuvvetin uygulanma yönü gibi bazı diğer faktörlerde statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerini etkiler. Mekanik özelliklerin tamamı rutubet miktarı arttıkça azalır. Winandy ve Rowell (2005) rutubet miktarının artmasıyla hücre duvarının organik polimerleri arasındaki hidrojen bağlarının zayıfladığını bundan dolayı direncin azaldığını bildirmiştir.

Okalıptüs üzerinde yapılan çalışmalar şu şekildedir; Santos ve ark. (2004) statik eğilme direnci değerini 93 N/mm^2 olarak ölçmüşlerdir. Lobao ve ark (2004) statik eğilme direncini 76.35 N/mm^2 ve elastikiyet modülü değerini 15.275 N/mm^2 olarak ölçmüşlerdir. Joe ve Dickson (2006) tarafından hacim ağırlık değeri özden çevreye doğru artarak ve $400\text{-}600 \text{ kg/m}^3$ arasında ölçülmüştür. Bu yoğunluk aralığında özden çevreye doğru statik eğilme direnci değeri 42 ile 142 N/mm^2 aralığında ve elastikiyet modülü değeri ise 9808 ile 19858 N/mm^2 aralığında ölçülmüştür.

Çizelge 3.6’da statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre ağaç türlerine ve ağaçtan alındığı yere göre gruplar arasında istatistiksel olarak farklar olduğu görülmektedir. Tukey çoklu ayırım testi sonuçları Çizelge 3.5’te verilmiştir.

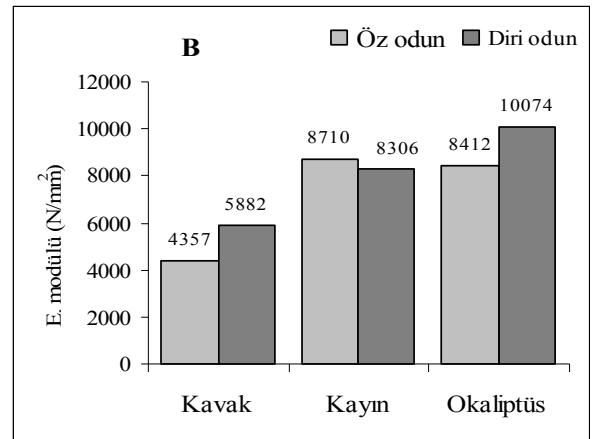
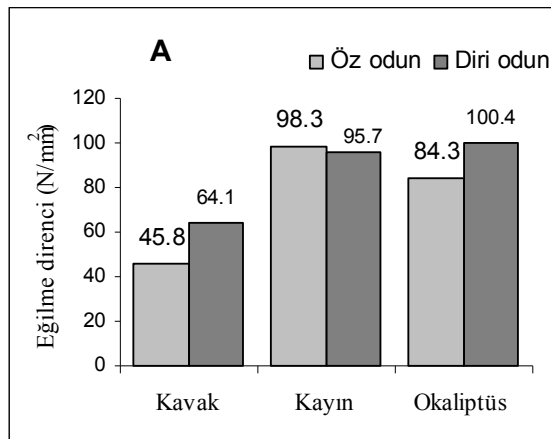
Çizelge 3.5 Statik eğilme direnci, elastikiyet modülü, statik kalite değeri ve Tukey testi sonuçları

Statik Eğilme Direnci, Elastikiyet Modülü ve Statik Kalite Değeri (N/mm ²)												
İ.D.	σ _{SEm}	σ _{EMm}	m	σ _{SE12}	σ _{EM12}	I _{SE}	σ _{SEm}	σ _{EMm}	m	σ _{SE12}	σ _{EM12}	I _{SE}
Kavak öz odunu (n:30)							Kavak diri odunu (n:30)					
x	47	4410.9	11.4	45.8 A	4357 A	13.8	65.4	5937.9	11.5	64.1 B	5882 B	15.4
s	5.1	486.2	0.5	5.2	489.8	0.8	5.2	429.4	0.3	5.2	430.3	0.8
v	10.8	11	4.2	11.3	11.2	5.6	7.9	7.2	2.5	8.1	7.3	5.0
Kayın öz odunu (n:30)							Kayın diri odunu (n:30)					
x	95.6	8595.3	12.7	98.3 D	8710 C	15.4	93	8188.2	12.7	95.7 D	8306 C	15.0
s	12.6	1304.2	0.6	12	1270.1	1.2	13.2	1263.3	0.4	13.7	1270.8	1.4
v	13.2	15.2	4.7	12.2	14.6	8.1	14.2	15.4	3.4	14.3	15.3	9.4
Okalıptüs öz odunu (n:30)							Okalıptüs diri odunu (n:30)					
x	82.3	8308.2	12.5	84.3 C	8412 C	15.0	95.6	9825.9	13.2	100.4 D	10074 D	15.6
s	16.5	1748.8	0.8	19.2	1871.7	1.8	16.3	1753.8	0.9	19.5	1930	1.6
v	20	21	6.2	22.7	22.3	12.1	17	17.8	6.5	19.4	19.2	10.4

σ_{SEm} ; %m rutubetteki statik eğilme direnci, σ_{EMm} ; %m rutubette ölçülen elastikiyet modülü, m; rutubet miktarı, σ_{SE12} ; %12 rutubetteki statik eğilme direnci, σ_{EM12} ; %12 rutubette ölçülen elastikiyet modülü, İ.D.: İstatistik Değerler, I_{SE}: Eğilmede Statik kalite değeri

Çizelge 3.6 Statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait varyans analizi sonuçları

Eğilme direnci	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	72643.9	5	14528.8	77.1	0.000
Gruplar içi	32768.8	174	188.3		
Toplam	105412.8	179			
E. modülü	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	659431397.8	5	131886279.6	72.7	0.000
Gruplar içi	315670786.9	174	1814199.9		
Toplam	975102184.7	179			



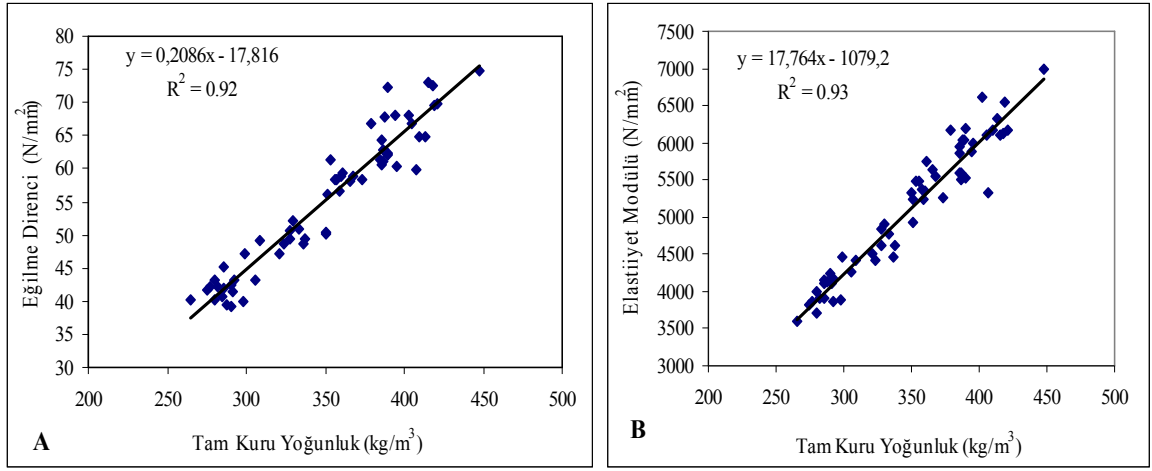
Şekil 3.6 Öz odun ve diri odunda eğilme direnci (A) ve e.modülü (B) varyasyon grafikleri

Tukey testine göre; okaliptüs diri odunu ile kayın öz ve diri odununun eğilme direncinin istatistiksel olarak aralarında fark bulunmamaktadır. Okaliptüs grandis odunu üzerinde yapılan çalışmalarda çok farklı veriler elde edilmektedir. Bunun başlıca sebepleri; odunun yoğunluğu, ağaç yaşı, yetiştirme yeri, klon farkıdır. Test örnekleri küçük yaşlardaki bir deneme ağacından alınmışsa genç odun oranının fazla olmasından dolayı yoğunluk düşük çıkmakta bunun sonucu olarak da mekanik özellikler düşük ölçülmektedir. Klon farkı da önemli bir etkidir. Castro ve Paganini (2003) tarafından *Eucalyptus grandis* 'e ait "358, 7, 329 ve 330" klonlarında hava kurusu yoğunluk miktarı sırasıyla 539, 526, 520 ve 698 kg/m³ olarak ölçülmüştür.

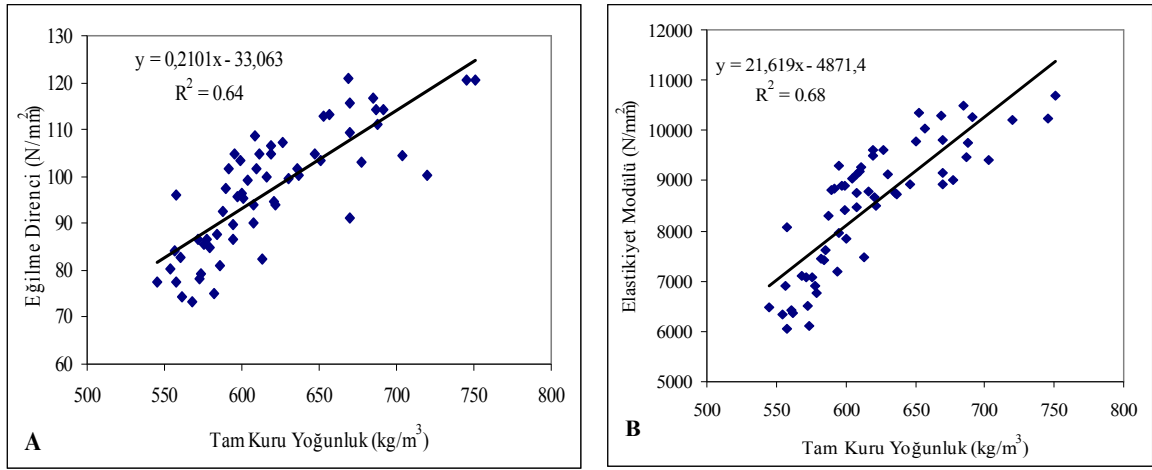
Kayın odunu üzerinde yapılan bazı çalışmalarda; Malkoçoğlu (1994) tarafından statik eğilme direnci değerini 110 N/mm² ve elastikiyet modülü değerini 12825 N/mm² olarak, Keskin (2001) tarafından statik eğilme direnci değeri 119 ve elastikiyet modülü değeri 12279 N/mm² olarak ve Çizelge 3.5'de verilen değerlerden biraz yüksek, Ünsal (1998) tarafından 50 saat buharlanmış kayın odununun statik eğilme direnci değeri 97 ve elastikiyet modülü değeri 10441 N/mm² olarak ve Çizelge 3.5'de verilen değerlere benzer ölçülmüştür. Farkların buharlamanın mekanik özellikleri düşürücü etkisinden kaynaklandığı söylenebilir.

Kavak odunu üzerinde yapılan bazı çalışmalarda ise benzer veriler elde edilmiştir; Kurt (2010) tarafından I-214 klonunun statik eğilme direnci değeri 48.5 N/mm² elastikiyet modülü değeri ise 4777 N/mm² olarak, Tunçtaner ve ark. (1994) tarafından 49.2 N/mm² olarak, Tunçtaner ve ark. (2004) tarafından statik eğilme direnci değeri 53.89 N/mm² olarak ölçülmüştür.

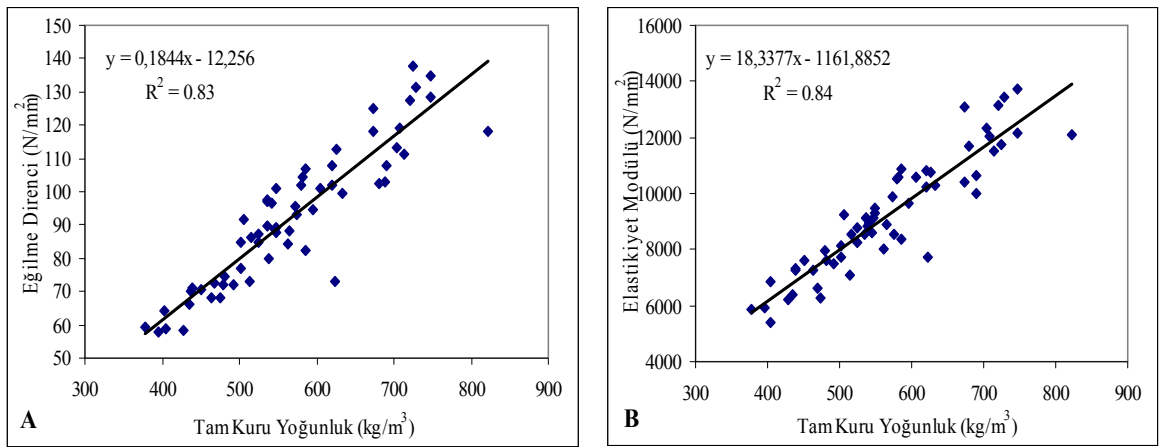
Şekil 3.7, 3.8 ve 3.9'da tam kuru yoğunluk değerleri ile statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü arasındaki grafikler, regresyon denklemleri ve belirtme katsayıları verilmiştir. Belirtme katsayısının (R^2) 0.50'nin üzerinde olması tam kuru yoğunluk değerleri ile statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü arasında güçlü-pozitif bir ilişkinin varlığını göstermektedir. Kayın öz ve diri odununda belirtme katsayıları diğerlerine göre biraz düşük ölçülmüştür. Bunun olası sebebinin uzun süre buharlama yapılması olarak düşünülmektedir. Ayrıca kayın öz odununda kırmızı yürek oluşumunun da yine yoğunluk ile direnç arasındaki ilişki üzerine olumsuz etkisi olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.7 Kavak odununda eğilme direnci (A) ve e. modülünün (B) yoğunluk ile ilişkisi



Şekil 3.8 Kayın odununda eğilme direnci (A) ve e. modülünün (B) yoğunluk ile ilişkisi



Şekil 3.9 Okaliptüs odununda eğilme direnci (A) ve e. modülünün (B) yoğunlukla ilişkisi

3.2.2. Dinamik Eğilme Direnci

Dinamik eğilme direncine (şok direnci) ait bulgular, rutubet miktarları, rutubet düzeltilmesi yapılmış bulgular ve dinamik kalite değerleri Çizelge 3.7’de ve varyasyon grafikleri Şekil 3.10’da verilmiştir. Dinamik eğilme direnci en yüksek okaliptüs diri odunda 0.954 kgm/cm^2 , en düşük kavak öz odununda 0.300 kgm/cm^2 ölçülmüştür. Kayın öz odunu tam kuru yoğunluğu daha yüksek olmasına rağmen, kayın diri odununun (0.840 kgm/cm^2) kayın öz odunundan (0.600 kgm/cm^2) daha yüksek dinamik eğilme direncine sahip olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi kayın diri odununda uzun liflilik sonucu kıymıklı kırılma gerçekleşmesi, kayın öz odununun yaşlı odundan oluşması ve kırmızı yürek oluşumudur denebilir.

Çizelge 3.7 Dinamik eğilme direnci ve dinamik kalite değeri

Dinamik Eğilme Direnci (kgm/cm ²)									
İ.D.	σ _{DEm}	m	σ _{DE12}	I _d		σ _{DEm}	m	σ _{DE12}	I _d
	Kavak öz odunu (n:30)					Kavak diri odunu (n:30)			
x	0.299	12.1	0.300 A	2.9		0.463	11.5	0.459 AB	3.4
s	0.075	0.7	0.074	0.5		0.111	0.7	0.112	0.6
v	25.02	5.7	24.81	17.6		23.88	5.7	24.46	16.6
	Kayın öz odunu (n:30)					Kayın diri odunu (n:30)			
x	0.586	13	0.600 B	1.6		0.813	13.3	0.840 C	2.1
s	0.165	0.6	0.166	0.3		0.354	0.6	0.363	0.7
v	28.11	4.8	27.64	22.3		43.48	4.8	43.25	34.3
	Okaliptüs öz odunu (n:30)					Okaliptüs diri odunu (n:30)			
x	0.571	12.3	0.574 B	2.2		0.921	13.3	0.954 C	2.6
s	0.242	0.8	0.24	0.7		0.231	0.9	0.249	0.6
v	42.41	6.6	41.9	32.7		25.06	6.6	26.12	22.9

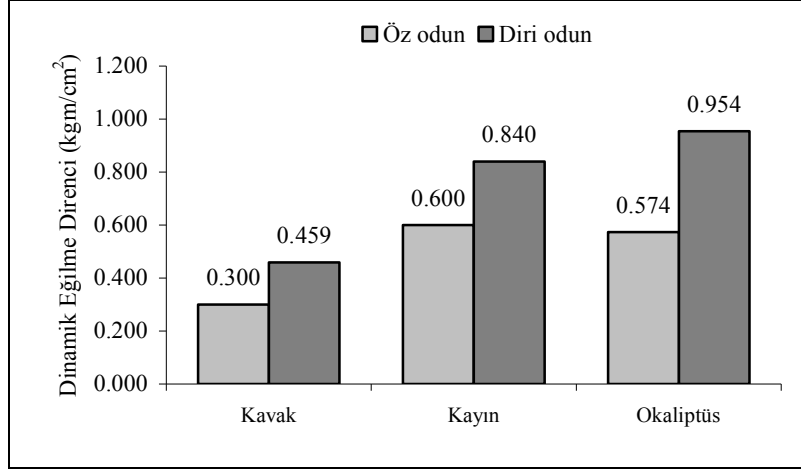
σ_{DEm} : %m rutubetteki dinamik eğilme direnci, σ_{DE12} : %12 rutubetteki dinamik eğilme

Dinamik kalite değeri bulgularına göre; kavak öz ve diri odunu “iyi kalite” okaliptüs öz odunu “orta kalite” okaliptüs diri odunu “iyi kalite” kayın öz odunu “orta kalite” ve kayın diri odunu “iyi kalite” sınıfında yer almıştır.

Çizelge 3.8’de dinamik eğilme direnci varyans analizi sonuçları verilmiştir. Gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu görülmektedir. Gruplar arasındaki farklara ait Tukey çoklu ayırım testi sonuçları Çizelge 3.7’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kayın ve okaliptüs diri odunları arasında ve ayrıca öz odunları arasında fark bulunmamaktadır.

Çizelge 3.8 Dinamik eğilme direnci varyans analizi sonuçları

Dinamik eğilme Direnci	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	8.7	5	1.7	33.1	0.000
Gruplar içi	8.6	164	0.1		
Toplam	17.4	169			

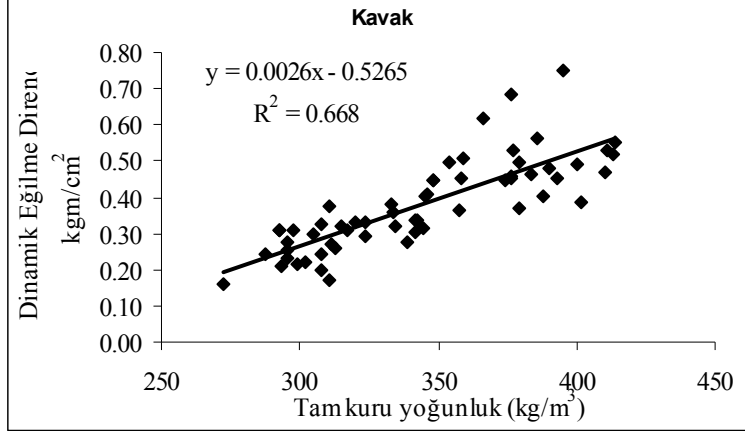


Şekil 3.10 Öz odun ve diri odunda dinamik eğilme direncine ait varyasyon grafiği

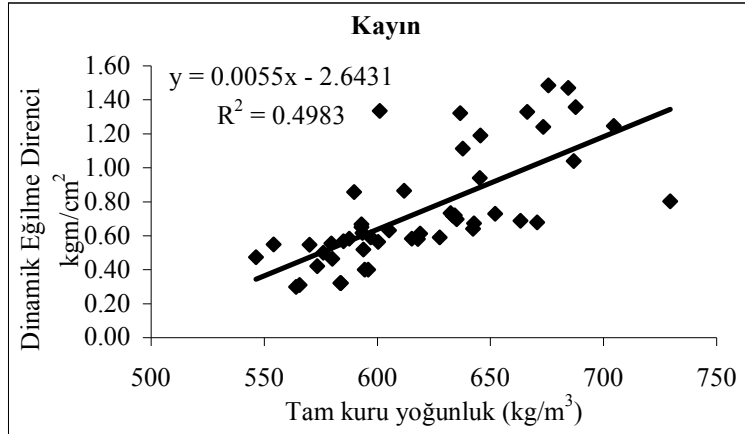
Kırılma şekilleri bakımından kavak öz ve diri odunu kıymıksız, kayın diri odunu kayın öz odununa göre nispeten kıymıklı, okaliptüs öz odunu oldukça kıymıksız, okaliptüs diri odununda ise son derece kıymıklı kırılma gerçekleşmiştir. Kıymıklı kırılma uzun lifliliği, kıymıksız kırılma ise kısa lifliliği ve gevrekliği göstermektedir. Kıymıklı kırılma oluşan örneklerde dinamik eğilme direnci daha yüksek ölçülmektedir. Ancak bu gözleme dayanan, nanparametrik bir ölçüm olduğu için rakamla tam olarak ifade edilememektedir.

Çizelge 3.6’da verilen bulgular incelendiğinde öz odun ile diri odun arasında dinamik eğilme direncinin çok farklı sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu konuda yapılan diğer çalışmalarda; Acosta ve ark. (2008) tarafından Arjantin menşei okaliptüs grandis odununun yoğunluğunu 467 kg/m^3 ve bu yoğunluktaki dinamik eğilme direnci absorplanan iş miktarı olarak 1.55 kgm , Bektaş ve ark. (2008) okaliptüs grandis odununun dinamik eğilme direncini 0.544 kgm/cm^2 , Malkoçoğlu (1994) Kayın odununun dinamik eğilme direncini 0.95 kgm/cm^2 , Ünsal (1998) 50 saat buharlanmış Kayın odununun dinamik eğilme direncini 0.881 kgm/cm^2 , Bektaş ve Güler (2001) Andırın yöresi kayın odununun dinamik eğilme direncini 0.850 kgm/cm^2 , Tunçtaner ve ark. (1994), I-214 kavak klonunun dinamik eğilme direnci ortalama 0.247 kgm/cm^2 , Tunçtaner ve ark. (2004) I-214 klonunun dinamik eğilme direncini 0.172 kgm/cm^2 olarak farklı şekillerde ölçmüşlerdir. Çizelge 3.6’da verilen değerler literatürdeki dinamik eğilme direnci değerleri ile karşılaştırıldığı

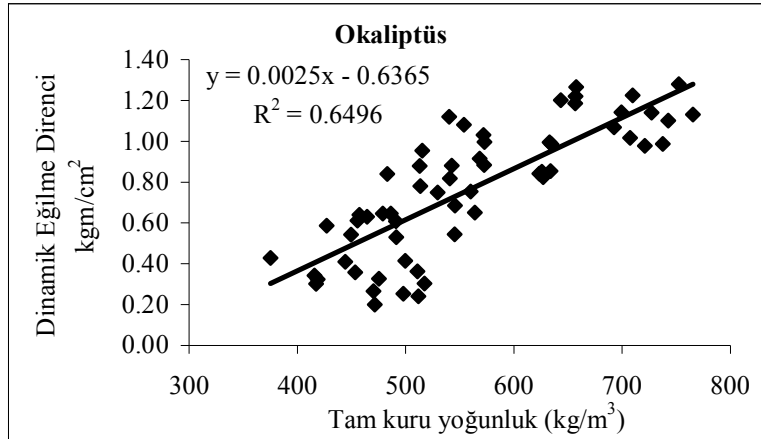
zaman kavak ve okaliptüsde daha yüksek değerler ölçüldüğü, kayında ise daha düşük değerler ölçüldüğü görülmektedir. Kavak odununda yoğunluğun yüksek olması, kayın odununda ağaç yaşı ve kırmızı yürek oluşumu, okaliptüsde ise yoğunluğun yüksek olması ve test örneklerinin ağaçtan alındığı yer ve her üçü için kuvvetin uygulanma yönü (radyal-teğet yüzey) gibi faktörlerin bu farklılıkların sebebi olduğu söylenebilir.



Şekil 3.11 Kavak odununda şok direnci ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki



Şekil 3.12 Kayın odununda şok direnci ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki



Şekil 3.13 Okaliptüs odununda şok direnci ile tam kuru yoğunluk arasındaki ilişki

Şekil 3.11, 3.12 ve 3.13 incelendiğinde tam kuru yoğunluk miktarı ile dinamik eğilme direnci arasındaki ilişki için belirtme katsayısı; kavakta 0.66, kayında 0.49 ve okalıptüste 0.64 olduğu görülmektedir. Buna göre tam kuru yoğunluk ile dinamik eğilme direnci arasında pozitif-güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Kayın odununda belirtme katsayısının diğerlerine göre düşük çıkmasının sebebinin yaklaşık 50 saat süre ile buharlama işleminden geçmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

3.2.3. Liflere Paralel Basınç Direnci

Elde edilen veriler ve Tukey testi sonuçları Çizelge 3.9’da, varyans analizi sonuçları Çizelge 3.10’da, varyasyon grafiği Şekil 3.14’de ve liflere paralel basınç direnci ile hava kurusu yoğunluk miktarı arasındaki ilişki Şekil 3.15, 3.16 ve 3.17’de verilmiştir. Yapılan testler sonucunda liflere paralel basınç direnci en yüksek okalıptüs diri odununda 60.5 N/mm^2 ve en küçük kavak öz odununda 31.6 N/mm^2 ölçülmüştür.

Çizelge 3.9 incelendiğinde kayına göre okalıptüste daha yüksek liflere paralel basınç direnci ölçüldüğü (sırasıyla 53.3 ve 60.5 N/mm^2) görülmektedir. Bunun temel sebebinin kayın odununda, yoğunluğa katkısı olan fakat liflere paralel basınç direncine fazla katkısı olmayan, öz ışınlarının fazla miktarda bulunmasıdır denebilir. Okalıptüs odununda özışını miktarı çıplak gözle görülemeyecek kadar azdır. Kayın odununda çıplak gözle rahatlıkla görülebilecek kadar yoğun miktarda bulunmaktadır. Liflere paralel basınç direnci testinde kuvvet liflere paralel uygulandığı için özışınlarının direnç desteğinin fazla olmadığı düşünülmektedir.

Çizelge 3.9’da verilen statik kalite değerlerine göre en yüksek kalite değeri okalıptüs öz odununda en düşük ise kayın öz ve diri odununda ölçülmüştür.

Okalıptüs odununda yapılan diğer bazı çalışmalarda; Santos ve ark. (2004), okalıptüs grandis odununda liflere paralel basınç direncini 48.9 N/mm^2 , Acosta ve ark. (2008) Arjantin menşeli okalıptüs grandis odununun liflere paralel basınç direnci 33.5 N/mm^2 , Lobao ve ark. (2004) 40.3 N/mm^2 olarak ölçmüşlerdir. Bir başka çalışmada, 37 ile 81 N/mm^2 aralığında ölçülmüştür (Joe ve Dickson, 2006).

Özellikle, idare süresi kısa olan (8-10 yıl) plantasyonlardan elde edilen ağaçlar üzerinde yapılan denemelerde yoğunluk miktarı genç odun oluşumundan dolayı düşük ölçülmektedir. Buna paralel olarak da mekanik özellikler düşük çıkmaktadır. Ayrıca plantasyonlarda yapılan üretimlerde dikim aralığı, sulama ve gübrelemenin de yoğunluğa ve dolayısıyla mekanik özelliklere etkisi vardır.

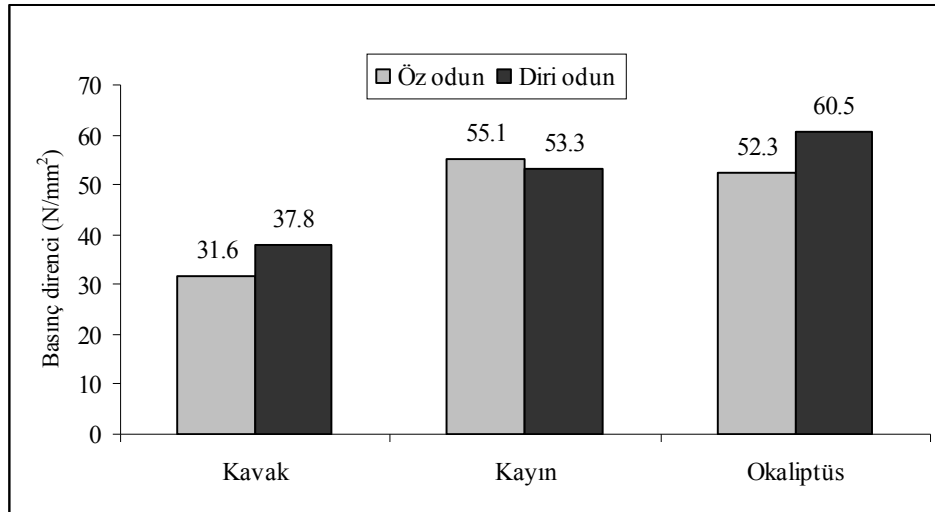
Çizelge 3.9 Liflere paralel basınç direnci ve statik kalite değeri

Liflere paralel basınç direnci (N/mm ²) (n:150)									
İ.D.	$\sigma_{B/m}$ (N/mm ²)	M (%)	$\sigma_{B/12}$ (N/mm ²)	I_{SB}		$\sigma_{B/m}$ (N/mm ²)	M (%)	$\sigma_{B/12}$ (N/mm ²)	I_{SB}
	Kavak öz odun					Kavak diri odun			
x	33	11.2	31.6 A	9.2		39.8	11	37.8 B	9.4
s	3.2	1	3.5	0.6		3.9	0.8	3.8	0.6
v	9.8	8.9	11.1	6.9		9.9	6.8	10	6.3
	Kayın öz odun					Kayın diri odun			
x	54.7	12.1	55.1 D	8.4		53.2	12.1	53.3 CD	8.4
s	6	1.1	6.7	0.7		6.7	0.6	6.6	0.7
v	10.9	8.9	12.1	7.7		12.6	5.4	12.4	7.8
	Okalıptüs öz odun					Okalıptüs diri odun			
x	52.1	12	52.3 C	9.5		59.6	12.3	60.5 E	9.3
s	8.6	0.8	9.2	1.1		8.2	0.7	9.3	0.6
v	16.5	6.7	17.6	11.7		13.8	6.1	15.3	6.7

$\sigma_{B/m}$: %m rutubetteki liflere paralel basınç direnci, $\sigma_{B/12}$: %12 rutubetteki liflere paralel basınç direnci, m: rutubet miktarı, I_{SB} : basınçta statik kalite değeri

Çizelge 3.10 Liflere paralel basınç direnci varyans analizi sonuçları

Basınç direnci	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	91442.6	5	18288.5	389.6	0.000
Gruplar içi	40373.5	860	46.9		
Toplam	131816.2	865			

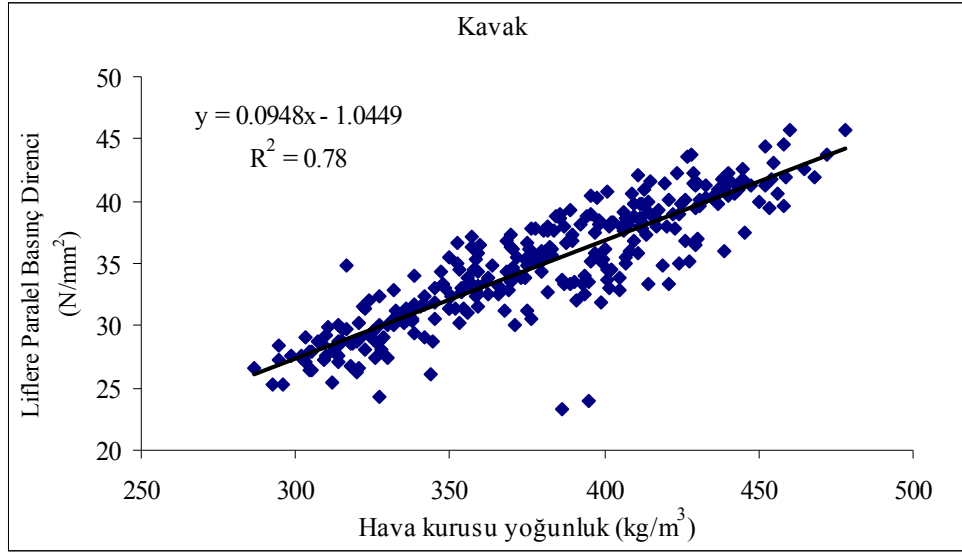


Şekil 3.14 Öz odun ve diri odunda basınç direnci varyasyon grafiği

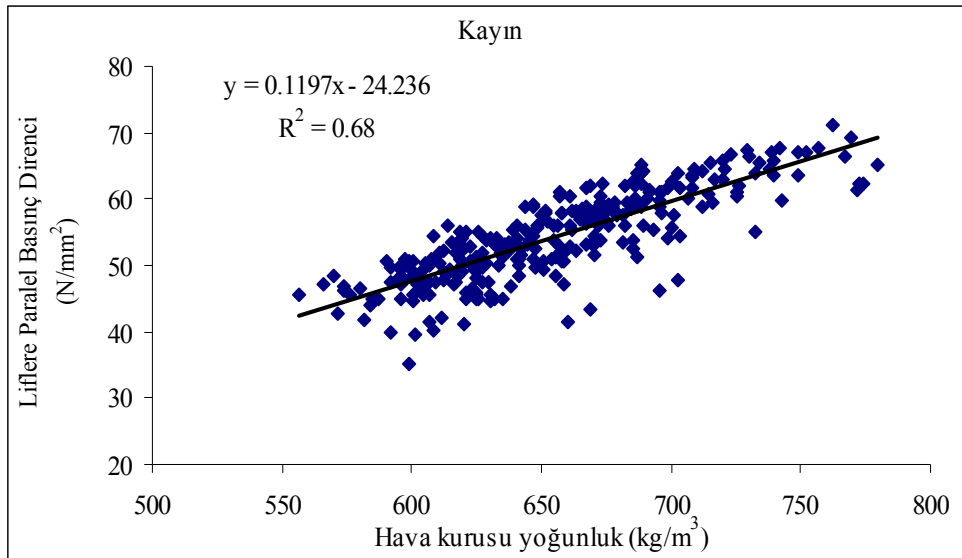
Kayın ve kavak odunu üzerinde yapılan bazı çalışmalarda ise; Malkoçoğlu (1994) kayın odununun liflere paralel basınç direncini 56 N/mm², Ünsal (1998) 50 saat buharlanmış kayın odununun liflere paralel basınç direncini 49 N/mm², Bektaş ve Güler (2000) tarafından Andırın yöresi kayın odununun da 59 N/mm² olarak ölçmüşlerdir. Kurt

2010’da bazı kavak klonları ile yapılan çalışmada I-214 klonunun masif odununda liflere paralel basınç direnci değeri 35.1 N/mm² olarak ölçülmüştür. Tunçtaner ve ark. (1994) I-214 klonunun liflere paralel basınç direnci değeri 29.6, 35.1 ve 38.1 N/mm² olarak ölçülmüştür. Kayın ve kavak odunlarında literatüre benzer veriler elde edilmiştir.

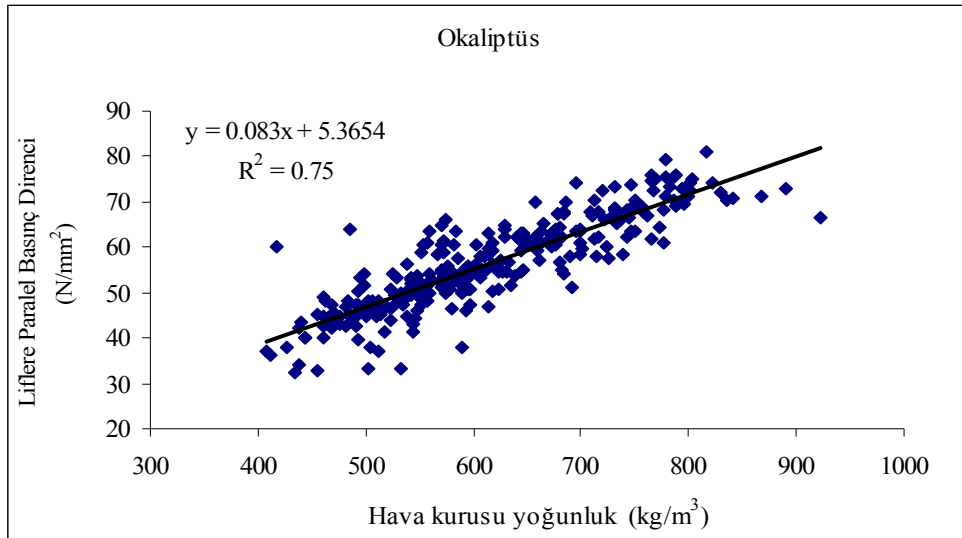
Şekil 3.15, 3.16 ve 3.17 incelendiğinde hava kurusu yoğunluk miktarı ile basınç direnci arasındaki ilişkinin miktarını gösteren belirtme katsayısı; kavakta 0.78, kayında 0.68 ve okalıptüsde 0.75 olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre artan güçlü bir ilişkiden bahsedilebilir. Belirtme katsayısının kayında düşük çıkması, özışınlarının hava kurusu yoğunluğa katkısı var ancak liflere paralel basınç direncine aynı oranda yok şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 3.15 Kavak odununda liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki



Şekil 3.16 Kayın odununda liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki



Şekil 3.17 Okalıptüs odununda liflere paralel basınç direnci ile yoğunluk arasındaki ilişki

3.2.4. Liflere Paralel Makaslama Direnci

Liflere paralel makaslama direncine ait bulgular ve Tukey çoklu ayırım testi sonuçları Çizelge 3.11’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 3.12’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.18’de verilmiştir. Bu bulgulara göre liflere paralel makaslama direnci en yüksek Kayın öz odununda 13.77 N/mm^2 , en düşük kavak öz odununda 5.47 N/mm^2 olarak ölçülmüştür. Liflere paralel basınç direncinin aksine liflere paralel makaslama direncinin kayın odununda özışınlarının fazla miktarda bulunması sebebiyle, okalıptüstten daha yüksek ölçüldüğü düşünülmektedir.

Çizelge 3.11 Liflere paralel makaslama direnci

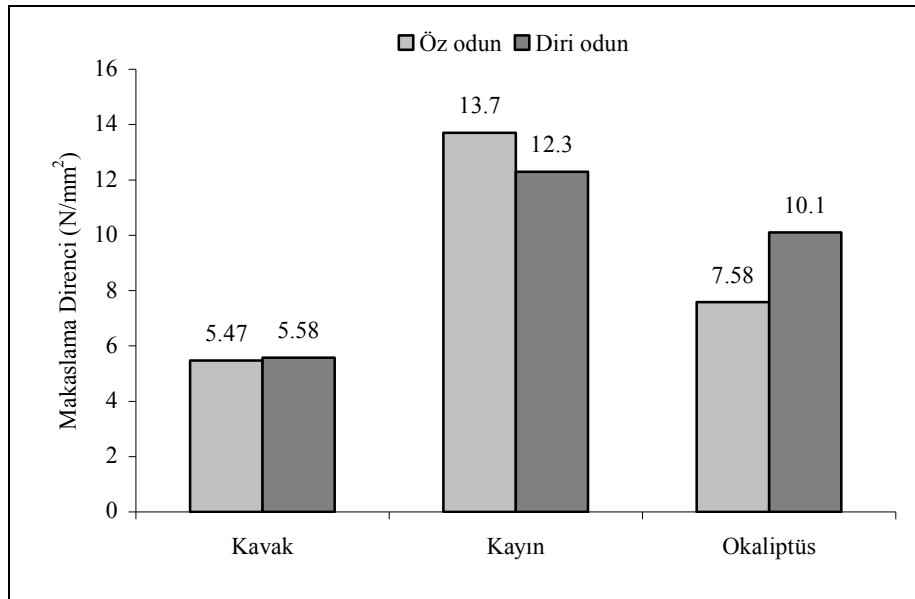
Liflere Paralel Makaslama Direnci (N/mm^2) (n:30)							
İ.D.	σ_{Mm}	m	σ_{M12}		σ_{Mm}	m	σ_{M12}
	Kavak öz odun				Kavak diri odun		
x	5.51	11.74	5.47 A		5.65	11.61	5.58 A
s	0.72	0.23	0.73		0.85	0.26	0.83
v	13.07	1.95	13.32		15.04	2.24	14.93
	Kayın öz odun				Kayın diri odun		
x	13.48	12.70	13.77 E		12.32	12.15	12.38 D
s	1.96	0.22	2.02		1.84	1.61	1.97
v	14.54	1.73	14.64		14.95	13.23	15.89
	Okalıptüs öz odun				Okalıptüs diri odun		
x	7.43	12.67	7.58 B		9.86	12.80	10.10 C
s	1.49	0.64	1.55		2.58	0.35	2.65
v	20.04	5.05	20.42		26.15	2.71	26.26

σ_{Mm} : m rutubetteki makaslama direnci, σ_{M12} : %12 rutubetteki makaslama direnci

Çizelge 3.12 Makaslama direnci varyans analizi sonuçları

Makaslama direnci	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	191723.6	5	38344.7	119	0.000
Gruplar içi	56078.7	174	322.3		
Toplam	247802.3	179			

Santos ve ark. (2004), okalıptüs grandis odununda liflere paralel makaslama direnci değerini 12.6 N/mm² olarak ölçmüşlerdir. Bu değer Çizelge 3.8’de verilen öz odun ve diri odun ortalamasından daha yüksektir. Bunun sebebi muhtemelen radyal-teğet yüzeyde yapılan liflere paralel makaslama direnci farkından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde Acosta ve ark. (2008) tarafından Arjantin menşei okalıptüs grandis teğet yüzeyde 10.6 ve radyal yüzeyde 11.2 N/mm², Lobao ve ark. (2004) tarafından 7.0 N/mm² olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.18 Öz odun ve diri odunda makaslama direnci varyasyon grafiği

Kayın odununda; Malkoçoğlu (1994) liflere paralel makaslama direncini radyal yönde 9.4 ve teğet yönde 9.7 N/mm² olarak belirlemiştir. Keskin (2001), masif kayın odununun liflere paralel makaslama direncini 11.42 N/mm² olarak ölçmüştür. Bektaş ve Güler (2001) tarafından Andırın yöresi kayın odununun liflere paralel makaslama direnci değeri 9.7 N/mm² olarak ölçülmüştür. Çizelge 3.11’deki veriler literatürle karşılaştırıldığı zaman farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Radyal yüzeyde yapılan denemeler teğet yüzeyde yapılanlardan daha yüksek çıkmaktadır.

3.2.5. Liflere Paralel Çekme Direnci

Liflere paralel çekme direnci testine ait bulgular ve Tukey testi sonuçları Çizelge 3.13’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 3.14’te ve varyasyon grafiği Şekil 3.19’da verilmiştir. Bu çalışmada yapılan testler sonucunda en yüksek liflere paralel çekme direnci kayın öz odununda 116.1 N/mm^2 , en küçük ise kavak öz odununda 70.8 N/mm^2 olarak ölçülmüştür.

Lobao ve ark. (2004) hava kurusu yoğunluk miktarı 640 kg/m^3 olan *O.grandis* odununun liflere paralel çekme direncini 70.2 N/mm^2 olarak ölçmüşlerdir. Bu değer Çizelge 3.13’te verilen değerlerden daha düşük bir değerdir. Okalıptüs grandis odununda elde edilen sonuçların literatürle benzerlik göstermemesi diğer mekanik özelliklerde olduğu gibi klon farkı, ağaç yaşı ve yoğunluğu ile ilgilidir denebilir.

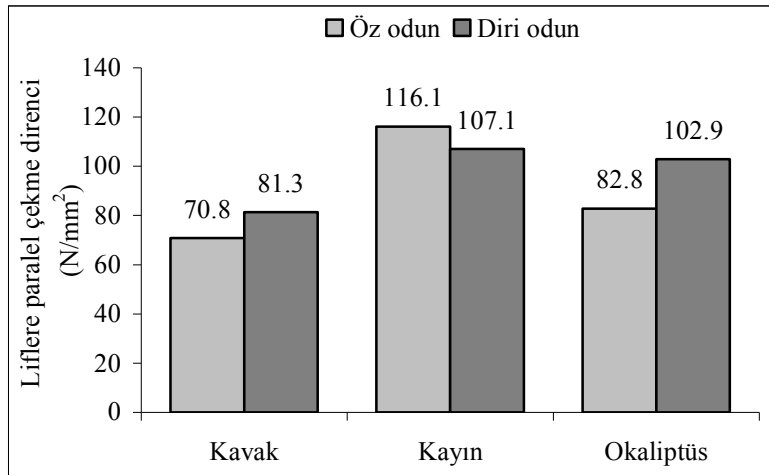
Malkoçoğlu (1994) kayın odununun liflere paralel çekme direncini 129 N/mm^2 olarak belirlemiştir. Bu sonuç Çizelge 3.13’te verilen değerden daha yüksek bir değerdir. Fakat Çizelge 3.13’te verilen sonuçlar yaklaşık 50 saat buharlama yapılmış odundan elde edilen liflere paralel çekme direnci değerleridir. Buharlamanın olumsuz etkisi olduğu söylenebilir.

Çizelge 3.13 Liflere paralel çekme direnci sonuçları

Liflere Paralel Çekme Direnci (N/mm^2)							
İ.D.	$\sigma_{\text{Ç/m}}$	m	$\sigma_{\text{Ç/12}}$		$\sigma_{\text{Ç/m}}$	m	$\sigma_{\text{Ç/12}}$
	Kavak öz odunu (n:25)				Kavak diri odunu (n:26)		
x	76.1	9.7	70.8 A		87.8	9.5	81.3 B
s	13.3	0.1	12.1		13.7	0.4	12.4
v	17.4	1.5	17.2		15.6	4.2	15.3
	kayın öz odunu (n:24)				Kayın diri odunu (n:24)		
x	124.6	9.7	116.1 D		114.6	9.8	107.1 C
s	11.2	0.3	10.3		11.5	0.4	10.9
v	9.0	3.2	8.9		10.0	4.2	10.2
	Okalıptüs öz odunu (n:28)				Okalıptüs diri odunu (n:27)		
x	90.3	9.3	82.8 B		110.7	9.7	102.9 C
s	13.1	0.5	12.0		17.8	0.7	16.3
v	14.5	4.9	14.4		16.0	7.2	15.8

Çizelge 3.14 Liflere paralel çekme direnci varyans analizi sonuçları

Liflere paralel Çekme direnci	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	191723.6	5	38344.7	119.00	0.000
Gruplar içi	56078.7	174	322.3		
Toplam	247802.3	179			



Şekil 3.19 Öz odun ve diri odunda liflere paralel çekme direnci varyasyon grafiği

3.2.6. Liflere Dik Çekme Direnci

Liflere dik çekme direncine ait bulgular ve Tukey testi sonuçları Çizelge 3.15’de, varyans analizi sonuçları Çizelge 3.16’da ve varyasyon grafiği Şekil 3.20’de gösterilmiştir. Yapılan testler sonucunda en yüksek liflere dik çekme direnci Kayın öz odununda 5.93 N/mm², en düşük ise kavak öz odununda 2.71 N/mm² olarak elde edilmiştir. Malkoçoğlu (1994), kayın odununun liflere dik çekme direncini radyal yönde 3.33 N/mm² ve teğet yönde 3.72 N/mm² olarak belirlemiştir.

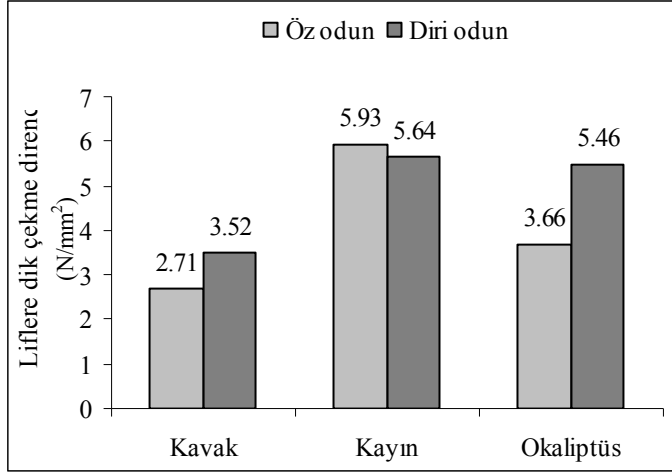
Çizelge 3.15 Liflere dik çekme direnci sonuçları

Liflere Dik Çekme Direnci (N/mm ²)							
İ.D.	σ _{Ç⊥m}	m	σ _{Ç⊥12}		σ _{Ç⊥m}	m	σ _{Ç⊥12}
	Kavak öz odunu (n:25)				Kavak diri odunu (n:30)		
x	2.76	10.99	2.71 A		3.59	10.60	3.52 B
s	0.61	0.29	0.60		0.53	0.22	0.51
v	22.1	2.6	22.1		14.6	2.1	14.6
	Kayın öz odunu (n:25)				Kayın diri odunu (n:25)		
x	6.02	10.96	5.93 D		5.70	11.32	5.64 C
s	0.77	0.66	0.76		0.57	0.23	0.57
v	12.7	6.0	12.8		10.0	2.1	10.1
	Okaliptüs öz odonu (n:25)				Okaliptüs diri odunu (n:30)		
x	3.72	10.92	3.66 B		5.50	11.41	5.46 C
s	0.77	0.23	0.76		0.94	0.37	0.94
v	20.6	2.1	20.7		17.1	3.2	17.2

Çizelge 3.15 incelendiği zaman genel olarak yoğunluk miktarı en yüksek olan kayın öz odununda en yüksek liflere dik çekme direnci elde edildiği, yoğunluğu en düşük olan kavak öz odununda ise en düşük liflere dik çekme direnci elde edildiği ve genel olarak öz odun-diri odun arasında ise yoğunluğun yüksek olduğu noktada yüksek çekme direncinin elde edildiği görülmektedir.

Çizelge 3.16 Liflere dik çekme direnci varyans analizi sonuçları

Liflere dik Çekme direnci	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	233.2	5	46.6	92.6	0.000
Gruplar içi	76.03	151	0.5		
Toplam	309.3	156			



Şekil 3.20 Öz odun ve diri odunda liflere dik çekme direnci varyasyon grafiği

3.2.7. Statik Sertlik

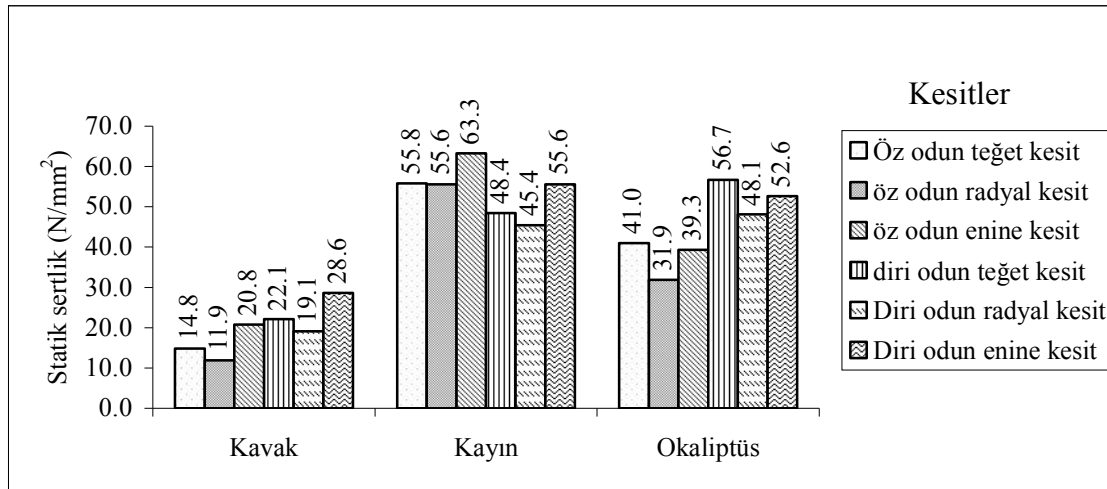
Statik sertlik testine ait bulgular Çizelge 3.17’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.21’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek statik sertlik değeri kayın öz odununda enine yüzeyde 63.3 N/mm^2 , en küçük ise kavak öz odununda radyal yüzeyde 20.8 N/mm^2 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; kavak öz odunu sertlik değerleri kavak diri odununun sertlik değerlerinden ve kayın diri odununun sertlik değerleri kayın öz odununkinden daha düşük ölçülmüştür. Bu durum yoğunluk miktarı ile ilgilidir. Statik sertlik değeri ile odunun yoğunluğu arasındaki ilişki Şekil 3.22, 3.23 ve 3.24’de grafik olarak gösterilmiştir. Regrasyon denklemi (y) ve belirtme katsayısı (R^2) grafik içerisinde verilmiştir. Yoğunluğun yüksek olduğu test örneklerinde sertlikte yüksek ölçülmüştür. Kavak ve kayın odununda en yüksek sertlik enine yüzeyde ölçülmüştür. Ancak okalıptüs odununda hem öz odun hem de diri odunda en yüksek sertlik değeri teğet yüzeyde ölçülmüştür.

Acosta ve ark. (2008), Arjantin orijini okalıptüs odunun da statik sertliği enine yüzeyde 44.1, teğet yüzeyde 28.4 ve radyal yüzeyde 27.9 N/mm^2 ve Joe ve Dickson (2006) tarafından okalıptüste radyal yüzeyde statik sertlik 16.6 ile 80.3 N/mm^2 ve teğet yüzeyde 23.5 ile 76.4 N/mm^2 aralığında ölçülmüştür. Ancak bu iki çalışmada test edilen okalıptüs odunun yoğunluk miktarları, Çizelge 3.17’de verilen değerlerden daha düşüktür.

Çizelge 3.17 Teğet, radyal ve enine yüzeyde statik sertlik değerleri

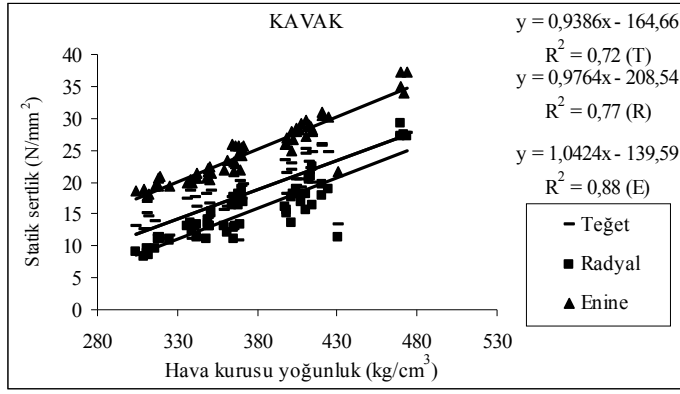
Statik Sertlik Değerleri (N/mm ²)							
İ.D.	Teğet yüzey	Radyal Yüzey	Enine Yüzey		Teğet yüzey	Radyal Yüzey	Enine Yüzey
	Kavak öz odunu (n:30)				Kavak diri odunu (n:30)		
x	14.8	11.9	20.8		22.1	19.1	28.6
s	2.7	2.0	1.7		3.3	3.9	3.4
v	18.4	16.5	8.1		15.2	20.4	11.8
	Kayın öz odunu (n:24)				Kayın diri odunu (n:24)		
x	55.8	55.6	63.3		48.4	45.4	55.6
s	11.1	8.4	8.9		5.7	5.2	4.7
v	19.9	15.1	14.1		11.7	11.5	8.4
	Okaliptüs öz odunu (n:24)				Okaliptüs diri odunu (n:24)		
x	41.0	31.9	39.3		56.7	48.1	52.6
s	10.3	8.4	7.4		15.1	16.4	12.7
v	25.0	26.3	18.7		26.7	34.1	24.1

Çizelge 3.17’de verilen kayın odunu enine kesitte ortalama sertlik değerleri, teğet kesitte radyal kesitten yüksek ölçülmüştür. Benzer sonuçlar; Ünsal (1998) tarafından 50 saat buharlanmış kayın odununun statik sertlik değeri enine yüzeyde 64.8, teğet yüzeyde 39.8 ve radyal yüzeyde 39.8 N/mm² olarak ölçülmüştür.

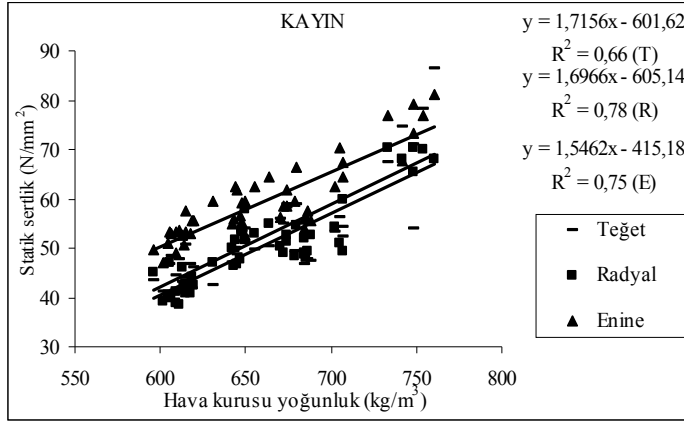


Şekil 3.21 Öz odun ve diri odunda statik sertlik değerleri varyasyon grafiği

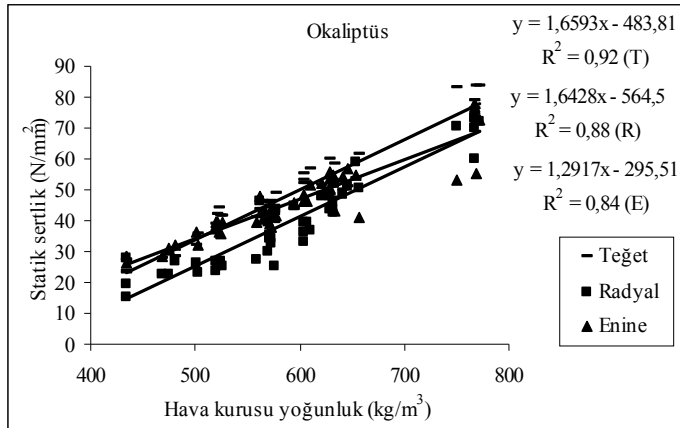
Kavak odununda ise; Tunçtaner ve ark. (1994) tarafından farklı bloklardan elde edilen I-214 kavak klonunun statik sertlik değerini, enine yüzeyde, radyal yüzeyde ve teğet yüzeyde B-I’de 27.5, 12.3, 11.6, B-II’de 29.8, 18.9, 17.2 ve B-III’de 39.5, 21.5 ve 19.5 N/mm² olarak ölçülmüştür. Tunçtaner ve ark. (2004) statik sertlik değerleri ise enine yüzeyde 27.6, radyal yüzeyde 14.0 ve teğet yüzeyde 13.9 N/mm² olarak ölçülmüştür. Bu verilere göre melez kavak odununun yetiştirme yerine göre çok değişken mekanik özellikler verdiği söylenebilir.



Şekil 3.22 Kavak odununda teğet, radyal ve enine kesitte statik sertlik yoğunluk ilişkisi



Şekil 3.23 Kayın odununda teğet, radyal ve enine kesitte statik sertlik yoğunluk ilişkisi



Şekil 3.24 Okaliptüs odununda teğet, radyal ve enine kesitte statik sertlik yoğunluk ilişkisi

Şekil 3.22, 3.23 ve 3.24 incelendiğinde statik sertlik değerleri ile tam kuru yoğunluk miktarları arasındaki ilişkinin derecesini gösteren R^2 değerlerinin, her üç ağaç türü için en düşük 0.66 olarak kayın odunu teğet yüzeyde ölçüldüğü, en yüksek ise 0.92 okaliptüs teğet yüzeyinde ölçüldüğü görülmektedir. Elde edilen bu verilerden tam kuru yoğunluk miktarı ile statik sertlik değeri arasında pozitif güçlü bir ilişkiden söz edilebilir.

3.3. LVL’de Fiziksel özellikler ile İlgili Bulgular

3.3.1. Hava Kuru Yoğunluk ve Tam Kuru Yoğunluk

Hava kuru yoğunluk ve tam kuru yoğunluk ölçümleri statik eğilme direnci ve dinamik eğilme direnci test örneklerinden, test sonrası kırılma noktasının her iki tarafından alınan yoğunluk örnekleri üzerinde yapılmıştır.

Elde edilen bulgular Çizelge 3.18 ve 3.19’da ve varyasyon grafiği Şekil 3.25’de toplu olarak verilmiştir. Bu bulgular incelendiğinde, her ağaç türü için ayrı ayrı yapılan ANOVA testi sonucunda ($\alpha=0.05$ için) tam kuru yoğunluk miktarı için okalıptüsde $P>0.05$, kavakta $P>0.05$ ve kayında $P<0.001$ olarak ölçülmüştür. Hava kuru yoğunluk miktarları için okalıptüsde $P>0.05$, kavakta $P>0.05$ ve kayında $P<0.001$ olarak bulunmuştur. Yapılan Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3.12 ve 3.13’de gösterilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre sadece kayın odununda tutkal türleri arasında tam kuru yoğunluk ve hava kuru yoğunluk miktarları farklı bulunmuştur. Bu durum FF ile yapıştırılan levhalarda pres sıcaklığı ile ve genel olarak ta kullanılan kaplamaların özelliği ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

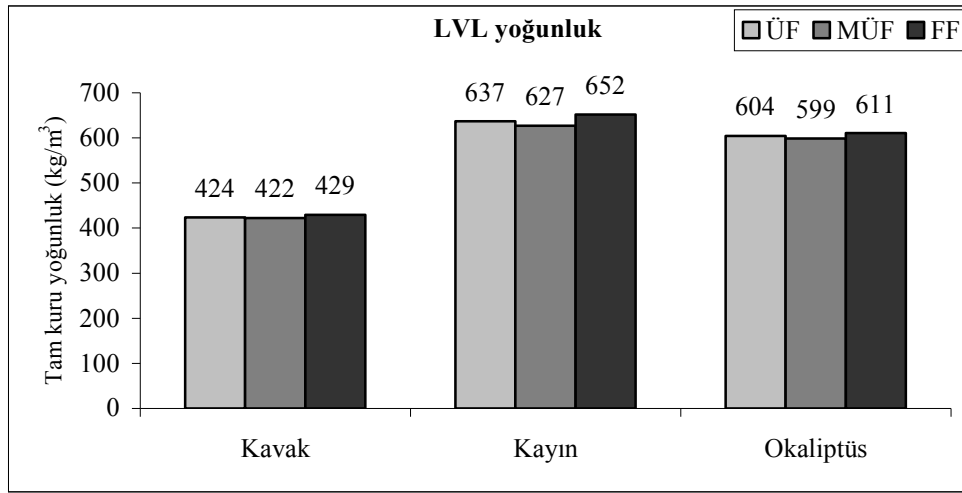
Çizelge 3.18 LVL’de hava kuru yoğunluk değerleri ve Tukey testi sonuçları

Hava kuru yoğunluk (kg/m ³) (n:60)											
	KAVAK				KAYIN				OKALİPTÜS		
	ÜF	MÜF	FF		ÜF	MÜF	FF		ÜF	MÜF	FF
x	447	444	449		664 B	654 A	680 C		636	627	638
s	24.8	21.1	17.6		21.7	9.4	26.3		21.9	31.5	27.3
v	5.5	4.8	3.9		3.3	1.4	3.9		3.4	5.0	4.3

Çizelge 3.19 LVL’de tam kuru yoğunluk değerleri ve Tukey testi sonuçları

Tam kuru yoğunluk (kg/m³) (n:60)											
	KAVAK				KAYIN				OKALİPTÜS		
	ÜF	MÜF	FF		ÜF	MÜF	FF		ÜF	MÜF	FF
x	424	422	429		637 B	627 A	652 C		604	599	611
s	24.1	16.2	17.3		20.9	8.5	16.4		24.2	31.5	26.6
v	5.7	3.8	4.0		3.3	1.4	2.5		4.0	5.3	4.4

Lamine malzemelerin yoğunluğu, kaplamanın elde edildiği masif ağaç malzemeye göre yoğunluk miktarının daha yüksek çıktığı ve bunun temel sebebinin tutkal miktarının, tutkala katılan dolgu ve katkı maddelerinin ve özellikle pres basıncının olduğu yapılan birçok araştırmada belirtilmiştir (Burdurlu ve ark, 2007; Kurt, 2010; Wang ve Dai, 2005; Çolak ve ark, 2007, Bao ve ark, 2001).



Şekil 3.25 LVL’de tam kuru yoğunluk miktarlarına ait varyasyon grafiği

Masif ağaç malzeme ile LVL’nin yoğunluk miktarları ile ilgili karşılaştırmalar Bölüm 3.6’da ve Çizelge 3.74’de verilmiştir. LVL üzerine yapılan bazı araştırmalarda Kurt (2010) tarafından, I-214 klonundan elde edilen LVL’nin tam kuru yoğunluğu 420 kg/m^3 (pres basıncı 12.2 kg/cm^2), Aydın ve ark. (2004), kayın ve *E.camaldulensis* odunundan (kaplama kalınlığı sırasıyla 2.1 ve 1.6 mm) ÜF ile elde edilen LVL’de, tam kuru yoğunluk miktarı kayın için 695 kg/m^3 ve *E.camaldulensis* için 674 kg/m^3 olarak, Carvalho ve ark. (2004) tarafından *E.grandis* ve *E.urophylla* hibrid odunundan FF tutkalı ile üretilen LVL’nin tam kuru yoğunluğu 660 kg/m^3 ve masif odununkinden daha yüksek olarak ölçülmüştür. Ayrıca; Shukla ve Kamdem (2009) tarafından yapılan araştırmada, Amerikan lale ağacı odunundan 3.1 mm kalınlıkta elde edilen kaplamalarla 3 tabakalı olarak ve 210 gr/cm^2 PVAc, 250 gr/cm^2 MÜF, 220 gr/cm^2 ÜF, 250 gr/cm^2 MF tutkalları kullanılarak ve sırasıyla 1.4, 2.1, 1.7 ve 2.1 MPa pres basıncı uygulanarak elde edilen LVL’lerde hava kuru yoğunluk miktarı sırasıyla; 550, 590, 560 ve 580 kg/m^3 ve masif odununda 490 kg/m^3 olarak ölçülmüştür. Masif oduna göre yoğunluk miktarında meydana gelen artışın pres basıncından ve kullanılan tutkal miktarından kaynaklandığı açıktır.

Fakat yoğunluk artışının meydana gelmediği bazı araştırmalarda mevcuttur; Tenerio ve ark. (2011) tarafından hızlı büyüyen *Gmelina arborea* odunundan elde edilen 1.5 ve 3 mm kalınlıktaki kaplamalar ile FF tutkalı kullanarak 5 tabakalı LVL ve kontrplak levhaları üretilmiştir. Masif odunun tam kuru yoğunluğu 600 kg/m^3 LVL’de hava kuru yoğunluk 523 ve kontrplak ta 516 kg/m^3 olarak ölçülmüştür. Diğer çoğu araştırmada yoğunluk masif odunda düşük çıkarken bu araştırmada yüksek ölçülmüştür. Bu durum kaplamaların

tomruktan elde edildiği yer, pres basıncı, kullanılan tutkal miktarı ve masif odunun yoğunluğunun tomruğun hangi bölgesinde ölçüldüğü ile ilgili olabilir.

3.3.2. Denge Rutubeti Miktarı

Denge rutubetine ait bulgular Çizelge 3.20’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre 7. veya 8. ölçümde (288 veya 336 saat sonunda) rutubet testi örneklerinin, ilgili standartta belirtildiği gibi, 24 saat ara ile yapılan ölçümler arasındaki fark test örneğinin ağırlığının 1/1000’inden düşük çıktığı ve değişmez ağırlığa ulaştığı (denge rutubetine) tespit edilmiştir. Kondisyonlama sonrasında LVL test örneklerinde genel olarak denge rutubeti %9.85 ile %11.02 arasında gerçekleşmiştir. Örneklerin hiçbirisi %12 denge rutubetine ulaşmamıştır.

Çizelge 3.20 LVL’de ağaç türü ve tutkal türüne göre denge rutubeti miktarları

Denge rutubeti miktarları (%) (n:10)								
KAVAK			KAYIN			OKALİPTÜS		
ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF
10.70	9.85	10.75	10.62	10.19	10.65	10.71	10.66	11.02

Çizelge 3.21 ÜF ile üretilmiş kavak LVL’de 336 saatlik kondisyonlama işlemi verileri

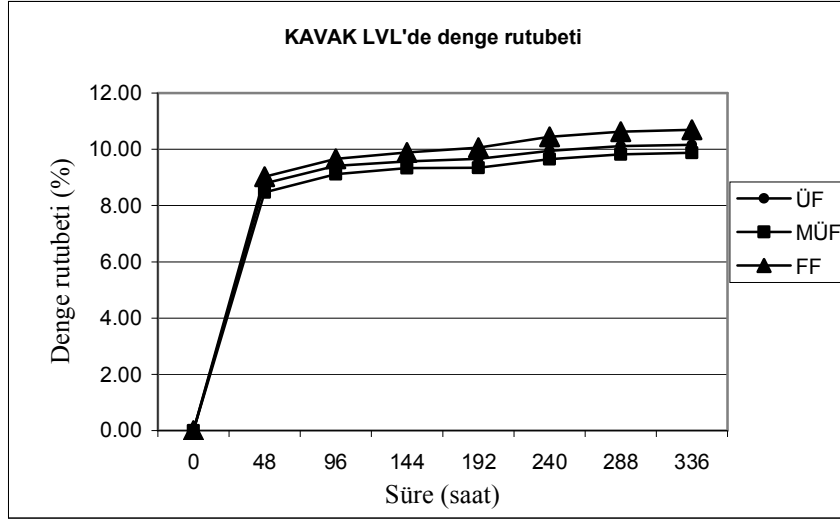
Ölçüm no	Süre (saat)	Ağırlık (gr)	Ağırlığın 1/1000’i	Ağırlıktaki % artışı	Rutubet %	(n:10)
1. ölçüm	0	18.97				
2. ölçüm	48	20.64	0.02	1.67	8.79	
3. ölçüm	96	20.76	0.02	0.12	9.43	
4. ölçüm	144	20.79	0.02	0.03	9.59	
5. ölçüm	192	20.81	0.02	0.02	9.68	
6. ölçüm	240	20.86	0.02	0.05	9.97	
7. ölçüm	288	20.90	0.02	0.03	10.15	Değişmez ağırlığa ulaştığı nokta
8. ölçüm	336	20.91	0.02	0.01	10.19	

Elde edilen bu bulgular doğrultusunda LVL’nin denge rutubeti miktarı en düşük MÜF kavak %9.85 ile en yüksek FF okaliptüs %11.02 arasında tutkal türüne göre değiştiği belirlenmiştir. Üç ağaç türünde de en düşük denge rutubeti MÜF tutkalında, en yüksek denge rutubeti FF tutkalında elde edilmiştir.

İlk 48 saat sonunda yapılan 2. ölçüm de rutubet miktarının tüm tutkal ve ağaç türleri için % 7 ile 9 arasında bir noktaya ulaştığı da belirlenmiştir. Malzeme, 336 saat sonunda aldığı toplam rutubet miktarının büyük bir kısmını ilk 48 saatte almaktadır.

ÜF ile üretilmiş Kavak LVL’de 336 saatlik kondisyonlama işlemi verileri Çizelge 3.21’de ve kavak LVL’de denge rutubeti ile süre arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 3.26’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek sonuç rutubeti FF tutkalında ve okaliptüs ağacında gerçekleşmiştir. FF ile yapıştırılan lamine malzemelerin denge rutubeti miktarının diğer tutkallara göre daha yüksek çıktığı farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Masif ağaç malzeme ile lamine ağaç malzemenin mekanik özelliklerinin doğru bir şekilde karşılaştırılabilmesi için rutubet miktarlarının aynı olması yada aynı rutubet seviyesindeki mekanik özelliklerin karşılaştırılması gerekmektedir. Bunun için hem masif ağaç malzeme testlerinde hem de LVL testlerinde mekanik özelliklere ait bulgular %12 rutubet seviyesine tahvil edilmiştir.



Şekil 3.26 ÜF, MÜF ve FF ile üretilen kavak LVL’de süre-denge rutubeti ilişkisi

Literatürdeki bazı diğer çalışmalarda LVL’de denge rutubeti; Carvalho ve ark. (2004) tarafından *E.grandis* ve *E.urophylla* hibrid odunundan FF tutkalı ile üretilen LVL’nin denge rutubeti %10.5, Biblis (2001) tarafından FF tutkalı ile üretilen LVL’de denge rutubeti %9.4, Çolak ve ark. (2004) sarıçam odunundan ÜF, MÜF, mÜF ve FF tutkalları kullanarak üretilen LVL’de, denge rutubeti miktarı sırasıyla, %9.8, MÜF’de %9.9, %10.4 ve %9.8, Sulaiman ve ark. (2009) tarafından, yağ palmyesi ağacı (oil palm trunk) odunundan, ÜF, MÜF, FF ve RFF tutkalları ile 250 gr/m² tutkal miktarı ile üretilen LVL’de, denge rutubeti sırasıyla %9.81, %9.59, %9.90 ve %7.90 ve en yüksek FF tutkalında ölçülmüştür. Ayrıca, Özen (1981) tarafından yapılan bir çalışmada tutkal türünün denge rutubeti miktarını etkilediği, FF ile yapıştırılmış kayın ve kızıl ağaç kontrplaklarda denge rutubetinin, ÜF ile yapıştırılanlardan fazla olduğu tespit edilmiş ve

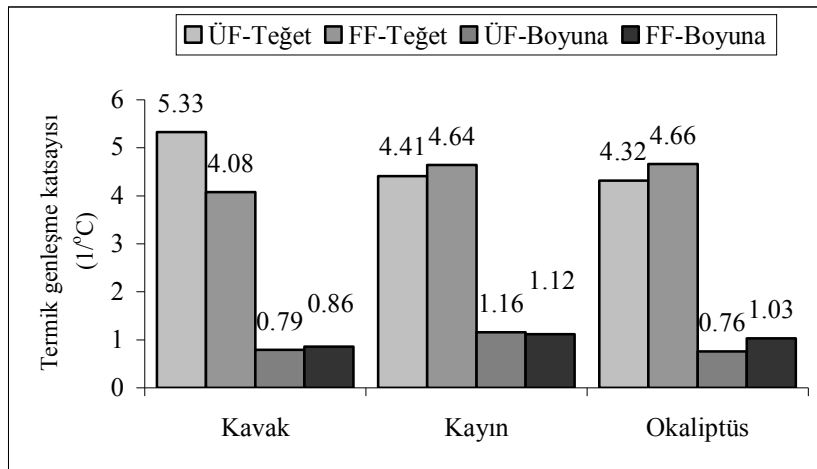
0.8 mm kalınlıklardaki kayın kaplamalardan ÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplaklarda %9.19, FF ile üretilenlerde %11.1 ve 2 mm kalınlıktaki FF ile üretilen kontrplaklarda %10.8 olarak ölçülmüştür. Literatürde farklı ağaç türleri ve tutkal türleri ile yapılan çalışmalarda denge rutubeti miktarı %9-11 aralığında belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen ve Çizelge 3.20’de verilen bulgular literatürle benzerlik göstermektedir.

3.3.3. Termik Genleşme Katsayısı

LVL’de elde edilen termik özelliklerle ilgili bulgular Çizelge 3.22’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.27’de verilmiştir. Ağaç türü ve tutkal türüne göre teğet yönde en yüksek termik genleşme katsayısı (-10 °C’den +40 °C’ye kadar ısıtıldığında) okalıptüs odunundan FF tutkalı ile elde edilen LVL’de 4.66×10^{-5} ve en düşük kavak odunundan FF tutkalı ile üretilen LVL’de 4.08×10^{-5} elde edilmiştir.

Çizelge 3.22 LVL’de termik genleşme katsayıları

Termik genleşme katsayısı α ($1/^{\circ}\text{C}$)					
	Teğet	Boyuna		Teğet	Boyuna
Kavak (ÜF) (n:10)			Kavak (FF) (n:10)		
x	4.33×10^{-5}	0.79×10^{-5}		4.08×10^{-5}	0.86×10^{-5}
s	1.63×10^{-5}	1.90×10^{-5}		1.56×10^{-5}	0.16×10^{-5}
v	3.067	2.412		3.829	1.872
Kayın (ÜF) (n:10)			Kayın (FF) (n:10)		
x	4.41×10^{-5}	1.16×10^{-5}		4.64×10^{-5}	1.12×10^{-5}
s	1.21×10^{-5}	0.56×10^{-5}		1.13×10^{-5}	0.54×10^{-5}
v	2.742	4.830		2.439	4.856
Okalıptüs (ÜF) (n:10)			Okalıptüs (FF) (n:10)		
x	4.32×10^{-5}	0.76×10^{-5}		4.66×10^{-5}	1.03×10^{-5}
s	1.28×10^{-5}	0.28×10^{-5}		1.45×10^{-5}	0.36×10^{-5}
v	2.966	3.733		3.126	3.491



Şekil 3.27 LVL’de termik genleşme katsayıları varyasyon grafiği

3.3.4. LVL’de Kalınlığına Şişme ve Su Alma

LVL’de kalınlığına şişme (KŞ) ve su alma (SA) testleri ile ilgili bulgular Çizelge 3.23’te ve varyasyon grafikleri Şekil 3.28, 3.29 ve 3.30’da verilmiştir. Literatürde bu testler 2 ve 24 saatlik sürelerde ölçülmekte ve bu şekilde rapor edilmektedir. Ancak yapılan bu çalışmada üretilen malzemelerin kısa süreli ve uzun süreli maruz kalmalarda davranışını görebilmek için 2, 24, 168 ve 336 saatlik bekletme süreleri sonunda, kalınlığına şişme miktarları ve bu süreler sonundaki su alma miktarları ölçülmüştür.

Çizelge 3.23’de verilen sonuçlara göre ağaç türü ve tutkal türü bakımından en fazla KŞ ve SA miktarları 2 saatlik suda bekletme sonunda, kavak, kayın ve okaliptüs LVL’de en yüksek FF ile üretilmiş levhalarda, en düşük MÜF ile üretilmiş levhalarda ölçülmüştür.

336 saatlik suda bekletme sonunda ise kavak LVL’de KŞ ve SA en yüksek FF ile üretilen levhalarda sırasıyla % 3.18 ve %146.1, en düşük ise MÜF ile üretilen levhalarda %2.88 ve %130 olarak ölçülmüştür. Kayın LVL’de KŞ ve SA en yüksek FF ile üretilen levhalarda %5.4 ve %79.3, en düşük ise MÜF ile üretilen levhalarda %4.4 ve %59.8 olarak ölçülmüştür. Okaliptüs LVL’de ise yine en yüksek FF ile üretilen levhalarda %5.1 ve %92.4 ve en düşük ise MÜF ile üretilen levhalarda %4.3 ve %73.8 olarak ölçülmüştür.

Genel olarak ifade etmek gerektiğinde ise; 336 saat sonunda yoğunluğu yüksek olan kayın ve okaliptüs LVL’de KŞ miktarları yoğunluğu düşük olan kavak LVL’den daha fazla ölçülmüştür. 336 saat sonunda ölçülen SA değerleri ise yoğunluğu düşük olan kavak LVL’de yüksek diğer türlerde düşük ölçülmüştür. Okaliptüs odununun permabilitesinin düşük olması ve masif odununun da zaten daralma ve genişleme miktarlarının kayın odununa göre düşük olması da sonuçları etkilemiştir. Bunun temel sebebinin odunun yoğunluğu olduğu bilinmektedir. Yoğunluğu yüksek olan türlerde hücre çeper maddesi miktarı fazla olduğu için fazla çalışır, boşluk miktarı az olduğu için aldığı su miktarı düşük olur. Yoğunluğu düşük olan türlerde ise durum tam tersidir.

Ayrıca, preste üretilen odun esaslı malzemelerde pres basıncının KŞ üzerine ve pres sıcaklığının SA üzerine etkisi vardır. Pres basıncının yüksek seçilmesi sonucu, KŞ miktarı yüksek ölçülür. Su ile temas eden malzeme pres basıncından kaynaklanan sıkışmaya tepki vererek genişler. Bu durum su alarak genişlemesinden daha hızlı gerçekleşir. SA miktarı ise yüksek pres sıcaklığından etkilenir. Özellikle malzemenin yüzey kısımlarında sıcaklığa maruz kalmasından dolayı SA miktarlarında azalma olur. Bu konuda Özen (1981) tarafından benzer sonuçlar ortaya konmuştur. Özellikle malzeme kalınlığının da KŞ ve SA miktarlarını etkilediği belirtilmiştir. Bu tutkallar ile kalınlığına şişme ve su alma miktarları

üzerine Sulaiman ve ark. (2009) ve Shukla ve Kamdem (2009) tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.23 LVL’de kalınlığına şişme ve su alma miktarları

Kalınlığına Şişme (KŞ) ve Su Alma (SA) miktarları (%) (n:20)									
Gruplar	İ.D.	2 SAAT		24 SAAT		168 SAAT		336 SAAT	
		KŞ	SA	KŞ	SA	KŞ	SA	KŞ	SA
KAVAK									
ÜF	x	1.50	33.90	2.56	79.14	2.86	109.8	3.09	144.0
	s	0.35	2.95	0.22	3.90	0.49	5.74	0.41	7.31
MÜF	x	1.16	32.63	2.52	77.02	2.79	109.5	2.88	130.6
	s	0.33	5.35	0.34	4.42	0.26	5.32	0.30	7.66
FF	x	1.61	35.14	2.69	85.68	2.97	118.4	3.18	146.1
	s	0.22	3.16	0.30	4.78	0.29	4.04	0.34	5.30
KAYIN									
ÜF	x	0.91	15.65	3.47	41.39	4.65	52.0	5.12	75.3
	s	0.15	1.96	0.38	4.36	0.53	2.90	0.57	3.36
MÜF	x	0.84	15.23	3.22	38.35	4.30	49.5	4.43	59.8
	s	0.16	3.74	0.26	5.70	0.36	3.39	0.36	2.73
FF	x	1.13	16.91	3.82	44.57	5.08	54.9	5.42	79.3
	s	0.12	1.42	0.26	3.14	0.34	1.54	0.41	1.92
OKALİPTÜS									
ÜF	x	0.98	10.68	3.53	32.72	4.43	54.14	4.63	74.55
	s	0.18	1.18	0.42	3.67	0.44	4.24	0.48	5.57
MÜF	x	0.60	6.77	2.67	24.19	4.21	50.66	4.33	73.82
	s	0.11	0.68	0.35	3.15	0.43	5.40	0.46	6.76
FF	x	1.19	11.53	4.24	42.84	5.11	73.29	5.15	92.49
	s	0.24	2.29	0.64	5.27	0.60	5.59	0.66	5.85

Çizelge 3.24 LVL’de kalınlığına şişme ve su alma miktarlarına ait çoğul varyans analizi

Kalınlığına Şişme				Su alma		
Varyans kaynağı	SD	F	Önem Düzeyi	SD	F	Önem Düzeyi
TT	2	216.1	0.000	2	385.9	0.000
SR	3	2597.2	0.000	3	10200.2	0.000
AT	2	439.5	0.000	2	8905.0	0.000
TT * SR	6	4.8	0.000	6	34.6	0.000
TT * AT	4	6.8	0.000	4	30.0	0.000
SR * AT	6	137.8	0.000	6	434.1	0.000
TT * SR * AT	12	3.6	0.000	12	11.2	0.000

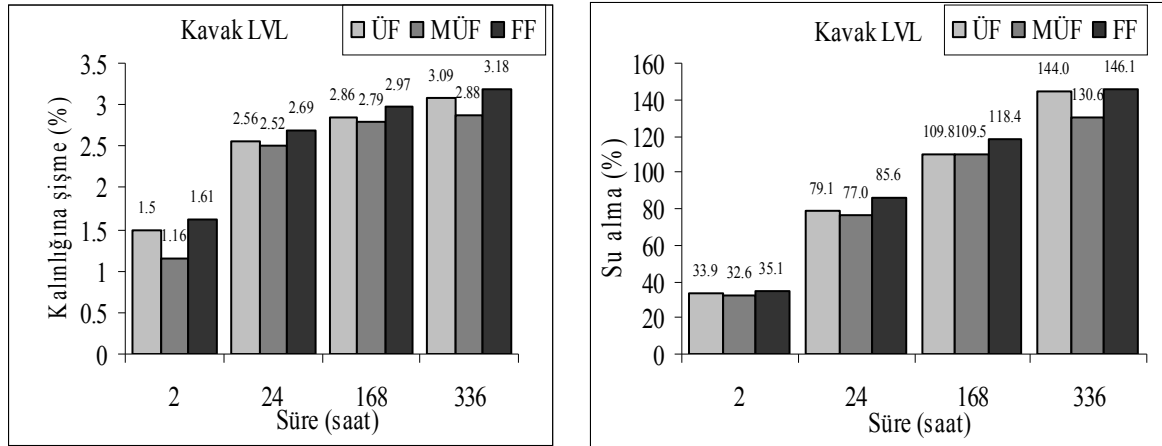
TT: Tutkal türü, SR: Süre, AT: Ağaç türü.

Çizelge 3.25 LVL’de kalınlığına şişme ve su alma miktarları Tukey çoklu ayırım testi

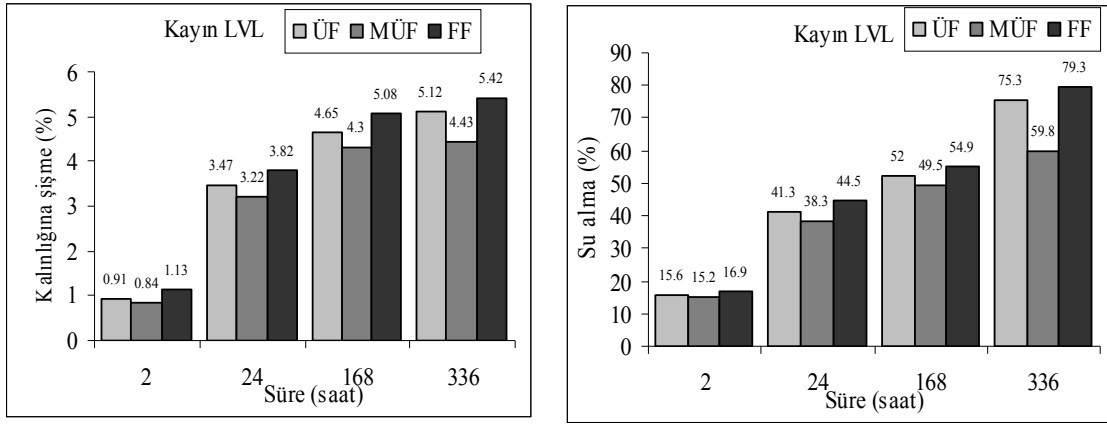
Gruplar	N	KŞ (%)		SA (%)
Tutkal Türü				
MÜF	240	2.8 a		55.6 a
ÜF	240	3.1 b		60.2 b
FF	240	3.5 c		66.7 c
SÜRE				
2	180	1.1 a		19.8 a
24	180	3.2 b		51.7 b
168	180	4.0 c		74.6 c
336	180	4.3 d		97.3 d
Ağaç Türü				
Kavak	240	2.6 a		91.8 b
Okaliptüs	240	3.4 b		45.6 a
Kayın	240	3.5 c		45.2 a

Ayrıca pres basıncının artması ile 2 ve 24 saatlik süreler sonunda kalınlığına şişme miktarında artış olmaktadır. Çizelge 3.24 incelendiğinde kalınlığına şişme ve su alma miktarlarını etkileyen tüm varyans kaynakları için önem düzeyi 0.001 yanılma olasılığı için önemli bulunmuştur.

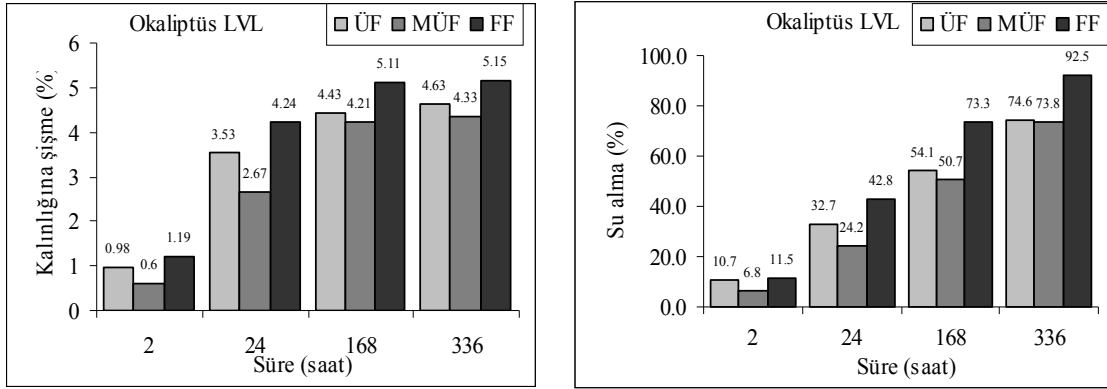
Çizelge 3.25’te verilen Tukey testi sonuçlarına göre ise kalınlığına şişme ve su alma miktarı her üç tutkal grubunda ve dört farklı sürede farklı olduğu görülmektedir. En az kalınlığına şişme ve su alma miktarı MÜF tutkalında ölçülmüştür. En fazla ise FF’de ölçülmüştür. Ağaç türleri bakımından en az kalınlığına şişme miktarı ve en fazla su alma miktarı kavakta ölçülmüştür. Kayın ve okaliptüs kalınlığına şişmede farklı su alma miktarında benzer sonuçlar vermiştir.



Şekil 3.28 Kavak LVL’de kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.29 Kayın LVL’de kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.30 Okaliptüs LVL’de kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği

3.4. LVL’de Mekanik Özellikler

3.4.1. LVL’de Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

LVL’de statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri üç ağaç türünden (okaliptüs, kavak ve kayın) üç farklı tutkal türü (ÜF, MÜF ve FF) ile üretilen levhalarda ve tutkal hattına paralel yüzey (radyal yüzey) ve tutkal hattına dik yüzey (teğet yüzey) yapılan testler olmak üzere 18 farklı grupta yapılmıştır. Bulgular Çizelge 3.26’da ve varyasyon grafikleri Şekil 3.31, 3.32 ve 3.33’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek statik eğilme direnci teğet yüzeyde FF-kayında 100.1 N/mm^2 ve en düşük radyal yüzeyde MÜF-kavakta 59.9 N/mm^2 olarak ölçülmüştür.

Statik eğilme direnci değeri kuvvetin teğet yüzeye uygulandığı 9 gruptaki örneklerde radyal yüzeye uygulanan 9 gruptan daha yüksek çıkmıştır. Bu grupları oluşturan test örneklerinde, radyal yüzeye kuvvet uygulanan örnekler ile teğet yüzeye kuvvet uygulanan örnekler levhalardan yan yana kesilen örneklerdir. Bu örneklerde kuvvetin uygulanma yönü hariç diğer tüm değişkenler aynıdır.

Çizelge 3.26 LVL’de statik eğilme direnci ve statik kalite değeri

Statik Eğilme Direnci (N/mm ²) (n:15)															
	İ.D.	σ _{SEm}	m	σ _{SE12}	I _{SE}		σ _{SEm}	m	σ _{SE12}	I _{SE}		σ _{SEm}	m	σ _{SE12}	I _{SE}
		ÜF					MÜF					FF			
KAVAK (n:15)															
Radyal yüzeyde	x	66.5	10.4	62.4	14.5		64.5	10.2	59.9	14.0		65	10.2	60.3	13.7
	s	5	0.3	4.4	0.7		5	0.5	4.3	0.9		7.4	0.3	6.7	1.4
	v	7.5	2.9	7.1	4.7		7.8	4.5	7.2	6.5		11.3	3.2	11.1	10.4
Teğet yüzeyde	x	72.8	10.4	68.1	15.3		74.2	10.5	69.8	15.8		75.2	10.1	69.5	15.7
	s	5.8	0.4	5.2	0.8		6.3	0.5	5.8	1.5		5.8	0.2	5.5	1.2
	v	8	3.5	7.7	5.1		8.5	4.8	8.2	9.6		7.7	1.9	7.8	7.7
KAYIN (n:15)															
Radyal yüzeyde	x	92.2	10.1	85.1	13.3		97.1	10	89.2	13.9		99.5	10.4	93	14.1
	s	7.9	0.2	7.4	0.8		4.6	0.2	4.2	0.5		6.6	0.1	6.2	0.6
	v	8.5	1.9	8.7	6.3		4.7	2.1	4.7	3.3		6.6	1.4	6.6	4.1
Teğet yüzeyde	x	103.2	10.1	95.4	14.4		98.2	9.8	89.4	13.9		108.1	10.1	100.1	14.8
	s	9.6	0.3	8.3	1.1		2.7	0.2	2.2	0.3		10.8	0.1	10.1	1.5
	v	9.3	2.5	8.7	8.0		2.7	2	2.4	2.4		10	1.4	10.1	10.4
OKALİPTÜS (n:15)															
Radyal yüzeyde	x	85.7	10.2	79.5	13.0		94	10.2	87.1	14.1		96.8	10	89	14.5
	s	7.4	0.2	7	0.9		7	0.4	6.9	1.2		6.9	0.2	6.1	0.8
	v	8.7	1.6	8.8	7.1		7.4	4.3	7.9	8.6		7.1	2	6.8	5.6
Teğet yüzeyde	x	97.5	9.9	89.3	14.2		99.5	10.1	91.7	14.8		97.9	10	90.2	14.3
	s	9.4	0.2	8.1	1.3		11.6	0.3	9.9	1.6		7.7	0.2	7	1.1
	v	9.7	2.5	9.1	8.8		11.7	2.6	10.8	10.8		7.9	1.8	7.8	7.7

σ_{Sem} : %m rutubetteki statik eğilme direnci, **m**: rutubet miktarı, σ_{SE12} : %12 rutubetteki statik eğilme direnci, **İ.D.**: İstatistik Değerler

Teğet yüzeyde yapılan statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü test sonuçlarının radyal yüzeyde yapılanı göre daha yüksek çıkmasının temel sebepleri; pres basıncının teğet yüzeye uygulanması ve test örneklerinin kesilip hazırlandıktan sonra klima dolabında kondisyonlama işlemi esnasında teğet yönde, radyal yöndekinden daha fazla genişlemesi olduğu söylenebilir. P_{max} kuvveti her iki yüzeyde aynı olsa bile test örneğinin yüksekliği (h), statik eğilme direnci formülünde karesi ile sonucu etkilediği için statik eğilme direnci değerinin teğet yüzeyde daha yüksek ölçüldüğü düşünülmektedir.

Çizelge 3.26 incelendiğinde test örneklerinin denge rutubetinin %9.8-10.4 arasında değiştiği ve kondisyonlama sonucunda %12 rutubet seviyesine ulaşmadığı görülmektedir. Masif ağaç malzeme ile karşılaştırma yapabilmek için statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü testlerine ait sonuçlarda rutubet düzeltilmesi yapılmış ve %12’ye tahvil edilmiştir. Fakat kuvvetin uygulanma yönü göz önüne alındığında literatürde aynı ağaç türü ve tutkal

türü ile aynı şartlarda üretilen levhalardan elde edilen test örneklerinde radyal yüzeyde yapılan statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü ölçümleri, teğet yüzeyde yapılan statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü ölçümlerinden düşük çıktığı rapor edilmiştir. Carvalho ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada *E. grandis* ve *E. urophylla* hibridi odunundan FF tutkalı ile üretilen LVL'nin statik eğilme direnci teğet yüzeyde 59 N/mm² ve elastikiyet modülü değeri ve 13.792 N/mm², radyal yüzeyde statik eğilme direnci 55 N/mm², elastikiyet modülü değeri ise 12.917 N/mm² olarak ölçülmüştür. Ayrıca, Biblis (1996) tarafından çam-LVL üzerinde yapılan çalışmada da teğet yüzeyde yapılan test sonuçları yüksek ölçülmüştür.

Çizelge 3.27'de verilen çoğul varyans analizi sonuçları incelendiğinde statik eğilme direnci üzerine ağaç türünün etkisi 0.001, kuvvet uygulama yönünün 0.001, tutkal türünün 0.01, ağaç türü ve tutkal türünün karşılıklı etkisinin 0.01 ve ağaç türü, tutkal türü ve kuvvet yönünün karşılıklı etkisinin 0.05 yanılma olasılığı için önemli diğerlerinin önemsiz olduğu görülmektedir. Elastikiyet modülü üzerine ağaç türünün etkisi 0.001, kuvvet uygulama yönünün 0.001, ağaç türü ve tutkal türünün karşılıklı etkisi 0.001, kuvvet yönü ile tutkal türünün etkisi 0.05 ve ağaç türü, tutkal türü ve kuvvet yönünün karşılıklı etkisinin 0.01 yanılma olasılığı için önemli diğerlerinin önemsiz olduğu görülmektedir. Ancak, test örneklerinin yoğunlukları sebebiyle meydana gelen farklılıkları elime etmek için statik kalite değerlerine ait sonuçlar üzerinde de varyans analizi yapılmıştır. Bunun sonucunda tutkal türleri arasında eğilme direncinin istatistiksel olarak önemli seviyede farklı olmadığı ($P>0.05$) belirlenmiştir (Çizelge 3.27). Ayrıca statik kalite değerine göre kavak LVL'de teğet yüzeyde ölçülen değerler “orta kalite” diğerleri “düşük kalite” olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.27 Statik eğilme direnci, eğilme direncinde statik kalite değeri ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü (AT), tutkal türü (TT) ve kuvvet yönünün (KY) etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

	Eğilme Direnci		Eğilmede statik kalite		Elastikiyet modülü	
Varyans kaynağı	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi
AT	426.1	0.000	14.4	0.000	608.3	0.000
KY	62701.0	0.000	44.5	0.000	49.0	0.000
TT	7269.0	0.001	2.6	0.075	1842.0	0.161
AT * KY	1318.0	0.269	5.6	0.004	0.9	0.403
AT * TT	4533.0	0.001	2.8	0.028	8799.0	0.000
KY * TT	1925.0	0.148	0.2	0.806	3965.0	0.020
AT * KY * TT	3269.0	0.012	3.8	0.005	3906.0	0.004

Elastikiyet modülüne ait bulgular Çizelge 3.28’de ve varyasyon grafikleri Şekil 3.31, 3.32 ve 3.33’de verilmiştir. En yüksek EM değerinin 9648.6 N/mm² ile MÜF ile üretilmiş okalıptüs LVL’de, en düşük EM değerinin ise 5879.9 N/mm² ve FF ile üretilmiş kavak LVL de elde edildiği görülmektedir. Literatürde farklı ağaç türleri ve tutkallarla yapılan çalışmalarda da tutkal türünün statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerini istatistiksel olarak bazı çalışmalarda etkilediği (Çolak ve ark, 2003) bazılarında ise etkilemediği (Shukla ve Kamdem, 2009) görülmektedir.

Çizelge 3.28 Ağaç ve tutkal türüne göre elastikiyet modülü değerleri.

Elastikiyet Modülü (N/mm ²) (n:15)												
Yüzey	İ.D.	σ _{EMm}	m	σ _{EM12}		σ _{EMm}	m	σ _{EM12}		σ _{EMm}	m	σ _{EM12}
		ÜF (n:15)				MÜF (n:15)				FF (n:15)		
KAVAK												
Radyal yüzeyde	x	6449.4	10.4	6247.1		6238.2	10.2	6013.0		6099.6	10.2	5879.9
	s	450.4	0.3	423.0		330.8	0.5	297.7		602.4	0.3	569.5
	v	7.0	2.9	6.8		5.3	4.5	5.0		9.9	3.2	9.7
Teğet yüzeyde	x	6910.9	10.4	6690.3		6683.5	10.5	6484.0		6984.7	10.1	6719.0
	s	580.4	0.4	565.5		397.4	0.5	393.0		377.4	0.2	365.4
	v	8.4	3.5	8.5		5.9	4.8	6.1		5.4	1.9	5.4
KAYIN												
Radyal yüzeyde	x	8192.0	10.1	7877.0		8538.7	10.0	8193.6		8580.6	10.4	8302.3
	s	717.1	0.2	693.3		377.7	0.2	352.3		491.5	0.1	478.0
	v	8.8	1.9	8.8		4.4	2.1	4.3		5.7	1.4	5.8
Teğet yüzeyde	x	9119.4	10.1	8773.2		8321.1	9.8	7948.0		9436.6	10.1	9086.8
	s	757.6	0.3	701.5		454.2	0.2	420.0		592.9	0.1	586.6
	v	8.3	2.5	8.0		5.5	2.0	5.3		6.3	1.4	6.5
OKALİPTÜS												
Radyal yüzeyde	x	8907.6	10.2	8583.5		9611.7	10.2	9257.3		9426.6	10.0	9046.6
	s	442.9	0.2	418.4		552.5	0.4	525.3		532.9	0.2	488.2
	v	5.0	1.6	4.9		5.7	4.3	5.7		5.7	2.0	5.4
Teğet yüzeyde	x	9528.1	9.9	9131.0		10041.9	10.1	9648.6		9564.3	10.0	9189.4
	s	550.4	0.2	520.0		1142.8	0.3	1059.6		688.3	0.2	671.2
	v	5.8	2.5	5.7		11.4	2.6	11.0		7.2	1.8	7.3

Çizelge 3.29’da verilen Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre statik eğilme direnci ve elastikiyet modülünde ağaç türleri arasında fark vardır. Fakat tutkal türüne göre statik eğilme direnci ÜF ve MÜF’de aynı, FF’de farklı, elastikiyet modülünde ise tutkal türleri arasında fark yoktur. Bu durum FF tutkalının özelliği ile değil, FF tutkalının

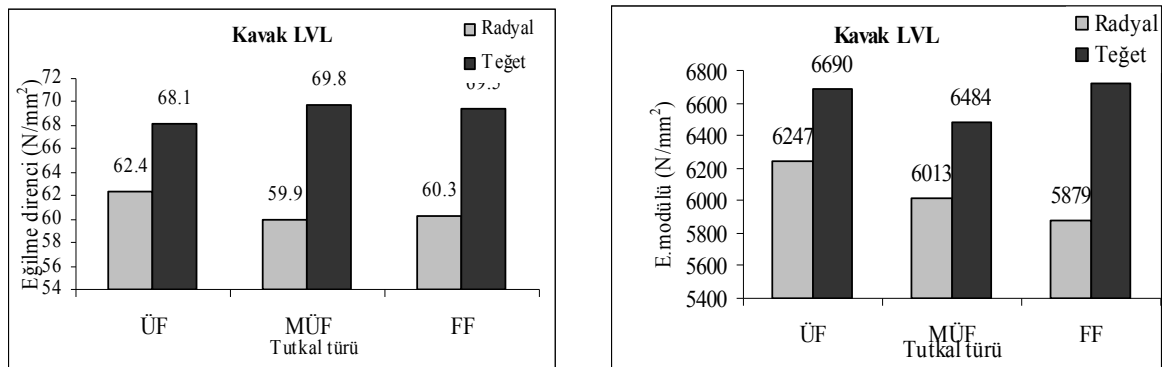
kullanıldığı levhalardaki kaplamaların özelliği ile ve üretim şartları ile açıklanabilir. Çizelge 3.13 incelendiğinde FF ile üretilen levhaların daha yüksek yoğunluğa sahip oldukları görülmektedir. FF ile üretilen örneklerin statik eğilme direncinin yüksek çıkmasının yoğunluktan kaynaklandığı söylenebilir.

Literatürde kayın ve kavak LVL üzerinde yapılan çalışmalarda; Aydın ve ark. (2004), kayın ÜF ile elde edilen LVL’de, statik eğilme direnci değerini kayında 118, Toksoy ve Ark. (2006) kayın odunundan 2 mm kalınlıktaki kaplamaları ile MÜF tutkalı kullanılarak üretilen 9 tabakalı LVL’de statik eğilme direnci değeri 121.9 N/mm² olarak ölçülmüştür. Çolak ve ark. (2007) tarafından masif kayın odunu ve kayın odununun 2 mm kalınlıktaki kaplamamaları ile FF tutkalı kullanılarak üretilen 9 tabakalı LVL’nin statik eğilme direnci değerlerini masif odunda 98.2 N/mm² LVL’de 107.8 N/mm² olarak ölçülmüştür. Literatürdeki bu bilgiler kayın LVL ile ilgili olarak Çizelge 3.26’da verilen ve rutubet düzeltmesi yapılmamış sonuçlarla benzerlik göstermektedir.

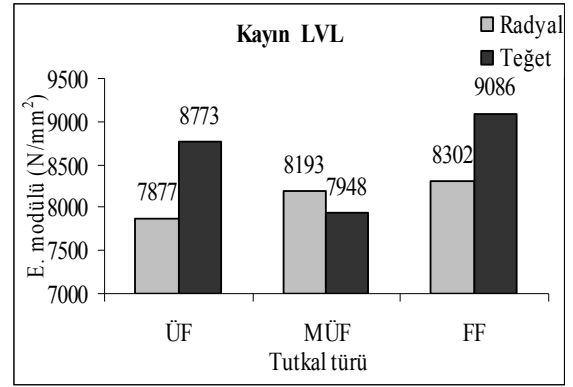
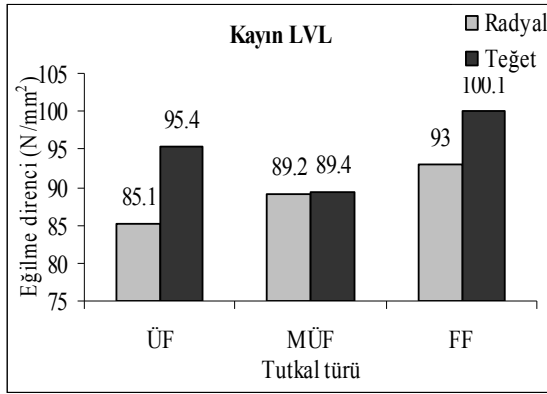
Çizelge 3.29 Statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait Tukey testi sonuçları

Ağaç türü				Tutkal türü			
Varyans kaynağı	n	σ_{SE} (N/mm ²)	σ_{EM} (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{SE} (N/mm ²)	σ_{EM} (N/mm ²)
Kavak	90	64.9 a	6338 a	ÜF	90	79.9 a	7883 a
Okalıptüs	90	87.8 b	8363 b	MÜF	90	81.1 a	7924 a
Kayın	90	92.0 c	9142 c	FF	90	83.6 b	8037 a

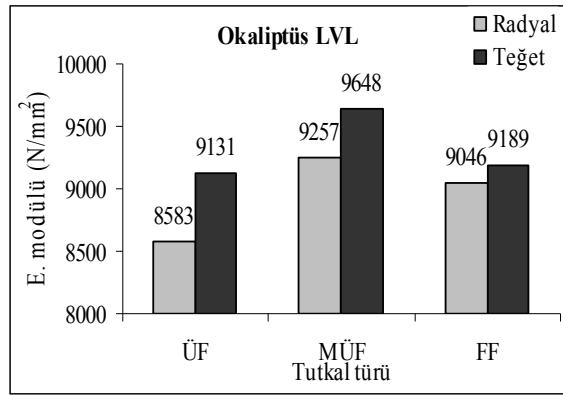
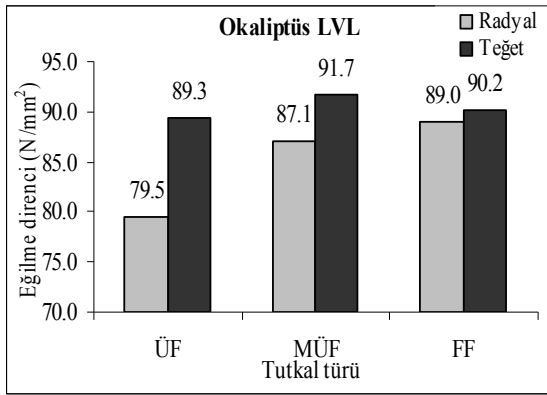
Kurt (2010) bazı kavak klonları ile yapılan çalışmada, MÜF tutkalı ile üretilen I-214 kavak LVL’de statik eğilme direnci değeri 75.1 N/mm² ve elastikiyet modülü değeri 6305 N/mm² olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar teğet yüzeyde elde edilmiştir. Literatürdeki bu sonuçlar Çizelge 3.26 ve 3.28’de verilen rutubet düzeltmesi yapılmamış I-214 kavak LVL ile ilgili sonuçlarla benzerlik göstermektedir.



Şekil 3.31 Kavak LVL’de Eğilme direnci ve E. modülü değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.32 Kayın LVL’de Eğilme direnci ve E. modülü değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.33 Okalıptüs LVL’de Eğilme direnci ve E. modülü değerleri varyasyon grafiği

3.4.2. LVL’de Dinamik Eğilme Direnci

LVL’de dinamik eğilme direnci testleri, statik eğilme direnci testlerinde olduğu gibi üç ağaç türü ve üç tutkal türü ile üretilen levhalarda, radyal yüzey ve teğet yüzeyde yapılan testler olmak üzere 18 farklı grupta yapılmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 3.30’da ve varyasyon grafikleri Şekil 3.34, 3.35 ve 3.36’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre en yüksek dinamik eğilme direnci değeri FF ile üretilmiş okalıptüs LVL’de teğet yüzeyde 0.718 kgm/cm^2 ve en düşük dinamik eğilme direnci değeri ÜF ile üretilmiş kavak LVL’de radyal yüzeyde 0.373 kgm/cm^2 olarak elde edilmiştir. Ayrıca dinamik kalite değeri tüm LVL gruplarında “orta kalite” olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.31’de verilen istatistik sonuçlarına göre ağaç türü ve kuvvet yönü 0.001 ve ağaç türü ile kuvvet yönünün karşılıklı etkisinin 0.01 yanılma olasılığı için önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 3.32’de ise Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre dinamik eğilme direncinde ağaç türleri arasında ve kuvvetin uygulanma yönü arasında fark vardır fakat tutkal türleri arasında fark yoktur. Çizelge 3.31

incelendiğinde, tutkal türünün dinamik eğilme direnci üzerine etkili olmadığı ancak ağaç türünün ve kuvvetin uygulanma yönünün etkili olduğu, teğet yüzeyde yapılan denemelerden elde edilen dinamik eğilme direnci sonuçlarının radyal yüzeyde yapılanlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca test örneklerinin kırılma şekilleri bakımından da teğet ve radyal yüzey arasında fark olduğu tespit edilmiştir. Radyal yüzeyde yapılan denemelerde, teğet yüzeyde yapılanlara göre daha düzgün bir kırılma gerçekleşmiştir. Teğet yüzeyde yapılan denemelerde dinamik eğilme direnci sonuçları yüksek çıkmıştır ancak test örnekleri fazlaca deforme olmuştur.

Çizelge 3.30 LVL’de dinamik eğilme direnci ve dinamik kalite değerleri

Dinamik Eğilme Direnci (kgm/cm ²) (n:15)															
Yüzey	İ.D.	σ _{DEm}	m	σ _{DE12}	I _d		σ _{DEm}	m	σ _{DE12}	I _d		σ _{DEm}	m	σ _{DE12}	I _d
		ÜF					MÜF					FF			
KAVAK															
Radyal yüzey	x	0.399	9.4	0.373	1.9		0.426	8.5	0.389	2.2		0.435	8.5	0.397	2.1
	s	0.114	0.2	0.106	0.4		0.078	0.6	0.072	0.3		0.112	0.2	0.103	0.4
	v	28.5	2	28.4	20.0		18.3	7.6	18.6	14.1		25.8	2.6	25.8	20.7
Teğet yüzey	x	0.476	9.3	0.445	2.5		0.465	8.5	0.425	2.3		0.473	8.4	0.43	2.3
	s	0.136	0.3	0.128	0.6		0.082	0.7	0.074	0.4		0.092	0.3	0.082	0.4
	v	28.6	2.9	28.7	22.6		17.6	7.7	17.5	15.7		19.6	3.4	19.1	16.6
KAYIN															
Radyal yüzey	x	0.483	9.2	0.449	1.1		0.494	8.6	0.452	1.1		0.566	8.6	0.518	1.2
	s	0.098	0.2	0.093	0.2		0.066	0.2	0.061	0.1		0.075	0.1	0.069	0.1
	v	20.3	2.3	20.6	16.2		13.3	2.1	13.4	11.9		13.2	1.6	13.3	10.4
Teğet yüzey	x	0.608	9.1	0.564	1.4		0.7	8.5	0.638	1.6		0.699	8.5	0.637	1.5
	s	0.121	0.2	0.114	0.2		0.087	0.2	0.082	0.2		0.08	0.2	0.072	0.1
	v	19.9	2.6	20.2	16.1		12.4	3	12.8	11.8		11.4	1.9	11.3	10.0
OKALİPTÜS															
Radyal yüzey	x	0.718	10	0.682	1.8		0.684	9.7	0.644	1.8		0.658	9.3	0.614	1.7
	s	0.058	0.2	0.055	0.1		0.104	0.5	0.098	0.2		0.099	0.3	0.091	0.3
	v	8.1	2.1	8.1	7.5		15.2	5	15.2	12.6		15.1	3.4	14.9	16.1
Teğet yüzey	x	0.756	9.8	0.715	1.9		0.758	9.4	0.708	2.0		0.772	9.2	0.718	1.9
	s	0.131	0.2	0.123	0.2		0.096	0.5	0.088	0.2		0.165	0.2	0.154	0.4
	v	17.4	2.1	17.2	12.9		12.6	5	12.4	10.6		21.3	2.2	21.4	21.0

σ_{DEm} : %m rutubetteki dinamik eğilme direnci, σ_{DE12} : %12 rutubetteki dinamik eğilme direnci, I_d : Dinamik kalite değeri

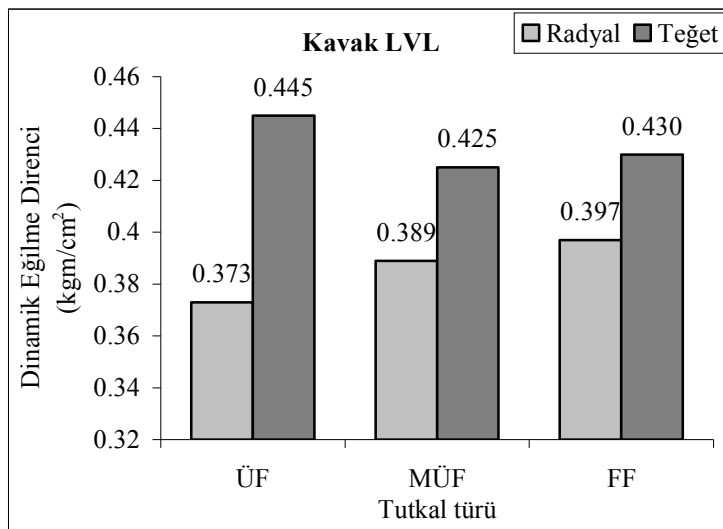
Çizelge 3.31 Dinamik eğilme direnci ve dinamik kalite değeri üzerine ağaç türü, tutkal türü ve kuvvet yönünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi	Dinamik kalite değeri önem düzeyi
AT	3.290	2	1.645	179.86	0.000	0.000
KY	0.483	1	0.483	52.79	0.000	0.000
TT	0.01	2	0.005	0.537	0.585	0.240
AT * KY	0.109	2	0.054	5.951	0.003	0.113
AT * TT	0.083	4	0.021	2.268	0.062	0.310
KY * TT	0.006	2	0.003	0.31	0.733	0.637
AT * KY * TT	0.045	4	0.011	1.216	0.304	0.016

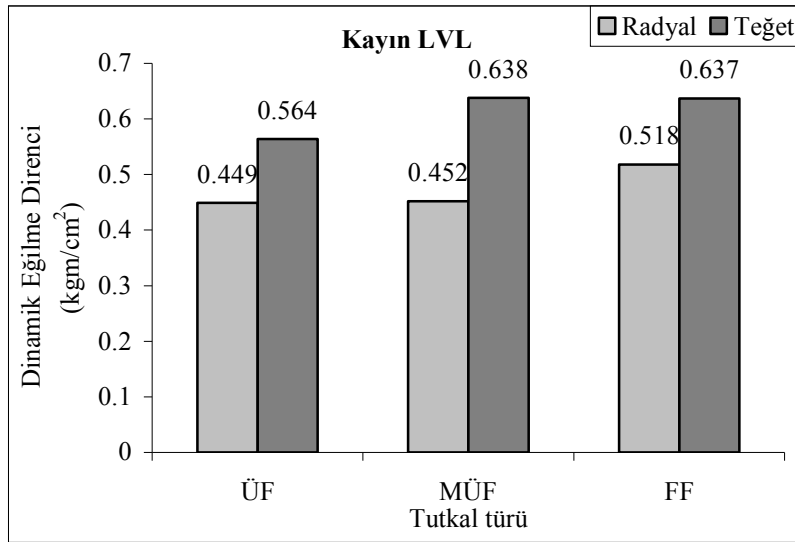
Çizelge 3.32 Dinamik eğilme direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyans kaynağı	n	σ_{DE} (kgm/cm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{DE} (kgm/cm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü		
Kavak	90	0.409 a	ÜF	90	0.538 a
Kayın	90	0.543 b	MÜF	90	0.542 a
Okaliptüs	90	0.680 c	FF	90	0.552 a

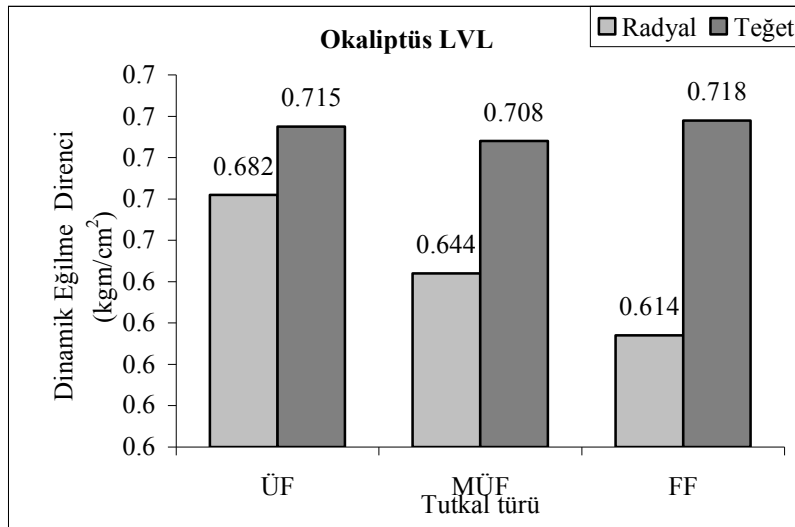
Çolak ve ark. (2007) tarafından masif kayın odunu ve kayın odununun 2 mm kalınlıktaki kaplamamaları ile FF tutkalı kullanılarak üretilen 9 tabakalı LVL'nin dinamik eğilme direnci değerleri, masif odunda 0.91 kgm/cm² ve LVL'de 0.69 kgm/cm² olarak ölçülmüştür. LVL'de dinamik eğilme direncinin düşük çıkmasının tutkalın kırılğan-gevrek yapısından kaynaklandığı belirtilmiştir. Literatürdeki bu bilgi ile Çizelge 3.30'da verilen kayın MÜF-LVL ve FF-LVL'de teğet yüzeyde uygulanmış ve rutubet düzeltmesi yapılmamış sonuçlarla son derece benzerdir.



Şekil 3.34 Kavak LVL'de dinamik eğilme direnci değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.35 Kayın LVL’de dinamik eğilme direnci değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.36 Okalıptüs LVL’de dinamik eğilme direnci değerleri varyasyon grafiği

3.4.3. LVL’de Liflere Paralel Basınç Direnci

Liflere paralel basınç direncine ait bulgular Çizelge 3.33’de ve varyasyon grafiği 3.37’de verilmiştir. Bu bulgulara göre en yüksek liflere paralel basınç direnci, 56.5 N/mm² FF ile üretilmiş okalıptüs LVL’de, en düşük 38.5 N/mm² ile FF ile üretilmiş kavak LVL’de elde edilmiştir. En yüksek statik kalite değeri okalıptüs MÜF LVL’de 9.0 olarak ve en düşük ise kayın MÜF ve FF LVL’de 8.3 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.34 incelendiğinde ağaç türünün liflere paralel basınç direnci üzerine 0.001, tutkal türünün 0.05 ve her ikisinin karşılıklı etkileşiminin 0.001 yanılma olasılığı için önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 3.35’de verilen sonuçlara göre, kayın ve okalıptüs arasında Tukey testi sonucuna göre fark yoktur fakat kavak ile fark vardır.

Çizelge 3.33 Ağaç ve tutkal türüne göre liflere paralel basınç direnci

Liflere Paralel Basınç Direnci (N/mm ²) (n:60)														
İ.D.	σ _{B/m}	m	σ _{B/12}	I _{SB}		σ _{B/m}	m	σ _{B/12}	I _{SB}		σ _{B/m}	m	σ _{B/12}	I _{SB}
	ÜF					MÜF					FF			
Kavak														
x	43.1	10.1	39	8.8		46.4	9.8	41.3	9.3		44	9.5	38.5	8.6
s	2.4	0.5	2.3	0.4		2.1	0.9	2.8	0.3		2.9	1.1	3.7	0.7
v	5.6	4.7	5.9	4.5		4.4	9.5	6.7	2.9		6.6	12	9.6	8.1
Kayın														
x	60.8	10.2	55.2	8.4		61.1	9.9	54.7	8.3		62.7	9,8	55.8	8.3
s	4.2	0.5	4.3	0.5		2.4	0.3	2	0.2		3.1	0,2	2.8	0.3
v	6.8	4.4	7.7	6.1		3.9	3.1	3.6	2.9		4.9	2.1	5.1	3.7
Okalıptüs														
x	59.6	10.5	55.1	8.7		60.7	10.5	56.1	9.0		62	10.2	56.5	8.9
s	4.4	0.5	4.4	0.5		4	0.3	3.4	0.4		4.7	0.29	4.1	0.5
v	7.34	4.94	7.92	6.2		6.54	2.68	6.13	4.7		7.56	2.78	7.18	5.5

$\sigma_{B/m}$: %m rutubetteki liflere paralel basınç direnci, $\sigma_{B/12}$: %12 rutubetteki liflere paralel basınç direnci, I_{SB} : Statik kalite değeri

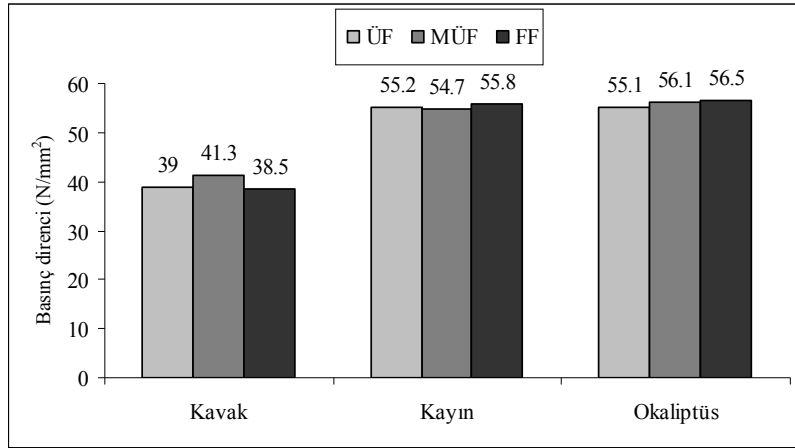
Çizelge 3.33’de verilen bulgulara benzer bulgular diğer bazı araştırmacılar tarafından da bulunmuştur. Kurt (2010) bazı kavak klonları ile yapılan çalışmada MÜF tutkalı ile elde edilen I-214 kavak LVL’nin liflere paralel basınç direnci 46.3 N/mm², Aydın ve ark. (2004), kayın ÜF ile elde edilen LVL’de, kayın LVL’de 55.3 N/mm², Toksoy ve ark. (2006), kayın odunundan 2 mm kalınlıktaki kaplamaları ile MÜF tutkalı kullanılarak üretilen 9 tabakalı LVL’de 59.6 N/mm², Çolak ve ark. (2007) tarafından masif kayın odunu ve kayın odununun 2 mm kalınlıktaki kaplamamaları ile FF tutkalı kullanılarak üretilen 9 tabakalı LVL’de 52.4, masif odunda 47.4 N/mm² ölçülmüştür.

Çizelge 3.34 Liflere paralel basınç direnci üzerine ağaç türü, tutkal türü etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	30566.4	2	15283.2	1325.9	0.000
TT	78.3	2	39.2	3.4	0.034
AT * TT	299.6	4	74.9	6.5	0.000

Çizelge 3.35 Liflere paralel basınç direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyans kaynağı	n	$\sigma_{B/}$ (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	$\sigma_{B/}$ (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü		
Kavak	180	39.6 a	ÜF	178	49.7 a
Kayın	180	55.2 b	FF	178	50.2 ab
Okalıptüs	174	55.9 b	MÜF	178	50.6 b



Şekil 3.37 LVL’de liflere paralel basınç direnci değerleri varyasyon grafiği

3.4.4. LVL’de Liflere Paralel Makaslama Direnci

Denemeler LVL’de tutkal hattına dik (radyal yüzeyde) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular Çizelge 3.36’da ve varyasyon grafiği Şekil 3.38’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek makaslama direnci MÜF ile üretilmiş kayın LVL’de 11.1 N/mm^2 ve en düşük ÜF ile üretilmiş kavak LVL’de 6.2 N/mm^2 ölçülmüştür.

Çizelge 3.36 LVL’de liflere paralel makaslama direnci

Liflere Paralel Makaslama Direnci (N/mm ²) (n:30)											
İ.D.	σ _{Mm}	m	σ _{M12}		σ _{Mm}	m	σ _{M12}		σ _{Mm}	m	σ _{M12}
	ÜF				MÜF				FF		
Kavak											
x	6.7	9.1	6.2		7.2	8.7	6.5		8	9.1	7.3
s	0.8	0.2	0.7		0.8	0.4	0.8		0.7	0.2	0.7
v	11.3	2.4	11.3		11.3	4	11.7		9.4	1.7	9.4
Kayın											
x	11.2	9	10.2		12.2	9.2	11.1		11.5	9.2	10.6
s	1.3	0.2	1.2		1.2	0.2	1.1		0.9	0.1	0.8
v	11.6	2.2	11.6		9.6	1.9	9.6		7.8	1.3	7.8
Okaliptüs											
x	8.4	9.3	7.7		9.4	9.8	8.8		9.7	9.7	9.1
s	1.4	0.2	1.3		1.1	0.2	1		1.5	0.1	1.4
v	16.7	1.9	16.6		11.5	1.6	11.5		15.6	1.3	15.7

σ_{Mm} : %m rutubetteki liflere paralel basınç direnci, σ_{M12} : %12 rutubetteki liflere paralel basınç direnci

Çizelge 3.37’de verilen çoklu varyans analizi sonuçlarına göre liflere paralel makaslama direncine ağaç türünün 0.001, tutkal türünün 0.001 ve her ikisinin karşılıklı etkisinin 0.01 yanılma olasılığı için önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak, tutkal türünün etkisinin aslında gruplar arasındaki yoğunluk farklılığından kaynaklanmaktadır diyebiliriz.

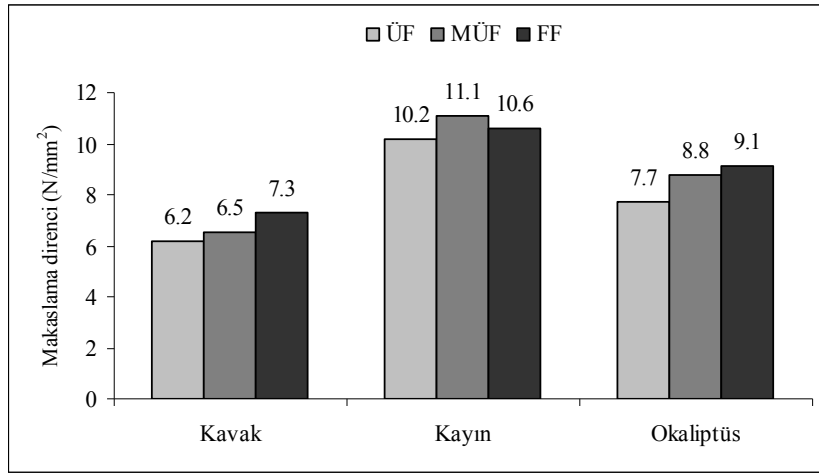
Çizelge 3.37 Liflere paralel makaslama direnci çoğul varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	712.9	2	356.5	329,28	0.000
TT	48.3	2	24.2	22.354	0.000
AT * TT	17.5	4	4.4	4.043	0.003
Hata	282.2	261	1.1		
Toplam	21023.8	270			

Gupta ve Siler (2005) LVL’de liflere paralel makaslama direnci testini tutkal tabakasına paralel ve dik olmak üzere iki yüzeyde test etmişler ve tutkal tabakasına dik liflere paralel makaslama direncini 9.2 N/mm^2 , paralel makaslama direncini 6.9 N/mm^2 olarak ölçmüşlerdir.

Çizelge 3.38 Liflere paralel makaslama direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi

Varyans kaynağı	n	σ_{M12} (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{M12} (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü		
Kavak	90	6.6 a	ÜF	90	8.0 a
Okalıptüs	90	8.5 b	MÜF	90	8.8 b
Kayın	90	10.6 c	FF	90	8.9 b



Şekil 3.38 LVL’de liflere paralel makaslama direnci değerleri varyasyon grafiği

3.4.5. LVL’de Statik Sertlik

Testler sadece teğet yüzeyde (levha yüzeyine dik) yapılmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 3.39’da ve varyasyon grafiği Şekil 3.39’da verilmiştir. Bu bulgulara göre en yüksek statik sertlik değeri 52.1 N/mm^2 ile FF tutkalı ile üretilmiş olan kayın LVL’de elde edilmiştir. En düşük değer ise ÜF ile üretilmiş olan kavak LVL’de 20.8 N/mm^2 olarak ölçülmüştür. Her üç ağaç türünde de en yüksek değerler FF ile üretilmiş levhalardan elde

edilmiştir. Ağaç türünün ve tutkal türünün statik sertliğe etkisi Çizelge 3.40’da ortaya konmaya çalışılmıştır. Ancak Çizelge 3.41’de verilen Tukey testi sonuçlarına göre görüldüğü üzere FF tutkalı ile üretilen LVL’de statik sertlik değeri diğerlerine göre yüksek çıkmıştır.

Shukla ve Kamdem (2009) tarafından yapılan araştırmada, pres basıncının fazla uygulandığı gruplarda yüzeyde statik sertlik miktarı da yüksek ölçülmüştür. Literatürdeki bu çalışmada LVL’nin yoğunluğu aynı ağaç türünde masif odundan daha yüksektir. LVL’de masif oduna göre yoğunluk artışı meydana gelmiştir. Bunun sonucunda da yüzeyde statik sertlik değeri yüksek elde edilmiştir. Aynı durum Çizelge 3.33’de verilen kavak LVL içinde geçerlidir. Masif odunda teğet yüzeyde ortalama statik sertlik değeri 18.3 N/mm² iken LVL’de 20.8, 21.1 ve 21.4 N/mm² olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.39 LVL’de teğet yüzeyde statik sertlik değerleri

Statik sertlik değerleri (N/mm ²) (n:20)											
İ.D.	H _{jm}	m	H _{j12}		H _{jm}	m	H _{j12}		H _{jm}	m	H _{j12}
	ÜF				MÜF				FF		
Kavak											
x	22.3	9.4	20.8		23.0	8.6	21.1		23.1	9.0	21.4
s	4.4	0.3	4.1		2.7	0.3	2.6		3.7	0.2	3.4
v	19.5	2.8	19.7		11.8	3.2	12.1		16.1	2.1	15.9
Kayın											
x	52.0	9.4	48.5		50.7	9.0	46.9		56.4	9.0	52.1
s	4.5	0.1	4.2		2.9	0.2	2.7		6.1	0.1	5.6
v	8.6	1.6	8.6		5.7	1.8	5.8		10.9	1.2	10.8
Okalıptüs											
x	46.6	9.5	43.7		46.6	9.7	43.9		51.6	9.4	48.2
s	4.5	0.4	4.4		4.4	0.2	4.1		5.8	0.2	5.5
v	9.7	3.8	10.1		9.4	2.0	9.4		11.3	1.7	11.4

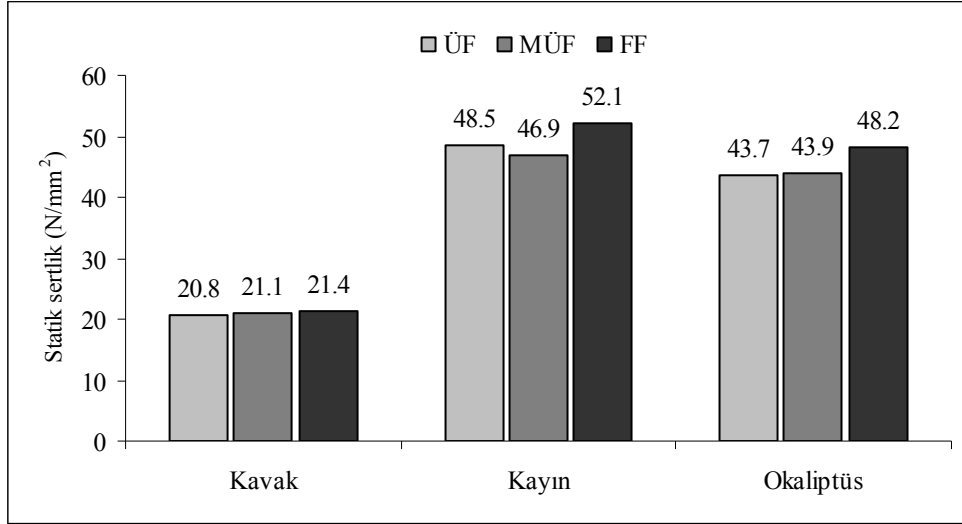
Çizelge 3.40 Statik sertlik üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	27744.9	2	13872.5	789.4	0.000
TT	378.5	2	189.2	10.8	0.000
AT * TT	165.3	4	41.3	2.4	0.057

Tenerio ve ark. (2011) tarafından soyma çatlaklarından dolayı statik sertliğin LVL’de düşük masif odunda daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Literatürdeki bu bilgi ise (Bkz Çizelge 3.77) okalıptüs ve kayın LVL’de teğet yüzeyde ölçülen statik sertlik değerinin masif odundan düşük çıkması ile benzerdir.

Çizelge 3.41 Statik sertlik Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyans kaynağı	n	H _i (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	H _i (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü		
Kavak	60	21.0 a	MÜF	60	37.2 a
Okalıptüs	60	45.2 b	ÜF	60	37.6 a
Kayın	60	49.1 c	FF	60	40.5 b



Şekil 3.39 LVL’de statik sertlik değerleri varyasyon grafiği

3.4.6. LVL’de Çekme-makaslama Direnci

Elde edilen bulgular Çizelge 3.42’de ve varyasyon grafikleri Şekil 3.40’da verilmiştir. Bu sonuçlar levhanın 3. ve 4. tutkal tabakalarından elde edilen sonuçların ortalamalarıdır. Elde edilen bulgular incelendiğinde; hava kurusu test edilen üç tutkal türünde de, en yüksek çekme-makaslama direnci değerlerinin kayın odununda elde edildiği, en küçük ise kavak odununda elde edildiği görülmektedir.

24 saat süre ile soğuk suda yatırma işleminden sonra ıslak olarak test edilen örneklerde, en yüksek FF ile üretilen gruplarda ve ağaç türü olarak kayın odununda 5.9 N/mm² olarak ölçülmüştür. MÜF grupları ÜF gruplarından daha yüksek sonuç vermiştir.

6 saat süre ile kaynayan suda sadece FF ile üretilen gruplarda ön işlem yapılmış ve kayın ile okalıptüste çok yakın değerler ölçülmüştür. Elde edilen tüm çekme-makaslama direnci sonuçları TS EN 314’de belirtilen sınır değerinin (1 N/mm²) üzerindedir.

Bu test ile ilgili literatür bilgileri incelendiğinde benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Shukla ve Kamdem (2009) tarafından yapılan araştırmada, Amerikan lale ağacı odunundan, PVAc, MÜF, ÜF ve MF tutkalları kullanılarak elde edilen LVL’lerde

hava kurusu halde çekme-makaslama direnci sırasıyla 2.7, 2.3, 2.5, 2.8 N/mm² olarak ölçülmüştür. Hava kurusu halde test edilen örneklerde tutkal türünün çekme-makaslama direnci ne etkisi istatistiksel olarak anlamsızdır. Fakat sıcak su ile ön işlemden sonra sırasıyla; 2.2, 0.9, 0.7 ve 1.4 olarak ölçülmüştür. Bu durumda üre içeren ÜF ve MÜF tutkalları PVAc ve MF'den daha başarısız bulunmuştur.

Çizelge 3.42 LVL'de çekme-makaslama direnci test sonuçları

Ön işlem: 20 °C ve %65 bağıl nemde kondisyonlama											
ÜF (n:60) (N/mm ²)				MÜF (n:60) (N/mm ²)				FF (n:40) (N/mm ²)			
	KAVAK	KAYIN	OKALİPTÜS		KAVAK	KAYIN	OKALİPTÜS		KAVAK	KAYIN	OKALİPTÜS
x	4	7	5.2	x	4.1	7	5.3	x	3.7	7.4	6
s	0.6	0.6	0.8	s	0.7	0.9	0.7	s	0.7	0.8	0.7
v	15	9	16.1	v	16.9	12.3	12.6	v	18.5	10.7	12.4
Ön işlem: 24 saat süre ile soğuk su da bekletme											
ÜF (n:60)				MÜF (n:60)				FF (n:40)			
	KAVAK	KAYIN	OKALİPTÜS		KAVAK	KAYIN	OKALİPTÜS		KAVAK	KAYIN	OKALİPTÜS
x	2.3	5.6	3.8	x	2.6	5.8	4.9	x	3.4	5.9	5
s	0.4	0.9	0.5	s	0.6	0.8	0.8	s	0.3	0.5	0.6
v	19	16.6	13.3	v	21.8	13	15.5	v	10.1	8.1	11.9
Ön işlem: 6 saat süre ile kaynayan su da bekletme											
ÜF				MÜF				FF (n:40)			
---				---					KAVAK	KAYIN	OKALİPTÜS
								x	3	5.1	4.9
								s	0.4	0.6	0.6
								v	13.9	11.7	12.6

Çizelge 3.43 incelendiğinde Çekme-makaslama direnci üzerine Ağaç türü , tutkal türü ve ön işlem türünün ve bunların karşılıklı etkilerinin 0.001 yanılma olasılığı ile önemli olduğu belirlenmiştir. Çizelge 3.44'de ise çekme makaslama direncinde tutkal türü ve ağaç türlerinin birbirlerinden farklı oldukları çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre belirlenmiştir.

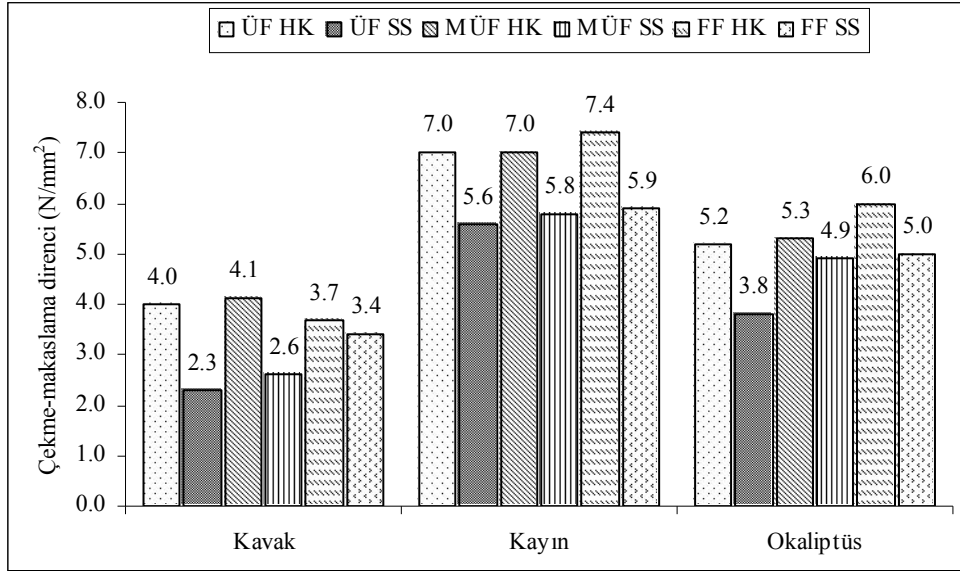
Çizelge 3.43 Çekme-makaslama direnci üzerine ağaç türü (AT), tutkal türü (TT) ve ön işlem türünün (İT) etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	679.7	2	339.9	1345.7	0.000
TT	22.4	2	11.2	44.3	0.000
İT	155.3	1	155.3	615.0	0.000
AT * TT	7.8	4	1.9	7.7	0.000
AT * İT	4.1	2	2.0	8.1	0.000
TT * İT	6.7	2	3.3	13.2	0.000
AT * TT * İT	15.5	4	3.9	15.4	0.000

Çizelge 3.42’de kavak LVL için verilen sonuçlara benzer sonuçlar Çolak ve ark. (2004) tarafından sarıçam odunundan ÜF, MÜF, mÜF ve FF tutkalları kullanarak üretilen LVL’de, ÇMD soğuk su ve kaynayan su ile ön işlem gören gruplarda ÜF ve MÜF başarısız mÜF ve FF tutkalları ise başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 3.44 Çekme-makaslama direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü		
Kavak	150	3.23 a	ÜF	150	4.49 a
Okaliptüs	150	4.50 b	MÜF	150	4.86 b
Kayın	150	6.27 c	FF	150	5.10 c



Şekil 3.40 LVL’de hava kurusu (HK) ve soğuk su (SS) ile ön işlem gören örneklerde çekme-makaslama direnci değerleri varyasyon grafiği

3.5. Homojen Kontrplakta Fiziksel Özelliklerle İlgili Bulgular

3.5.1. Hava Kurusu Yoğunluk

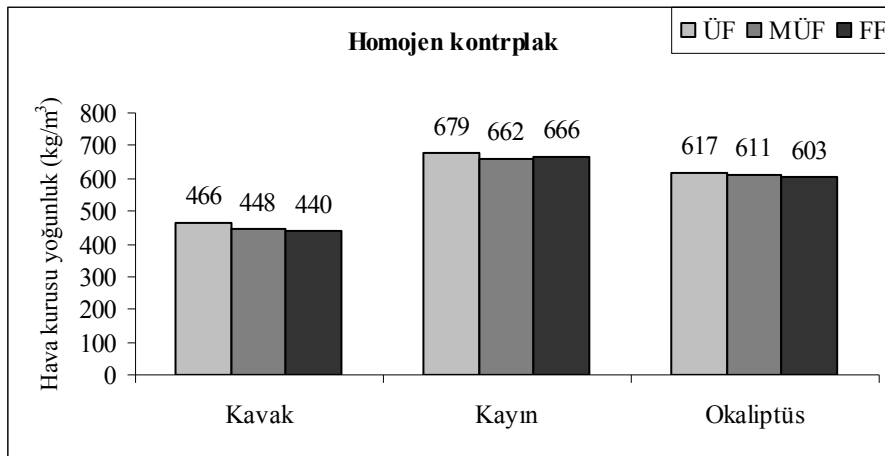
Homojen kontrplaklarda hava kurusu yoğunluk miktarına ait bulgular Çizelge 3.45’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.41’de verilmiştir. Kontrplakta yoğunluk miktarı aynı ağaç türünü temsil eden masif odununkinden daha yüksek olduğu bilinmektedir. Özellikle pres basıncı, tutkal miktarı, dolgu ve katkı maddeleri kontrplağın yoğunluk miktarını artırıcı etki göstermektedir. Yapılan bu çalışmada ağaç türleri içerisinde en yüksek yoğunluk miktarı kayın odununda en düşük ise kavak odununda elde edilmiştir. Tutkal

grupları içinde ise; genel olarak ÜF ile üretilmiş kontrplakların yoğunluğunun çok az seviyede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak bu farkın tutkaldan değil, o gruplarda kullanılan kaplama levhalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Masif ağaç malzemenin tam kuru yoğunluk miktarı ile kıyaslandığı zaman aynı ağaç türünden elde edilen kontrplakların yoğunluklarının kavak kontrplak hariç diğerlerinde çok fazla değişmediği görülmektedir. Bunun temel sebebi; ortalama bir pres basıncı kullanılmış olması ve kullanılan kaplamaların kayın odununda çoğunlukla diri odun kısmından elde edilmesi, okaliptüs odununda ise genç odundan olgun oduna geçiş kısmı ve diri odunun iç kısımlarından elde edilen kaplamaların kullanılmış olmasıdır. Bilindiği gibi kaplama soyma esnasında tomruklardan öncelikle kaplama parçaları elde edilir. Tomruk formu silindirik hale geldikten sonra düzenli ve bant şeklinde kaplama soyulmaya başlanabilir. Okaliptüs tomruklarının en dış kısmından elde edilen soyma kaplama parçaları yeterli genişlikte olmadığı için bu araştırmada kontrplak üretiminde kullanılmamıştır. Düşük yoğunluğa sahip bölgelerden elde edilen kaplamalarla üretilen kontrplağın yoğunluğu, öz odun yoğunluğuna yakın çıkmıştır.

Çizelge 3.45 Homojen kontrplaklarda hava kurusu yoğunluk miktarları

	Kavak (kg/m ³)				Kayın (kg/m ³)				Okaliptüs (kg/m ³)		
	ÜF	MÜF	FF		ÜF	MÜF	FF		ÜF	MÜF	FF
x	466.0	448.2	440.1		679.0	662.0	666.4		616.7	611.0	602.7
s	24.3	15.3	20.7		17.6	16.5	23.4		23.5	41.4	36.7
v	5.2	3.4	4.7		2.6	2.5	3.5		3.8	6.8	6.1



Şekil 3.41 Homojen kontrplakta hava kurusu yoğunluk değerleri varyasyon grafiği

Homojen kontrplaklarda hava kurusu yoğunluk miktarı, Örs ve ark. (2002) tarafından ÜF tutkalı kullanarak, 1.4 mm kalınlıktaki üç tabakalı kayın kontrplaklarda 689 ve kavak

(I-45/51 klonu) kontrplaklarda 471 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Okaliptüs grandis odunundan elde edilen homojen kontrplaklarda yoğunluk miktarı Iwakiri ve ark. (2006) tarafından 700 kg/m^3 ve Dias ve Lahr (2004) tarafından 810 kg/m^3 olarak ölçülmüştür. Ancak bu çalışmalarda pres basıncı ve kullanılan tutkal miktarı daha yüksektir.

3.5.2. Kalınlığına Şişme ve Su alma Miktarı

Elde edilen bulgular Çizelge 3.46'da ve varyasyon grafikleri Şekil 3.42, 3.43 ve 3.44'de verilmiştir. Elde edilen bu veriler doğrultusunda 4 farklı sürede en az su alan ve kalınlığına şişme yapan tutkal MÜF olmuştur. En düşük KŞ miktarı kavak kontrplakta ve en az SA miktarı kayın kontrplakta ölçülmüştür. 2 saatlik süre sonunda kavak kontrplakta KŞ ve SA miktarları en düşük MÜF ile üretilen levhalarda, en yüksek FF ile üretilen levhalarda ölçülmüştür. Kayın kontrplaklarda en düşük MÜF ile üretilmiş levhalarda ölçülmüştür. ÜF ve FF ile üretilen levhalar arasında çok yüksek fark olmadığı gözlenmiştir. Okaliptüs levhalarda ise en düşük MÜF ile en yüksek ise FF ile üretilen levhalarda ölçülmüştür.

Genel olarak bakıldığında ise; 2 saat sonunda tutkal türüne göre en az su alma miktarı MÜF ile tutkallanmış okaliptüs kontrplaklarda %7.36 olarak ölçülmüştür. Bu ise okaliptüs grandis türünün geçirgenliğinin (permaabilite) düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Tüm gruplarda 2 saat sonunda en fazla su alma miktarı ise FF ile tutkallanmış kavak kontrplaklarda %38.72 olarak ölçülmüştür. Bu da kavak odununun diğer türlere göre geçirgenliğinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Schneider'e göre; sertleşmiş ÜF tutkalının denge rutubeti, 20°C 'de ve %58 bağıl nem ortamında %11.0 iken, sertleşmiş FF tutkalının %38.6 olduğu, aynı şartlarda ağacın denge rutubetinin ÜF'nin denge rutubetine yakın olduğu bildirilmiştir (Özen, 1981). Bu nedenle FF ile yapıştırılmış yonga levha ve kontrplak benzeri ağaç malzemelerin su alma miktarları ÜF ile yapıştırılmış olanlarıkinden daha yüksektir. Bu fazlalık yapıştırma için kullanılan FF tutkalının kontrplak genel ağırlığına katılma oranına göre değişmektedir (Özen, 1981).

Özen (1981) FF ile üretilen kontrplaklarda ince kaplamalarla üretilenler, kalın kaplamalarla üretilenlere göre tutkalın nispi miktarının fazla olmasından dolayı daha fazla su aldığı ve kalınlığına fazla şiştiği belirtilmiştir. Belirli bir süre için tabaka sayısı arttıkça, su alma miktarı ve kalınlığına şişme miktarı suyla temas eden kaplama sayısı azaldığı için azaldığı belirtilmiştir. Bunun, 3 tabakalı kontrplaklarda 2 tabaka suyla temas etmesi, bir

tabakanın içte kalması, 7 tabakalı kontrplaklarda yine 2 tabakanın suyla temas etmesi, 5 tabakanın içte kalıp suyla temas etmemesinden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Çizelge 3.46 Homojen kontrplaklarda su alma ve kalınlığına şişme miktarları

Kalınlığına Şişme (KŞ) ve Su Alma (SA) miktarları (%) (n:20)												
Tutkal türü	İ.D.	2 SAAT			24 SAAT			168 SAAT			336 SAAT	
		KŞ	SA		KŞ	SA		KŞ	SA		KŞ	SA
KAVAK												
ÜF	x	1.97	36.47		3.61	75.41		3.82	104.42		3.99	125.44
	s	0.43	3.84		0.34	3.76		0.38	4.62		0.34	4.98
MÜF	x	1.50	36.37		2.75	73.50		2.99	101.48		3.06	113.81
	s	0.31	4.09		0.27	4.67		0.30	7.07		0.32	6.72
FF	x	2.04	38.72		3.67	83.31		3.85	122.19		4.06	137.00
	s	0.41	4.80		0.33	2.78		0.34	6.93		0.30	7.45
KAYIN												
ÜF	x	1.39	17.07		4.50	41.71		5.82	47.97		5.99	64.71
	s	0.26	2.69		0.44	3.60		0.46	1.96		0.41	2.47
MÜF	x	0.84	12.97		3.31	33.70		4.91	43.91		4.97	48.87
	s	0.14	1.81		0.34	2.99		0.33	2.54		0.38	2.21
FF	x	1.43	17.57		4.56	42.59		6.22	50.79		6.33	66.28
	s	0.30	3.91		0.45	4.87		0.55	3.08		0.52	4.26
OKALİPTÜS												
ÜF	x	1.58	12.50		4.25	32.20		5.15	55.32		5.27	65.56
	s	0.32	1.65		0.72	3.06		0.51	3.57		0.49	4.45
MÜF	x	0.87	7.36		2.63	21.12		3.77	40.88		3.81	50.42
	s	0.25	1.47		0.69	3.50		0.65	5.82		0.61	5.93
FF	x	1,76	13,54		4,46	41,01		5,52	74,64		5,56	87,89
	s	0,31	3,14		0,56	4,80		0,87	6,97		0,86	8,45

Özen (1981)'e göre “Kontrplaklarda kalınlık artımı iki bileşenden oluşmaktadır. Birincisi, pres basıncı nedeniyle azalmış olan kalınlığın zamanla başlangıçtaki duruma gelmesi, yani zahiri kalınlık artımı diğeri ağacın lif doygunluk noktasına kadar adsorbe ettiği suyun neden olduğu gerçek kalınlık artımıdır. Bunların her ikisi de iç içedir. Pratik olarak ayırmaya imkan yoktur”.

Çizelge 3.47 incelendiğinde homojen kontrplaklarda kalınlığına şişme miktarı üzerine tutkal türü, ağaç türü, bekletme süresinin etkisi, tutkal türü ile ağaç türünün, tutkal türü ile sürenin, ağaç türü ile sürenin karşılıklı etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile önemli ve her üçünün etkileşimi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Su alma miktarı üzerine ise

tamamı 0.001 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur. Çizelge 4.48’de KŞ ve SA miktarları Tukey testi sonuçları verilmiştir. Bu verilere göre, 2, 24, 168 saat süreler arasında fark bulunmuş ancak 168 ile 336 saat arasında fark bulunamamıştır.

Çizelge 3.47 Homojen kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma miktarı üzerine ağaç türü, tutkal türü ve sürenin etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

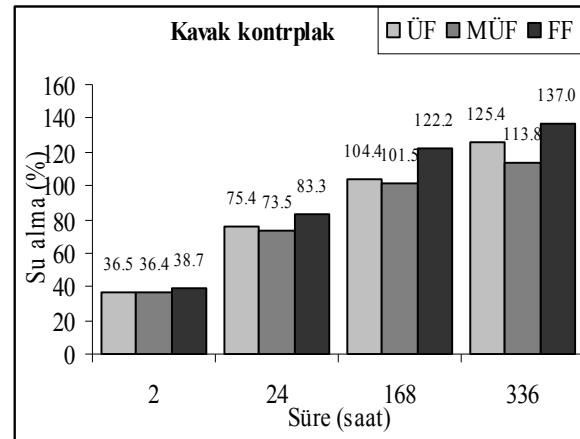
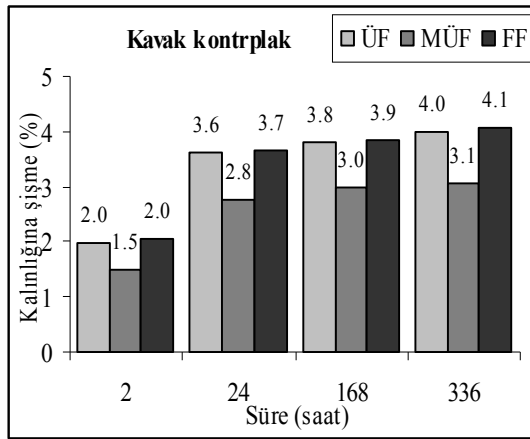
Kalınlığına şişme					Su alma		
Varyans kaynağı	SD	ortalama kareler	F	Önem düzeyi	ortalama kareler	F	Önem düzeyi
TT	2	95.4	315.2	0.000	15221.34	465.5	0.000
AT	2	62	204.8	0.000	170113.4	5202.3	0.000
SR	3	406	1342	0.000	133868.5	4093.9	0.000
TT * AT	4	3.6	11.9	0.000	1415.087	43.3	0.000
TT * SR	6	3.4	11.3	0.000	1668.751	51.0	0.000
AT * SR	6	23.5	77.7	0.000	6807.03	208.2	0.000
TT * AT * SR	12	0.5	1.7	0.058	220.8296	6.8	0.000

TT: Tutkal türü, AT: Ağaç türü, SR: Süre.

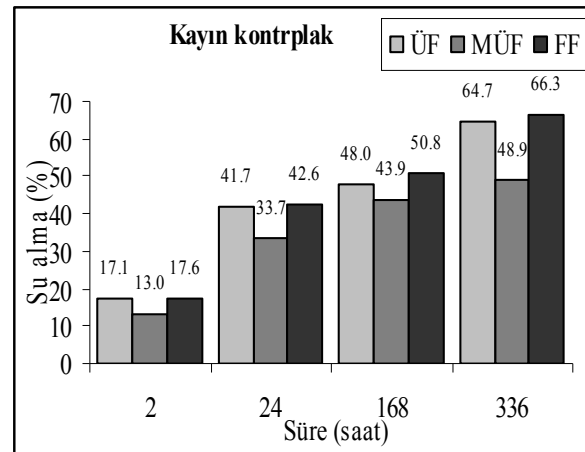
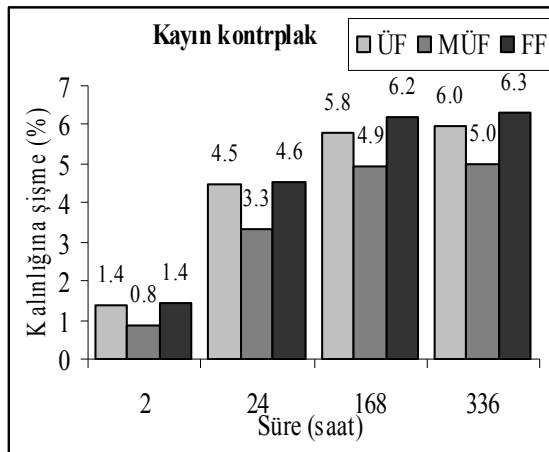
Tutkal türleri ve ağaç türleri arasında kalınlığına şişme bakımından fark vardır. En az şişme miktarı MÜF örneklerinde en fazla FF örneklerinde, ağaç türü bakımından ise en az kavak odununda en fazla kayın odununda kalınlığına şişme belirlenmiştir. Su alma miktarları bakımından tüm süreler, tutkal türleri ve ağaç türleri birbirinden farklı bulunmuştur. Tutkal türleri bakımından en az su alma miktarı MÜF örneklerinde en fazla FF örneklerinde ve ağaç türleri bakımından en az kayın en çok kavak odununda gerçekleşmiştir.

Çizelge 3.48 Homojen kontrplakta kalınlığına şişme miktarı Tukey testi sonuçları

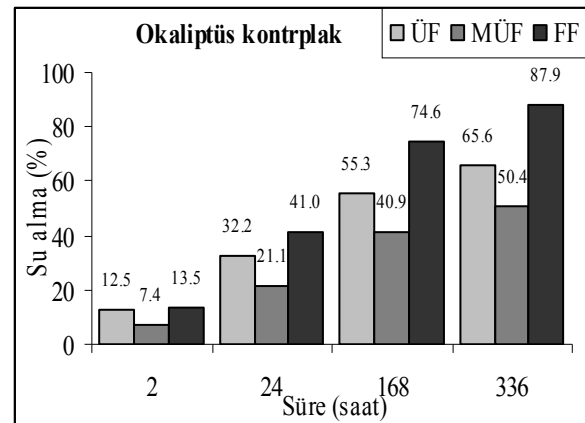
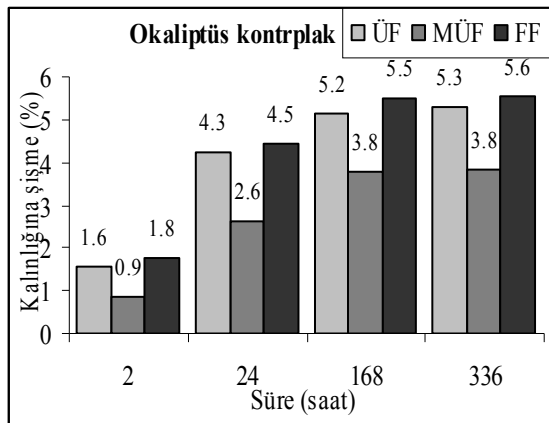
Kalınlığına şişme								
Süre	N	Gruplar	Tutkal türü	N	Gruplar	Ağaç türü	N	Gruplar
2	180	1.51a	MÜF	240	2.9 a	Kavak	240	3.1 a
24	180	3.78 b	ÜF	240	3.9 b	Okaliptüs	240	3.7 b
168	180	4.68 c	FF	240	4.1 c	Kayın	240	4.2 c
336	180	4.70 c						
Su alma								
Süre	N	Gruplar	Tutkal türü	N	Gruplar	Ağaç türü	N	Gruplar
2	180	21.8 a	MÜF	240	48.70 a	Kayın	240	40.6 a
24	180	49.4 b	ÜF	240	56.55 b	Okaliptüs	240	41.8 a
168	180	71 c	FF	240	64.63 c	Kavak	240	87.3 b
336	180	84.1 d						



Şekil 3.42 Kavak kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.43 Kayın kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.44 Okaliptüs kontrplakta kalınlığına şişme ve su alma değerleri varyasyon grafiği

3.6. Homojen Kontrplakta Mekanik Özellikler

3.6.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Homojen kontrplakta statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait bulgular Çizelge 3.49 ve 3.50’de ve varyasyon grafikleri Şekil 3.45 ve 3.46’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre homojen kontrplaklarda en yüksek paralel statik eğilme direnci değeri ÜF ile üretilmiş kayın kontrplakta 89 N/mm² ve elastikiyet modülü değeri MÜF ile üretilmiş okalıptüs kontrplakta 9740 N/mm², en küçük statik eğilme direnci 56.3 N/mm² ve elastikiyet modülü değeri 6634 N/mm² olarak kavakta ölçülmüştür.

Çizelge 3.49 Homojen kontrplaklarda paralel statik eğilme direnci, elastikiyet modülü ve statik kalite değeri

Paralel Statik Eğilme Direnci, Elastikiyet Modülü (N/mm ²) ve Statik Kalite Değeri (n:15)												
Ağaç Türü	İ.D	σ _{EM}	σ _{SE}	I _{SE}		σ _{EM}	σ _{SE}	I _{SE}		σ _{EM}	σ _{SE}	I _{SE}
		ÜF (n:15)				MÜF (n:15)				FF (n:15)		
KAVAK	x	6874.7	59	13.0		6634.2	56.3	13.2		6774.3	56.6	12.4
	s	433.3	3.6	0.9		532.1	4.7	2.0		396.3	4.8	1.5
KAYIN	x	8636.4	89	13.1		8230.8	84.1	13.0		8257.8	80.2	12.5
	s	495.4	4.6	0.6		652.4	9.3	1.2		391.3	6.1	0.7
OKALİPTÜS	x	9345.7	79.9	12.8		9740.5	79.2	13.0		9173.4	72.4	13.2
	s	717.3	7.1	0.8		720	10.4	1.0		916.9	11.8	1.3

σ_{SE} ; statik eğilme direnci, σ_{EM} ; elastikiyet modülü, **İ.D.:** İstatistik Değerler, I_{SE} : Eğilmede Statik kalite değeri

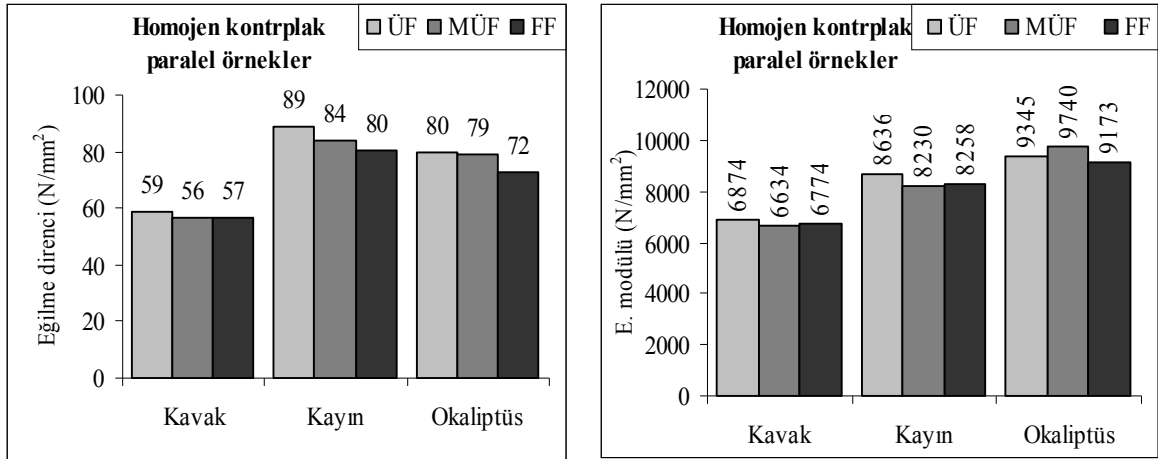
Çizelge 3.50 Homojen kontrplaklarda dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü

Dik Statik Eğilme Direnci, Elastikiyet Modülü (N/mm ²) ve Statik Kalite Değeri (n:15)												
Ağaç Türü	İ.D	σ _{EM}	σ _{SE}	I _{SE}		σ _{EM}	σ _{SE}	I _{SE}		σ _{EM}	σ _{SE}	I _{SE}
		ÜF (n:15)				MÜF (n:15)				FF (n:15)		
KAVAK	x	2190.8	27.2	6.8		2103.8	27.3	6.7		2010.8	27	6.3
	s	126.4	3	0.8		172.4	3.2	0.9		115	2.2	0.8
KAYIN	x	2661.3	38	5.7		2670.9	36.1	5.5		2639.8	39.4	6.1
	s	191.4	2.7	0.4		216.5	3.1	0.4		263.2	5.3	0.9
OKALİPTÜS	x	2938.9	41.1	6.0		3128.8	39.8	6.1		2903.3	37.2	6.3
	s	419.6	5.5	0.5		433.8	6.9	0.9		362.5	5.5	0.6

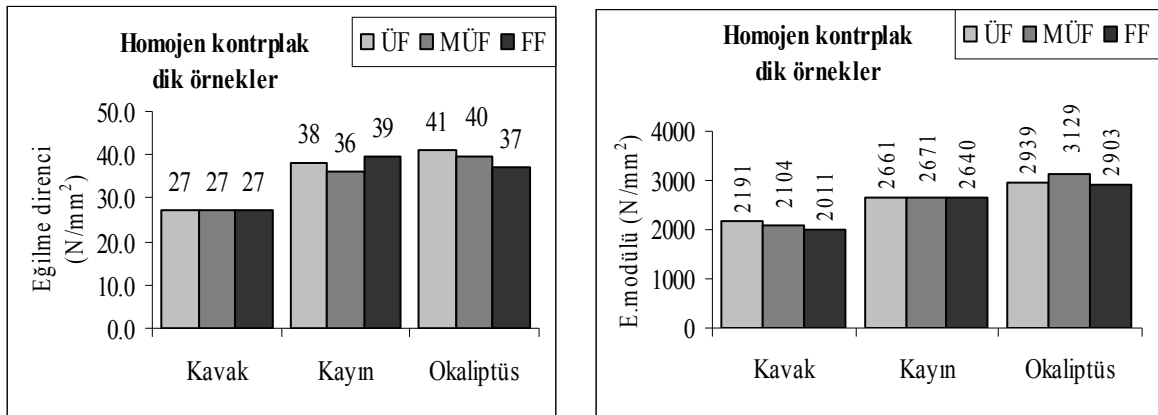
σ_{SE} ; statik eğilme direnci, σ_{EM} ; elastikiyet modülü, **İ.D.:** İstatistik Değerler, I_{SE} : Eğilmede Statik kalite değeri

Elde edilen bu bulgulara göre, kayın ve okaliptüs kontrplaklar TS 4949 (Anonim, 1986) numaralı ve “Beton ve betonarme kalıp tahtası-kontrplak” adındaki standartta verilen, paralel olan örneklerde statik eğilme direnci değeri 75 N/mm^2 ve elastikiyet modülü değeri 8500 N/mm^2 olan sınır değerini karşılamaktadır.

Çizelge 3.51 incelendiğinde paralel ve dik statik eğilme direnci üzerine ağaç türünün 0.001 yanılma olasılığı ile önemli, paralel eğilme direncinde tutkal türünün 0.01 yanılma olasılığı ile önemli ve ağaç türü ile tutkal türünün her ikisinin etkileşiminin önemsiz olduğu, elastikiyet modülü üzerine ağaç türünün 0.001, tutkal türünün ve ağaç türü ile tutkal türünün karşılıklı etkileşiminin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Ancak statik kalite değerleri incelendiğinde tutkal türünün eğilme direnci üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.45 Homojen kontrplakta paralel örneklerde eğilme direnci ve Elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.46 Homojen kontrplakta dik örneklerde eğilme direnci ve Elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği

Çizelge 3.51 Homojen kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin varyans analizi

Paralel örnekler							Dik örnekler					
Statik Eğilme		Kalite değeri		E. Modülü			Statik Eğilme		Kalite değeri		E. Modülü	
Varyans kaynağı	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi
AT	160.7	0.000	0.153	0.859	218.5	0.000	101.08	0.000	14.21	0.000	115.4	0.000
TT	7.8	0.001	1.102	0.335	1.5	0.236	0.741	0.479	0.36	0.696	2	0.136
AT*TT	1.3	0.273	1.065	0.377	2.3	0.060	2.193	0.073	2.27	0.066	1.2	0.320

Çizelge 3.52’te verilen Tukey testi sonuçlarına göre, statik eğilme direnci bakımından ağaç türleri arasında fark olduğu, tutkal türleri bakımından FF ile MÜF arasında fark olduğu, MÜF ile ÜF arasında fark olmadığı görülmektedir. Fakat bu farkların kullanılan tutkaldan değil o gruptaki kaplamaların yoğunluğundan kaynaklandığı söylenebilir. Elastikiyet modülü sonuçlarında kayın kontrplak ile okalıptüs kontrplak arasında fark bulunmazken, kavak kontrplak ile diğerleri arasında fark belirlenmiştir.

Çizelge 3.52 Homojen kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin Tukey testi

Paralel örnekler				Dik örnekler			
Eğilme Direnci		E.Modülü		Eğilme Direnci		E.Modülü	
V. kaynağı	Gruplar	V. kaynağı	Gruplar	V. kaynağı	Gruplar	V. kaynağı	Gruplar
Ağaç Türü				Ağaç Türü			
Kavak	57.2 a	Kavak	6761 a	Kavak	27.1 a	Kavak	2101 a
Okalıptüs	77.1 b	Kayın	8375 b	Kayın	37.8 b	Kayın	2657 b
Kayın	84.4 c	Okalıptüs	9419 c	Okalıptüs	39.3 b	Okalıptüs	2990 b
Tutkal türü				Tutkal türü			
FF	69.7 a	FF	8068 a	MÜF	34.3 a	FF	2517 a
MÜF	73.1 b	MÜF	8201 a	FF	34.5 a	ÜF	2597 a
ÜF	75.9 b	ÜF	8285 a	ÜF	35.4 a	MÜF	2634 a

Çizelge 3.51 ve 3.52’de tutkal türü ve ağaç türünün statik eğilme direnci ve elastikiyet modülüne etkisine ilişkin sonuçlara benzer sonuçlar Aydın ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Bu çalışmada; 2 mm kalınlıktaki melez kavak ve ladin kaplamalarından 3 tabakalı olarak ÜF ve M+ÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrplaklarda, statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine tutkal türünün etkisi olduğu ve melamin katkılı ÜF tutkalının daha yüksek mekanik özellikler verdiği tespit

edilmiştir. Toksoy ve Ark. (2006) %3 ve %12 melamin katkılı ÜF tutkalı ile üretilen kontrplak levhalarında tutkal türünün eğilme direncine ve elastikiyet modülüne önemli etkisi bulunmazken LVL’de eğilme direncine 0.001 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur.

Özen (1981), 0.8 mm kalınlıktaki 3, 5 ve 7 tabakalı olarak FF tutkalı ile üretilen kayın kontrplaklarda, statik eğilme direnci değeri paralel yönde sırasıyla 1377, 1283, 1143 kg/cm² ve dik yönde sırasıyla 201, 562 ve 754 kg/cm² olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre tabaka sayısının artması ile paralel yöndeki eğilme direnci azalır, dik yöndeki artar. Bunun nedeni lifleri kuvvet yönüne paralel olan tabakaların örnek enine kesit alanına katılma yüzdeleri ile açıklanmıştır. Aynı örneklerde elde edilen elastikiyet modülü değerleri de benzer sonuçlar vermiştir.

3.6.2. Yüzeye Paralel Basınç Direnci

Homojen kontrplaklar üzerinde yapılan yüzeye paralel basınç direnci, dış tabaka elyaf yönüne paralel ve dik olmak üzere 2 alt grupta yapılmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 3.53’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.47’de verilmiştir. Bu bulgulara göre en yüksek paralel basınç direnci MÜF ile yapıştırılmış kayın kontrplakta 40.7 N/mm², en düşük değer ise FF ile yapıştırılmış kavak kontrplakta 25.7 N/mm² olarak elde edilmiştir. Dik basınç direncinde ise en yüksek ÜF kayın 32.0 N/mm² ve en düşük FF kavak kontrplakta 18.5 N/mm² olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.53 Homojen kontrplaklarda yüzeye paralel basınç direnci

Ağaç Türü	İ.D.	Elyafa paralel basınç direnci (N/mm ²) (n:10)			Elyafa dik basınç direnci (N/mm ²) (n:10)		
		ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF
KAVAK	x	27.1	26.6	25.7	18.6	19.5	18.5
	s	1.9	1.3	1.2	1.3	1	1.8
	v	7.2	5.0	4.9	7	5.3	9.7
KAYIN	x	39.2	40.7	38.1	32	31.3	29.4
	s	2.6	2.6	1.5	0.9	2.2	2.5
	v	6.7	6.3	4	2.7	7.2	8.5
OKALİPTÜS	x	37.6	37.6	38.1	26.3	28.1	27.6
	s	2.9	3.7	1.7	1.4	2.1	2.8
	v	7.7	9.9	4.6	5.3	7.6	10.1

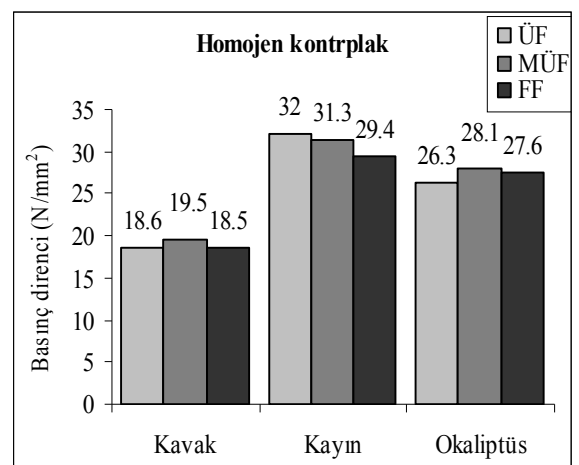
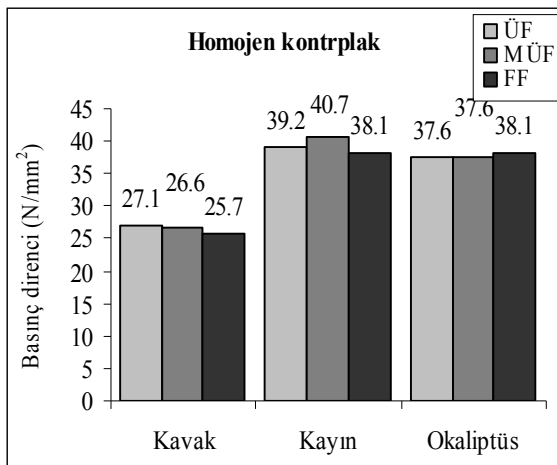
Çizelge 3.54’de verilen varyans analiz sonuçlarına göre, kontrplakta yüzeye paralel basınç direnci üzerine ağaç türü ve kuvvet uygulama yönü 0.001, tutkal türü ise 0.05 yanılma olasılığı ile önemlidir. Çizelge 3.55’de verilen Tukey çoklu ayırım testi sonuçlarına göre, her üç ağaç türü arasında fark vardır, en düşük sonuçlar kavak kontrplakta elde edilmiştir. FF ile MÜF tutkalları arasında fark belirlenmiştir.

Çizelge 3.54 Homojen kontrplakta yüzeye paralel basınç direnci üzerine ağaç türü, kuvvet yönü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

Varyans kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	5189.4	2	2594.7	578.9	0.000
KY	3503.3	1	3503.3	781.6	0.000
TT	33.2	2	16.6	3.7	0.027
AT * KY	62.7	2	31.4	7.0	0.001
AT * TT	42.8	4	10.7	2.4	0.053
KY * TT	0.6	2	0.3	0.1	0.934
AT * KY * TT	26.7	4	6.7	1.5	0.208

Çizelge 3.55 Homojen kontrplakta basınç direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi

Varyans kaynağı	n	σ_B (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_B (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü		
Kavak	60	22.6 a	FF	60	29.5 a
Okalıptüs	60	32.6 b	ÜF	60	30.1 ab
Kayın	60	35.1 c	MÜF	60	30.6 b



Şekil 3.47 Homojen kontrplakta elyafa paralel ve elyafa dik örneklerde yüzeye paralel basınç direnci değerleri varyasyon grafiği

3.6.3. Çekme-Makaslama Direnci

Homojen kontrplaklarda yapışma performansını inceleyebilmek için çekme-makaslama direnci testi yapılmıştır. Testler, incelenen kontrplak örneklerinin tüm tutkal tabakalarında yapılmıştır. ÜF ve MÜF tutkalı kullanılan örneklerde ön işlem olarak soğuk suda bekletme, FF tutkalı kullanılan örneklerde ise sıcak suda bekletme işlemi uygulanmıştır.

Çekme makaslama direncine ait bulgular Çizelge 3.56'da ve varyasyon grafiği Şekil 3.48'de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; hava kurusu hale getirilip test edilen örneklerin tutkal türü bakımından aralarında fark önemsiz iken ağaç türü önemli bulunmuştur. Yoğunluğu yüksek olan ve yüzey pürüzlülüğü daha düşük kayın kontrplakların çekme-makaslama direnci yüksek, yoğunluğu düşük olan kavak kontrplakların ise düşük ölçülmüştür.

Yoğunluğu yüksek olan ağaç türlerinden üretilen kontrplaklarda çekme-makaslama direnci değerinin yüksek ölçüldüğü birçok araştırmada belirtilmiştir (Örs ve ark, 2002).

Çizelge 3.56'da verilen bulgulara göre hava kurusu halde test edilen örneklerde en yüksek çekme-makaslama direnci FF ile üretilmiş kayın kontrplaklarda 3.65 N/mm^2 , en düşük MÜF ile üretilmiş kavak kontrplaklarda 1.56 N/mm^2 ölçülmüştür. ÜF ile MÜF tutkalları arasında ise soğuk suda yatırma işleminden sonra, MÜF tutkalı daha başarılı sonuç vermiştir.

Çizelge 3.57 incelendiğinde hava kurusu halde yapılan çekme-makaslama direnci üzerine ağaç türünün 0.001, tutkal türünün 0.01 ve her ikisinin karşılıklı etkileşiminin 0.001 yanılma olasılığı ile önemli olduğu görülmektedir.

Özen (1981), orta tabakası ince olan kontrplağın yapışma direncinin kalın olan kontrplağın yapışma direncinden daha yüksek olduğunu, bunun sebebinin ise ince levhaların daha hatasız soyulma imkanının bulunması ve tutkal ile emprenye edilen kısmın levha kalınlığına oranı, yani nispi emprenye miktarı ince levhalarda, kalınlara oranla daha fazla olmasından kaynaklandığını belirtmiştir. Çizelge 3.58'de verilen Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, hava kurusu test edilen çekme makaslama direnci örneklerinde ağaç türleri arasında fark vardır ve en düşük kavak odununda ölçülmüştür. FF ile ÜF arasında fark bulunamamış ve en düşük MÜF örneklerinde ölçülmüştür. Soğuk suda bekletme işleminden sonra ise ÜF ile MÜF örnekleri arasında ve her üç ağaç türü arasında fark belirlenmiştir. Benzer şekilde, Örs ve ark. (2001) melez kavaktan üretilmiş 3 tabakalı

kontrplaklarda yapmış oldukları denemelerde, çekme-makaslama direncini hava kurusu örneklerde 2,32 ve yaş halde 1.96 N/mm² olarak belirlemişlerdir.

Çizelge 3.56 Homojen kontrplaklarda çekme-makaslama direnci

Hava kurusu rutubetteki homojen kontrplaklarda çekme makaslama direnci (N/mm ²) (n:15)															
İ.D.	ÜF (n:15)					MÜF					FF				
	1 TT	2 TT	3 TT	4 TT	X	1 TT	2 TT	3 TT	4 TT	X	1 TT	2 TT	3 TT	4 TT	X
KAVAK															
X	2.04	1.76	1.73	1.76	1.82	1.54	1.5	1.55	1.63	1.56	1.74	1.76	1.92	1.99	1.85
S	0.37	0.42	0.25	0.27	0.33	0.36	0.16	0.3	0.23	0.26	0.46	0.4	0.38	0.34	0.4
KAYIN															
X	3.52	3.44	3.5	3.81	3.57	3.53	3.24	3.42	3.6	3.45	3.78	3.57	3.56	3.69	3.65
S	0.43	0.28	0.47	0.4	0.4	0.38	0.24	0.34	0.63	0.39	0.32	0.39	0.24	0.36	0.33
OKALİPTÜS															
X	2.67	2.47	2.54	2.49	2.54	2.6	2.56	2.57	2.62	2.59	2.5	2.28	2.49	2.39	2.42
S	0.3	0.48	0.38	0.5	0.41	0.41	0.29	0.41	0.31	0.35	0.57	0.4	0.35	0.3	0.4
Su ile ön işlem görmüş homojen kontrplaklarda çekme makaslama direnci (N/mm ²) (n:15)															
20°C deki suda 24 saat					20°C deki suda 24 saat					kaynayan suda 6 saat*					
KAVAK															
X	1.31	1.42	0.91	0.95	1.15	1.12	1.27	1.18	1.26	1.21	1.33	1.15	1.47	1.53	1.37
S	0.15	0.42	0.11	0.15	0.21	0.22	0.22	0.36	0.33	0.28	0.28	0.37	0.26	0.19	0.28
KAYIN															
X	2.79	2.78	2.37	2.33	2.57	2.89	2.75	2.71	2.68	2.76	2.17	2.25	2.53	2.81	2.44
S	0.39	0.53	0.35	0.28	0.39	0.36	0.39	0.47	0.42	0.41	0.32	0.32	0.3	0.46	0.35
OKALİPTÜS															
X	2.34	1.93	2.22	2.04	2.13	2.4	2.4	2.07	2.23	2.27	1.98	2.05	1.93	2.2	2.04
S	0.43	0.6	0.43	0.29	0.44	0.35	0.35	0.34	0.53	0.39	0.28	0.31	0.28	0.39	0.32

TT: Tutkal tabakası, *Soğuk su ile ön işlem ÜF ve MÜF kullanılan örneklerle uygulanmıştır. FF kullanılan örneklerle kaynayan suda bekletme ön işlemi uygulanmıştır.

Çizelge 3.57 Hava kurusu ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin varyans analizi

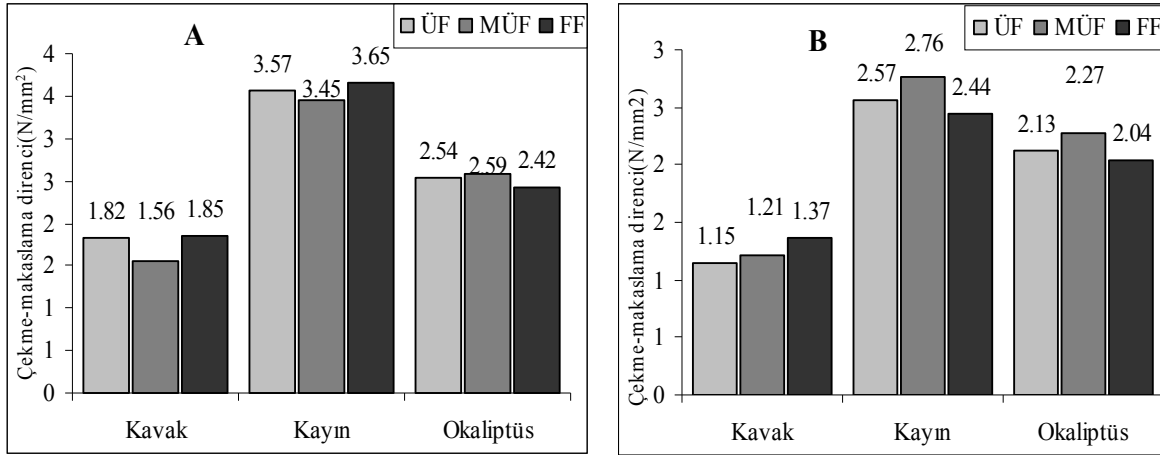
Hava kurusu					Soğuk su ile ön işlem		
Varyans kaynağı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	2	37.2	690.7	0.000	17.18	299.98	0.000
TT	2	0.3	4.8	0.010	0.29	5.12	0.026
AT * TT	4	0.3	5.7	0.000	0.03	0.50	0.609

Iwakiri ve ark. (2006) okaliptüs grandis odunundan elde edilen FF kontrplağın çekme makaslama direncini soğuk suda ön işlem sonrası 1.91 ve sıcak su ile ön işlem

sonrası 1.17 N/mm² olarak ölçmüşlerdir. Toksoy ve Ark. (2006) tarafından kayın odunundan 2 mm kalınlıktaki kaplamaları ile MÜF tutkalı kullanılarak üretilen 3 tabakalı kontrplakta çekme makaslama direnci soğuk su ile ön işlem sonrası 2.75 N/mm² olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3.58 Hava kurusu ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci Tukey çoklu ayırım testi sonuçları

Hava kurusu						Soğuk su ile ön işlem		
Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü			Ağaç Türü		
Kavak	45	1.73 a	MÜF	45	2.51 a	Kavak	30	1.17 a
Okalıptüs	45	2.51 b	FF	45	2.63 b	Okalıptüs	30	2.21 b
Kayın	45	3.55 c	ÜF	45	2.65 b	Kayın	30	2.64 c



Şekil 3.48 Homojen kontrplakta çekme-makaslama direnci değerleri. A: hava kurusu test edilen örnekler, B: soğuk su (ÜF-MÜF) ve sıcak su (FF) ile ön işlem gören örnekler

3.7. Karışık Kontrplakta Fiziksel Özelliklerle İlgili Bulgular

Karışık kontrplak gruplarının tam kuru yoğunluk miktarları, homojen kontrplaklarda olduğu gibi statik eğilme direnci test örneklerinden kesilen yoğunluk örnekleri üzerinde belirlenmiştir. Kontrplakta yoğunluk değerinin aynı ağaç türünde masif odununkinden daha yüksek çıktığı bilinmektedir. Ancak karışık kontrplaklarda yoğunluk değeri tabakaları oluşturan türlerin yoğunluğuna bağlıdır. Bu çalışmada kullanılan karışık kontrplaklar;

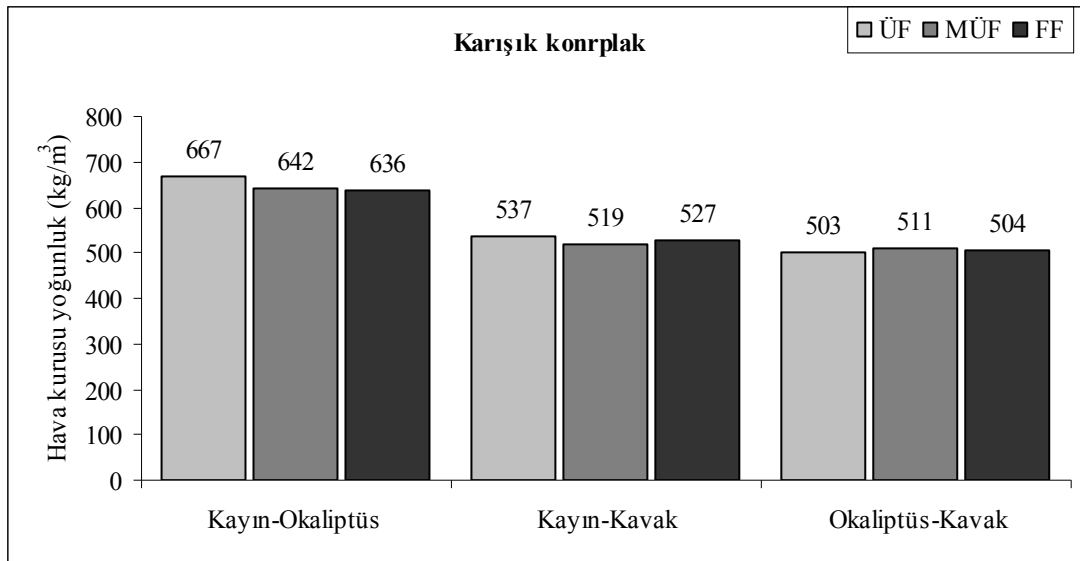
- 1-Dış tabakaları kayın, iç tabakalar okalıptüs,
- 2-Dış tabakaları kayın iç tabakaları kavak,
- 3-Dış tabakaları okalıptüs iç tabakaları kavak şeklinde oluşturulmuştur.

3.7.1. Hava Kuruşu Yoğunluk

Bu çalışma da elde edilen karışık kontrplakların hava kuruşu yoğunluk miktarlarına ait bulgular Çizelge 3.59’da ve varyasyon grafiğı Şekil 3.49’da verilmiştir. Bu bulgulara göre en yüksek yoğunluk; Kayın-okalıptüs kombinasyonu ile üretilen ÜF kontrplakta 667 kg/m³ ölçülmüştür. En düşük yoğunluk ise ÜF ile üretilen okalıptüs-kavak kontrplakta 503 kg/m³ ölçülmüştür.

Çizelge 3.59 Karışık kontrplaklarda hava kuruşu yoğunluk miktarı

Hava Kuruşu Yoğunluk (kg/m ³) (n:30)									
KAYIN-OKALİPTÜS			KAYIN-KAVAK			OKALİPTÜS-KAVAK			
	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF
x	667	642	636	537	519	527	503	511	504
s	33.9	40.6	29.3	21.9	17.6	22.9	25.8	25.6	23.1
v	5.1	6.3	4.6	4.1	3.4	4.3	5.1	5.0	4.6



Şekil 3.49 Karışık kontrplakta hava kuruşu yoğunluk miktarları varyasyon grafiğı

3.7.2. Kalınlığına Şişme ve Su alma Miktarı

Karışık kontrplaklarda, homojen kontrplaklarda olduğı gibi su alma ve kalınlığına şişme miktarlarını belirlemek için 2, 24, 168 ve 336 saatlik 4 farklı sürede ölçüm yapılmıştır. Bulgular Çizelge 3.60’da ve varyasyon grafikleri Şekil 3.51, 3.52 ve 3.53’de verilmiştir. 2 saatlik süre sonunda en fazla kalınlığına şişme FF ile üretilmiş okalıptüs-kavak kontrplakta %2.58, 336 saatlik süre sonunda en fazla şişme FF ile üretilmiş kayın-okalıptüs kontrplakta %5.90 olarak ölçülmüştür. 2 saat süre sonunda en fazla su alan FF ile

üretilmiş okalıptüs-kavak kontrplak %30.84 olurken, 336 saat sonunda en fazla su alan yine FF ile üretilmiş okalıptüs-kavak kontrplakta %105.90 olmuştur.

Genel olarak bakıldığında elde edilen bu veriler doğrultusunda tüm kontrplak gruplarında, 4 farklı sürede en az SA ve KŞ miktarı MÜF tutkalı ile üretilmiş örneklerde ölçülmüştür.

Çizelge 3.60 Karışık kontrplaklarda kalınlığına şişme ve su alma miktarları

Kalınlığına şişme ve su alma miktarları (%) (n:20)												
Tutkal türü	İ.D.	2 SAAT			24 SAAT			168 SAAT			336 SAAT	
		KŞ	SA		KŞ	SA		KŞ	SA		KŞ	SA
KAYIN-OKALİPTÜS												
ÜF	x	1.23	13.60		4.34	35.14		5.39	47.41		5.65	61.90
	s	0.31	1.68		0.51	3.15		0.55	3.40		0.52	4.21
MÜF	x	1.02	13.07		3.36	29.31		4.46	39.68		4.55	49.50
	s	0.22	2.53		0.52	4.56		0.41	4.04		0.45	5.40
FF	x	1.29	16.16		4.86	44.11		5.82	67.98		5.90	78.77
	s	0.20	2.86		0.60	5.32		0.54	6.75		0.56	7.59
KAYIN-KAVAK												
ÜF	x	1.95	22.10		4.24	54.55		4.46	71.22		4.75	96.18
	s	0.50	4.41		0.55	3.24		0.53	3.04		0.63	4.08
MÜF	x	1.37	21.87		3.64	51.65		3.79	70.81		3.88	83.30
	s	0.22	2.88		0.36	4.26		0.41	4.35		0.40	5.96
FF	x	2.26	28.50		4.89	62.29		5.23	87.03		5.19	100.57
	s	0.33	2.76		0.40	4.21		0.53	5.29		0.50	6.51
OKALİPTÜS-KAVAK												
ÜF	x	2.28	28.94		4.09	56.15		4.19	84.14		4.43	102.67
	s	0.26	4.33		0.25	3.14		0.25	5.19		0.33	6.01
MÜF	x	1.52	23.96		3.25	49.09		3.37	76.69		3.38	90.49
	s	0.28	3.24		0.41	4.26		0.96	6.51		0.42	6.88
FF	x	2.58	30.84		4.63	60.16		5.05	89.74		5.14	105.90
	s	0.46	3.30		0.40	5.01		0.54	10.45		0.49	10.25

Çizelge 3.61 incelendiğinde ağaç türü,tutkal türü ve sürenin kalınlığına şişme miktarı üzerine etkisinin 0.001 yanılma olasılığı ile, tutkal türü ile ağaç türünün karşılıklı etkileşiminin 0.01 yanılma olasılığı ile önemli olduğu görülebilir. Ayrıca, ağaç türü, tutkal türü ve sürenin ve bunların karşılıklı etkileşiminin su alma miktarı üzerine etkisinin 0.001 yanılma olasılığı ile önemli olduğu görülebilir.

Kalınlığına şişme ve su alma testlerine ait, yapılan Tukey çoklu ayırım testi sonuçları Çizelge 3.62 ve 3.63’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre kalınlığına şişme miktarlarında tutkal türlerinde en düşük MÜF tutkalı olmak üzere birbirlerinden farklıdır. Ağaç türleri olarak okalıptüs-kavak kombinasyonu ile üretilmiş olan kontrplaklarda en düşük olmak üzere kalınlığına şişme miktarları farklıdır. Süre faktöründe ise 2, 24, 168 birbirinden farklı ancak 336 saatlik süre 168 saatlik süre ile fark göstermemiştir. Su alma miktarlarında ise tüm süreler birbirinden farklıdır. Tutkal türleri birbirlerinden farklıdır ve en az su alan örnekler MÜF ile üretilmiş olan örneklerdir. Ağaç türleri birbirlerinden farklıdır ve en az su alan kayın-okalıptüs kombinasyonu kontrplak örnekleridir.

Çizelge 3.61 Karışık kontrplaklarda kalınlığına şişme ve su alma testi varyans analizi

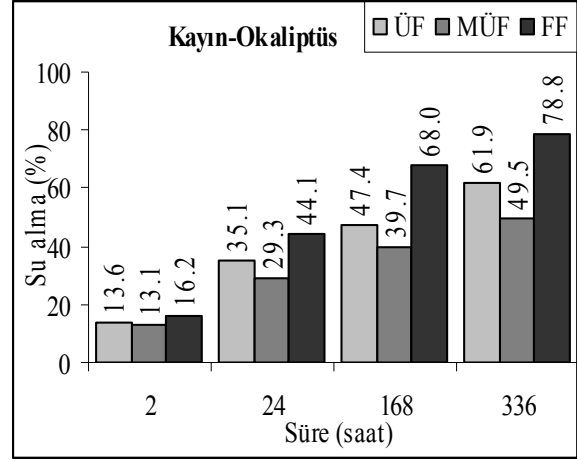
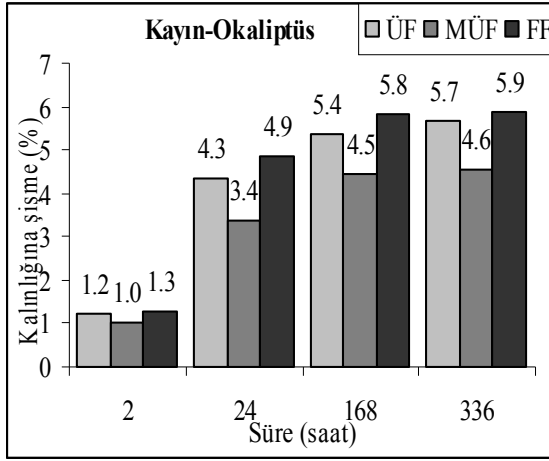
Kalınlığına şişme					Su alma		
Varyans kaynağı	SD	ortalama kareler	F	Önem düzeyi	ortalama kareler	F	Önem düzeyi
TT	2	98.7	460.1	0.000	12493.4	474.8	0.000
AT	2	6.5	30.2	0.000	43861.2	1666.9	0.000
SR	3	364.3	1697.5	0.000	136322.0	5180.7	0.000
TT * AT	4	0.9	4.1	0.003	501.1	19.0	0.000
TT * SR	6	2.1	9.7	0.000	872.2	33.1	0.000
AT * SR	6	14.3	66.7	0.000	1997.4	75.9	0.000
TT * AT * SR	12	0.3	1.5	0.105	153.6	5.8	0.000

Çizelge 3.62 Karışık kontrplaklarda kalınlığına şişme miktarları Tukey çoklu ayırım testi

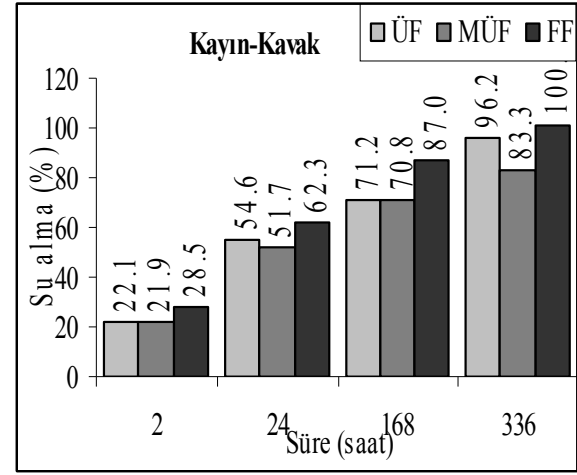
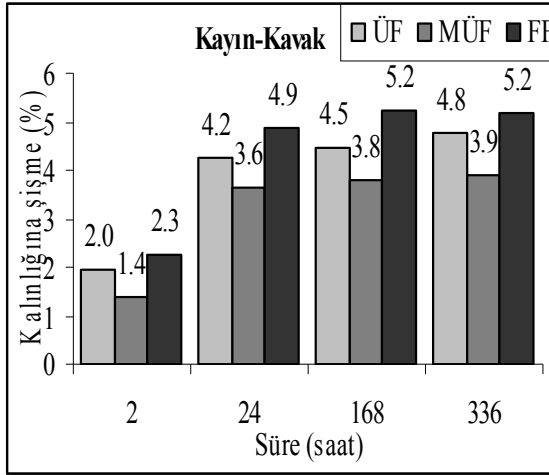
Süre			Tutkal türü			Ağaç türü		
	n	Gruplar		n	Gruplar		n	Gruplar
2	180	1.7 a	MUF	240	3.1 a	OK-KAVAK	240	3.6 a
24	180	4.1 b	UF	240	3.9 b	KAYIN-KAVAK	240	3.8 b
168	180	4.6 c	FF	240	4.4 c	KAYIN-OK	240	3.9 c
336	180	4.7 c						

Çizelge 3.63 Karışık kontrplaklarda su alma miktarları Tukey çoklu ayırım testi

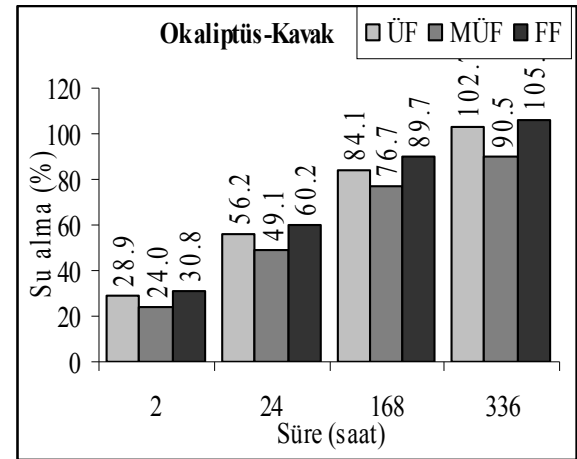
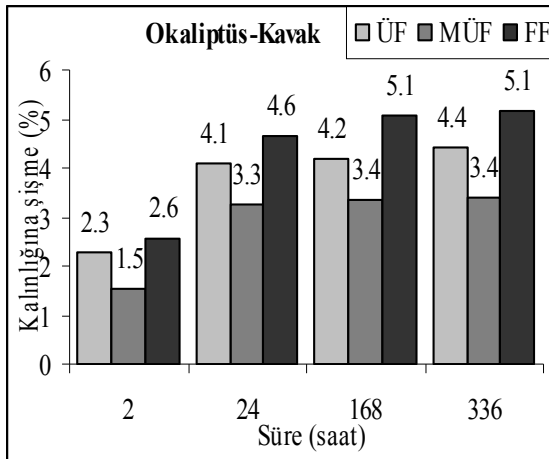
Süre			Tutkal türü			Ağaç türü		
	n	Gruplar		n	Gruplar		n	Gruplar
2	180	22.1 a	MUF	240	49.9 a	KAYIN-OK	240	41.3 a
24	180	49.1 b	UF	240	56.1 b	KAYIN-KAVAK	240	62.5 b
168	180	70.5 c	FF	240	64.3 c	OK-KAVAK	240	66.5 c
336	180	85.4 d						



Şekil 3.50 Kayın-okalıptüs kontrplakta KŞ ve SA değeri varyasyon grafikleri



Şekil 3.51 Kayın-kavak kontrplakta KŞ ve SA değeri varyasyon grafikleri



Şekil 3.52 Okalıptüs-kavak kontrplakta KŞ ve SA değeri varyasyon grafikleri

3.8. Karışık Kontrplakta Mekanik Özellikler

3.8.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü

Elde edilen bulgular Çizelge 3.64 ve 3.65’de ve varyasyon grafikleri Şekil 3.53 ve 3.54’de gösterilmiştir. Bu bulgulara göre en büyük paralel eğilme direnci değeri MÜF ile üretilmiş kayın-okalıptüs kombinasyonundan 88,3 N/mm², en küçük ise MÜF ile üretilmiş okalıptüs-kavak kombinasyonundan 65,3 N/mm² elde edilmiştir. Dik eğilme direnci değerlerinde ise en büyük eğilme direnci değeri ÜF ile üretilmiş kayın-okalıptüs kontrplaktan 42 N/mm², en küçük FF ile üretilmiş kayın-kavak kombinasyonunda 27.2 N/mm² ölçülmüştür. Paralel örneklerde elastikiyet modülü en büyük okalıptüs-kavak kombinasyonunda 8920, en küçük kayın-okalıptüs kombinasyonunda 7430 N/mm² olarak ölçülmüştür. Dik örneklerde ise en yüksek kayın-okalıptüs kombinasyonunda 3276 N/mm² ve en düşük okalıptüs-kavak kombinasyonunda 2099 N/mm² ölçülmüştür.

Çizelge 3.64 Paralel statik eğilme direnci, statik kalite ve elastikiyet modülü değerleri

Ağaç Türü	İ.D.	σ_{EM} (N/mm ²)	σ_{SE} (N/mm ²)	I_{SE}	σ_{EM} (N/mm ²)	σ_{SE} (N/mm ²)	I_{SE}	σ_{EM} (N/mm ²)	σ_{SE} (N/mm ²)	I_{SE}
		ÜF (n:15)			MÜF (n:15)			FF (n:15)		
KAYIN OKALİPTÜS	x	7430.1	79.6	12.2	8640.4	88.3	13.9	8125.4	80.2	13.0
	s	933.4	8.6	1.65	809.7	9.9	1.25	997.8	10.1	1.84
KAYIN KAVAK	x	7440.6	70	13.3	7766.9	71	13.8	7683.5	74.3	14.2
	s	1052.1	9.6	1.66	581.2	9.8	1.88	454.2	4	0.77
OKALİPTÜS KAVAK	x	8920.3	69.8	14.1	8592.3	65.3	13.2	8463.3	66.1	13.5
	s	688.9	7.9	1.37	617.4	6.9	1.39	757.8	8.3	1.79

Çizelge 3.65 Dik statik eğilme direnci, statik kalite ve elastikiyet modülü değerleri

Ağaç Türü	İ.D.	σ_{EM} (N/mm ²)	σ_{SE} (N/mm ²)	I_{SE}	σ_{EM} (N/mm ²)	σ_{SE} (N/mm ²)	I_{SE}	σ_{EM} (N/mm ²)	σ_{SE} (N/mm ²)	I_{SE}
		ÜF (n:15)			MÜF (n:15)			FF (n:15)		
KAYIN OKALİPTÜS	x	3276.8	42	6.3	2969.6	39.4	6.2	2888.5	35.9	5.8
	s	331.4	8.5	1.01	457.4	7.9	0.77	281.5	7.4	0.92
KAYIN KAVAK	x	2238	29.1	5.5	2286.6	28.5	5.6	2141.5	27.2	5.3
	s	134.7	2.5	0.50	256.3	5.9	1.07	210.2	4.3	0.68
OKALİPTÜS KAVAK	x	2099.9	27.5	5.6	2281.4	27.8	5.4	2104.5	27.7	5.5
	s	107.6	2.1	0.51	233.2	3.9	0.70	215.5	2.8	0.45

Çizelge 3.66’da çoğul varyans analizi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre ağaç türünün eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine etkisi 0.001 yanılma olasılığı ile önemli, tutkal türünün etkisi paralel örneklerde önemsiz ve dik örneklerde elastikiyet

modülü üzerine 0.05 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur. Ancak hesaplanan statik kalite değeri sonuçlarına göre tutkal türünün eğilme direnci üzerine istatistiksel olarak etkisi bulunmamaktadır. Aynı durum elastikiyet modülü içinde geçerlidir. Bulunan farklar ise o grubun yoğunluğu ile ilgilidir.

Çizelge 3.66 Karışık kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin varyans analizi

Paralel örnekler								Dik örnekler						
	Statik Eğilme		Kalite değeri			E. Modülü		Statik Eğilme		Kalite değeri			E. Modülü	
Varyans kaynağı	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi		F		Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi
AT	39.6	0.000	2.7	0.067		19.3		0.000	60.7	0.000	10.6	0.000	154.4	0.000
TT	0.5	0.603	1.0	0.351		3		0.055	2.6	0.081	1.78	0.173	4.7	0.011
AT * TT	3.3	0.012	3.0	0.020		4	0.005	1.3	0.276	0.8	0.510	3.8	0.006	

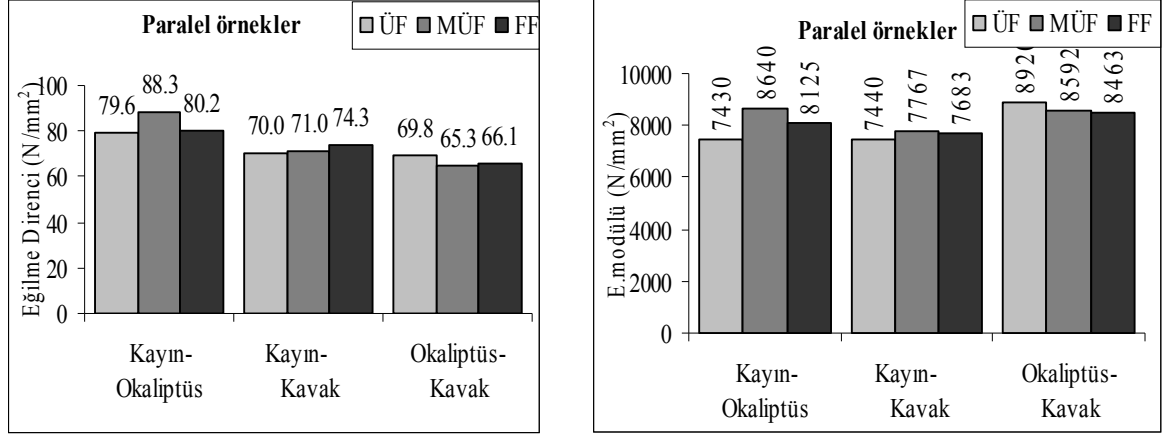
Çizelge 3.67’de karışık kontrplaklarda Tukey testi sonuçları verilmiştir. Buna göre, paralel ve dik örneklerde kayın-okalıptüs kombinasyonunda eğilme direnci en yüksek ölçülmüştür. Elastikiyet modülü ise paralel örneklerde okalıptüs-kavak, dik örneklerde kayın-okalıptüs kombinasyonunda ölçülmüştür.

Çizelge 3.67 Karışık kontrplaklarda paralel ve dik statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin Tukey testi

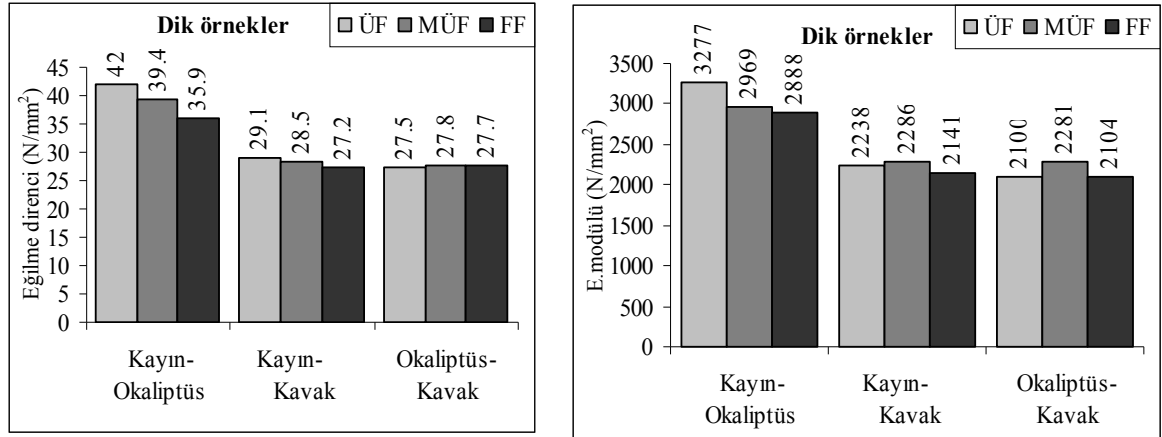
Paralel örnekler				Dik örnekler			
Eğilme Direnci		Elastikiyet Modülü		Eğilme Direnci		Elastikiyet Modülü	
V. kaynağı	Gruplar	V. kaynağı	Gruplar	V. kaynağı	Gruplar	V. kaynağı	Gruplar
Ağaç Türü				Ağaç Türü			
ok-kavak	67 A	kayın-kavak	7630 A	ok-kavak	27 A	ok-kavak	2161 A
kayın-kavak	71 B	kayın-ok	8065 B	kayın-kavak	28 A	kayın-kavak	2222 A
kayın-ok	82 C	ok-kavak	8658 C	kayın-ok	39 B	kayın-ok	3044 B
Tutkal türü				Tutkal türü			
ÜF	-	ÜF	7930 A	FF	-	FF	2378 A
FF	-	FF	8090 A	MÜF	-	MÜF	2512 B
MÜF	-	MÜF	8333 B	ÜF	-	ÜF	2538 B

Karışık kontrplaklarda statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri, homojen kontrplaklardan daha düşük çıkmıştır. Karışık kontrplaklarda statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü homojen olan zayıf kontrplaklardan büyük, homojen olan güçlü kontrplaklardan küçük ölçülmüştür. Örneğin; kayın-kavak kombinasyonu ile üretilen kontrplakların statik eğilme direnci değeri kayın kontrplaktan küçük, kavak kontrplaktan büyük olarak ölçülmüştür. Benzer sonuçlar Özen (1981) tarafından, dış tabakaları kayın ve

iç tabakaları kızılâğaç kaplamalar ile ÜF ile üretilmiş karışık kontrplaklarda paralel örneklerde statik eğilme direnci değeri ve elastikiyet modülü değeri ise dik örneklerdeki statik eğilme direnci değeri ve elastikiyet modülü değerinden daha büyük olarak elde edilmiştir.



Şekil 3.53 Karışık kontrplakta paralel örneklerde eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği



Şekil 3.54 Karışık kontrplakta dik örneklerde eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri varyasyon grafiği

3.8.2. Yüzeye Paralel Basınç Direnci

Karışık kontrplaklarda yüzeye paralel basınç direnci, levhanın dış tabakalarının elyaf yönüne paralel ve dik olmak üzere iki grupta yapılmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 3.68'de ve varyasyon grafiği Şekil 3.55'de verilmiştir. Bu bulgulara göre en yüksek paralel basınç direnci kayın-okaliptüs kombinasyonundan 40.8 N/mm^2 en küçük ise okaliptüs-kavak kombinasyonundan 31.0 N/mm^2 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 3.68 Karışık kontrplaklarda levha yüzeyine paralel basınç direnci

Ağaç Türü	İ.D.	Elyafa Paralel Basınç Direnci (N/mm ²) (n:10)			Elyafa Dik Basınç Direnci (N/mm ²) (n:10)		
		ÜF	MÜF	FF	ÜF	MÜF	FF
KAYIN OKALİPTÜS	x	37.7	40.8	37.8	28.6	28.7	27.6
	s	2.8	2.3	3.5	2.2	2.4	2.5
	v	7.3	5.5	9.2	7.6	8.5	9.1
KAYIN KAVAK	x	33.6	33.1	32.4	21.4	22.1	20.3
	s	2.8	1.1	2.3	1.5	2.7	2.5
	v	8.5	3.3	7.2	6.9	12.2	12.2
OKALİPTÜS KAVAK	x	31.4	33.7	31.0	20.5	21.4	20.1
	s	3.9	1.6	2.3	0.8	1.3	1.2
	v	12.5	4.9	7.3	4.1	5.9	6.1

Çizelge 3.69 Karışık kontrplakta yüzeye paralel basınç direnci üzerine ağaç türü, kuvvet uygulama yönü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

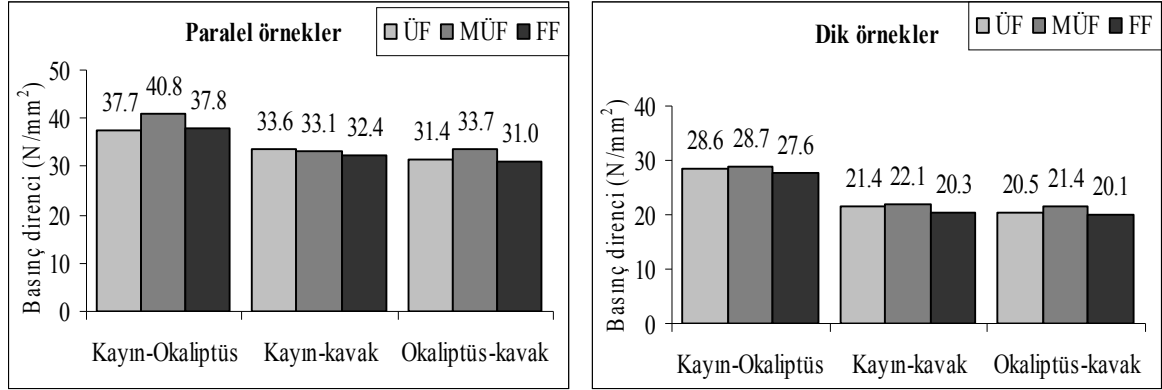
Varyans kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	1856.8	2	928.4	167.9	0.000
KY	5630.2	1	5630.2	1018.0	0.000
TT	95.3	2	47.7	8.6	0.000
AT * KY	12.6	2	6.3	1.1	0.322
AT * TT	15.0	4	3.8	0.7	0.608
KY * TT	7.9	2	4.0	0.7	0.489
AT * KY * TT	24.4	4	6.1	1.1	0.356

Çizelge 3.68’de verilen bulgular incelendiğinde kayın-kavak kombinasyonu ile elde edilen kontrplaklarda yüzeye paralel ve elyafa paralel-dik olarak yapılan testlerde, elde edilen sonuçların okaliptüs-kavak kombinasyonu ile elde edilenlere benzer olduğu görülmektedir. Genel olarak kayın-kavak kombinasyonundan elde edilen bulgular daha yüksek olsa bile MÜF tutkalı kullanılarak okaliptüs-kavak kombinasyonu ile üretilmiş olan örneklerde daha yüksek 33.7 N/mm² olarak ölçülmüştür.

Çizelge 3. 69 ve 3.70’de verilen istatistiklere göre ağaç türü, tutkal türü ve kuvvet uygulama yönünün yüzeye paralel basınç direnci üzerine (P<0.001) önemli seviyede etkili olduğu, belirlenmiştir. Kayın-okaliptüs kombinasyonu ile üretilen levhalarda en yüksek basınç direnci ölçülmüştür.

Çizelge 3.70 Karışık kontrplakta basınç direnci Tukey çoklu karşılaştırma testi

Varyans kaynağı	n	BD (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	BD (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü		
Okaliptüs-kavak	60	26.3 a	FF	60	28.1 a
Kayın-Kavak	60	27.1 a	ÜF	60	28.8 a
Kayın-Okaliptüs	60	33.5 b	MÜF	60	29.9 b



Şekil 3.55 Karışık kontrplaklarda elyafa paralel ve elyafa dik örneklerde yüzeye paralel basınç direnci değerleri varyasyon grafiği

3.8.3. Çekme-makaslama Direnci

Karışık kontrplaklarda çekme-makaslama direnci her tutkal tabakası için ayrı ayrı test edilmiştir. Ön işlem olarak hava kurusu halde test edilenlerin dışında, ÜF ve MÜF için soğuk su da bekletme ve FF için kaynayan suda bekletme işlemleri uygulanmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 3.71’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.56’da verilmiştir. Bu verilere göre; hava kurusu halde en yüksek çekme-makaslama direnci FF ile tutkallanmış kayın-okaliptüs kombinasyonunda 2.60 N/mm² ölçülmüştür. En düşük ise FF ile üretilmiş okaliptüs-kavak kombinasyonunda 1.62 N/mm² ölçülmüştür.

Karışık kontrplaklarda çekme-makaslama direnci homojen kontrplaklardan elde edilen değerlerden daha düşük ölçülmüştür. Bunun en önemli sebebi kaplamaların yüzey pürüzlülüğü ve yoğunluğudur. Çekme-makaslama testi esnasında test örneği en zayıf olan bölgeden kopmaya başlamaktadır. Bu da karışık kontrplaklarda zayıf olan kaplama levhası yüzeyidir. Karışık kontrplakta çekme makaslama direncine ait çoğul varyans analizi ve Tukey testi sonuçları Çizelge 3.72 ve 3.73’te verilmiştir. Hava kurusu örneklerde tutkal türleri arasında istatistiksel olarak önemli fark ($P>0.05$) bulunmamıştır. Ağaç türleri arasında ($P<0.001$) önemli fark vardır. Ancak soğuk su ile ön işlem gören gruplarda tutkal grupları arasında önemli fark belirlenmiştir ($P<0.05$).

Çizelge 3.71 Karışık kontrplaklarda çekme-makaslama direnci

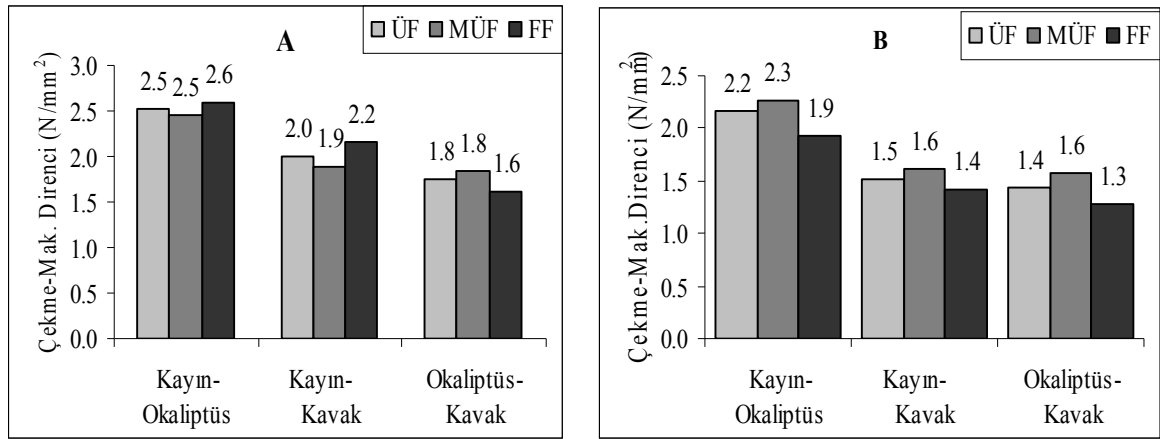
Hava kuru rutubetteki karışık kontrplaklarda çekme makaslama direnci (N/mm ²) (n:15)																	
	ÜF						MÜF						FF				
	1 TT	2 TT	3 TT	4 TT	X		1 TT	2 TT	3 TT	4 TT	X		1 TT	2 TT	3 TT	4 TT	X
KAYIN-OKALİPTÜS																	
x	2.42	2.19	2.64	2.82	2.52		2.50	2.30	2.23	2.76	2.45		2.73	2.78	2.36	2.52	2.60
s	0.64	0.47	0.53	0.45	0.52		0.44	0.40	0.37	0.27	0.37		0.72	0.33	0.42	0.34	0.45
KAYIN-KAVAK																	
x	1.98	1.90	2.10	2.03	2.00		2.13	1.89	1.73	1.78	1.88		2.40	1.92	2.00	2.30	2.15
s	0.48	0.36	0.26	0.33	0.36		0.36	0.46	0.43	0.40	0.41		0.39	0.46	0.12	0.41	0.34
OKALİPTÜS-KAVAK																	
x	1.73	1.45	2.03	1.84	1.76		2.05	1.82	1.55	1.94	1.84		2.07	1.48	1.19	1.74	1.62
s	0.39	0.31	0.30	0.29	0.32		0.52	0.17	0.25	0.40	0.33		0.43	0.50	0.78	0.54	0.56
Su ile ön işlem görmüş karışık kontrplaklarda çekme makaslama direnci (N/mm ²) (n:15)																	
	20 °C deki suda 24 saat						20 °C deki suda 24 saat						kaynayan suda 6 saat				
KAYIN-OKALİPTÜS																	
x	1.98	1.88	2.30	2.52	2.17		2.40	1.96	2.05	2.68	2.27		2.16	2.00	1.66	1.91	1.93
s	0.35	0.54	0.41	0.39	0.42		0.23	0.28	0.31	0.28	0.27		0.46	0.23	0.30	0.43	0.36
KAYIN-KAVAK																	
x	1.57	1.52	1.44	1.54	1.52		1.84	1.71	1.47	1.45	1.61		1.38	1.19	1.48	1.60	1.41
s	0.61	0.45	0.34	0.41	0.45		0.49	0.44	0.49	0.48	0.47		0.46	0.30	0.22	0.31	0.32
OKALİPTÜS-KAVAK																	
x	1.44	1.35	1.65	1.32	1.44		1.84	1.65	1.50	1.31	1.58		1.25	1.11	1.46	1.25	1.27
s	0.43	0.41	0.46	0.34	0.41		0.16	0.15	0.34	0.23	0.22		0.33	0.30	0.27	0.26	0.29

Çizelge 3.72 Hava kuru ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci üzerine ağaç türü ve tutkal türünün etkisine ilişkin çoğul varyans analizi

Hava kuru					Soğuk su ile ön işlem		
Varyans kaynağı	S. D.	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi	Ortalama kareler	F	Önem düzeyi
AT	2	8.2	60	0.000	4.9	112.8	0.000
TT	2	0.1	1	0.385	0.3	6.3	0.014
AT * TT	4	0.1	0.6	0.677	0.0	0.1	0.897

Çizelge 3.73 Karışık kontrplaklarda hava kuru ve soğuk su ile ön işlem görmüş örneklerde çekme makaslama direnci Tukey çoklu ayırım testi sonuçları

Hava kuru						Soğuk su ile ön işlem		
Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)	Varyans kaynağı	n	σ_{CM} (N/mm ²)
Ağaç Türü			Tutkal türü			Ağaç Türü		
Ok-Kavak	45	1.70 a	MÜF	45	2.01 a	Ok-Kavak	30	1.50 a
Kay-Kavak	45	1.97 b	ÜF	45	2.06 a	Kay-Kavak	30	1.56 a
Kay-Ok	45	2.53 c	FF	45	2.12 a	Kay-Ok	30	2.23 b



Şekil 3.56 Karışık kontrplakta çekme-makaslama direnci değerleri. A: hava kurusu test edilen örnekler, B: soğuk su (ÜF-MÜF) ve sıcak su (FF) ile ön işlem gören örnekler.

3.9. Masif Ağaç Malzeme ile LVL’de Fiziksel Özelliklerin Karşılaştırılması

3.9.1. Tam Kuru Yoğunluk Değerlerinin Karşılaştırılması

Masif ağaç malzemede ve LVL’de elde edilen tam kuru yoğunluk değerleri Çizelge 3.74’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.57’de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, LVL’nin yoğunluğunun masif grupların ortalama yoğunluklarından fazla olduğu fakat tutkal türüne göre çok az farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir. Okaliptüste ise tomruk çaplarının küçük olması ve diri odundan soyma işleminin başlangıcında elde edilen dar kaplama parçalarının kullanılmaması ve yoğunluğun düşük olduğu öz kısmının büyük bir çoğunluğunun artık olarak (çekirdek) kalması sebebiyle LVL’nin yoğunluk miktarı diri odundan düşük öz odundan yüksek bulunmuştur. Özellikle kavak LVL’de yoğunluğun masif kavak ortalama değerine göre yaklaşık olarak %25 arttığı belirlenmiştir. Bu artış kullanılan tutkal ve pres basıncından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 3.75’de verilen varyans analizi sonuçlarına göre masif odunun tam kuru yoğunluğu ile LVL arasındaki fark 0.001 yanılma olasılığı ile önemlidir. Çizelge 3.74’de verilen Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre, masif oduna ait tam kuru yoğunluk değerleri ile LVL arasında fark vardır. Kavak ve okaliptüs LVL’de tutkal türleri arasında fark bulunmazken, kayın LVL’de fark vardır. Fakat bu farkın kullanılan tutkaldan değil, kullanılan kaplama levhalarından kaynaklandığı açıktır. LVL’de en düşük tam kuru yoğunluk değerleri MÜF ile üretilen gruplarda, en yüksek ise FF ile üretilen gruplarda olmuştur. LVL gibi malzemelerde yoğunluk miktarında meydana gelen artışın kullanılan tutkaldan ve uygulanan pres basıncından kaynaklandığı bir çok araştırmada bildirilmiştir.

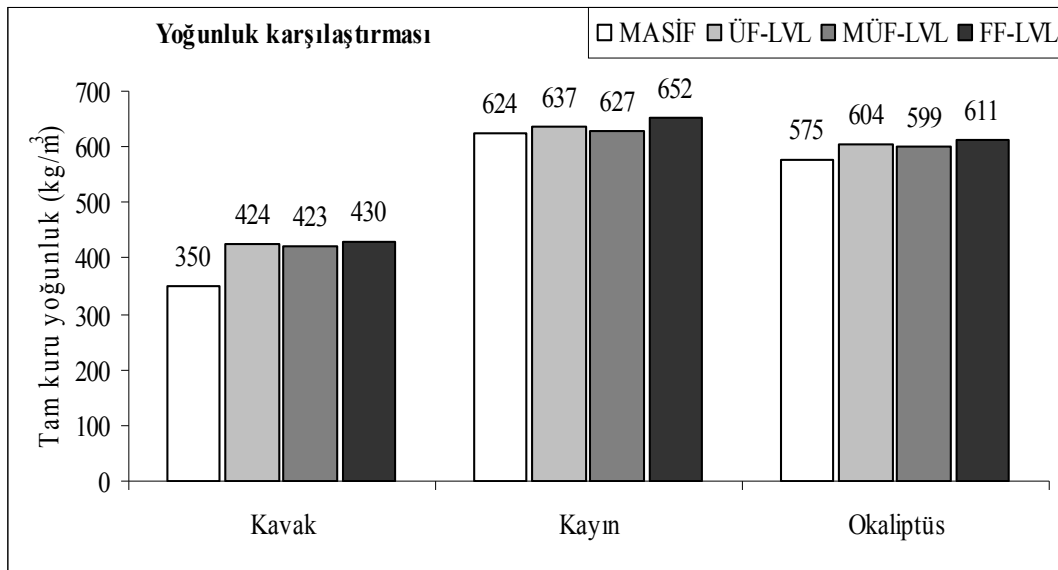
Çizelge 3.74 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin tam kuru yoğunluklarının karşılaştırılması

Masif Ağaç Malzeme (kg/m ³)				LVL (kg/m ³)		
	DİRİ	ÖZ	ORT.	ÜF	MÜF	FF
	KAVAK			KAVAK		
X	377.32	323.71	350.5 a	424.0 b	422.7 b	429.7 b
S	31.30	29.10	30.20	24.1	16.2	17.3
V	8.30	8.99	8.64	5.7	3.8	4.0
	KAYIN			KAYIN		
X	616.21	632.46	624.3 a	637.6 b	627.6 ab	652.1 c
S	48.61	46.57	47.59	20.9	8.5	16.4
V	7.89	7.36	7.63	3.3	1.4	2.5
	OKALİPTÜS			OKALİPTÜS		
X	634.14	516.93	575.5 a	604.4 b	599.3 b	611.2 b
S	89.93	61.66	75.80	24.2	31.5	26.6
V	14.18	11.93	13.06	4.0	5.3	4.4

Çizelge 3.75 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin tam kuru yoğunlukları varyans analizi.

	Kavak		Kayın		Okalıptüs	
Varyans kaynağı	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	416.6	0.000	20.2	0.000	13.3	0.000

Yüksek pres basıncı malzeme yoğunluğunun artmasına sebep olmaktadır. Kavak LVL üretilirken pres basıncı 8 kg/cm² olarak seçilmiştir. Kayın ve Okalıptüs LVL'de ise 12 kg/cm²'lik pres basıncı kullanılmıştır. Çok yüksek pres basıncı, üretilen levhanın mekanik özelliklerini pozitif yönde etkilerken, kalınlığına şişme ve su alma yüzdeleri yüksek çıkmakta ve olumsuz etkilemektedir.



Şekil 3.57 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin tam kuru yoğunluk değerleri grafiği

3.9.2. Termik Genleşme Katsayılarının Karşılaştırılması

Termik genleşme miktarlarının karşılaştırılmasına ait bulgular Çizelge 3.76’da verilmiştir. LVL’de termik genleşme katsayıları masif ağaç malzemeden daha yüksek belirlenmiştir.

Çizelge 3.76 Termik genleşme miktarları ve termik genleşme katsayıları

Termik genleşme katsayısı (α)					
Masif Ağaç Malzeme (n:10)			LVL (n:10)		
	Teğet	Boyuna		Teğet	Boyuna
Kavak öz odun			Kavak (ÜF)		
x	1.88×10^{-5}	0.78×10^{-5}	x	5.33×10^{-5}	0.79×10^{-5}
s	1.43×10^{-5}	0.41×10^{-5}	s	1.63×10^{-5}	1.90×10^{-5}
Kavak diri odun			Kavak (FF)		
x	2.25×10^{-5}	0.70×10^{-5}	x	4.08×10^{-5}	0.86×10^{-5}
s	1.23×10^{-5}	0.27×10^{-5}	s	1.56×10^{-5}	0.16×10^{-5}
Kayın öz odun			Kayın (ÜF)		
x	2.33×10^{-5}	0.64×10^{-5}	x	4.41×10^{-5}	1.16×10^{-5}
s	1.18×10^{-5}	0.20×10^{-5}	s	1.21×10^{-5}	0.56×10^{-5}
Kayın diri odun			Kayın (FF)		
x	3.58×10^{-5}	1.43×10^{-5}	x	4.64×10^{-5}	1.12×10^{-5}
s	1.05×10^{-5}	0.70×10^{-5}	s	1.13×10^{-5}	0.54×10^{-5}
Okalıptüs öz odun			Okalıptüs (ÜF)		
x	2.57×10^{-5}	1.28×10^{-5}	x	4.32×10^{-5}	0.76×10^{-5}
s	1.17×10^{-5}	1.08×10^{-5}	s	1.28×10^{-5}	0.28×10^{-5}
Okalıptüs diri odun			Okalıptüs (FF)		
x	4.09×10^{-5}	1.48×10^{-5}	x	4.66×10^{-5}	1.03×10^{-5}
s	1.58×10^{-5}	1.22×10^{-5}	s	1.45×10^{-5}	0.36×10^{-5}

Masif ağaç malzemelerin ve lamine malzemelerin su alıp vermesi ile meydana gelen daralma ve genişleme miktarları sıcaklık ile meydana gelen daralma ve genişleme miktarlarından çok daha fazladır. Sıcaklık ile meydana gelen değişimler genellikle ihmal edilir. Ancak bu çalışmada üretilen LVL ile masif ağaç malzemelerin sıcaklık karşısındaki davranışlarını inceleyebilmek açısından testler yapılmıştır. Karşılaştırmalı bulgular Çizelge 3.76’da verilmiştir. Çizelge 3.76 incelendiğinde teğet yönündeki termik genleşme katsayılarının LVL’de masif ağaç malzemeye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun, LVL’nin yoğunluğundan, homojenliğinden ve yıllık halkaların LVL’nin teğet yüzeyine çok daha paralel olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Masif ağaç malzemede yıllık halkalar test örneğinin yüzeyine tam paralel değildir.

3.10. Masif Ağaç Malzeme ile LVL'nin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

3.10.1. Statik Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülünün karşılaştırılması

Masif ağaç malzeme ve LVL'ye ait radyal yüzeyde ölçülen statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerleri Çizelge 3.77'de ve varyasyon grafiği Şekil 3.58'de verilmiştir. Çizelgede verilen tüm değerler %12 rutubet seviyesine tahvil edilmiş değerlerdir.

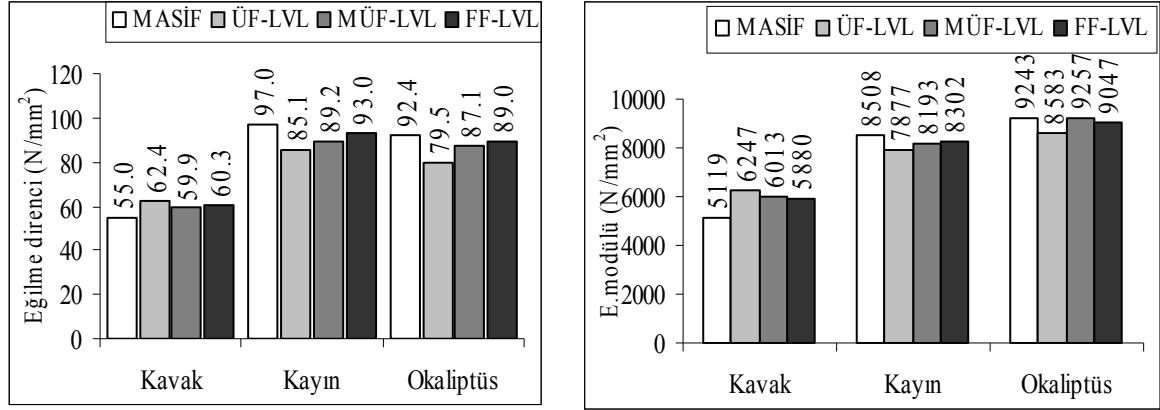
Çizelge 3.77 Masif ağaç malzeme ve LVL'nin eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait bulguların karşılaştırılması

Statik Eğilme Direnci (N/mm ²)				
İ.D.	Masif	LVL		
		ÜF	MÜF	FF
Kavak				
x	55,0 a	62,4 b	59,9 b	60,3 b
s	5,2	4,4	4,3	6,7
v	9,7	7,1	7,2	11,1
Kayın				
x	97,0 c	85,1 a	89,2 ab	93,0 bc
s	12,8	7,4	4,2	6,2
v	13,2	8,7	4,7	6,6
Okalıptüs				
x	92,4 b	79,5 a	87,1 b	89,0 b
s	19,3	7,0	6,9	6,1
v	21,1	8,8	7,9	6,8

Elastikiyet Modülü (N/mm ²)				
İ.D.	Masif	LVL)		
		ÜF	MÜF	FF
Kavak				
x	5119,3 a	6247,1 b	6013,0 b	5879,9 b
s	460,0	423,0	297,7	569,5
v	9,3	6,8	5,0	9,7
Kayın				
x	8508,3 b	7877,0 a	8193,6 a	8302,3 a
s	1270,4	693,3	352,3	478,0
v	14,9	8,8	4,3	5,8
Okalıptüs				
x	9243,0	8583,5	9257,3	9046,6
s	1901,3	418,4	525,3	488,2
v	20,7	4,9	5,7	5,4

Çizelge 3.77 incelendiğinde masif kavak odununun statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin, kavak LVL'den düşük olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin yoğunluk olduğu düşünülmektedir. Masif ağaç malzeme ile LVL'nin yoğunluklarının karşılaştırıldığı Çizelge 3.72 incelendiğinde en yüksek yoğunluk artışının kavakta gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca, LVL'nin eğilme direnci ve elastikiyet modülüne ait bulgular %12 rutubet seviyesine tahvil edilmiştir. Aslında literatürde LVL'nin mekanik özelliklerine ait sonuçlara rutubet düzeltmesi yapılmasına ait bir çalışmaya ulaşılamamıştır. Ancak doğru karşılaştırma yapabilmek için yapılan bu işlemin sonucunda değerlerde azalma olmuştur. Masif kavak odunu ile Kavak LVL gruplarının statik eğilme direnci arasındaki fark, masif kayın ile kayın LVL grupları arasındaki fark ve masif okalıptüs ile okalıptüs LVL grupları arasındaki fark 0.001 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur.

Elastikiyet modülleri arasındaki farklar ise, masif kavak ile kavak LVL arasında 0.001 yanılma olasılığı ile, masif kayın ve kayın LVL arasında 0.001 yanılma olasılığı ile önemlidir. Ancak masif okalıptüs ile okalıptüs LVL arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.



Şekil 3.58 Masif ağaç malzeme ile LVL'nin eğilme direnci ve E.modülü değerleri varyasyon grafiği

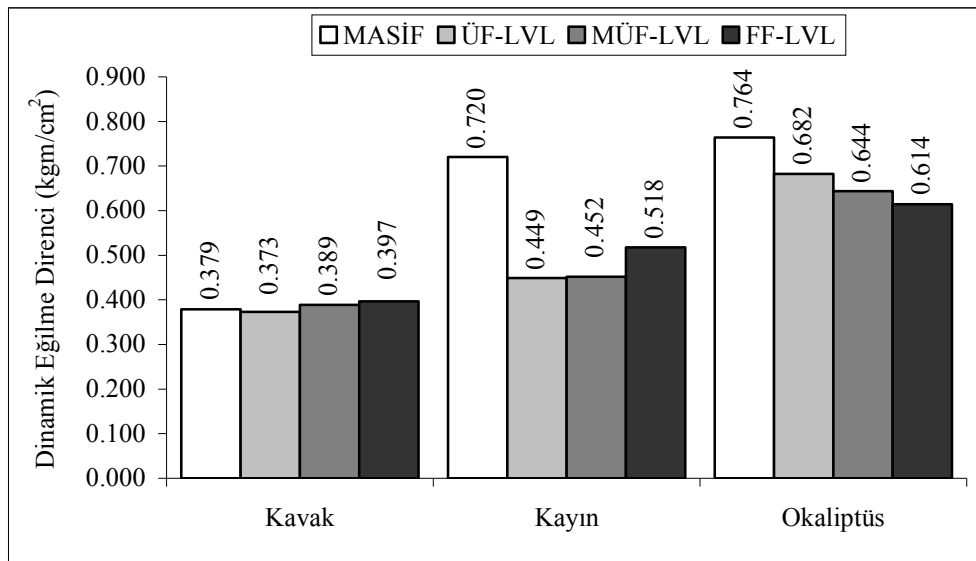
3.10.2. Dinamik Eğilme Direncinin Karşılaştırılması

Masif ağaç malzeme ile LVL'nin dinamik eğilme direncinin karşılaştırılmasına dair bulgular Çizelge 3.78'de ve varyasyon grafiği Şekil 3.59'da verilmiştir. Çizelgede verilen değerlerin tamamı radyal yüzeyde ölçülen, rutubet düzeltmesi yapılan %12 rutubet seviyesindeki sonuçlardır. Masif ağaç malzemede sadece radyal yüzeyde denemeler yapılmış ve LVL'de ise hem radyal hem de teğet yüzeyde denemeler yapılmıştır.

Çizelge 3.78 Masif ağaç malzeme ve LVL'de dinamik eğilme direnci

Dinamik Eğilme Direnci (kgm/cm ²)				
İ.D.	MASİF	LVL (ÜF)	LVL (MÜF)	LVL (FF)
Kavak				
x	0,379	0,373	0,389	0,397
s	0,093	0,106	0,072	0,103
v	24,6	28,4	18,6	25,8
Kayın				
x	0,720 a	0,449 b	0,452 b	0,518 b
s	0,265	0,093	0,061	0,069
v	35,4	20,6	13,4	13,3
Okalıptüs				
x	0,764 a	0,682 b	0,644 b	0,614 b
s	0,245	0,055	0,098	0,091
v	34,0	8,1	15,2	14,9

Elde edilen bulgular doğrultusunda, LVL’de dinamik eğilme direncinin tüm gruplarda teğet yüzeyde daha yüksek ölçüldüğü önceki konularda verilmişti (Bkz. Çizelge 3. 30). Dinamik eğilme direncinde masif kavak ile kavak LVL grupları arasında ki fark önemsiz, masif kayın ile kayın LVL grupları arasındaki fark 0.001 yanılma olasılığı ile ve masif okalıptüs ile okalıptüs LVL grupları arasındaki fark 0.001 yanılma olasılığı ile önemli çıkmıştır. Dinamik eğilme direnci, kayın ve okalıptüsten üretilen LVL levhalarında masif ağaç malzemeye göre daha düşük ölçülmüştür. Bunun temel sebebinin masif odunun tutkal tabakasına göre ani yüklemeleri daha fazla absorbe etme yeteneğine sahip olmasıdır. Tutkal tabakası oduna göre daha rijit ve kırılmandır.



Şekil 3.59 Masif ağaç malzeme ile LVL’nin şok direnci değerleri varyasyon grafiği

3.10.3. Liflere Paralel Basınç Direncinin Karşılaştırılması

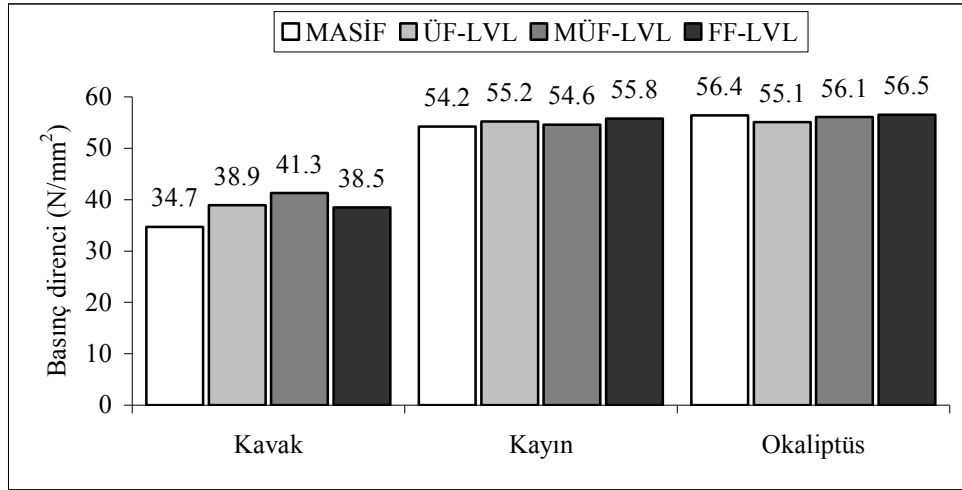
Masif ağaç malzeme ile LVL’de liflere paralel basınç direncine ait bulgular Çizelge 3.79’da ve varyasyon grafiği Şekil 3.60’da verilmiştir. Bu bulgulara göre kavak ve kayın LVL’nin basınç direnci değerleri masif örneklerden daha yüksek çıkmıştır. Basınç direnci ile odunun yoğunluğu arasında pozitif güçlü bir ilişki vardır. Okalıptüs odununun yoğunluk bakımından çok değişken olması, masif örneklerin hazırlandığı bölge ile soyma kaplamanın alındığı bölgenin özellikleri farklı sonuçların elde edilmesine sebep olmuştur.

Masif ağaç malzeme ve LVL’nin basınç direncinin karşılaştırılması amacıyla yapılan varyans analizi sonuçlarına göre, masif kavak ile kavak LVL arasındaki fark 0.001 yanılma olasılığı ile önemli, masif kayın ile kayın LVL grupları arasındaki fark 0.01 yanılma olasılığı ile önemli ve masif okalıptüs ile okalıptüs LVL arasındaki fark

istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3.79’da verilmiştir.

Çizelge 3.79 Masif ağaç malzeme ve LVL’de basınç direncinin karşılaştırılması

Liflere Paralel Basınç Direnci (N/mm ²)				
İ.D.	MASİF	LVL (ÜF)	LVL (MÜF)	LVL (FF)
KAVAK				
x	34.7 a	38.9 b	41.3 c	38.5 b
s	3.65	2.3	2.8	3.7
v	10.56	5.9	6.7	9.6
KAYIN				
x	54.2 a	55.2 ab	54.6 ab	55.8 b
s	6.65	4.3	2	2.8
v	12.27	7.7	3.6	5.1
OKALİPTÜS				
x	56.4	55.1	56.1	56.5
s	9.22	4.4	3.4	4.1
v	16.43	7.92	6.13	7.18



Şekil 3.60 Masif ağaç malzeme ile LVL’nin basınç direnci değerleri varyasyon grafiği

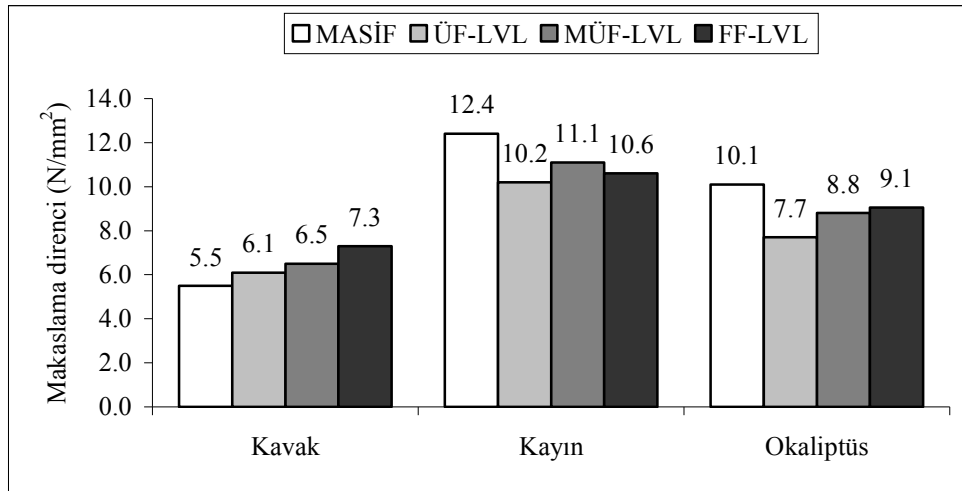
3.10.4. Liflere Paralel Makaslama Direncinin karşılaştırılması

Masif ağaç malzeme ile LVL’nin makaslama direncinin karşılaştırılmasına ait bulgular Çizelge 3.80’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.61’de verilmiştir. Bu bulgulara göre Kavak LVL’nin makaslama direnci masiften yüksek çıkarken, okalıptüs ve kayın LVL’nin sonuçları düşük çıkmıştır. Bu durumun kavak LVL’nin yoğunluğunun masiften yüksek olması, kayın ve okalıptüs kaplamalarda soyma esnasında gevşek yüzeyde bulunan çatlakların, makaslama testi esnasında uygulanan kuvvet yönüne paralel olmasıdır. Benzer şekilde, Biblis (1996) tarafından yapılan bir çalışmada makaslama direnci LVL’de masif odununkinden düşük çıkmıştır. Bunun sebebi olarak derin soyma çatlakları

gösterilmiştir.Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre masif gruplar ile LVL grupları arasındaki fark 0.001 yanılma olasılığı ile önemli bulunmuştur.

Çizelge 3.80 Liflere paralel makaslama direncinin karşılaştırılması

Liflere Paralel Makaslama Direnci (N/mm ²)				
İ.D.	MASİF	LVL (ÜF)	LVL (MÜF)	LVL (FF)
KAVAK				
x	5.5 a	6.1 b	6.5 b	7.3 c
s	0.83	0.69	0.76	0.69
v	14.93	11.28	11.66	9.42
KAYIN				
x	12.4 c	10.2 a	11.1 b	10.6 ab
s	1.97	1.18	1.07	0.82
v	15.89	11.57	9.57	7.77
OKALİPTÜS				
x	10.1 b	7.7 a	8.8 b	9.05 b
s	2.65	1.28	1.02	1.42
v	26.26	16.61	11.55	15.66



Şekil 3.61 Masif ağaç malzeme ile LVL’de makaslama direnci değerleri varyasyon grafiği

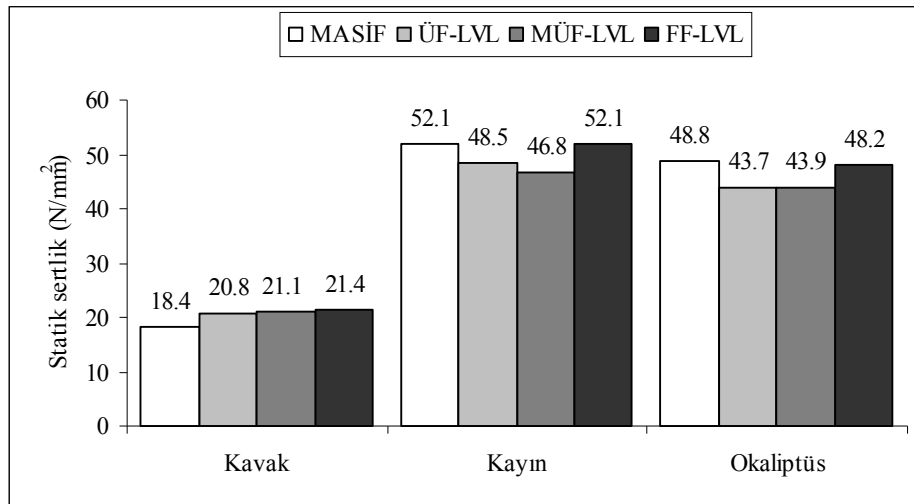
3.10.5. Statik Sertliğin Karşılaştırılması

Masif ağaç malzemede yapılan statik sertlik testlerinin sadece teğet yüzeyde elde edilen bulgularla, LVL’nin bir yüzeyinde yapılan testlerin bulguları Çizelge 3.81’de ve varyasyon grafiği Şekil 3.62’de gösterilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda kavak LVL hariç, kayın ve okalıptüs LVL’nin statik sertlik değerleri masiften daha düşük çıkmıştır. Kavak LVL’de yüksek çıkması kavak LVL’nin masif kavaktan daha yüksek yoğunluğa sahip olmasıdır. Okalıptüs ve kayın LVL’de masife göre yoğunluk artışının fazla olmaması ve soyma çatlaklarının statik sertliği olumsuz etkilemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Masif ile LVL grupları arasındaki statik sertlik değeri, kavak ve kayında

0.001, okalıptüste 0.05 yanılma olasılığı ile önemli çıkmıştır. Tukey çoklu karşılaştırma testi sonuçları da Çizelge 3.81’de verilmiştir.

Çizelge 3.81 Masif ağaç malzeme ile LVL’nin statik sertliğinin karşılaştırılması

Statik Sertlik Değerleri (N/mm ²)				
İ.D.	MASİF	LVL (ÜF)	LVL (MÜF)	LVL (FF)
Kavak				
x	18.4 a	20.8 b	21.1 b	21.4 b
s	3.04	4.1	2.56	3.4
v	16.79	19.67	12.13	15.91
Kayın				
x	52.1 b	48.5 a	46.8 a	52.1 b
s	8.4	4.19	2.72	5.64
v	15.82	8.63	5.8	10.83
Okalıptüs				
x	48.8 b	43.7 a	43.9 a	48.2 b
s	12.69	4.41	4.14	5.48
v	25.85	10.09	9.41	11.37



Şekil 3.62 Masif ağaç malzeme ile LVL’de statik sertlik değerleri varyasyon grafiği

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

“Okalıptüs grandis odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve lamine ağaç malzeme üretiminde kullanılması üzerine araştırmalar” adlı bu çalışmada, okalıptüs odununun, okalıptüs odunundan elde edilen kontrplak ve LVL’nin, karşılaştırma amacıyla Türkiye’de kontrplak sektöründe fazlaca kullanılan kayın ve kavak odununun ve bunlardan elde edilen kontrplak ve LVL’nin fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmış, sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar şu şekildedir;

- Okalıptüs grandis odununun yoğunluğu özden çevreye ve dipten tepeye doğru artış göstermektedir. Odunun fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyen temel faktörlerin başında yoğunluk geldiği için bu türün ağaç içersinde ve ağaçlar arasında fiziksel ve mekanik özellikler bakımından bazı farklılıklar vardır. Örneğin; tam kuru yoğunluk miktarı öz odunda 517 kg/m^3 , diri odunda 634 kg/m^3 olarak ölçülmüştür.
- Yoğunluk miktarı fazla olmasına rağmen çok yüksek daralma-genişleme yüzdelere sahip değildir. Ayrıca β_t/β_r oranı 1.6 civarında ölçülmüştür. Fakat daralma ve genişleme sonucu şekil bozukluğu fazladır. Bu durum, permabilitesinin düşük olmasından kaynaklanan kurutma kusurları ve hızlı gelişme sonucu oluşan büyüme gerilmelerinin sonucudur.
- Ormancılık açısından değerlendirildiğinde; kayın ağacının idare süresi 100 yıldan fazla, okalıptüs grandisin ise (Karabucak üretimi için) 10 yıl kadardır. Bu durumda, aynı büyüklükteki iki farklı plantasyonda, kayın yetiştirilende yaklaşık 100 yılda bir defa üretim yapılabilirken, okalıptüste yaklaşık 10 defa üretim yapılabilir.
- Hızlı büyüyen bir çok türün yoğunluk miktarı düşük olmaktadır. Özellikle Türkiye’de hızlı gelişen türlerle yapılan ağaçlandırmalarda en fazla kavak kullanılmaktadır. Özellikle melez kavak ile okalıptüs verim bakımından karşılaştırıldığında 10 yıllık idare süresi sonunda kavaktan hacmen daha fazla odun elde edilse bile, tam kuru ağırlık bakımından düşünüldüğünde kavak ağaçlandırması elde edilen ürün bakımından zarardadır. Okalıptüste, tam kuru yoğunluk miktarı (ortalama 575 kg/m^3), kavak odunundan (350 kg/m^3) yaklaşık 1.5-2 kat daha fazla tam kuru odun hammaddesi elde edilebilir.
- Okalıptüs grandis odununun özellikle diri odununun mekanik özellikleri kayın odununun mekanik özellikleri ile benzerlik göstermektedir. Hatta bazı mekanik

özellikler okalıptüs grandis odununda kayın odunundan daha yüksek ölçülmüştür. Çok hızlı gelişen bir tür olmasına rağmen, yavaş büyüyen kayın odununa benzer mekanik özellikler göstermesi olumlu bir özelliktir.

- Statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü sırasıyla Okalıptüs grandis’de 92 ve 9243 N/mm², kayında 97 ve 8500 N/mm² olarak ölçülmüştür. Statik eğilme direnci kayında yüksek çıkarken, elastikiyet modülü Okalıptüste yüksek çıkmıştır.
- Mekanik özelliklerde karşılaştırma sonuçlarına göre, kavak LVL’nin mekanik özellikleri masif kavaktan yüksek çıkarken, okalıptüs ve kayın LVL’de değişik sonuçlar elde edilmiştir. Ancak genel olarak okalıptüs ve kayında, LVL’nin sonuçları masiften daha düşük çıkmıştır. Bunun olası sebeplerinin; kaplama soyma esnasında bıçak ve basınç latası arasından geçerken malzemenin gördüğü zorlanmalar, soyma esnasında oluşan çatlaklar ve 12 kg/cm²’lik pres basıncının fazla yoğunluk artışına sebep olmaması söylenebilir. Ayrıca; Özen (1981)’e göre kaplama kalınlığı arttıkça tutkal ile emprenye/modifiye edilen kaplama kalınlık miktarı azalmaktadır. Bu da kalın kaplamalarla üretilen lamine malzemelerin mekanik özelliklerinin ince kaplamalarla üretilenlerinkinden daha düşük çıkmasına neden olmaktadır.
- LVL’nin Statik eğilme direnci ve Elastikiyet modülü değerlerinde, kullanılan tutkal türleri bakımından önemsiz, ağaç türleri bakımından önemli farklar oluşmuştur. Kavaktan elde edilen LVL’nin statik eğilme direnci ve Elastikiyet modülü değerleri masiften yüksek çıkarken, okalıptüs ve kayında karmaşık sonuçlar elde edilmiştir. Masif kavakta radyal yüzeyde, statik eğilme direnci değeri 55, ÜF, MÜF ve FF tutkalı ile üretilen LVL’de sırasıyla, 62, 60 ve 60 N/mm² olarak ölçülmüştür. Ancak teğet yüzeyde LVL’de 68, 70 ve 69 N/mm² olarak ölçülmüştür. Bu durumda masif odunda radyal yüzeyde ölçülen statik eğilme direnci değeri, LVL’de teğet yüzeyde ölçülenden oldukça düşük çıkmaktadır. Literatürdeki bazı çalışmalarda denemelerin hangi yüzeyde yapıldığı açıkça belirtilmiş ancak bazısında belirtilmemiştir. Elde edilen sonuçlarda LVL’nin çok daha yüksek statik eğilme direnci verdiği rapor edilmiştir. Ancak denemeler masifte radyal, LVL’de teğet yüzeyde yapıldı ise zaten yüksek çıkması muhtemeldir. Literatürde bu konuda yapılan bir çok çalışmada teğet yüzeyde ölçülen statik eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerinin radyal yüzeyde ölçülenden daha yüksek çıktığı, bunda uygulanan pres basıncının teğet doğrultuda malzemeyi sıkıştırmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

- LVL’de yapılan mekanik özelliklere ait test sonuçlarına göre tutkal türleri arasında önemli farklar belirlenmiştir. Ancak statik kalite ve dinamik kalite değerlerinin hesaplanması ile bu farkların aslında gruplar arasındaki yoğunluk farklarından kaynaklandığı söylenebilir.
- Elde edilen mekanik özelliklerin literatürle karşılaştırılmasında, ortaya çıkan bir sonuçta şudur; soyma kaplama ile değil de biçme kaplama ile üretilen lamine malzemelerin LVL olarak isimlendirilmesi, yanlış kıyaslamalara neden olmaktadır. Biçme kaplama ile üretilen lamine malzemelerde kaplamalarda gevşek yüz oluşmaz. Derin soyma çatlakları olmaz. Laboratuar çalışmalarında bu biçme kaplamalar üretildikten sonra yüzey düzgünlüğünü artırmak için zımparalanır. Soyma kaplamalar zımparalanmaz. Soyma kaplamalar üretilmeden önce tomruk buharlanır, biçme kaplamalarda tomruk buharlaması yapılmaz. Soyma kaplamalarda öz ısıları kaplama yüzeyine dik, yıllık halka sınırı paraleldir. Ancak biçme kaplamalarda bu açı çok değişkendir. Bu farklardan dolayı LVL’de bazı mekanik özellikler masiften düşük çıkabilir. Ancak diğer lamine malzemelerde bu farklardan dolayı yüksek çıkabilir.
- Dinamik eğilme direnci test sonuçları, LVL’nin teğet yüzeyinde tüm gruplarda radyal yüzeydekenden yüksek çıkmıştır. Ancak masif ağaç malzemenin kayın ve okaliptüste LVL’den yüksektir. Kavakta ise karmaşık sonuçlar elde edilmiştir. Bunun sebebinin tutkal hattında dinamik yüklemeler karşısında, tutkalın oduna göre daha rijit olmasından dolayı tutkal kırılmasının gerçekleştiği söylenebilir. Masif odun ise bu türlü yüklemeleri absorbe etme kabiliyetine sahiptir.
- Liflere paralel basınç direnci kavak ve kayın LVL’de masif odununkinden daha yüksek çıkmıştır. Okaliptüs de ise az farkla düşüktür. Eğer rutubet düzeltilmesi yapılmazsa, her üç ağaç türünden elde edilen LVL’nin liflere paralel basınç direnci daha yüksek çıkmaktadır. Mekanik özelliklerle ilgili tablolarda bu sebepten dolayı hem %m rutubetteki ve hem de %12 rutubetteki mekanik özellikleri beraber verilmiştir. Liflere paralel basınç direncinde her %1 rutubet değişimi sonucu %5 değiştirir. TS standardına göre rutubet düzeltme faktörü α : 0.05’tir. Eğer %1.5-2 rutubet düzeltilmesi yapılıyorsa sonuç %7.5-10 seviyesinde farklı çıkar. Örneğin; Çizelge 4.33’de görüldüğü gibi kayın MÜF-LVL’de %9.9 rutubette liflere paralel basınç direnci 61 iken %12 rutubette 54 N/mm²’ye tahvil edilmiştir.
- Kalınlığına şişme ve su alma testlerinde, elde edilen sonuçlara göre; ağaç türü ve tutkal türü bakımından en fazla kalınlığına şişme 2 saatlik suda bekletme sonunda ÜF

ile üretilmiş kavak LVL’de, en düşük MÜF ile üretilmiş okalıptüs LVL’de ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre MÜF ile üretilmiş LVL’nin kalınlığına şişme ve su alma değerlerinin daha düşük çıktığı söylenebilir.

- LVL’de çekme-makaslama direnci test sonuçları incelendiğinde; hava kurusu test edilen örneklerde tutkal türünün, ağaç türünün etkili olduğu, üç tutkal türü içinde, en yüksek ÇMD değerlerinin kayın FF-LVL’de 7.35 N/mm^2 olarak elde edildiği, en küçük ise kavak FF-LVL’de 3.72 N/mm^2 elde edildiği görülmektedir. 24 saat süre ile soğuk suda yatırma işleminden sonra ıslak olarak test edilen örneklerde, en yüksek FF ile üretilen gruplarda ve ağaç türü olarak kayın odununda ölçülmüştür. MÜF grupları ÜF gruplarından daha yüksek sonuç vermiştir. Sadece FF ile üretilen gruplarda 6 saat süre ile kaynayan suda ön işlem yapılmış ve kayın ile okalıptüste çok yakın değerler ölçülmüştür. Elde edilen tüm ÇMD sonuçları TS EN 314 de belirtilen sınır değerinin (1 N/mm^2) üzerindedir. Aynı zamanda LVL’den elde edilen sonuçlar, her grup için kontrplakta elde edilen çekme-makaslama direnci değerlerinin de üstündedir. LVL’de çekme makaslama direnci aynı tutkal ve ağaç türü için kontrplaktan daha yüksektir.
- Karışık kontrplaklarda kayın-kavak kombinasyonu ile üretilen örneklerden elde edilen mekanik özellikler, okalıptüs-kavak kombinasyonu ile üretilen örneklerin mekanik özelliklerine yakın ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre; görünüş özelliklerinin önemli olmadığı kullanım yerlerinde karışık kontrplak üretiminde kayın yerine okalıptüs grandis kullanılabilir.

4.2. Öneriler

Bu doktora tez çalışması sonucunda, okalıptüs ve kavak yetiştiricilerine, kontrplak ve benzeri malzeme üreticilerine ve araştırmacılara yapılabilecek öneriler şu şekildedir;

- Dünyada ve Türkiye’de orman varlığının artırılmasına yönelik çalışmalarda hızlı gelişen türlerin önemi çok büyüktür. Uygun yetiştirme ortamlarında yapılacak ağaçlandırmalarda hızlı gelişen türlere yer verilmesi, verim bakımından çok önemlidir. Türkiye’de özellikle güney sahil kesimlerinde okalıptüs türleri, özellikle de okalıptüs yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması ve teşvik edilmesi verimli odun üretimi için önem arz etmektedir. Hali hazırda devam eden ağaçlandırmalarda, özellikle soymalık tomruk özelliğine sahip (minimum 35 cm çap) üretimlere ağırlık verilmesi, yurtiçi soymalık tomruk talebinin karşılanmasına katkı sağlayabilir.

- Tarsus-karabucak okalıptüs sahalarından elde edilen okalıptüs tomruk fiyatları, birçok bölgede yetiştirilen melez kavak fiyatlarından daha düşüktür. Daha düşük fiyata daha yüksek teknolojik özelliklere sahip bir türün kullanılması, kontrplak üreticileri için önem arz etmektedir. Okalıptüs odunu, kavak odununa göre yaklaşık 1,5-2 kat daha yüksek yoğunluğa sahiptir. Bu yoğunluk miktarına paralel olarak da mekanik özellikleri daha yüksektir. Bu çalışmada kullanılan okalıptüs türü bazı mekanik özellikler bakımından kayın odununa benzer sonuçlar vermiştir. Görünüş özelliği aranmayan, özellikle kalıplık kontrplak üretiminde iç ve dış tabakalarda ve diğer kullanımlarda ara tabakalarda okalıptüs grandis kullanımı önerilebilir.
- Okalıptüs türlerinin odunları, büyüme gerilmeleri ve kurutma kusurları bakımından kullanıcılar tarafından istenmeyen bazı özelliklere sahiptir. Bu kötü özelliklerin laminasyon yoluyla giderilebileceği bu çalışmada ortaya konmuştur.
- Hızlı gelişmesinin verim açısından avantajları varken, yoğunluk bakımından bazı dezavantajları bulunmaktadır. Odun yoğunluğunun ağaçta radyal yönde çok değişkenlik göstermesinin test sonuçlarına olumsuz etkisi olabilir. Bilimsel araştırma materyali olarak okalıptüs grandis odununun seçilmesi araştırmacılara zorluk çıkartabilir.
- Okalıptüs grandis odununun bir diğer olumsuz özelliği ise; özellikle öze yakın kısımlarda fazla miktarda düşen budak bulunması ve bu budakların, kaplamaların tutkallanması esnasında tutkallama makinesinde sorun oluşturabileceğidir.
- Yapılan bu çalışmada okalıptüs grandis odunundan 3 mm kalınlıkta elde edilen kaplamalar kullanılmıştır. Karışık kontrplaklarda 3 farklı kaplama kombinasyonu denenmiştir. Farklı kalınlıktaki kaplama kalınlıkları ve değişik kaplama kombinasyonları ile yapılacak araştırmalar önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Acosta M.S., Marco M., Piter J.C., Zitto M.S., Villalba D.I., 2007. Physical and mechanical properties of *Eucalyptus grandis* x *e. Tereticornis* hybrid grown in Argentina, Iufro All Division 5 Conference Taipei, Taiwan.
- Acosta, S.M., Mastrandrea, C., Lima, J.T., 2008. Wood technologies and uses of eucalyptus wood from fast grown plantations for solid products, Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology, Chile.
- Adalı, F., 1944. Sağlık Ağacı Okalıptüs, Ziraat Vekaleti Neşriyat Müdürlüğü Genel Sayı:609, Pratik Kitaplar Sayı:3, İstanbul, S:146.
- Anonim, 1971. Kontrplak–Soyma Plakalı, Genel Amaçlar İçin, TS 46, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976a. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler, TS 2470, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976b. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini, TS 2471, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976c. Odunda Fiziksel ve Mekaniksel Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini, TS 2472, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976d. Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini, TS 2474, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976e. Odunun Statik Eğilmede Elastiklik Modülünün Tayini, TS 2478, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976f. Odunun Çarpmada Eğilme Dayanımının Tayini, TS 2477, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976g. Odunun Liflere Paralel Yönde Çekme Gerilmesinin Tayini, TS 2475, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976h. Odunun Liflere Dik Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini, TS 2476, TSE, Ankara.
- Anonim, 1976i. Odunun Statik Sertliğinin Tayini, TS 2479, TSE, Ankara.
- Anonim, 1977. Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımının Tayini, TS 2595, TSE, Ankara.
- Anonim, 1979a. Soyma Kaplamalık Kayın Tomruğu, TS 3273, TSE, Ankara.
- Anonim, 1979b. Soyma Kaplamalık Kavak Tomruğu, TS 3273, TSE, Ankara.
- Anonim, 1980. Odunda Liflere Paralel doğrultuda Makaslama Dayanımının Tayini, TS 3459, TSE, Ankara.
- Anonim, 1983a. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Çekmenin Tayini, TS 4083, TSE, Ankara.

- Anonim, 1983c. Odunda Radyal ve Teğet Doğrultuda Şişmenin Tayini, TS 4084, TSE, Ankara.
- Anonim, 1983b. Odunda Hacimsel Çekmenin Tayini, TS 4085, TSE, Ankara.
- Anonim, 1983d. Odunda Hacimsel Şişmenin Tayini, TS 4086, TSE, Ankara.
- Anonim, 1983e. Kontrplak Yüzlere Paralel Basınç Dayanımının Tayini, TS 3968, TSE, Ankara.
- Anonim, 1984. Odunun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerin Tayini için Homojen Meşçerelerden Numune Ağacı ve laboratuvar Numunesi Alınması, TS 4176, TSE, Ankara.
- Anonim, 1986. Ağaç Kaplama Levhaları-Soyma Kaplama, TS 4893, TSE, Ankara.
- Anonim, 1986b. Beton ve Betonarme Kalıp Tahtası-Kontrplak, Geniş Yüzeyli. TS 4949, TSE, Ankara.
- Anonim, 1998. Kontrplak Sınıflandırma ve Terimler, Bölüm 1: Sınıflandırma, TS 3103 EN 313-1,
- Anonim, 1998. Kontrplak Kaplanmış-yapışma Kalitesi -Bölüm 1: Deney Metotları, TS 3969 EN 314-1, TSE, Ankara.
- Anonim, 1999a. Yonga Levhalar ve Lif Levhalar-Su İçerisine Daldırma İşleminden Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, TS EN 317, TSE, Ankara.
- Anonim, 1999b. Ahşap Esaslı Levhalar-Birim Hacim Ağırlığının Tayini, TS EN 323, TSE, Ankara.
- Anonim, 1999c. Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini, TS EN 322, TSE, Ankara.
- Anonim, 1999d. Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Eğilmede Elastikiyet Modülü Tayini, TS EN 310, TSE, Ankara.
- Anonim, 1999e. Kontrplak Yapışma Kalitesi- Bölüm 2: Özellikler, TS EN 314-2, TSE, Ankara.
- Anonim, 1999g. Glued Structural Members, Wood handbook, Wood As Engineering Material. FPL, 11-2, Madison.
- Anonim, 2002. Engineered Wood Product Manufacturing, Wood Product Industry, Chapter:10.9, P:1-2 EPA.
- Anonim, 2006. Ormancılık Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Dokuzuncu Kalkınma Planı, DPT, Ankara.
- Anonim, 2007. Milestones in the History of Plywood, The Engineered Wood Association. APA, <http://www.apawood.org/>

- Anonim, 2009. Forest Products Annual Market Review, Food and Agriculture Organization of the United Nations, P:139-143 Geneva- Switzerland,
- Anonim, 2011a, Melez kavak nedir?, Klon nedir? <http://www.kavak.gov.tr/turkce.html>, İZMİT.
- Anonim, 2011b. Ürün Özellikleri, <http://www.gentaskimya.com/index.php>, Gentaş Kimya A.Ş., İstanbul.
- Arslan, M.B., Aydemir, D., 2009. Genç odun ve özellikleri, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 11 (16): 25-32
- Ayan, S., Sivacıoğlu, A. 2006. Review of the fast growing forest tree species in Turkey, Boletín del CIDEU 2: 57-71.
- Ayata, Ü., 2008. Okaliptüs (*Eucalyptus Camaldulensis* ve *Eucalyptus Grandis*)'ün Odun Özellikleri ve Kağıt Endüstrisinde Kullanımının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Aydın, İ., Çolakoğlu, G., Akbulut, T., 2001, Ağaç malzemenin yapıştırılmasında adhezyon teorisi, İÜ, Orman Fakültesi Dergisi B, cilt: 51, sayı: 2
- Aydın, İ., 2003. Odun yüzeylerinin pürüzlülük ve pürüzlülük ölçüm yöntemleri, Artvin Orman Fakültesi Dergisi, 1-2: 92-102.
- Aydın, İ., 2004. Activation of wood surfaces for glue bonds by mechanical pre-treatment and its effects on some properties of veneer surfaces and plywood panels, Applied Surface Science, 233: 268–274
- Aydın, İ., Çolak, S., Çolakoğlu, G., Salih E., 2004. A comparative study on some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL) produced from beech (*Fagus orientalis* L.) and eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* dehn.) veneers, Holz Roh Werkst 62: 218–220.
- Aydın, İ., Çolakoğlu, G., Çolak, S., Demirkır, C., 2006. Effects of moisture content on formaldehyde emission and mechanical properties of plywood, Building And Environment 41: 1311-1316.
- Aydın, İ., Çolakoğlu, G., 2008. Variations in bending strength and modulus of elasticity of spruce and alder plywood after steaming and high temperature drying, Mechanics of Advanced Materials and Structures, 15 (5): 371 -374
- Bao, F., F.U, F., Choong, T., H.S.E., C, 2001. Contribution factor of wood properties of three poplar clones to strength of laminated veneer lumber, Wood and Fiber Science, 33 (3):345-352.
- Baştürk, M.A., 2007, Thermal linear expansion of oriented strandboard, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 10 (1): 85-88.

- Bektaş, İ., 1997. Kızılçam (*Pinus Brutia* ten.) Odununun Teknolojik Özellikleri ve Yörelere Göre Değişimi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bektaş, İ., Güler, C., 2001. Andırın yöresi doğu kayını odununun bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry 25: 209-215
- Bektaş, İ., Güler, C., Baştürk, M.A., 2002. Principal mechanical properties of eastern beech wood (*Fagus orientalis* L.) naturally grown in Andırın northeastern Mediterranean region of Turkey, Turkish Journal of Agriculture and Forestry 26:147-154
- Bektaş, İ., Alma, M.H., Bal, B.C., Ayata, Ü., 2008. Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W.Hill.) odununun dinamik eğilme direncinin belirlenmesi ve bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması, I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S:274.
- Berlung, L., Rowell, R.M., 2005, Wood Composites, Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites.
- Biblis, E.J., 1996. Comparison of flexural and shear properties of southern pine LVL and lumber from young plantation and natural stands, Ann Sci For 53:1167-1175.
- Biblis, E.J., 2001. Edge wise flexural properties and modulus of rigidity of different sizes of southern pine LVL and plywood, Forest Product Journal 51 (1): 81-84.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1986. Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Kitabı, İÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No: 3401, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Göker, Y., 1996. Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Üniversite Yayın No:3944, İstanbul.
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1997. Ağaç Teknolojisi Ders Kitabı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın no: 445, S: 1, İstanbul.
- Burdurlu, E., Kılıç, M., İlce, A.C., Uzunkavak, O., 2007. The effects of ply organization and loading direction on bending strength and modulus of elasticity in laminated veneer lumber (LVL) obtained from beech (*Fagus orientalis* L.) and Lombardy poplar (*Populus nigra* L.), Construction and Building Materials 21: 1720–1725.
- Carvalho, A.M., Lahr, F.A.R., Bortoletto, G., 2004. Use of Brazilian eucalyptus to produce LVL panels, Forest Product Journal 54 (10):61-64.
- Castro, G., Paganini, F., 2003. Mixed glued laminated timber of poplar and *eucalyptus grandis* clones, Holz als Roh- und Werkstoff 61: 291-298.
- Cremonini, C., Pizzi, A., 1999. Field Weathering Of Plywood Panels Bonded With UF Adhesives and Low Proportions Of Melamine Salts, Holz als Roh- und Werkstoff 57: 318
- Crochet, T., 2004. Designer's Guide to Furniture Styles, Pearson Education, New Jersey, 07458, S: 4.

- Çolak, S., Aydın, İ., Çolakoğlu, G., 2003. Okaliptüs ağacının farklı yüksekliklerinden alınan tomruklardan üretilmiş kontrplakların bazı mekanik özellikleri, DOA dergisi, Sayı:9, 2003, Tarsus
- Çolak, S., 2002. Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu İle Teknolojik Özelliklere Etkileri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolak, S., Aydın, İ., Demirkır, C., Çolakoğlu, G., 2004. Some technological properties of laminated veneer lumber manufactured from pine veneers with melamine added - uf resins, Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28: 109-113
- Çolak, S., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., 2007. Effects of logs steaming, veneer drying and aging on the mechanical properties of laminated veneer lumber (LVL), Building And Environment 42: 93–98
- Çolakoğlu, G., 1990. Kavak (*Populus x euramericana* I-214) ve Kızılağaç (*Alnus glutinosa*) Kontrplaklarının Tutkallama Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., 1993. Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., 1996, Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Notları (Yayınlanmamış) KTÜ, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Dias, F.M., Lahr, F.A.R., 2004. Alternative castor oil-based polyurethane adhesive used in the production of plywood, Materials Research, 7 (3): 413-420.
- Dunky, M., 2004, Adhesives based on formaldehyde condensation resins. Macromol. Symposium, P:417,429.
- Green, D.W., Winandy, J.E, Kretschmann, D.E., 1999. Mechanical Properties of Wood, Wood handbook, Wood as Engineering Material. FPL, 11-2, Madison.
- Gillespie, R.H., River, B.H., 1976, Durability of Adhesives in Plywood, Forest Product Journal 26-10.
- Githiomi, J.K., Kariuki, J.G., 2010. Wood basic density of *E. grandis* from plantations in central rift valley, Kenya: variation with age, height level and between sapwood and heartwood, Journal of Tropical Forest Science 22(3): 281–286.
- Gupta, R., Siler, T.S., 2005. A comparison of the shear strength of structural composite lumber using torsion and shear block tests, Forest Product J. 55 (12): 29-34
- Güler, C., Çolakoğlu, G., 2001. Farklı koşullarda üretilen kızılçam kontrplaklarda çekme-makaslama direnci üzerine kaplama levhaların yüzey pürüzlülüğünün etkisi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 4 (1): 92-98.
- Güller, B., 2001. Odun kompozitleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: 2, (A): 135-160.

- Güller, B., Ay, N., 2001. Artvin yöresi sakallı kızılâğaç [*Alnus glutinosa* subsp. *barbata* (C.A. Mey.) Yalt.] odununun bazı mekanik özellikleri. Turk Journal of Agric. For. 25: 129-138.
- Güngör, N.M., Ayrılmış, N., Kantay. R., 2006. Selected physical and mechanical properties of lvl made from *Pterocarya fraxinifolia* spach. Forest Product Journal 56 (5): 82-85.
- Güngör, N.M., Kartal, S.N., Kantay. R., 2007. Technological properties of wingnut (*Pterocarya fraxinifolia* (lam.) spach.) wood and characteristics of plywood from wingnut wood, Building And Environment 42: 3108–3111.
- Gürboy, B., Özden, Ö., 1994. *E.camaldulensis* ve *E.grandis* odununun hacim-ağırlık değerleri ve lif morfolojisi, İÜ Orman fakültesi Dergisi A serisi, 44: 101-106
- Gürses, M. K., 1992. Türkiye’de okaliptüsün orman ürünleri endüstrisindeki yeri ve önemi, 1. ulusal orman ürünleri endüstri kongresi, KTÜ, Trabzon.
- Gürses, M.K., Gülbaba, A.G., Özkurt, A., 1995. Türkiye’de okaliptüs yetiştiriciliğinin geliştirilmesi hakkında rapor, DOA dergisi.
- Huş, S., 1977, Ağaç Malzeme Tutkalları, İstanbul Üniversitesi. Orman fakültesi Yayın No: 242. İstanbul.
- Iwakiri, S., ve ark. 2006. Evaluation of quality of phenolic plywood manufactured from *Eucalyptus grandis* , Ciência Florestal, Santa Maria, 16 (4): 437-443.
- Joe, B., Dickson R., 2006. Effective non-destructive segregation of *Eucalyptus grandis* logs according to radial and tangential hardness, Australian forestry 69 (4): 248-256.
- Kantay. R., As, N., Ünsal, Ö., 1998. Ceviz (*Juglans regia* L.) odununun yoğunluğu ve bazı mekanik özellikleri, Turk Journal of Agric. For. 24: 751-756.
- Keskin, H., 2001. Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Keskin, H., Togay, A., 2003. Doğu kayını ve kara kavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2 (A): 101-114.
- Keskin H., Atar, M., Kurt, R., 2003. Lamine edilmiş sarıçam odununun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 6 (1): 75-84.
- Kılıç, Y., Çolak, M., Baysal, E., Burdurlu, E., 2006. An investigation of some physical and mechanical properties of laminated veneer lumber manufactured from black alder glued with polyvinyl acetate and polyurethane adhesives, Forest Product Journal 56(9): 56-59.

- Kord, B., Kialashaki, A., Kord, B., 2010. The within-tree variation in wood density and shrinkage and their relationship in *Populus euramericana*, Turkish Journal of Agriculture and Forestry 34:1-6.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., Çavuş, V., 2008. Okaliptüs odununun kullanımında yeni alanlar, I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S:84.
- Kurt, R., 2010. Suitability of three hybrid poplar clones for laminated veneer lumber manufacturing using melamine urea formaldehyde adhesive, Bioresources, 5(3), 1868-1878.
- Laufenberg, T.L, 1983. Parallel-laminated veneer: processing and performance research review, Forest Product Journal. 33(9): 21-28.
- Lemenih, M., Bekele, T., 2004. Effect of age on calorific value and some mechanical properties of three eucalyptus species grown in Ethiopia, Biomass and Bioenergy 27: 223-232
- Lobao, M.S., Lucia, R.M.D., Moreira, M.S.S., Gomes, A., 2004. Characterization of physical and mechanical properties of eucalyptus lumber with different specific gravities, R. Árvore, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.889-894
- Neuvonen, E., Salminen, M., Heiskanen, J., 1998. Laminated Veneer Lumber, Wood Based Panels Technology, Department of Forest Products Marketing.
- Malan, F.S., 1995. Eucalyptus Improvement For Lumber Production, Seminário Internacional De Utilização Da Madeira De Eucalipto Para Serraria.Sao Paulo.
- Malkoçoğlu, A. 1994. Doğu Kayını (*Fagus Orientalis* L.) Odununun Teknolojik Özellikleri, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Mengeloğlu, F., Kurt, R., 2004. Mühendislik ürünü ağaç malzemeler 1, tabakalanmış kaplama kereste (TAK) ve tabakalanmış ağaç malzeme (TAM), KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 7(1): 39-44.
- Ozarska, B.,1999. A review of the utilization of hardwoods for LVL, Wood Science and Technology 33: 341-351.
- Örs, Y., Keskin, H., 2001. Ağaç Malzeme Bilgisi, Gazi Üniversitesi Ders Kitabı, S:77, Ankara.
- Örs, Y., Çolakoğlu, G., Çolak S., 2001. Kavak (*Populus x Euramericana* I 45/51) kontrplaklarının çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastiklik modülü üzerine bazı üretim faktörlerinin etkisi, Politeknik Dergisi, 4 (4): 25-32.
- Örs, Y., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak S., 2002. Kayın, okume ve kavak soyma kaplamalarından farklı kombinasyonlarda üretilen kontrplakların bazı teknik özelliklerinin karşılaştırılması, Politeknik Dergisi, 5 (3): 257-265.

- Özen, R., 1981. Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte yayın No:120
- Özkurt, N., Gülbaba A.G., Özkurt, A., Tüfekçi S., 1998. Okaliptüslerde (*E. Camaldulensis* ve *E. Grandis*) fenoloji araştırmaları, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No:8, Tarsus.
- Özkurt, A., 2002. Türkiye'deki okaliptüs plantasyonları: problemler, yönetim ve fırsatlar, DOA Dergisi, Sayı:8. Tarsus.
- Piter, J.C., Zerbino, R.L., Blab, H.J. 2004. Visual strength grading of Argentinean *Eucalyptus grandis* strength, stiffness and density profiles and corresponding limits for the main grading parameters , Holz Roh Werkst 62: 1–8.
- Piter, J.C., Cotrina, A.D., Sosa, Z.M., Stefanı, P.M., Torran, E.A., 2007. Determination of characteristic strength and stiffness values and glued laminated beams of Argentinean *eucalyptus grandis* according to European standards, Holz Roh Werkst 65: 261-266.
- Pizzi, A., 2004. Advanced Wood Adhesives Technology,P:67-87, Marcel Dekler, New York.
- Reich, J., 1990. Poetic engineering and invention: Arthur Troutner, architect, and the development of engineered lumber, California Polytechnic State Un., San Luis Obispo.
- Santos, P.E.T.D., Geraldi, I.O., Garcia, J.N., 2004. Estimates of genetic parameters of wood traits for sawn timber production in eucalyptus grandis, Genetics And Molecular Biology, 27(4): 567-573.
- Saviana, J., Sosa, Z.M.A, Piter J.C., 2009. Bending strength and stiffness of structural laminated veneer lumber manufactured from fast-growing Argentinean *Eucalyptus grandis* , Maderas. Ciencia Y Tecnología 11(3): 183-190.
- Shukla, S.R., Kamdem, P.D., 2008. Properties of laminated veneer lumber (LVL) made with low density hardwood species: effect of the pressure duration, Holz Roh Werkst 66: 119–127.
- Shukla, S.R., Kamdem, P.D. 2009. Properties of laboratory made yellow poplar (*Liriodendron Tulipifera*) laminated veneer lumber: effect of the adhesives, Eur. Journal. Wood Product 67: 397–405.
- Silva, J.C., Oliveria, J.T.S., Xavier, B.A., Castro, V.R., 2006. Influence of age and radial position on the volumetric and linear shrinkage of *Eucalyptus grandis* hill ex. maiden wood, R. Árvore, Viçosa-MG, 30 (5): 803-810.
- Stevens, W.C., Turner, N., 1970. Wood bending handbook, Woodcraft Supply Corp. London. UK. pp. 30-40.

- Şahin, A., 1998. Okaliptüs Odunundan Üretilen Kontrplakların Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerine Tomruk Buharlama Süresinin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sulaiman, O., Salim, N., Hashim, R., 2009. Evaluation on the suitability of some adhesives for laminated veneer lumber from oil palm trunks, *Materials And Design* 30: 3572–3580.
- Tenorio, C., Moya, R., Munoz, F., 2011. Comparative study on physical and mechanical properties of laminated veneer lumber and plywood panels made of wood from fast-growing *Gmelina Arborea* trees, The Japan Wood Research Society 2011.
- Toksoy, D., Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Çolak, S., Demirkır, C., 2006. Technological and economic comparison of the usage of beech and alder wood in plywood and laminated veneer lumber manufacturing, *Building And Environment* 41: 872–876.
- Tunçtaner, K., Tulukçu, M., Toplu, F., 1994. Bazı kavak klonlarının büyümeleri ve teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar, kavak ve hızlı gelişen tür orman ağaçları araştırma enstitüsü, Teknik Bülten No: 170. İzmit
- Tunçtaner, K., As, N., Özden, Ö., 2004. Bazı kavak klonlarının büyüme performansları, odunlarının bazı teknolojik özellikleri ve kağıt üretimine uygunlukları üzerine araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 196. İzmit.
- Ünsal, Ö., 1998. Buharlanmış ve Buharlanmamış Kayın (*Fagus Orientalis* L.) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldızbakan, A., Saraçoğlu, Ö., Özkurt, A., 2007. Okaliptüs baltalıklarında hacim ve kuru madde hasılat araştırmaları, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 27, Tarsus.
- Yılğör, N., Ünsal, Ö., Kartal, S.N., 2001. Physical, mechanical and chemical properties of steamed beech wood, *Forest Product Journal* 51(11): 89-93.
- Zoralioğlu, T., 2003. Some statistical information concerning poplar wood production in Turkey, First International Conference on The Future of Poplar Culture, Italy.
- Wang B.J., Dai C., 2005. Hot-pressing stress graded aspen veneer for laminated veneer lumber (LVL), *Holzforschung*, 59: 10–17.
- Winandy J.E., Rowell, R.M., 2005. Chemistry of Wood Strength, *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites*, P:308.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Bekir Cihad BAL
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 18.12.1971 Gaziantep
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (344) 561 35 10
Faks : 0 (344) 561 35 13
e-posta : bcbal@ksu.edu.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	KSÜ /Fen Bilimleri Enstitüsü	2006
Lisans	KTÜ/ Orman Endüstri Mühendisliği	1996
Lise	Mimar Sinan Öğretmen Lisesi	1988

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1997-2000	Kahramanmaraş Kağıt Fabrikası	Vardiya mühendisi
2000-	KSÜ Andırın MYO, Mobilya ve Dek. Pr.	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

- 1.Bektaş, İ., Alma, M.H., **Bal, B.C.**, Ayata, Ü., 2008. Okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W.Hill.) odununun dinamik eğilme direncinin belirlenmesi ve bazı ağaç türleri ile karşılaştırılması, I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu Bildiriler Kitabı, S:274.
- 2.Bektaş, İ., Kaymakçı, A., **Bal, B.C.**, 2010. The Benefits of University-Industry Cooperation To Forest Industry Engineering Students (Apprenticeship, Technical Trip And Thesis). Dicle University, I. International Public- University-Industry Corporation Symposium and Marble Council, 24-25 May 2010, Diyarbakır-Turkey, S: 436-440.
- 3.**Bal, B.C.**, Bektaş, İ., Kaymakçı, A., 2011. Kahramanmaraş Başkonuş mevkiinde yetişen sedir (*Cedrus libani* A.Richard) ağacında boyuna ve radyal yönde fiziksel özelliklerde meydana gelen değişimler, I. Ulusal Akdeniz orman ve çevre semp., Bildiriler kitabı, S:1055.
- 4.**Bal, B.C.**, Bektaş, İ., Kaymakçı, A., 2011. Sedir (*Cedrus libani* A.Richard) odununun bazı önemli mekanik özellikleri ve bu özelliklerin tam kuru yoğunlukla ilişkisi, I. Ulusal Akdeniz orman ve çevre sempozyumu, Bildiriler kitabı, S:1150.
- 5.Bektaş, İ., Kaymakçı, A., **Bal, B.C.**, 2011. Kahramanmaraş Bölgesinde Yetiştirilen Pavlonya (*Paulownia Elongata*) Odununun Teknolojik Özellikleri, I. Ulusal Akdeniz orman ve çevre sempozyumu, Bildiriler kitabı, S:513.