

**VAKUMLU MEMBRAN PRESLERDE KAVİSLİ LAMİNE AHŞAP
ELEMENLARIN ÜRETİLEBİLİRLİĞİNİN DENEYSEL
İNCELENMESİ**

Necmi KAHRAMAN

**DOKTORA TEZİ
MOBİLYA VE DEKORASYON EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2010
ANKARA**

Necmi KAHRAMAN tarafından hazırlanan ‘**Vakumlu Membran Preslerde Kavisli Lamine Ahşap Elemanların Üretilirliğinin Deneysel İncelenmesi**’ adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr. Mustafa ALTINOK

Tez Danışmanı, Mobilya ve Dekorasyon ABD

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Abdullah SÖNMEZ

Mobilya ve Dek. Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Prof.Dr. Mustafa ALTINOK

Mobilya ve Dek. Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Prof.Dr. Burhanettin UYSAL

Mobilya ve Dek. Eğitimi, Karabük Üniversitesi

Prof.Dr. Erol BURDURLU

Mobilya ve Dek. Eğitimi, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ

Mobilya ve Dek. Eğitimi, Karabük Üniversitesi

Tarih : 29 / 06 / 2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

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 bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Necmi KAHRAMAN

**VAKUMLU MEMBRAN PRESLERDE KAVİSLİ LAMİNE AHŞAP
ELEMENLARIN ÜRETİLEBİLİRLİĞİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ
(Doktora Tezi)**

Necmi KAHRAMAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2010

ÖZET

Bu çalışmada, değişik kavisli lamine ahşap mobilya elemanların üretiminde vakumlu membran presin kullanılabilirliği incelenerek, bu elemanlarda uygulanabilecek kavislerin limit değerleri tespit edilmiş ve bu kavislere sahip lamine elemanların yapışma ve mekanik performansları belirlenmiştir. Deney örneklerinde 1,5 mm kalınlıkta doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petrea* L.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) papel kaplama kullanılmıştır. Papel kaplamalar 13 katmanlı olarak beş değişik yarıçapta (20-40-60-80-100 mm), üç değişik genişlikte (50-150-450 mm) ve ‘L’ şeklinde hazırlanmış iki değişik yapıdaki (dışbükey-içbükey) kalıplar yardımı ile lamine tekniğinde vakumlu membran pres makinesinde preslenmiştir. Örneklerin yapıştırılmasında PVAc dispersiyonu D4 tutkalı kullanılmıştır. Deney örneklerine, katmanlara paralel ve katmanlara dik yapışma direnci, diyagonal basınç ve diyagonal çekme direnci ile yorma direnci (formunu koruma) deneyleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, ulusal mobilya sektöründe kavisli lamine ahşap elemanların üretiminde yaygın olarak kullanılan fakat sağlık açısından çeşitli risklere sahip olması yanında, yapımı zor ve yüksek maliyetli çift taraflı kalıplar gerektiren RF (radyo/yüksek frekanslı) presler yerine bahsi geçen olumsuzluklara sahip olmayan vakumlu membran preslerin kullanılabilceği ortaya konulmuştur. Vakumlu membran preslerin dezavantajlarından olan, olası membran yırtılmalarına ise kauçuk esastlı

membran yerine silikon esaslı membran tercih edilerek çözüm getirilmiştir. Dışbükey kavisli kalıp kullanarak lamine elemanlarda elde edilebilecek en düşük kavis yarıçapının 40 mm, içbükey kavisli kalıplar ile elde edilebilecek en düşük kavis yarıçapının 200 mm olduğu tespit edilmiştir. Hazırlanan deney örneklerinde en iyi yapışma kalitesi doğu kayınında elde edilmiştir. Buna göre D4 tutkalı kullanılarak doğu kayını papel kaplama ile üretilmiş lamine elemanların daha iyi direnç özelliklerine ve yük taşıma kabiliyetine sahip oldukları belirlenmiştir. Sonuç olarak, vakumlu membran preste kavisli lamine ahşap üretimlerinde daha iyi sonuç verdiği tespit edilen dışbükey kalıpların kullanımı ile papel kaplamada ağaç türü olarak doğu kayını önerilebilir.

Bilim Kodu : 711.3.023
Anahtar Kelimeler : Vakumlu Membran Pres, Lamine Ahşap,
Şekillendirilmiş Ahşap Laminasyon, Papel Kaplama
Sayfa Adedi : 151
Tez Yöneticisi : Prof.Dr. Mustafa ALTINOK

**AN EXPERIMENTAL STUDY ON PRODUCTIVITY OF CURVED
LAMINATED WOODEN ELEMENTS IN VACUUM MEMBRANE PRESSES**

(PhD. Thesis)

Necmi KAHRAMAN

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2010

ABSTRACT

In this study, the usability of vacuum membrane press in laminated wooden furniture elements having variable curves were studied, the limit values of curves which can be applied on these elements were specified and the adhesion and mechanical performances of the laminated elements having such curves were determined. In the experimental samples, Oriental Beech (*Fagus Orientalis* Lipsky) in 1,5 mm. thickness European Oak (*Quercus Petrea* L.) and Scotch Pine (*Pinus Sylvestris* L.) with paper veneers were used. Paper veneers were pressed in 13 layers with five different radii (20-40-60-80-100 mm.), in three different width (50-100-150 mm.) with the help of two different structured (concave, convex) moulds prepared in “L” shape in lamination method under vacuum membrane press machine. During the fastening procedure of the samples, PVAc dispersion D4 adhesive was used. Adhesion strength parallel and vertical to the layers, diagonal pressure, diagonal tensile strength and fatigue strength (rigidity- keeping the form) experiments were applied to the experiment samples. As a result of the study, vacuum membrane presses can be used instead of RF (Radio/high frequency) presses which carry various health risks and additionally which need double sided moulds with high cost but which are widely used in curved laminated wooden elements production in the national furniture sector and vacuum membrane presses don't have the said disadvantages. One of the disadvantages of vacuum membrane presses was the

membrane tear-off problem which was solved by using silicon based membrane instead of rubber based membrane. It was determined as a result that the lowest obtainable curve radius in laminated elements by using convex curve moulds was 40 mm., and the lowest obtainable curved radius was 200 mm. by using concave curved moulds. Among the experiment samples, the best adhesion quality were obtained in Oriental Beech samples. In relation to this, according to the results of the performance experiment, it was observed that laminated elements produced with using D4 adhesive and Oriental Beech paper veneer have better strength properties and ability to carry load. As a result, convex mould usage which was specified as giving better results in production of curved laminated wood under vacuum membrane press and as a wood type for paper veneers, Oriental Beech can be recommended.

Science Code : 711.3.023

**Key Words : Vacuum Membrane Press, Laminated Veneer Lumber
Wooden Shaped Lamination, Wooden Paper Veneer**

Page Number : 151

Adviser : Prof.Dr. Mustafa ALTINOK

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren başta tez danışmanı hocam Prof.Dr. Mustafa ALTINOK olmak üzere tez izleme komitesindeki hocalarım Prof.Dr. Abdullah SÖNMEZ ve Prof.Dr. Burhanettin UYSAL'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Prof.Dr. Erol BURDURLU ve Doç.Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ'ye, istatistiksel değerlendirmeler için Arş.Gör.Ali Rıza ARSLAN'a ve Öğr.Grv. Erdinç ABİ'ye, yine bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Yrd.Doç.Dr. Cevdet SÖĞÜTLÜ'ye, Arş.Gör.Dr. H.Özgür İMİRZİ'ye, S.Demirel Üniversitesi Orman End. Müh. Bölümünden Yrd.Doç.Dr. Birol ÜNER'e, Gazi Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünden Prof.Dr. Metin GÜRÜ ve Prof.Dr. Nursel DİLSİZ'e, Gazi Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi akademik ve idari personeli ile öğrencilerine, Afyon Meslek Yüksekokulu Mobilya Dekorasyon Programı teknik personeli ve öğrencilerine ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim sevgili eşim Çiğdem KAHRAMAN ile sevgili çocuklarım İrem ve Arda'ya teşekkür ederim.

Bu çalışma, bilimsel araştırma projesi olarak 107 O 337 proje kodu ile Tübitak ve 07/2007–20 proje kodu ile de Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Birimi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xviii
RESİMLERİN LİSTESİ	xxii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xxiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KAVRAMLAR VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Ağaç Malzemeyi Biçimlendirme Yöntemleri	5
2.1.1. Kesme yöntemi	5
2.1.2. Kertme (çürütme) yöntemi	7
2.1.3. Bükme yöntemi	8
2.1.4. Laminasyon yöntemi	9
2.2. Laminasyon	11
2.2.1. Laminasyonun tanımı	11
2.2.2. Laminasyonun tarihçesi ve lamine malzemelerin kullanım alanları.....	12
2.2.3. Lamine ağaç malzemenin avantajları	12
2.2.4. Şekillendirilmiş laminasyonda elde edilebilecek en küçük eğim yarıçapının hesaplanması	13
2.3. Şekillendirilmiş Ahşap Laminasyonda Kullanılan Malzemeler	15
2.3.1. Ahşap kaplama	15

	Sayfa
2.3.2. Ahşap papel kaplama	15
2.3.3. Lif levha	16
2.3.4. Yapıştırıcılar ve yapıştırma teorisi	16
2.4. Şekillendirilmiş Lamine Ahşapta Kullanılan Cihazlar (Presler)	24
2.4.1. Radyo frekans (RF) presler	24
2.4.2. Vakumlu membran presler	24
2.5. Kaynak Araştırması	26
2.5.1. Literatürde laminasyonda yapışma ve yapıştırıcılar	26
2.5.2. Literatürde lamine elemanlar	29
3. MATERYAL VE METOT	35
3.1. Materyal	35
3.1.1. Papel kaplama	35
3.1.2. Tutkal	36
3.1.3. Lif levha	37
3.1.4. Vakumlu membran pres	37
3.2. Metot	38
3.2.1. Deneylerde kullanılan lamine elemanların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi	41
3.2.2. Deney örneklerinde diyagonal basınç direnci, diyagonal çekme direnci ve yorma direnci deneyleri	46
3.3. SEM (taramalı elektron mikroskobu) görüntüleme	51
3.4. Verilerin Değerlendirilmesi	52
4. BULGULAR	53
4.1. Lamine Elemanların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	53
4.1.1. Yoğunluk ve rutubet miktarları	53

	Sayfa
4.1.2. Katmanlara paralel yapışma direnci	54
4.1.3. Katmanlara dik yapışma direnci	55
4.2. Diyagonal Basınç Direnci, Diyagonal Çekme Direnci ve Yorma Direnci Deneyleri	57
4.2.1. Diyagonal basınç direnci	57
4.2.2. Diyagonal çekme direnci	62
4.2.3. Yorma direnci	67
4.3. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleme	127
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	131
KAYNAKLAR	141
ÖZGEÇMİŞ	151

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Ağaçişleri Endüstrisinde kullanılan tutkallar	17
Çizelge 3.1. Deney örneklerinde ve kalıplarda kullanılan malzemelerin listesi	35
Çizelge 3.2. D4 tutkalının teknik özellikleri	36
Çizelge 3.3. Vakumlu membran presin teknik özellikleri	37
Çizelge 3.4. Diyagonal basınç direnci deneyinde deneme deseni	47
Çizelge 3.5. Diyagonal çekme direnci deneyinde deneme deseni	48
Çizelge 3.6. Yorma direnci deneyinde deneme deseni	51
Çizelge 4.1. Deney örneklerinin hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk ve rutubet miktarları	54
Çizelge 4.2. Katmanlara paralel yapışma direnci değerleri	54
Çizelge 4.3. Katmanlara paralel yapışma direncine ağaç türünün etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	55
Çizelge 4.4. Ağaç türü düzeyinde katmanlara paralel yapışma direnci değerleri ...	55
Çizelge 4.5. Katmanlara dik yapışma direnci değerleri	55
Çizelge 4.6. Katmanlara dik yapışma direncine ağaç türünün etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları	56
Çizelge 4.7. Ağaç türü düzeyinde lamine elemanların katmanlara dik yapışma direnci değerleri	56
Çizelge 4.8. Diyagonal basınç direnci ortalama değerleri	57
Çizelge 4.9. Ağaç türü, yarıçap ve genişliğin diyagonal basınç direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi	58
Çizelge 4.10. Ağaç türü düzeyinde diyagonal basınç direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	59
Çizelge 4.11. Genişlik düzeyinde diyagonal basınç direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	59

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.12. Yarıçap düzeyinde diyagonal basınç direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	60
Çizelge 4.13. Ağaç türü, yarıçap ikili etkileşiminde diyagonal basınç direncine etkilerine ait ortalamaların karşılaştırmalı sonuçları	60
Çizelge 4.14. Şekillendirilmiş lamine elemanlarında diyagonal basınç direnci ile kavis, genişlik ve ağaç türü arası ilişki	61
Çizelge 4.15. Şekillendirilmiş lamine elemanların diyagonal çekme direnci ortalama değerleri	62
Çizelge 4.16. Ağaç türü, yarıçap ve genişlik değişkenlerinin diyagonal çekme direnci etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi	63
Çizelge 4.17. Ağaç türü düzeyinde diyagonal çekme direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	63
Çizelge 4.18. Yarıçap düzeyinde diyagonal çekme direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	64
Çizelge 4.19. Genişlik düzeyinde diyagonal çekme direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları.....	64
Çizelge 4.20. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşiminde diyagonal çekme direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	65
Çizelge 4.21. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma direnci deneyinde sehim ve açılma miktarları.....	67
Çizelge 4.22. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma direncinde sehim miktarları	68
Çizelge 4.23. Ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerinin sehim yapma etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi	69
Çizelge 4.24. Ağaç türü düzeyinde sehim ortalamalarının karşılaştırma sonuçları	70
Çizelge 4.25. Yarıçap düzeyinde sehim ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları .	70
Çizelge 4.26. Genişlik düzeyinde sehim ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	70
Çizelge 4.27. Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları	71
Çizelge 4.28. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları	72

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.29. Yarıçap ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları	72
Çizelge 4.30. Ağaç türü ve yorma zamanı ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları	73
Çizelge 4.31. Ağaç türü, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerine göre sehim ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	74
Çizelge 4.32. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	75
Çizelge 4.33. 60 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	76
Çizelge 4.34. 80 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	77
Çizelge 4.35. 100 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	78
Çizelge 4.36. 50 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	79
Çizelge 4.37. 150 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	80
Çizelge 4.38. 450 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	81
Çizelge 4.39. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	82
Çizelge 4.40. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	83
Çizelge 4.41. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	84
Çizelge 4.42. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	85
Çizelge 4.43. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	86

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.44. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	87
Çizelge 4.45. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	88
Çizelge 4.46. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	89
Çizelge 4.47. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	90
Çizelge 4.48. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	91
Çizelge 4.49. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	92
Çizelge 4.50. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	93
Çizelge 4.51. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	94
Çizelge 4.52. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları	95
Çizelge 4.53. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma deneyinde açılma miktarları ortalamaları	96
Çizelge 4.54. Ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerinin açılma'ya etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi	97
Çizelge 4.55. Ağaç türü düzeyinde açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	98
Çizelge 4.56. Yarıçap düzeyinde açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	98
Çizelge 4.57. Genişlik düzeyinde açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	99
Çizelge 4.58. Yorma zamanına göre açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	99
Çizelge 4.59. Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları	100

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.60. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları	100
Çizelge 4.61. Ağaç türü ve yorma zamanı değişkenlerine göre açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	101
Çizelge 4.62. Yarıçap ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları	102
Çizelge 4.63. Yarıçap ve yorma zamanı ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları	102
Çizelge 4.64. Ağaç türü, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerine göre açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları	103
Çizelge 4.65. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	104
Çizelge 4.66. 60 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	105
Çizelge 4.67. 80 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	106
Çizelge 4.68. 100 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	107
Çizelge 4.69. 50 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	108
Çizelge 4.70. 150 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	109
Çizelge 4.71. 450 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	110
Çizelge 4.72. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	111
Çizelge 4.73. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	112
Çizelge 4.74. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	113

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.75. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	114
Çizelge 4.76. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	115
Çizelge 4.77. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	116
Çizelge 4.78. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	117
Çizelge 4.79. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	118
Çizelge 4.80. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	119
Çizelge 4.81. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	120
Çizelge 4.82. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	121
Çizelge 4.83. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	122
Çizelge 4.84. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	123
Çizelge 4.85. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları	124

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kesme-ekleme yöntemi ve kesme-yığma yöntemi	6
Şekil 2.2. Mobilya köşelerinde uygulanan eğri formlar	6
Şekil 2.3. Çift taraflı eğmeçli kabriyal ayak örneği	7
Şekil 2.4. Kertme yöntemi ile yapılmış eğimli tablalar	7
Şekil 2.5. Bükme yöntemi ile yapılmış eğmeçli tablalar	8
Şekil 2.6. Lif yönleri paralel, lif yönleri birbirine dik kombinasyon	9
Şekil 2.7. Bir doğu kayını numunesine ait basınç deneyinde elde edilen gerilme-deformasyon eğrisi	15
Şekil 3.1. Deney örneklerinin preslenmesinde kullanılan dışbükey ve içbükey kalıp örnekleri	39
Şekil 3.2. Üç farklı genişlikteki deney parçası örnekleri	41
Şekil 3.3. Yoğunluk deney örneği (mm)	42
Şekil 3.4. Katmanlara paralel yapışma direnci deneyi numune parçası ölçüleri	44
Şekil 3.5. Katmanlara dik yapışma direnci deneyi numune parçası	45
Şekil 3.6. Diyagonal çekme direnci deneyinde moment kolu mesafeleri	47
Şekil 3.7. Yorma direnci deneyinde uygulanan yükler	50
Şekil 4.1. Diyagonal basınca, yarıçap düzeyinde ağaç türünün etkisi	61
Şekil 4.2. Diyagonal çekmeye, 50 mm genişlikteki deney örneklerinde ağaç türünün etkisi	65
Şekil 4.3. Diyagonal çekmeye, genişlik düzeyinde ağaç türünün etkisi	66
Şekil 4.4. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarları grafiği. 75	
Şekil 4.5. 60 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarları grafiği. 76	
Şekil 4.6. 80 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarları grafiği. 77	

Şekil	Sayfa
Şekil 4.7. 100 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarları grafiği	78
Şekil 4.8. 50 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarları grafiği	79
Şekil 4.9. 150 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarları grafiği	80
Şekil 4.10. 450 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarları grafiği	81
Şekil 4.11. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği	82
Şekil 4.12. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği	83
Şekil 4.13. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği	84
Şekil 4.14. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği	85
Şekil 4.15. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarları grafiği	86
Şekil 4.16. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarları grafiği	87
Şekil 4.17. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarları grafiği	88
Şekil 4.18. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği	89
Şekil 4.19. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği	90
Şekil 4.20. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği	91
Şekil 4.21. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği ...	92
Şekil 4.22. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarları grafiği ..	93
Şekil 4.23. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarları grafiği. ..	94
Şekil 4.24. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarları grafiği. ..	95
Şekil 4.25. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarları grafiği	104

Şekil	Sayfa
Şekil 4.26. 60 mm yarıçaplı doğu kaynında genişliğe göre açılma miktarları grafiği	105
Şekil 4.27. 80 mm yarıçaplı doğu kaynında genişliğe göre açılma miktarları grafiği	106
Şekil 4.28. 100 mm yarıçaplı doğu kaynında genişliğe göre açılma miktarları grafiği	107
Şekil 4.29. 50 mm genişlikteki doğu kaynında yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	108
Şekil 4.30. 150 mm genişlikteki doğu kaynında yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	109
Şekil 4.31. 450 mm genişlikteki doğu kaynında yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	110
Şekil 4.32. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği	111
Şekil 4.33. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği	112
Şekil 4.34. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği	113
Şekil 4.35. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği	114
Şekil 4.36. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	115
Şekil 4.37. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	116
Şekil 4.38. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	117
Şekil 4.39. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği ...	118
Şekil 4.40. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği ...	119
Şekil 4.41. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği ...	120
Şekil 4.42. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği .	121

Şekil	Sayfa
Şekil 4.43. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	122
Şekil 4.44. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	123
Şekil 4.45. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarları grafiği	124

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Vakumlu membran preste lamine iş parçası hazırlama aşamaları	10
Resim 2.2. Vakumlu membran preste hazırlanmış lamine iş parçası ve bir prototip geliştirme örneği (orta sehpa)	10
Resim 2.3. Lamine ahşap malzeme ile yapılmış çatı sistemi ve dinlenme koltuğu ..	10
Resim 2.4. Radyo Frekans presler	24
Resim 2.5. Sadece membran kapak üretiminde kullanılabilen vakumlu membran pres makinesi	25
Resim 2.6. Hem membran kapak hem de şekillendirilmiş lamine ahşap işlemlerinde kullanılabilen vakumlu Membran pres makinesi	25
Resim 2.7. Hem membran kapak hem de şekillendirilmiş lamine ahşap işlemlerinde kullanılabilen vakumlu Membran presler	25
Resim 3.1. Vakumlu membran pres makinesi ve preste kullanılan kalıp örneği	38
Resim 3.2. 80 mm yarıçaplı dış bükey ve 100 mm yarıçaplı iç bükey kalıp örnekleri	39
Resim 3.3. Pres sonrası özel kalıp (balans tablası) bekletilen ve boyutlandırılma aşamasına gelmiş deney taslakları	40
Resim 3.4. Katmanlara paralel yapışma direnci deneyi	44
Resim 3.5. Katmanlara dik yapışma direnci deneyi numune parçası	45
Resim 3.6. Ünlversal test cihazı ve katmanlara dik yapışma direnci deneyi	45
Resim 3.7. Diyagonal basınç direnci deneyi	46
Resim 3.8. Deney örneklerine uygulanan diyagonal çekme direnci deneyleri	49
Resim 3.9. 50 ve 150 mm genişlikteki deney örneklerine uygulanan yorma direnci deneyi	50
Resim 3.10. 50 ve 450 mm genişlikteki deney örneklerine uygulanan yorma direnci deneyi	50
Resim 4.1. Üretimi mümkün olmayan 20 mm yarıçaplı dış bükey kavis ve iç bükey kavis	53

Resim	Sayfa
Resim 4.2. Üretimi mümkün olmayan 20 mm yarıçaplı dış bükey kavis ve iç bükey kavis	125
Resim 4.3. Elde edilebilen dış bükey kavis değerleri	125
Resim 4.4. Kusurlu deney parçası örnekleri	126
Resim 4.5. Boyutlandırılmamış deney örnekleri ve deformasyonu engellemek için kullanılan kalıp	126
Resim 4.6. Doğu kayını örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 25 kat büyütülmüş çekimler	128
Resim 4.7. Sapsız meşe örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 25 kat büyütülmüş çekimler	128
Resim 4.8. Sarıçam örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 25 kat büyütülmüş çekimler	128
Resim 4.9. Doğu kayını örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 80 kat büyütülmüş çekimler	129
Resim 4.10. Sapsız meşe örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 80 kat büyütülmüş çekimler	129
Resim 4.11. Sarıçam örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 80 kat büyütülmüş çekimler	129
Resim 4.12. Doğu kayını örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 200 kat büyütülmüş çekimler	130
Resim 4.13. Sapsız meşe örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 200 kat büyütülmüş çekimler	130
Resim 4.14. Sarıçam örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 200 kat büyütülmüş çekimler	130

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
A_0	Deney numunesinin deneyden önceki kesit alanı, mm^2
$^{\circ}\text{C}$	Sıcaklık birimi (santigrat/ celsius)
cp/cps	Viskozite birimi (centipoise)
$F_{\max}$	Kırılma anındaki maksimum kuvvet, N
Kw	Güç birimi (Kilowatt)
m	Kütle, gr
N	Newton
N/Nm	Newton / Newton metre
V	Hacim
r	Rutubet (%)
r	Yarıçap (radius)
t	Panel kalınlığı, mm
Δ_F	Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı, N
δ	Yoğunluk (küçük Delta g/cm^3)
$\sigma_{\text{ç}}$	Çekme direnci, N/mm^2
σ	Normal gerilme
σ_b	Basınç direnci, N/mm^2
V	Varyasyon katsayısı, %
δ_0	Tam kuru yoğunluk
δ_{12}	Hava kurusu yoğunluk
m_0	Tam kuru ağırlık
m_{12}	Hava kurusu ağırlık
V_0	Tam kuru hacim
V_{12}	Hava kurusu hacim

Kısaltmalar	Açıklama
ANOVA	Analysis of Variance
ANSI	American National Standards Institute
AR-GE	Araştırma ve Geliştirme
ASTM	American Society for Testing and Materials
BS	British Standards
DIN	Deutsches Institut für Normung
EDS	Energie Dispersive Spectroscopy
EN	European Norm
GC/MS	Gas Chromatography and Mass Spectrometry
GLULAM	Glued Laminated Timber
HG	Homojenlik Grubu
ISO	International Organization for Standardization
LSD	En Küçük Önemli Fark
LSR	En Küçük Önemli Aralık
LVL	Laminated Veneer Lumber
MDF	Medium-density fibreboard
MICROLAM	Laminated Veneer Lumber
NS	Nonsignificant (Fark Önemsiz)
PVAc	Polivinilasetat
R	Regrasyon Analizi
RF	Radyo Frekansı
SEM	Scanning Electron Microscope
SPSS	Statistical Package For Social Science
Std	Standart
TSE	Türk Standartları Enstitüsü

1. GİRİŞ

Ağaç malzemenin çeşitli özelliklerinin geliştirilmesi sonucu elde edilen yarı mamul malzemeler, gerek doğal kaynakların rasyonel kullanımı gerekse ağaç malzemenin direnç özelliklerinin geliştirilmesi bakımından, mobilya sektöründe faaliyet gösteren tasarımcı ve üreticilere önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Özellikleri geliştirilen malzemelerden bir tanesi de lamine ahşap olup, diğer kompozit malzemelere oranla masif ağaç malzemeye en yakın özellikler göstermesi, boyutsal kararlılık sunması ve biçimlendirme esnekliği sebebiyle tercih edilmektedir. Lamine malzeme, kolon, kiriş, kemer ve makas gibi çeşitli inşaat elemanları ve mobilya üretiminde kullanılmakta olup, her iki alana da önemli yeniliklerin kazandırılmasında rol oynamaktadır. Özellikle düzgün geometrik biçim içermeyen kavisli mobilya elemanlarında, lamine malzeme kullanımı teknik, estetik, ekonomik ve üretim kolaylığı bakımından çeşitli avantajlar sağlamaktadır.

Bu çalışmada, şekillendirilmiş ahşap lamine mobilya elemanları ile ilgili araştırma yapılarak, vakumlu membran pres kullanarak şekillendirilmiş lamine elemanlarda uygulanabilecek kavislerin limit değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Ahşap laminasyon tekniği, Türkiye mobilya sektöründe yeni tanınmakta ve yaygınlaşmaktadır. Şekillendirilmiş ahşap lamine mobilya elemanlarının ülkemiz mobilya sektöründe en yaygın olarak üretimi, radyo frekanslı (RF) preslerde eşlenikli (çift taraflı) kalıplar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu üretim yönteminde kullanılan RF preslerin insan ve çevre sağlığı açısından bilinen birçok zararları bulunması yanında yatırım maliyetinin yüksek oluşu ve çift taraflı kalıp hazırlama zorunluluğu da maliyet artışına sebep olmaktadır. Bu çalışmanın sonucunda, şekillendirilmiş ahşap laminasyonda insan ve çevre sağlığına zararlı üretim tekniklerine alternatif olarak sağlık bakımından olumsuz etkisi olmayan vakumlu membran presin kullanılabilirliğinin ortaya konulması ve yaygınlaştırılması hedeflenmiştir. Ayrıca kullanılan tutkalda insan ve çevre sağlığına zararsız PVAc tutkalı seçilerek, çevre ve insan sağlığına zararsız mobilya elemanlarının üretiminin ortaya konulması ve ilk planda ulusal mobilya sektörünün bu konuda bilinçlendirilmesi amaçlanmıştır.

TS 3842'ye göre Lamine ahşap; kesme, soyma ve biçme yöntemiyle elde edilen ağaç malzeme levhalarının lifleri birbirine ve elde edilecek elemanların uzunluk eksenine paralel olacak şekilde aralarına yapıştırıcılar sürülerek, düz ya da kalıp içerisinde sıcak veya soğuk preslenmesi ile elde edilmektedir [TSE 3842].

Lamine ahşap ile ağaç malzeme israfı önlenmekte, tabaka düzenlemesi ile homojen, presleme ile de istenilen biçimde bir yapı veya mobilya elemanı elde edilebilmektedir. Lamine ahşap malzemeler yardımıyla büyük açıklıklar kolonsuz ve güvenle geçilebilmektedir [Kollman, 1968].

Ahşap levhaların üst üste yapıştırılmasıyla elde edilen lamine malzeme, taşıyıcı yapı kirişi (tutkallı kiriş), kolon ve kemer üretiminde kullanılmaktadır [Gapu, 1989]. Papel kaplama levhaların sıcak veya soğuk kalıp preste yüksek basınç altında düz veya eğimli olarak yapıştırılmasıyla elde edilen lamine ahşap malzemeler ise; mobilya üretiminde (özellikle yüksek dinamik ve statik kuvvetlere maruz oturma mobilyaları) kullanılmaktadır [Altınok, 2002].

Yapı endüstrisinde ahşap lamine elemanlar ilk olarak 1893 yılında İsviçre'de toplantı salonu inşaatında kullanılmıştır. I. Dünya savaşı sırasında bu teknik geliştirilerek uçak yapımında ve daha sonra kavisli yapı elemanları elde etmede kullanılmıştır [Hoover, 1987].

Problemin tanımlanması

Radyo Frekans (RF) preslerin üretim periyodunun kısa olması, ulusal mobilya sektöründe yaygın olarak kullanılmasına sebep olmaktadır. Ancak RF preslerdeki yüksek frekansın sağlık açısından çeşitli riskler taşıması yanında bu preslerde yapımı zor ve maliyeti yüksek olan eşlenikli kalıp kullanma zorunluluğu da yatırım ve işletme maliyetlerinin yüksek olmasına sebep olmaktadır. Tercihini Vakumlu Membran pres için kullanan işletmeler açısından da kullanabilecekleri kavis değerleri, tutkal türü, kalıp şekli, lamine eleman kalınlığı gibi sorulara referans olabilecek kaynak eksikliği vardır.

Günümüzde, tamamı veya kısmen lamine elemanlardan oluşan oturma mobilyaları, masa ve sehpa türü vb. mobilyalar üzerinde yapılan incelemelerde; sistematik olarak ürün mühendisliği yöntemlerinin yeterli derecede uygulanmadığı görülmektedir. Ayrıca, piyasada üretilen lamine konstrüksiyonlu mobilyaların, kullanım yükleri altındaki davranışları hakkında öngörüler yapılabilmesini sağlayacak performans testlerinin de yaygın olarak kullanılmadığı bilinmektedir. Bunlarla bağlantılı olarak lamine konstrüksiyonlu mobilyaların performans testlerinin yapılmasını sağlayacak ulusal deney standartları ile kabul edilebilir tasarım yükleri de belirlenmiş değildir.

Türkiye mobilya sektöründe küçük, orta ve büyük ölçekli çok sayıda işletme vardır. Ayrıca Türkiye; genç nüfusu, dinamizmi ve coğrafi konumu sebebiyle öncelikle Avrupa ülkeleri olmak üzere, ilişkili olduğu tüm ülkelere ürünlerini pazarlayabilecek ve ihraç edebilecek potansiyele sahiptir. İstenilen bu durumların gerçekleşebilmesi için, üretilen mobilyalarda istikrarlı bir kalite düzeyinin sağlanması gerekmektedir. Kalite için de; ürün mühendisliği yöntemleri uygulanmalı, performans testleri için metotlar geliştirilmeli, bu testlerin uygulanabileceği laboratuvarlar tesis edilmeli, standartlar oluşturulmalı ve uygulanmalıdır.

Şekillendirilmiş ahşap lamine mobilya elemanlarının tasarımında, referans kaynak eksikliği sebebiyle, katman sayısına ve papel kaplama kalınlığına göre elde edilebilecek kavis değerleri, kullanılacak ahşap türüne en uygun tutkal türünün seçimi, kullanılacak kalıbın nasıl olması gerektiği gibi hususların deneme yanılma metoduyla belirlenmesi özellikle büyük ölçekli işletmeler açısından zaman ve kaynak israfına yol açacaktır ve ayrıca rasyonel bir yaklaşım olmayacaktır.

Hipotez

Şekillendirilmiş lamine ahşap üretiminde mobilya ürün mühendisliğine katkıda bulunmak açısından Vakumlu Membran pres makinesinin kullanılabilirliğinin, bu preslerde uygulanabilecek kavis değerlerinin, kullanılacak kalıp şekillerinin ve bu cihazlarda üretilmiş mobilya - yapı elemanlarının mekanik performansları çeşitli testlerle ortaya konularak mobilya mühendisliği yaklaşımları geliştirilebilir.

Çalışmanın temel amacı

Şekillendirilmiş lamine ahşap mobilya elemanlarının ülkemiz mobilya sektöründeki üretimi yaygın olarak radyo frekanslı (RF) preslerde ve eşlenikli kalıplar yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Bu üretim yönteminde kullanılan RF preslerin yaydığı yüksek frekans dalgaların olumsuz etkisi ile insan ve çevre sağlığı açısından bilinen birçok zararlarının bulunmasının yanında çift taraflı kalıp hazırlama zorunluluğu da maliyet artışına sebep olmaktadır. Çift taraflı kalıp yapımının çok hassas ve çok zor oluşu, maliyet artışı olarak ürüne yansımaktadır. Ayrıca kalıp ve eşleniğinin tam uyumlu olamaması durumunda, kalıp kusuru ürünün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmanın sonucunda, şekillendirilmiş lamine ahşap insan ve çevre sağlığına zararlı üretim tekniklerine alternatif olarak sağlık bakımından olumsuz etkileri olmayan vakumlu membran presin kullanılabilirliği ile AB (CE) normlarında mobilya elemanı üretilebilirliğinin ortaya konulması hedeflenmiştir.

Ayrıca tutkal olarak insan ve çevre sağlığına zararsız PVAc D4 tutkalı seçilerek bu tutkalın yapıştırma performanslarının belirlenmesi ve vakumlu membran preslerin üretim kabiliyetlerinin tespiti yapılarak, kullanımının desteklenmesi ve ulusal mobilya sektörünün bu konuda bilinçlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL KAVRAMLAR VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ahşap Malzemeyi Biçimlendirme Yöntemleri

Ahşap malzemeyi işleme/biçimlendirme yöntemleri şunlardır:

i. Ahşabın lif yapısını tahrip etmeden

a) Bükme

- Lamine şekillendirme/bükme (çok katmanlı/tabakalı malzemede)
- Bükme (yekpare)

b) Baskı (presleme)

ii. Ahşabın lif yapısını tahrip ederek

a) Kesme

b) Yarma [İlhan ve Burdurlu, 1990].

Ayrıca eğri formlu ağaç malzemeye olan ihtiyaç uzun yıllardan beri vardır. Önceleri, tabii olarak kıvrık ağaç kısımlar kullanılırken, daha sonraları çeşitli form verme yöntemleri geliştirilmiştir. Özellikle mobilya, kemerli kapı ve pencere, tekne, gemi, tarım araçları, alet sapları, spor malzemeleri, fiçı ve sepet üretiminde form verme yöntemleri aşağıda verilmiştir:

i. Kesme yöntemi

ii. Kertme (çürütme) yöntemi

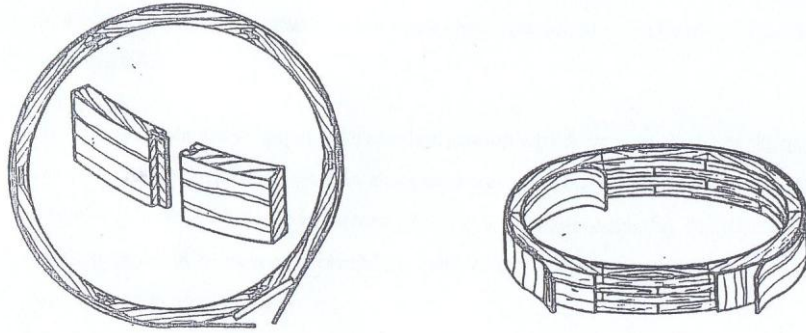
iii. Bükme teknikleri

iv. Laminasyon yöntemi [As ve Şenay, 1997].

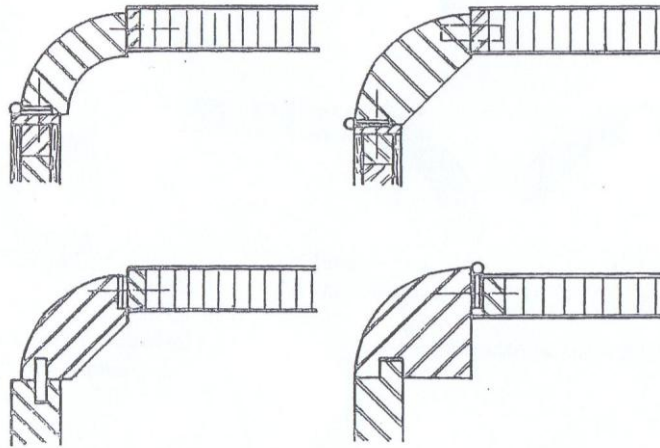
2.1.1. Kesme yöntemi

Yüksek direnç gerektirmeyen eğri formlarda ve az kavisli imalatlarda uygulanır. Yük taşıma özelliği olan eğri formlarda bu yöntemin kullanılması sakınca yaratmaktadır. Çünkü formdaki eğrilik arttıkça liflerdeki diyagonal kesim oranı artmakta, bu da liflerdeki diyagonal kesim açısının derecesine göre direnç azalmasına neden

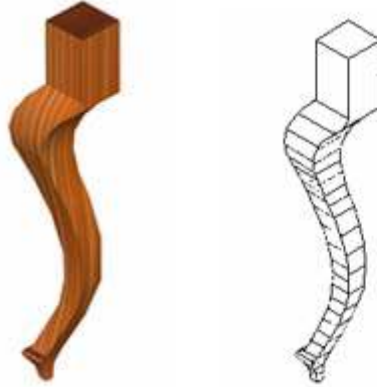
olmaktadır. Ayrıca, çok eğri formlu elemanlarda ağaç malzemedeki fire oranı oldukça artmaktadır. Bu yöntemle yapılacak seri imalatlarda, şablonla çizilmiş parçalar şerit testerede kesildikten sonra, son formları freze makinesinde kalıp yardımıyla verilir (Şekil 2.1-3). Örneğin bir kabriyal ayak uygulamasında çift taraflı eğmeç olduğu için, her iki yön içinde ayrı şablon hazırlanması gerekir [As ve Şenay, 1997].



Şekil 2.1. Kesme-ekleme yöntemi ve kesme-yığma yöntemi



Şekil 2.2. Mobilya köşelerinde uygulanan eğri formlar



Şekil 2.3. Çift taraflı eğmeçli kabriyal ayak örneği [Aydoğdu, 2003].

2.1.2. Kertme (çürütme) yöntemi

Bu yöntem, genellikle eğmeçli mobilya kapakları, çekmece klapaları ve kutu mobilya köşelerinde uygulanır. Yöntemin esası, çürütülmüş kalın bir orta katın ön ve arkasına ince kontrplak, papel kaplama veya MDF (Şekil 2.4) gibi malzemelerin özel kalıplarda preslenmesine dayanır. Orta katta da masif malzeme veya MDF kullanılmaktadır ve tablanın eğimine uygun olarak orta katta, tek veya iki taraflı kertme yapılır. Kertme derinliği, orta kat kalınlığının $2/3$ 'ü kadar ve bükülecek tarafta uygulanır [As ve Şenay, 1997].

Orta katta açılacak en az kanal sayısının hesaplanabilmesi için bükülecek eğri formun dış ve iç yay uzunlukları hesaplanarak, dış yay uzunluğundan iç yay uzunluğu çıkartılır. Aradaki fark testerenin genişliğine bölünerek en az kanal sayısı belirlenir. Elde kanal sayısına 1-3 kanal daha ilave edilerek açılması gereken yeterli kanal sayısı saptanır. Çürütmesi yapılan orta kat tutkallandıktan sonra yüzey katları ile birlikte kalıba yerleştirilerek preslenir [Zorlu, 1997].



a) Tek tarafa eğimli

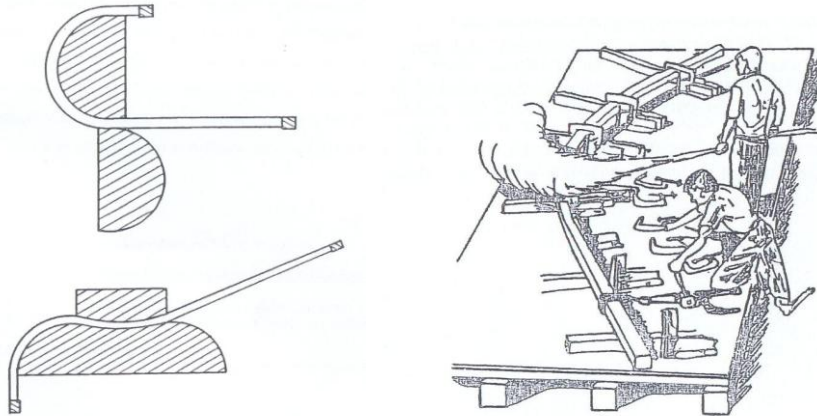
b) Çift tarafa eğimli

c) Bir köşesi eğimli

Şekil 2.4. Kertme yöntemi ile yapılmış eğimli tablalar

2.1.3. Bükme yöntemi

Özellikle direnç ve esneklik istenen kullanım yerlerinde, bükme yöntemi ile ağaç malzemeye form verilmesi daha uygundur. Örneğin; spor aletlerinden kayak tahtası, tenis racketleri, hokey ve golf sopaları, baston, şemsiye, fıçı tahtaları, masa ve sandalye ayakları gibi kullanım yerlerinde bükülmüş masif ağaç malzeme tercih edilir. Bu yöntem, form verilmiş ağaç malzeme üretiminde ekonomik bir yöntemdir. Uzun deneyimler sonucunda pratik bükme teknikleri geliştirilmiş ve tecrübeli zanaatkarlar tarafından uygulanmıştır. Bükme tekniği, ağaç malzemenin ısı ve rutubet etkisi ile yumuşatılmasına (plastikleşme) ve daha sonra istenilen biçimin verilmesi ile kurutulması esasına dayanmaktadır (Şekil 2.5.b)[As ve Şenay, 1997].



a) Basınç (gerilim) laması ile bükme b) Ahşap yat yapımında postaların bükülmesi

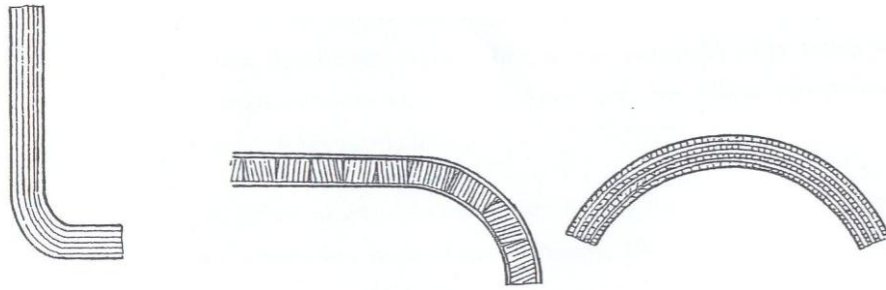
Şekil 2.5. Bükme yöntemi ile yapılmış eğmeçli tablalar

Bükülme kabiliyeti en iyi olan ve endüstride de en yaygın olarak kullanılan ağaç türleri genellikle yapraklı ağaç türleridir. Bu türler sırasıyla şunlardır; Ak meşe, Kırmızı meşe, Karaağaç, Dişbudak, Kayın, Huş, Akça ağaç, Ceviz, Maun, Sığla'dır. Ağaç malzemenin bükme işleminden önce yumuşatılmasına (plastikleştirme) gerek vardır. Bunda amaç ağaç malzemenin istenilen bükülebilmesini kırılma olmadan temin etmektir. Kuru ağaç malzeme, yüksek sıcaklıkta ısıtılsa bile iyi bir bükme için yeterli derecede plastikleşemez. Çok yaş veya çok kuru ağacın özellikle uygun nem

derecesine getirilmesi gerekir. Sıcak ağaç soğuk ağaçtan, yaş ağaç kuru ağaçtan daha kolay bükülebilmektedir. Isı ve rutubetin kombinasyonu ile ağaç malzeme daha etkili bir şekilde bükülebilmektedir. Plastikleştirme işlemlerinde farklı uygulamalarda görülmektedir. Bu yöntemlerden biri; Üre, Üreformaldehit, tannik asit ve gliserin gibi kimyasal maddelerin kullanımıdır. Isıtılmış kumda bekletme, ateşe veya gaz alevine tutma, yüksek frekans ile ısıtma kullanılabilecek diğer yöntemlerdir [Zorlu, 1997].

2.1.4. Laminasyon yöntemi

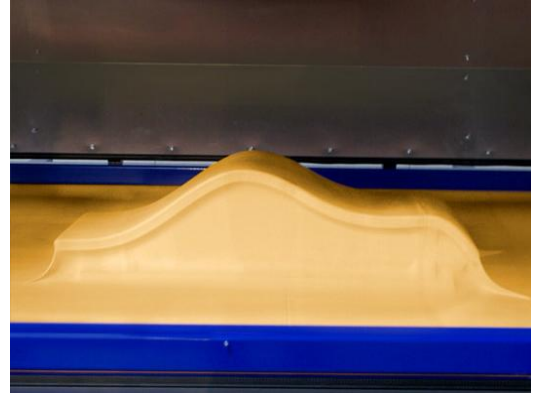
Bu yöntem; masif ağaç malzeme, papel kaplama, kontrplak, lif levha ve benzeri malzemelerin tutkallanarak üst-üste en az iki kat yapıştırılması esasına dayanır. Aynı parça üzerinde farklı kalınlıklarda katlar kullanılabileceği gibi, estetik görüntü amaçlı direnç gerektiren elemanlarda fiziksel ve mekanik özellikleri birbirine yakın farklı renklerde ağaç malzeme kullanmak da mümkündür. Direnç gerektirmeyen elemanlarda ise kalite özellikleri düşük farklı ağaç malzeme kullanmak maliyetin düşürülmesinde avantaj sağlar [As ve Şenay, 1997].



a) Papel+çita kombinasyonu b) Kontrplak kombinasyonu

Şekil 2.6. Lif yönleri paralel, lif yönleri birbirine dik kombinasyon

Masif ağaç malzeme ve papel kaplamadan yapılan eğri formlu imalatlarda, katların lif yönlerinin birbirine paralel gelecek şekilde düzenlenmesi daha fazla kullanılmaktadır (Şekil 2.6, Resim 2.1-2). Fakat bazı özel durumlarda lifler birbirine dik gelecek şekilde de uygulanmaktadır (Şekil 2.6 a ve b).



Resim 2.1. Vakumlu membran preste lamine iş parçası hazırlama aşamaları [Columbus Maschinen, 2006].



Resim 2.2. Vakumlu membran preste hazırlanmış lamine iş parçası [Columbus Maschinen, 2006] ve bir prototip geliştirme örneği -orta sehpa-



Resim 2.3. Lamine ahşap malzeme ile yapılmış çatı sistemi [Timber Design, 2001] ve lamine ahşap malzeme ile yapılmış dinlenme koltuğu [Aalto, 1932].

Ahşap malzeme ve ahşap kökenli yarı mamul malzemelerin soğuk olarak belirli bir yarıçapta kırılmadan bükülebilmesi için, uygun kalınlıkta malzeme seçimi yapılmalıdır. Ağaç malzemenin belirli bir yarıçapta kırılmadan bükülebilmesinde bükme yöntemi, ağaç türü, rutubet miktarı ve kalınlık önemli rol oynamaktadır. Ağaç malzemenin bükülme özelliği ne kadar iyi olursa, eğri formlu imalatlarda o nispette kalın kat kullanılması mümkün olmakta, bu da gerek işçilik gerekse tutkal maliyeti açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Genel olarak yapraklı ağaç odunları, iğne yapraklılara nazaran daha iyi bükülebilmektedir [Zorlu, 1997].

Masif ağaç malzemeye göre, estetik, ekonomik ve teknolojik özellikleri bakımından daha üstün olan lamine ağaç malzemelerin mobilya üretiminde özellikle dolap, masa, sandalye, raf ve döşemeli mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir [Eckelman, 1993].

2.2. Laminasyon

2.2.1. Laminasyonun tanımı

Lamine ahşap, değişik ölçülerdeki bağımsız ahşap tabakaların, kontrollü endüstri koşullarında ve özel bağlayıcılarla tutkalanıp birleştirilmesinden oluşur. Lamine ahşap ile kolon, kiriş, kemer, makas ve bunun gibi birçok değişik formlarda eleman üretilir. Farklı kalınlıklarda hazırlanan ağaç malzemelerin lifleri birbirine paralel olacak şekilde yüzeylerinden yapıştırılması ile elde edilir. Kat kalınlıklarına göre farklı isimlendirilirler. Büyük açıklıkların geçilmesinde kullanılan tutkallı yapı kirişleri (GLULAM = glued laminated timber) 25-50 mm kalınlıktaki parçalardan üretilir. Mobilya yapımında kullanılan küçük boyutlu lamine elemanlar (LVL = laminated veneer lumber = MICROLAM) için ise en çok 3 mm ye kadar kalınlığa sahip kaplama levhaları kullanılır [Örs ve Keskin, 2001].

TS 3842 ye göre; yapıştırılmış lamine ahşap elemanı; iki veya daha çok kerestenin, lifleri birbirine ve elde edilecek elemanların uzunluk eksenine paralel gelecek

şekilde, basınç altında yapıştırılmasıyla elde edilen bir ahşap yapı elemanıdır [TSE 3842, 1983].

TS 11878'e göre; lamine ahşap, kesme, soyma ve biçme yöntemiyle elde edilen ağaç malzeme levhalarının aralarına yapıştırıcılar sürülerek düz ya da kalıp içerisinde sıcak veya soğuk preslenmesiyle elde edilmektedir [TSE 11878, 1995].

2.2.2. Laminasyonun tarihçesi ve lamine malzemelerin kullanım alanları

Wolf'a göre laminasyon üzerinde ilk sistematik çalışmalar 16. yy.'da Colonel Emy ve Philiber Delorm tarafından ortaya konmuştur. Lamine ahşap teknolojisi, 1910 yılında Almanya'da bir inşaat kalfası olan Otto Hetzer tarafından lamine ahşap taşıyıcı eleman olarak ilk defa üretilmiş ve kendi adına patent alarak dünya genelinde tanınmıştır [Bozkurt ve Kurtoğlu, 1975].

ABD'de ilk kavisli lamine yapı eleman Forest Product Laboratory tarafından tasarlanarak 1934 yılında üretilmiştir. Daha sonraları, bazı Avrupa ülkelerinde lise, kilise, spor salonu, yüzme havuzu, fabrika binası, hangar ve çiftliklerde hayvan barınağı yapımında kullanılmıştır. II. Dünya savaşı sırasında sentetik tutkaların geliştirilmesiyle yüksek direnç gerektiren köprü ve liman inşaatlarında uygulama alanı bulmuştur [Şenay, 1996].

Lamine ağaç malzeme yapı endüstrisine paralel olarak mobilya endüstrisinde de geniş kullanım alanına sahiptir. Özellikle döşemeli mobilyaların mukavemet gerektiren açık ve kapalı iskelet elemanlarında, oturma odası, çalışma odası, yemek odası, yatak odası ve genç odası mobilyalarının üretiminde lamine edilmiş ağaç malzemeler kullanılmaktadır [Keskin, 2001].

2.2.3. Lamine ağaç malzemenin avantajları

Lamine ağaç malzemenin masif ağaç malzemeye göre üstün özellikleri bulunmaktadır. Bunlar:

- i. Masif ahşaptan üretilen elemanların boyutları sınırlı iken, laminasyon yöntemiyle istenilen boyutlarda üretim yapılabilir.
- ii. Değişik stillerde ve sınırsız formda çalışma imkanı vardır.
- iii. Kullanılan ağaç malzemeler ince ve küçük boyutlu olduğundan, doğal yöntemle ekonomik olarak kurutulabilmektedir.
- iv. Özellikle kavisli elemanlarda, kritik yükün meydana geldiği kesitlerde boyutlar diğer taraflara göre daha büyük yapılabilir.
- v. Üretimde küçük parçalar kullanılabilirdiğinden ağaç malzeme kaybı önlenmektedir.
- vi. Malzemedeki budak, çatlak vb. kusurların arındırılarak kullanılmasına imkan sağlamaktadır.
- vii. Kullanılan tutkalın su itici özelliği ve katların düzenlenmesinde yıllık halka konumlarının iç gerilmeleri dengeleyecek şekilde tasnif edilmesi, lamine ağaç malzemenin daha az çalışmasına sebep olmaktadır [Şenay, 1996].
- viii. Ağaç malzemenin kusurlu kısımları atılarak sağlam parçalardan oluşturulan lamine ağaç malzemenin teknik özellikleri normal masif ağaç malzemedan daha üstün olabilmektedir. Eğilmede emniyet gerilmesi masif ağaç malzemedde $\sigma_{em}=110$ kg/cm² iken aynı kesitli lamine ağaç malzemedde $\sigma_{em}=140$ kg/cm²'dir. Böylece taşıyıcı elemanlarda kesitler daha küçük tutulabileceği gibi, taşıma ve montaj kolaylıkları diğer avantajlı özelliklerindendir [Soltis, 1994].

2.2.4. Şekillendirilmiş laminasyonda elde edilebilecek en küçük eğim yarıçapının hesaplanması

Avrupa'da lamine ağaç malzeme üretiminde çam odunu kullanılmaktadır. Çam odunu, çabuk kurutulabilmesi, kolay işlenebilmesi ve hafifliği nedeniyle tercih edilmektedir. Kayın ve meşe odunları daha ağır olup geç kurumaktadır [Falk ve Hernandez, 1995]. Parça kalınlıkları 30 mm'de sabit tutulduğunda daha çabuk ve homojen kurumaları sağlanmaktadır. Genişlikleri ise en çok 200 mm alınmaktadır. Yükseklik prensip olarak genişliğin on katı (200 cm) olmalıdır. Eğmeçli taşıyıcıların yapımında katman kalınlığı (a) eğim yarıçapına (r) göre ayarlanmaktadır. En küçük eğim yarıçapı (r), aşağıdaki eşitlikten hesaplanabilir [Milbrandt, 1981].

$$r = 200a \quad \text{veya} \quad r \geq a / 4(a+47),$$

$$a = 13 + 0.4 (r / a - 150)$$

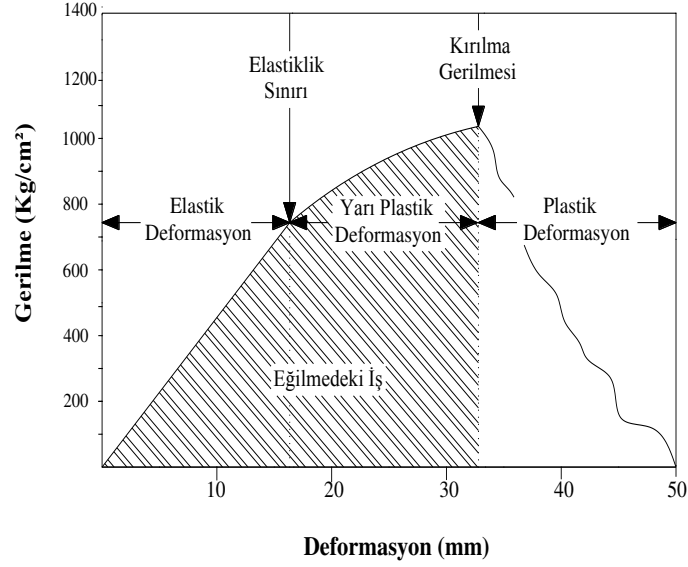
a: katman kalınlığı

Lamine ağaç malzeme üretiminde işlem basamakları:

- i. Ahşabın seçilmesi
- ii. Lamellerin hazırlanması (boy birleştirmelerin yapılması)
- iii. Rutubet miktarının ayarlanması
- iv. Tutkallanacak yüzeylerin ve tutkalın hazırlanması
- v. Tutkallama
- vi. Basınç tatbiki
- vii. Ölçülendirme, olarak verilmektedir [Şenay, 1996].

Lamine ahşap imalatında iyi bir tutkallama için yüzeylerin temiz ve düzgün olması gerekmektedir. Bunun için yüzeyler rendelendikten sonra üzerlerindeki toz ve küçük kalıntılar basınçlı hava ile uzaklaştırılarak tutkallamaya hazır hale getirilir. Tutkallanacak parçalar %12 rutubette olmalıdır. Ahşap malzeme önce kabaca katmanlara ayrılıp, daha sonra yüzeylere istenilen viskozite ve kalınlıkta tutkal sürülür. Tutkallanan yüzeyler üst üste getirilerek preslenir. Preslenen elemanlar tutkalın sertleşme süresi kadar bekletildikten sonra kullanım yerine uygun olarak ölçülendirilir [Hoover, 1987].

Ahşap örneklere uygulanan mekanik deneylerdeki süreç, aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir (Şekil 2.7). Buradaki ilk aşama elastiklik sınırı ve bunun sonrası ortaya çıkan yarı plastik deformasyon, daha sonra ise kırılmanın-kopmanın yaşandığı ‘kırılma gerilmesi’ evresidir. Bu evre sonucu ortaya çıkan durum plastik deformasyon olarak isimlendirilir ve deney örneği artık geri dönüşümsüz bir deformasyona uğramıştır [Bozkurt, 1987].



Şekil 2.7. Bir kayın numunesine ait basınç deneyinde elde edilen gerilme-deformasyon eğrisi [Bozkurt, 1987].

2.3. Şekillendirilmiş Ahşap Laminasyonda Kullanılan Malzemeler

2.3.1. Ahşap kaplama

Ahşap kaplamalar soyma, biçme veya kesme yoluyla elde edilen çok ince ahşap levhalardır. Kaplamalar kalınlığı 0,6-8 mm arasında değişen ağaç malzemeler olup, çoğunlukla kontrplak üretiminde, ahşap kaplamalı mobilya ve kapı imalatında, eğmeçli mobilya, ahşap süslemeciliği ve kakmacılık (marketüeri) işlerinde kullanılmaktadır [Örs ve Keskin, 2001].

2.3.2. Ahşap papel kaplama

Kalınlığı 1,5 mm den fazla olan kaplamalara papel kaplama denilmektedir. Genellikle bunlar daha kaliteli ve zengin görünmesi istenen mobilya yüzeylerinde ve özgül ağırlığının düşük olması ön görülen lamine işlerde kullanılırlar. Papel kaplamaların fiyatı ince kaplamalara oranla daha fazladır. Bu kaplamaların başka bir avantajı da yüzeye tutkal çıkarmaması olarak verilebilir [Örs ve Keskin, 2001].

2.3.3. Lif levha

Bitkisel liflerin doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerinde yararlanarak yada yapıştırıcı madde ilave ederek oluşturulan levha taslağının kurutulması veya preslenmesi sonucu elde edilir. Buna göre; lignoselülozik maddelerin liflere ayrılması ile elde edilen malzemenin istenilen ölçülerde şekillendirilmesi sonucu oluşturulur. Bu maksatla, ham madde olarak odun, şeker kamışı, keten, tahıl, pamuk ve mısır saplarından yararlanılır [Örs ve Keskin, 2001].

2.3.4. Yapıştırıcılar ve yapıştırma teorisi

Yapıştırıcılar; iki malzemeyi birbirine yapıştırmada kullanılan sıvı kıvamda metalik olmayan malzemelerdir. Ağaçışleri Endüstrisinde tutkallar ahşap-ahşap veya ahşap-bir başka malzeme yapıştırma amacıyla kullanılır. Bütün maddeler gibi; yapıştırıcılar hangi durumda bulunurlarsa bulunsun (katı-sıvı), kendi molekülleri arasında elektromanyetik ve elektrostatik kurallara bağlı olarak bir çekim kuvvetine sahiptir. Katı veya sıvı maddelerin kendi molekülleri arasındaki bu çekim kuvvetine “Kohezyon Kuvveti” denir. Kohezyon kuvvetinin türü ve büyüklüğü bir anlamda malzemenin fiziksel yapısına bağlı mekanik özelliklerini belirler. Bir yapıştırıcının kohezyon kuvvetinin büyüklüğü büyük oranda kimyasal yapısına bağlı olmaktadır. Kimyasal yapıya bağlı olarak kohezyon kuvvetini olumsuz olarak etkileyen en önemli faktörlerden biri ise, aşırı dolgu maddesi kullanımudur [Çolakoğlu, 2004].

Her maddenin özellikleri, yapısına bağlı olarak değişir. Katı ve sıvı maddelerin içerisinde bulunan her bir molekül, diğer moleküllerle çevrilidir. Bu durumda, her bir molekül, her yönde olmak üzere diğer moleküllerin kohezyon kuvvetinin etkisine girmektedir. Malzemenin yüzeyinde gelişen serbest enerji, katı ve sıvıların üzerindeki doymamış molekülleri birbirine çekerek temas etmelerini sağlar. Bu oluşuma bağlı olarak, iki maddenin yüzey molekülleri arasındaki moleküler veya atomik çekim kuvvetine “ Adezyon kuvveti” denmektedir. Yapıştırma işleminde “mekanik adezyon” ve “özgül adezyon” olmak üzere iki adezyon kuvvetiyle karşılaşılır. Akışkanlığa (viskozite) bağlı olarak, yapıştırıcının ağaç içerisine nüfuz

edip sertleşmesi ve bir bağ oluşturması “mekanik adezyon”, bu nüfuz olayında etkili olan ve elektrostatik kurallara bağlı olarak ortaya çıkan moleküler veya atomik çekim kuvvetine “özümlü adezyon” denmektedir. Ancak her ikisi birbirinden bağımsız olmayıp, birbirini tamamlar [Burdurlu, 1994].

Çizelge 2.1. Ağaççileri Endüstrisinde kullanılan tutkallar [TSE, 5430]

TUTKAL ÇEŞİDİ	SEMBOL	KULLANIM ALANLARI	KULLANIM YERİ
EPOKSİ	E	Ahşap ile metal, cam, seramik, duroplastik vb. birleştirmeler	Yarı açık ve rutubetli iç mekanlarda, direnç gerektiren yerlerde
POLİÜRETAN	PUR	Laminasyon ve tüm ahşap birleştirmeler	
MELAMİN FORMALDEHİD	MF	Kontraplak, yongalevha ve kavisli elemanlar	
MELAMİN - ÜRE FORMALDEHİD	MÜF	Laminasyon, yongalevha ve kontraplak ve ahşap birleştirmeler	
RESORSİN FORMALDEHİD	RF	Laminasyon, kama dişli birleştirme ve tüm ahşap birleştirmeler	Tamamen açıkta, yüksek direnç gerektiren yerlerde
FENOL-RESORSİN FORMALDEHİD	FRF	Laminasyon, kama dişli birleştirme, kayık yapımı ve tüm ahşap birleştirmeler	
FENOL FORMALDEHİD	FF	Kontraplak ve bazı yongalevhalar	
ÜRE FORMALDEHİD	ÜF	Kontraplak, yongalevhalar, MDF ve panel yüzeyler	İç mekanlarda, direnç gerektiren yerlerde
KAZEİN	K	Laminasyon ve ahşap birleştirmeler	
POLİVİNİLASETAT	PVAc	Ahşap birleştirmeler ve küçük boyutlu tutkallamalar	İç mekanlarda, yüksek direnç gerektirmeyen yerlerde
KAUÇUK ESASLI	KE	Kısmi tutkallama, çivi ve tutkallı birleştirme	

Polivinilasetat (PVAc) tutkalı

PVAc tutkalı soğuk olarak uygulanabilmesi, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz oluşu ve işlenişi sırasında kesici aletleri yıpratmaması gibi avantajlı özellikleri yanında mekanik direnci sınırlı olup uygulandıktan sonra sıcaklık arttıkça yumuşamakta ve 70°C den itibaren bağlantı maddesi görevini gerektiği gibi yapmamaktadır. Birleştirilecek yüzeylerden yalnız birinin tutkallanması ve ağaç türü ile birleşme yüzeyinin durumuna göre 150-200 gr/m² tutkal kullanılması iyi bir birleşme için yeterli olmaktadır [Pizzi, 1993].

PVAc tutkalı TS 3891’de belirtilen esaslara göre yoğunluğu 1,1 gr/cm³, viskozitesi 160-200 cps, PH değeri 5, kül miktarı %3, masif ağaç malzemenin birleştirilmesinde odun rutubeti % 6-15, presleme süresi; soğuk tutkallamada 20°C’de 20 dakika, sıcak tutkallamada ise 80°C’de 2 dakika olarak verilmekte ve presleme ortamında soğuyuncaya kadar dinlendirilmesi önerilmektedir [Örs ve Keskin, 2001].

Polivinilasetat (PVA); su, kömür, kireç ve sirkeasidinden kimyasal yollarla üretilir. Kok kömürü ile sönmüş kireç, elektrik fırınlarında kızdırılarak karpit haline (CaC₂) dönüştürülür. Karpite su etki ettirilerek asetilen gazı (C₂H₂) elde edilir. Asetilen ile sirkeasidi (CH₃COOH), muamelesi ile vinilester meydana getirilir. Vinilester moleküllerine monomer adı verilir. Bu küçük moleküller, istenilen molekül ağırlığı basamağına erişinceye kadar birbirlerine bağlanabilirler. Binlerce monomer birleşerek polimerleri oluştururlar. Bu kimyasal olaya “polimerleşme” denir. Vinilester, bu şekilde polimerleştirilerek POLİVİNİLASETAT elde edilir. Polimerleşme olayı yönlendirilerek değişik kimyasal yapıya sahip Polivinilasetat (PVA) yapay reçineler elde edilebilir. Bu şekilde farklı özelliklere sahip PVA tutkalı da üretilebilir. Katkı gereci olarak yumuşatıcı, sertleştirici, organik ve inorganik katkı maddelerinden de yararlanılarak, tutkalın değişik kullanım alanlarına uyumu sağlanır [Skeist, 1989].

Polivinilasetat montaj tutkalı, koyuca kıvamda üretilmiş bir tutkal türüdür. Montaj tutkalı; zıvanalı, kavelalı, dişli birleştirmelerde, mobilya üretiminde masif parçaların yapıştırılmasında, dekorasyon elemanlarının montaj ve tutkallanmasında, yapay reçine kaplamalarının yapıştırılmasında kullanılır. Birleştirmelerde iki tarafa sürülmesi halinde, inceltilmesi yerinde olur. Montaj tutkalı en olumlu sonucu 20 °C 'ta verir. Sıcaklığın artması pres zamanını kısaltır. 10 °C 'nin altında yapıştırma işlemi yapmak sakıncalıdır. Sıkıştırma basıncı yumuşak ağaçlarda 2 – 3 kg/cm², sert ağaçlarda 5 – 6 kg/cm² arasında değişir. Yapıştırma işlemi, sıcaklığa bağlı olarak en az 30 dakika sıkılı kalmalıdır. Süre artarsa tutkalın bağlanma gücü artar. Bu süre için firma önerilerine uyulmalıdır. Bekleme süresi 60 dakikadan daha kısa olması halinde yapışma yeri başka bir işleme tabi tutulamaz. Yapışmanın tamamlanması üç hafta devam eder [Huş, 1977].

PVA tutkalının bir diğer türü; polivinilasetat kaplama tutkalı'dır. Normal PVA tutkalı ile kaplama yapıştırmanın bazı sakıncaları vardır. Özellikle, tutkalın yüzeye çıkması halinde, düzgün ve dengeli boyama yapılamaz. Bazı yapay reçine vernikleri (polyester) yüzeyde kusurlu katman oluşturur. Preslemede yüksek sıcaklıklar kullanılamaz. Bu nedenle; özel kaplama tutkalı kullanılarak, tutkalın yüzeye çıkması önlenir ve preslemede yüksek sıcaklıklar kullanılabilir [Skeist, 1989].

Asetilen ve asetik asitten üretilen PVA tutkalının polimerizasyonu kolay ve maliyeti düşüktür. Ahşap ve ahşap kökenli malzeme yapıştırılmasında inceltici olarak sudan faydalanılır. Sertleşme tamamen fizikseldir. Sertleşme esnasında, su ahşap tarafından emilir ve buharlaşır. Sertleşen katman renksizdir. Kullanımı kolaydır. Sertleştirici kullanılmaz. Yüzeylere kolay yayılır ve temizlemesi kolaydır. Fırça, rulo ve silindirli tutkal sürme makinası ile uygulanabilir. Düşük basınçlarda presleme yapılabilir. Kuru dayanımı yeterli olup sürekli yük için uygun değildir. Sıcak presleme imkanı olsa da çoğunlukla soğuk sıkılır [Skeist, 1989].

Yapışma direncine etki eden faktörler

Yapıştırma direncine etki eden faktörler aşağıda açıklanmıştır. Yapıştırma işlemi içeren işlemler için bilinçli ve kontrollü bir yapışmanın elde edilebilmesi ancak bu bilgiler ışığında uygulama yapılırsa mümkün olabilecektir.

Yüzey pürüzlülüğü

Odunun bir hammadde olarak en önemli özelliği, çeşitli karakterlerde hücre ve hücre gruplarından meydana gelmiş heterojen bir madde oluşudur. Bu bakımdan, odundan elde edilen levhaların çeşitli kısımları anatomik bakımdan farklılık göstermekte ve bu farklılık nedeniyle levha yüzeyi pürüzlü olmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü fazla olan parçalarda, yüzeyin tamamına tutkal sürülemeyeceğinden iyi bir yapıştırma sağlanamamaktadır. Ayrıca, pürüzlü yüzeyler tutkal katmanında kabarıklıklara neden olduğundan yapışmada zayıf olmaktadır [Ulupınar, 1998].

Rutubet miktarı

Tutkallanma anındaki odunun rutubet miktarı, bağ kalitesini ve tutkallanmış ürünün kullanım performansını etkilemesi bakımından önemlidir. Rutubet miktarı; birleştirmenin sonuç direnci ve dayanımını, odunda yüzey çatlaklarının oluşumunu ve yapıştırılmış ürünün boyutsal stabilitesini ciddi şekilde etkilemektedir. Sonuç olarak odunun rutubet miktarı, kullanılan tutkal türü ve yapıştırma şartları ile uyumlu olmayı gerektirir. Yapıştırılmış parçalarda rutubet miktarının fazla artması, hem odunu hem de yapıştırma direncini ciddi şekilde zayıflatan, çarpılma bükülme veya yüzey düzensizliklerine neden olabilecek genişleme veya daralma gerilimlerine neden olur. Bunun için yapıştırılmış malzemede rutubet artışı, kullanılan tutkaldaki su miktarından dolayı, belli bir oranı aşmamalıdır. Bu, yapışma direncinin düşmesine neden olur [Çolak, 2004]. Ağaç malzeme açık hava koşullarında kullanılacak ise rutubet miktarı % 16–19, yarı açık ortamda kullanılacak ise % 12–16, kapalı ortamda kullanılacak ise % 8–12 oranında rutubet içermelidir [Kılıç, 1997].

Yüzeydeki ilkbahar ve yaz odunu miktarları

Yıllık halkalardaki ilkbahar ve yaz odunları arasındaki oran farklılıkları yapışmayı her iki yönde (kolaylaştırma veya zorlaştırma) etkileyebilmektedir. Zira ilkbahar odunu, yaz odununa göre daha düşük yoğunlukta ve porozitesi daha yüksektir. Bu sebeple, tutkalların ilkbahar odununa nüfuz etmesi, daha yoğun ve porozitesi az olan, kapalı yapıdaki yaz odununa göre daha kolaydır [Şahin, 2005]. İlkbahar ve yaz odunu yapışma özellikleri üzerine yapılan araştırmalarda ilkbahar odunu-ilkbahar odunu yapıştırıcılarında en kuvvetli, yaz odunu-yaz odunu yapıştırıcılarında en zayıf ve ilkbahar odunu- yaz odunu yapıştırıcılarında ise orta kuvvette yapışmalarının meydana geldiği görülmüştür. Alınan bu sonuçlar üzerine ilkbahar ve yaz odununun yapışma yönünden farklılıkları araştırılmıştır. Mikroskop altında yapılan incelemelerde, tutkalın ilkbahar odunu hücrelerinin içine kadar nüfuz ettiği ve burada katılarak odunla tutkal tabakası arasında sıkı bir kenetlenme meydana getirdiği, diğer taraftan kalın zarlı yaz odunu hücrelerinde bu durumun meydana gelmediği görülmüştür [Kılıç, 1997].

Öz odun ve diri odun miktarları

Öz odunu ve diri odun miktarları da yapışma dayanımı üzerinde etkili faktörlerdir. Yıllık halka içinde ilkbahar ve diri odun katılım oranı fazla olan ağaç odunlarının genellikle daha iyi yapışma özelliği göstermesine karşılık, yıllık halka içinde yaz odunu ve öz odun katılım oranı fazla olan ağaç odunları genellikle daha zayıf yapışma özelliği göstermişlerdir [Kılıç, 1997].

Permeabilite (Geçirgenlik)

Ağaç malzemenin geçirgenliği (permeabilitesi), tutkal hattı dayanımı açısından önemlidir. Dağınık traheli (besin maddelerini yapraklara ileten elemanlar) ağaçların permeabilitesi, halkalı traheli ağaçlarınkinden daha yüksektir. Permeabilitenin yüksek değerde olması, ağaç malzemenin tutkal ile birleştirilmesinde tutkal hattı

dayanımı yönünden önemlidir. Bundan dolayı, yapraklı ağaç odunları iğne yapraklı ağaç odunlarına nazaran daha iyi yapışma özelliği göstermektedir [Kılıç, 1997].

Ekstraktif maddeler

Ağaç malzemenin bünyesinde bulunan ekstraktif (yabancı) maddeler yapışma direnci üzerinde olumsuz etki yapmaktadır. Yapısında reçine, tanen, eterik yağ ve balsam bulunan ağaç ürünlerinin yapıştırılması oldukça güç olmaktadır. Bazı ağaç türlerinde, diri odun ve öz odunun yapışma özelliklerinin farklı olması, öz odununda ekstraktif maddelerin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Ekstraktif maddelerin temizlenmesi ile odunun ıslanma yeteneği artar. Ağaç yüzeyinin kirliliği ve eskiliği tutkalın akışını ve nüfuz etme özelliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Yapıştırılacak yüzeydeki ekstraktif maddeler solvent, deterjan ya da kostik gibi kimyasal maddeler ile yok edildikten sonra yapıştırma yapılmalı ve soğuk olarak preslenmelidir. Eğer, sıcak olarak preslenir ise ekstraktif maddeler sıcaklığın etkisi ile çözülerek tutkal hattına sızarak yapıştırma işleminin zayıf olmasına neden olur [Kılıç, 1997].

Islanabilme özelliği

Birleşmenin gerilmeye karşı güçlü olması, tutkalın ağaç yüzeyini ıslatabilme ve hücre çeper boşluklarına nüfuz etme özelliğine bağlıdır. Ağaç malzemenin ıslanma özelliğinin iyi olması, yapışma direncini olumlu yönde etkilemektedir [Burdurlu, 1994].

Tutkal katı (katman) kalınlığı

Tutkal ile yapıştırılmış iki parça arasındaki gerilmelerin tutkaldan kaynaklanmasından dolayı, güçlü bir bağlantı elde etmek için homojen kalınlıkta tutkal sürmek gerekmektedir. Tutkal katı azaldıkça, birleştirmenin dayanımının yükseldiği kabul edilir. Ancak, tutkallanacak yüzeyler arasında sürekli bir tutkal katmanı oluşturmak için en uygun miktarda tutkal kullanıldığı zaman optimum tutkallama şartlarının sağlanması gerekir. Sertleşmeden sonra yüzeyde 1/10 mm

tutkal kalınlığı oluşturacak miktarda tutkal uygulanması yeterli kabul edilmektedir [Burdurlu, 1994]. Yapıştırmada ideal tutkal kalınlığını elde etmek için 120-160 gr/m² tutkal kullanılmalıdır [PrEN 386, 1991].

Pres basıncı

İki veya daha fazla ağaç malzemenin birbirine yapıştırılması sırasında uygulanacak basınç, sıkılacak parçaların her noktasında aynı oranda olmalıdır. Gerekli basınç miktarı ağaç türüne, yüzey özelliklerine ve tutkalın viskozitesine göre farklılık gösterir. am türü yumuşak ağaçlarda 4 kg/cm² basınç yeterli olurken, yumuşak ağaçlarda 8-10 kg/cm², sert ağaçlarda ise 16 kg/cm² 'ye kadar çıkmaktadır [Bozkurt ve Göker, 1987].

Tutkal türü

Piyasada, farklı özelliklere sahip çok çeşitli tutkal bulmak mümkündür. Kullanılması düşünülen tutkal, kullanım yerinde beklenen direnç ve performans özellikleri dikkate alınarak seçilmelidir. Örneğin, sıcağa, neme, kimyasallara ve mikroorganizmalara dayanıklılık gereken yerlerde dikkatli davranılmalıdır. Genel olarak sadece tek bir tutkal çeşidi tüm yapısal işlemler için uygun değildir. Seçim bu nedenle performansı ve malzeme tipi, üretim hızı ve maliyeti dikkate alınarak yapılmalıdır. Birleştirme işlemlerinde tutkalların kullanılmasıyla sağlanabilecek fayda ve avantajlar, dikkatli ve bilgili kullanım yapılmazsa istenilen performans özellikleri sağlanamadığı gibi zarara dahi dönüşebilir [şahin, 2005].

2.4. Şekillendirilmiş Lamine Ahşapta Kullanılan Cihazlar (Presler)

2.4.1. Radyo frekans (RF) presler

Şekillendirilmiş lamine ahşapta çok yaygın kullanılan Radyo Frekanslı yada yüksek frekanslı kurutma özellikli presler bir adet yüksek frekans üretici jeneratör, hidrolik pres ve elektrotlar bağlanmış eşlenikli kalıplardan oluşturulmuştur (Resim 2.4).



Resim 2.4. Radyo Frekans presler [Sonar Makine ve Meser Lamine, 2006].

2.4.2. Vakumlu membran presler

Yerli üretim ve ithal olmak üzere oldukça farklı yapılarda vakumlu membran presler mevcuttur. Daha çok kapak yüzeylerine, membran kapak olarak da bilinen PVC esaslı kaplama malzemesi yapıştırma amacıyla kullanılmaktadır. Sadece bu amaç için üretilmiş modellerinin çalışma aralığı yaklaşık 8 cm ile sınırlı olduğu için şekillendirilmiş laminasyonda kullanımı mümkün olamamaktadır (Resim 2.5). Piyasada şekillendirilmiş laminasyon işlemleri için üretilmiş modelleri az da olsa bulunabilmektedir. İstenilen yapıda ve özelliklerde, özel üretim şeklinde üretimi yaptırılabilir (Resim 2.6-7).



Resim 2.5. Sadece membran kapak üretiminde kullanılabilen vakumlu membran pres makinesi [Sabır Makine, 2006].



Resim 2.6. Hem membran kapak hem de şekillendirilmiş lamine ahşap işlemlerinde kullanılabilen vakumlu Membran pres makinesi [Sabır Makine, 2006].



Resim 2.7. Hem membran kapak hem de şekillendirilmiş lamine ahşap işlemlerinde kullanılabilen vakumlu Membran presler [Fernan ve Columbus, 2006].

2.5. Kaynak Araştırması

Çeşitli mobilya ve yapı elemanlarında yaygın olarak kullanılan lamine malzemelerin malzeme, mekanik özellikleri ve tasarımı birçok araştırmacı tarafından ele alınmıştır.

2.5.1. Literatürde laminasyonda yapışma ve yapıştırıcılar

Örs (1981), “Kama birleştirmeli masif ağaç malzemedeki mekanik özelliklerin belirlenmesi” konulu araştırmasında, polivinilasetat, fenol formaldehit tutkalları ile sarıçam, doğu ladini, doğu kayını ve uludağ göknarı ağaç türlerinin kama birleştirmede mekanik özellikleri üzerine kullanılan tutkal, ağaç türü ve çeşitli ortam şartlarında bekletmenin etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, kullanılan tutkal türlerinin makaslama, eğilme ve çekme dirençlerine etkisinin olmadığı, ağaç türleri arasında görülen farklılığın ise ağaç türleri odunlarının mekanik özelliklerindeki farklılıktan kaynaklandığını belirlemiştir. Soğuk suda bekletilen örneklerde PVAc tutkalı ile birleştirilen örneklerin kabul edilebilir minimum değerlerin altında olduğu, üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalları ile hazırlanan örneklerin direnç değerleri ise standartlarda belirtilen değerlere göre kabul edilebilir olduğu, üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalları arasında istatistiksel olarak önemli farklılık olmadığını saptamıştır [Örs, 1981].

Örs (1981), 6 saat 100 °C kaldıktan sonra 2 saat süreyle 20 °C suda bekletilen örnekler üzerine yapılan deney sonuçlarına göre üre formaldehit tutkalı numunelerin direnç değerleri standartlarda belirtilen değerlerin altında bulunmuş, fenol formaldehit tutkalı numunelerin direnç değerlerinin ise standartlara göre kabul edilebilir olduğunu belirlemiştir. Sıralı kaynatma ortamında bekletilen örnekler üzerine yapılan deneyler sonucunda fenol formaldehit tutkalı ile yapıştırılmış örneklerin kohezyon ve adezyon kuvvetini kaybetmeden yeterli direnci gösterdikleri gözlenmiştir [Örs, 1981].

Demetçi (1991), çam, göknar, kayın, meşe ve akçaağaç odunlarının, polivinilasetat ve epoksi tutkalı ile elde edilen ağaç malzemenin mekanik özellikleri üzerine ağaç

türü, tutkal çeşidi ve farklı yatırma ortamlarında bekletmenin etkilerini araştırmış, tutkal çeşidinin yapışma direncine etkisinin, lifler yönünde çekme, basınç ve yarılma direncinde önemli olduğunu bildirmiştir [Demetçi, 1991].

St – Pierre ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada parmak birleştirme uygulanmış Ladin ağacına farklı sıcaklık ve rutubet miktarlarında çekme direnci uygulamış ve rutubet ile sıcaklığın etkilerini tespit etmişlerdir. Araştırmalarında tutkal olarak polimer emülsiyonlu poliüretan (PEP) ve fenol – rezorsin formaldehit (PFR) ‘in yeni hızlı sertleştiricili formülü kullanılmıştır. Farklı rutubet miktarlarında (% 12, % 16, % 20 ve % 28 üstü) 2 x 3 inch (5,08 x 7,62 cm) ölçülerinde ladin parçalara parmak birleştirme için önemli olan çeşitli sıcaklıklarda (-5 °C, 5 °C, 12 °C ve 20 °C) iklimlendirip tutkallı birleştirme işlemi yapılmıştır. Ardından 24 saat oda koşullarında bekletildikten sonra çekme direnci testi uygulanmıştır. Sonuç olarak; PFR tutkalının PEP tutkalına göre daha iyi yapıştığı ve PFR için en ideal rutubet miktarının %16 olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca PEP tutkalı için en uygun rutubet değerleri %12 - %16 arasında ve en iyi sıcaklık değerleri ise 5 °C ile 20 °C arasında olduğu tespit edilmiştir [St – Pierre ve ark., 2005].

Dağlı (2002), Makore, Moabi ve Obeche ağaç türlerinden üretilmiş numunelerin dişli birleştirilmesinde yapışma dayanımı, ağaç türlerinin yoğunluğuna bağlıdır. Buna bağlı olarak düşük yoğunluktaki Obeche en yüksek, yüksek yoğunluktaki Moabi ise en düşük yapışma direncini göstermiştir. Diğer taraftan melamin formaldehit tutkalı orta ve yüksek yoğunluktaki sert ağaç türlerinde daha iyi bir yapıştırma direnci göstermiştir. Yüksek yoğunluktaki Moabi Melamin formaldehit ile parmak diş birleştirmelerin odunda kırılma oranları üç ağaç türü için de en düşük olduğu görülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda Makore ve Moabi ağaç türlerinin çekme direnci için Melamin formaldehit tutkalı, düşük yoğunluktaki Obeche ağaç türünden üretilen parmak diş birleştirmelerin üretiminde ise İsosiyanat tutkalı tavsiye edilmektedir [Dağlı, 2002].

Dağlı (2002), ‘Tutkal farkı ve bekletme ortamının kama dişli birleştirmede mekanik özellikler üzerine etkisi’ isimli çalışmada saplı meşe (*Quercus Robur L.*), doğu

kayını (*Fagus orientalis* L.), sapelli (*Sapelle*) ağaç türleri ile PVAc ve PVAc – D4 tutkalları kullanarak elde ettikleri kama dişli boy birleştirme uygulanmış masif panellere mekanik deneyler uygulamıştır. Sonuç olarak uygun tutkal seçilmesi halinde kama dişli boy birleştirmeli masif panellerin, masif ağaç malzemeye göre aynı direnç özellikleri gösterdiği görülmüştür. Ayrıca çekme ve eğilme deneyleri üzerinde tutkal etkisinin olmadığı, eğilmede elastikiyet modülü tespitinde ağaç türünün önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir [Dağlı, 2002].

Örs ve ark. (1999), “Klebit 303, Kleiberit 305.0 ve Süper – Lackleim 308 Tutkallarının Yapışma Dirençleri” isimli çalışmalarında, ağaç işleri endüstrisinde kullanılmak üzere üretilmiş olan Klebit 303, Kleiberit 305.0 ve Süper – Lackleim 308 tutkallarının ağaç malzemelerden; doğu kayını, sarıçam ve sapsız meşe odunlarında yapışma dirençlerini araştırmışlar ve bunun için TS 5430 ‘a göre hazırlanmış deney örneklerine çekme direnci deneyi uygulanmıştır. Sonuç olarak; en yüksek çekme direncini Klebit 303 tutkalı ile doğu kayını ($89,80 \text{ N/mm}^2$) ve sapsız meşe ($89,50 \text{ N/mm}^2$), en düşük çekme direncini ise super lackleim 308 tutkalı ile sapsız meşe ($50,18 \text{ N/mm}^2$) ve klebit 303 tutkalı ile sarıçam ($50,45 \text{ N/mm}^2$) malzemenin gösterdiğini bildirmiştir [Örs ve ark., 1999].

Şenay (1996), kullanılan ağaç türlerinde liflere paralel yönde çekme, makaslama, liflere paralel yönde basınçta makaslama, çekmede yarıлма ve basınçta yarıлма direnci deney sonuçlarında, ağaç türlerine göre farklılıklar olduğunu, bununda ağaç türleri arasındaki fiziksel ve mekanik farklılıklardan kaynaklandığı, ağaç türünün yapışma dayanımına etkisinin önemli olduğunu belirlemiştir. Tutkal türlerinin yapışma direnci üzerine etkisinin; liflere paralel yönde çekmede makaslama, basınçta, makaslama ve çekmede yarıлма direncinde önemli olduğu, basınçta yarıлма direncinde ise önemli olmadığını saptamıştır. Yatırma ortamları ile yapışma dirençleri arasındaki ilişkinin önemli olup, $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nemde klimatize edilen numunelerin direnç değerleri $67 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki su içinde yatırılan numunelere göre daha yüksek yapışma dayanımı verdiğini, kesit yüzeylerinin yapışma dayanımı üzerine etkisinin yalnızca Epoksi tutkalı çekmede yarıлма ve basınçta yarıлма dirençlerinde etkili olup, teğet yüzeyler radyal yüzeylere

göre daha yüksek yapışma dayanımı göstermekte, diğer direnç deneylerinde ise kesit yüzeyleri direnç değeri üzerinde önemli bir etki yapmadığını belirtmiştir [Şenay, 1996].

2.5.2. Literatürde lamine elemanlar

Altınok ve Döngel (2002), çam türü lamine elemanlarda mekanik direnç özelliklerini araştırmışlar, daha çok ahşap ev imalatında yatay ve düşey taşıyıcı olarak kullanılan lamine ahşap elemanda eğilme ve basınç (burkulma) dirençlerini belirlemişlerdir. Bu amaçla deneylerde sarıçam (*Pinus sylvestris* L) ve Rus çamı (*Pinus sibirica*) ve yapıştırıcı olarak Kleberit 305 tutkalı kullanmışlardır. Gerçek boyutlarda hazırladıkları dört katmanlı numunelere DIN 52185 esaslarına göre basınç yükü, altı katmanlı numunelere DIN 52186 esaslarına göre eğilme yükü ve iki katmandan hazırlanan numunelere DIN 53255 ve EN 205 esaslarına göre çekme yükü uygulamışlardır. Denemeler sonunda, en yüksek eğilme ve basınç (burkulma) direncinin sarıçamda, olduğunu bildirmişlerdir [Altınok ve Döngel, 2002].

Leufenberg (1982), açık hava koşullarının lamine elemanların performansı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, göknar odunu ve fenol-resorsin tutkalı ile masif-masif, kaplama-masif ve kaplama-kaplama kombinasyonlarından oluşan çalışmada, laminasyon makaslama ve tutkal hattına dik yönde çekme dirençlerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, tutkal hattına dik çekme direncinin en yüksek masif-masif numunelerde olduğunu, suda bekletilen numunelerde en fazla direnç azalmasının masif-masif numunelerde olduğunu, makaslama direnci deneyinde ise, masif- masif numunelerin soyma kaplama-soyma kaplama numunelerden % 44 daha fazla dirençli olduğunu bildirmiştir [Leufenberg, 1982].

Youngquist ve ark. (1984), lamine edilmiş göknar kirişlerde katman genişliği, katman kalınlığı, boy birleştirme şekli ve ağaç malzeme kalitesinin mekanik özellikler üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada 2. ve 3. sınıf ağaç malzeme, 9, 18, 28 cm katman genişliği, 2.5, 3.2, 4.7 mm katman kalınlığı ve boy birleştirmelerde yatay-dikey kama dişli ve pahlı boy birleştirme tekniklerini uygulamışlardır. Farklı

katman kalınlığı ve farklı kaplama kalite sınıfındaki numunelerde, katman genişliğinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerinde etkili olmadığını, 2. sınıf ağaç malzemeden hazırlanan numunelerin direnç değerinin, 3. sınıf ağaç malzemeli numunelerden daha fazla olduğunu saptamışlardır. Pahlı boy birleştirme uygulanan numunelerin liflere paralel çekme direncinin en yüksek olduğunu, en düşük liflere paralel çekme direncinin ise kama dişli birleştirmenin yatay olarak uygulandığı numunelerde elde edildiğini belirlemişlerdir. Lamine katman kalınlığı arttıkça eğilme direncinin azaldığı, elastikiyet modülünün ise katman kalınlığından etkilenmediğini bildirmişlerdir [Youngquist ve ark., 1984].

Kılıç (1996), laminasyon işleminin, kızılğacın mekanik özelliklerine etkisini araştırdığı çalışmada, 2 mm katman kalınlığındaki laminelerin 4 mm katman kalınlığındaki laminelere oranla daha dirençli olduğunu, liflere paralel basınç, liflere paralel makaslama, liflere dik eğilme ve elastikiyet modülü dirençlerinin PVAc tutkallı örneklerde daha yüksek, liflere dik çekme ve yarıлма direnci, vida tutma kabiliyetinin ise poliüretan tutkallı örneklerde daha yüksek olduğunu bildirmiştir [Kılıç, 1996].

Altınok (2002), lamine ağaç malzemede katman simetrisinin eğilme direncine etkilerini araştırmış, 7 katmanlı değişik simetrideki soyma kayın ve kesme kavak kaplamalardan hazırladığı lamine malzemeleri poliüretan, üre formaldehit ve kleberit-303 tutkalları ile yapıştırmıştır. Sonuç olarak en yüksek eğilme direnci, (A: doğu kayını soyma kaplama olmak üzere) “ABBBBBA” katman simetrlili ve soğuk uygulamalı laminasyonda poliüretan tutkalında elde edildiğini tespit etmiştir [Altınok, 2002].

Şenay (1996), lamine edilmiş ağaç malzemenin teknolojik özelliklerini araştırdığı çalışmada, doğu kayınından soyma yöntemiyle elde edilen kaplamalara PVAc ve poliüretan tutkalları uygulayarak 2 ve 4 mm kalınlığındaki kaplamalardan hazırlanan deney örneklerine uygulanan testler sonucunda tutkal çeşidinin mekanik özellikler üzerinde etkili olduğu, poliüretan tutkalı ile yapıştırılan numunelerin direnç değerlerinin PVAc tutkalı ile yapıştırılan numunelerden daha yüksek olduğu,

kaplama kalınlığının direnç üzerindeki etkisinin tam olarak belirlenemediğini bildirilmiştir [Şenay, 1996].

Tang ve Pu (1997), lamine kerestelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine katman sayısı ve bağıl nemin etkilerini araştırdıkları çalışmada, lamine elemanların elastikiyet modülü ve statik eğilme direnci üzerine lamel sayısının önemli bir etkisinin olduğunu gözlemişler, bağıl nemin % 65'ten % 95'e çıkarılmasıyla kırılma noktasında önemli bir zayıflama olduğunu bildirmişlerdir. Bağıl nem artışının masif malzemeye oranla lamine malzemenin elastikiyet modülünü ve kırılma noktasını arttırdığı sonucuna varmışlardır [Tang ve Pu, 1997].

Kılıç (1997), lamine edilmiş kızılâğaç'ın fiziksel ve mekanik özellikleri ile mobilya endüstrisinde kullanım olanaklarını araştırdığı çalışmada, 2 ve 4 mm kalınlığındaki soyma kaplamaları PVAc ve poliüretan tutkallarıyla lamine etmiş, PVAc tutkallı ve 2 mm kat kalınlığındaki malzemelerin liflere paralel makaslama direnci, liflere paralel basınç direnci, liflere dik eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneylerinde yüksek değerler verdiğini, poliüretan tutkallı 2 mm kat kalınlığındaki numunelerin ise vida ve çivi tutma dirençleri ile, liflere dik çekme-yarılma deneylerinde yüksek direnç gösterdiğini bildirmiştir [Kılıç, 1997].

Salih (1998), okaliptus odunundan üretilen lamine edilmiş tabakalı malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine tutkal türü ve tomruk buharlama süresinin etkilerini araştırdığı çalışmada, ÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda buharlama süresinin artmasıyla, liflere dik çekme-yarılma direnci hariç tüm değerlerde bir artışın tespit edildiğini, PVAc tutkalıyla üretilen lamine levhalarda buharlama süresinin artmasıyla, sadece eğilmede elastikiyet modülünün arttığını, diğer tüm değerlerde azalma görüldüğünü bildirmiştir [Salih, 1998].

Döngel (1999), lamine ağaç malzemedede ağaç türü, katman sayısı ve tutkal çeşidinin eğilme direncine etkilerini araştırdığı çalışmada, 7 katmanlı numunelerin eğilme direncinin sırasıyla en yüksek kayın, çam ve meşe odunlarından hazırlanan lamine malzemelerde olduğu, çamın malzeme değerlerinin kayın malzemeye çok yakın

değerlerde çıktığı ve özgül ağırlığı yüksek olan meşenin özgül ağırlığı daha düşük olan çamdan az direnç gösterdiğini bildirmiştir. Tutkal faktörüne göre bu malzemeler değerlendirildiğinde PVAc tutkallı malzemelerde sıranın yine kayın, çam ve meşe şeklinde olduğunu belirtmiştir [Döngel, 1999].

Örs ve ark. (2001), lamine ağaç malzemedeki kama dişi boy birleştirmelerinin eğilme direncine etkileri araştırılmış, deney numunesi olarak doğu kayını ve sarıçam odunlarından D4 tutkalı ile elde edilen lamine malzemeler kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre, lamine ağaç malzemelerde eğilme direnci, kontrol örneklerine göre doğu kayınında %17, sarıçamda %20 azaldığı, eğilme direncinin doğu kayınında sarıçamdan yüksek olduğu bildirilmiştir [Örs ve ark., 2001].

Keskin (2001), 5 mm kalınlığındaki Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich), sarıçam (*Pinus Sylvestris* Lipsky), doğu kayını (*Fagus Orientalis* Lipsky) ve sapsız meşe (*Quercus petraea* Lipsky) kaplamalarından, PVAc-D4 tutkalı ile 4 katmanlı olarak lamine edilmiş ağaç malzemelerin teknolojik özelliklerinin, bu ağaç türlerinin masiflerine oranla daha üstün olduklarını belirlemiştir [Keskin, 2001].

Altınok (2003), lamine katman teşekkülünün mekanik dirençlere etkilerinin belirlenmesini araştırmış, değişik katman simetrilerinden oluşan çam ve kavak deney örneklerine eğilme ve çekme deneyleri uygulamıştır. Deney sonuçlarında, lamine ahşabın eğilme ve yapışma direnci ile yoğunluğunun çam katmana bağlı olarak arttığını bildirmiştir. Lamine malzemenin eğilme direncinin yoğunluğa oranlandığında en uygun katman simetrisinin (A: Çam kaplama olmak üzere) “ABBBBBA” simetrik malzemeler olduğunu tespit etmiştir [Altınok, 2003].

Özçifçi (2001), emprenye edilmiş lamine ağaç malzemelerin teknolojik özelliklerini araştırdığı çalışmada, orta katmanlarda kavak dış katmanlarda ise çam ve kayın malzemeler kullanmıştır. Lamine malzemelere yanmayı geciktirici emprenye maddesi olarak tanalith-C 3310, boraks, borik asit, boraks+borik asit ve di-amoniumfosfat kimyasallarının kullanıldığı numuneler üzerinde eğilme direnci, elastikiyet modülü, yoğunluk, hacimsel genişleme, yapışma direnci, basınç direnci ve

yanma değerleri belirlenmiştir. Deneyler sonunda borik asit ve tanalith-C 3310 kimyasallarının lamine ağaç malzemelerin teknolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini, diğer emprenye maddelerinin olumlu etkiler gösterdiğini bildirmiştir [Özçifçi, 2001].

Örs ve Keskin (2002), 5 mm kalınlığındaki karaçam (*Pinus Nigra* var. *Pallasiana*) kaplamalardan, üre formaldehit (Poliüre-8755) tutkalı ile 5 kat olarak lamine edilmiş malzemelerin, mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında ve yapı elemanı olarak kullanılmasını önermişlerdir [Örs ve Keskin, 2002].

Park ve ark. (2003), lifleri birbirine paralel ve ters yönlü olacak şekilde 3 katlı, 5 ağaç türünden hazırlanan 30 adet lamine deney örneğinin statik eğilme dirençleri araştırmışlardır. Elastikiyet modülü, orantılı gerilim sınırlaması ve liflere dik kopma direnci, lifleri birbirine dik olan laminasyonda artmıştır ve bu artışın fazlalaşması ağaç türlerinin yoğunluklarının azalmasına paralel olarak daha da çoğalmıştır. Paralel lamine edilen ağaç malzemelerin, liflere dik ve paralel ölçülen eğilme direnci değerleri ve lifleri birbirine dik lamine edilen ağaç malzemelerin lamine yüzeyine dik eğilme direnci değerleri tekil olarak her bir laminasyonun yaklaşık hesaplanan elastikiyet modülü değerlerine eşit olduğu gözlenmiş, bununla birlikte lifleri birbirine dik olan laminasyonda ölçülen liflere paralel elastikiyet modülüyle kopma direnci arasında pozitif yönde ve oldukça yüksek bir ilişki olduğu bildirilmiştir [Park ve ark., 2003].

Keskin ve Togay (2003), doğu kayını ve kara kavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi konulu çalışmalarında, 5 katmanlı olarak hazırladıkları lamine ağaç malzemeleri PVAc-D4 tipi tutkal ile yapıştırmışlardır. Numuneler üzerinde yoğunluk, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, basınç direnci, makaslama direnci, yarıma direnci deneyleri yapmışlar, Deneyler sonunda numune değerlerinin hava kurusu yoğunluğu 0,571 g/cm³, eğilme direnci 98,66 N/mm², eğilmede elastikiyet modülü 9020,24 N/mm², basınç direnci 54,49 N/mm², makaslama direnci 9,11 N/mm²,

yarılma direnci 0,540 N/mm² olarak bulunduğunu bildirmişlerdir [Keskin ve Togay, 2003].

H'ng ve ark. (2003), lamine kerestelerin eğilme direnci üzerine ağaç türü, lamine kat kalınlığı ve lameller arası boşlukların etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla, keruing, beyaz meranti, sarı meranti, bintangor ve kedondong olarak isimlendirilen 5 çeşit tropikal sert odun kerestesinden, 13 ile 17 katman ve 50 mm kalınlıklarda lamine malzeme haline getirilmek üzere, kat kalınlığı 4 ve 3,1 mm soyma kaplamalardan hazırlanan malzemeler kullanmışlardır. % 42 oranında katı madde içeren Fenol-formaldehit tutkalı kullanarak hazırladıkları lamine malzemelere 3 noktalı eğilme direnci deneyi uygulamışlardır. Sonuç olarak lamine numunelerin kopma dirençleri üzerinde lamel kalınlığının ve ağaç türünün önemli bir etkisi olduğunu bildirmişler, laminasyonda, inceltilmiş lamel kullanımının elastikiyet modülünü % 4 oranında artırdığını gözlemlemişlerdir. Lamine kerestelerin sertlikleri ve eğilme dirençleri üzerinde lamine kalınlıklarının önemli etkisi olduğunu bildirmişlerdir [H'ng ve ark., 2003].

Dansoh ve ark. (2003), lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmış lamine elemanların basınç ve gerilme dirençlerini belirlemek için yaptıkları araştırmada, lamine elemanların yüz yüze birleştirme durumlarını ve tutkal uygulamasının etkilerini incelemişler, tutkalı uygulanan ladin laminasyon malzemelerin tutkalsız yüz yüze birleştirilen ladin malzemelere oranla basınç yüklemesinde daha dayanıklı olduğunu bildirmişlerdir [Dansoh ve ark., 2003].

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Materyal

Deney örneklerinde kullanılan papel kaplamalar, mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), sapsız meşe (*Quercus petrea L.*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ağaç türlerinden seçilmiştir. Deneylerde soğuk uygulanabilmesi, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz olması gibi özellikleri sebebiyle TS 3891 (1982)'de belirtilen esaslara uygun % 45 katı madde miktarı olan PVAc dispersiyonu D4 tutkalı kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Deney örneklerinde ve kalıplarda kullanılan malzemelerin listesi

Sıra No	Malzemenin Cinsi	Miktarı	Ölçü Birimi	Özelliği
1	Doğu kayını papel kaplama	150	m ²	1,5 mm kalınlık
2	Sapsız meşe papel kaplama	150	m ²	1,5 mm kalınlık
3	Sarıçam papel kaplama	150	m ²	1,5 mm kalınlık
4	PVAc D4 (Kleiberit 303.5) tutkalı	100	kg	Sertleştiricili
5	Kalıp malzemesi (Lif Levha)	10	adet	3660x1830x18 mm

3.1.1. Papel kaplama

Kesme yöntemi ile elde edilmiş, özel kurutma fırınlarında % 8-10 rutubet miktarına kadar kurutulmuş ve 1,5 mm kalınlığındaki doğu kayını (*Fagus orientalis Lipsky*), sapsız meşe (*Quercus petrea L.*) ve sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) papel kaplamalar kullanılmıştır. Papel kaplamalar Ankara mobilyacılar sitesinden temin edilmiştir. Papel kaplamaların kusursuz, düzgün lifli ağaç malzemedan üretilmiş olmasına özen gösterilmiştir. Alım sonrası papeller depolama tekniğine uygun olarak güneş

görmeyen depoda, zeminde istif çıtaları üzerinde üst üste istiflenerek ve üzerleri örtülerek, şekilsel olarak ve rutubet oranlarında olası değişimler önlenmiştir.

3.1.2. Tutkal

Tutkal türü olarak mobilya ve ahşap sektöründe oldukça yaygın olarak kullanılan ve soğuk preslemeye imkan veren PVAc'nin bir versiyonu olan D₄ tutkalı kullanılmıştır. Kleibit 303 kodlu PVAc tutkalı tek komponentli haliyle D₃ normunda yapışma kalitesine sahiptir. 2. komponent olarak % 5 sertleştirici ilavesi ile (BS EN 204'e göre) rutubete dayanıklılığı artırılarak D₄ normunda kullanılmıştır. D₄ Tutkalının teknik özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. D4 tutkalının teknik özellikleri [Kleiberit, 2006]

Tipi	PVAc Dispersiyon
Renk	Beyaz
Viskozitesi (20 °C)	13000±2000mPas
Yoğunluk	Komponent A= - 1,10 g/cm ³ Komponent B= - 1,13 g/cm ³
Sertleştirici	Dorus R.397 (Karışım oranı:%5)
pH değeri	- 3
Sürülen miktar	150-200 g/cm ³
Uygulama şekli	Fırça ve silindirli sürme makinesi
Presleme süresi	20 °C'de 15 dak.
	50 °C 'de 5 dak.
	80 °C'de 2 dak.
Depolama süresi	- 12 Ay
İnceltici	Su
Donma direnci	- 30 °C
Tebeşirleşme	+ 5 °C
Uygulama alanı	Yüzey yapıştırma, pencere, kapı imalatı, laminat yapıştırma, en ve boy birleştirmelerin yapıştırılması, yüksek frekans (20000 kHz) yapıştırma vb.
İnsan sağlığına etkisi	Karışım toksik etkisi olan izosiyanat içerdiği için insan sağlığına olumsuz etki yapmaktadır. Temas halinde eller hemen su ile yıkanmalıdır.

3.1.3. Lif levha

Deney örneklerinin istenilen formda preslenebilmesi için gerekli kalıplar, 18 mm kalınlığında ve TS 64-5 EN 622-5 (1999) standartlarında orta yoğunlukta lif levha (MDF) kullanılarak hazırlanmıştır.

3.1.4. Vakumlu membran pres

Deney örneklerinin preslenmesi amacıyla kullanılacak vakumlu Membran presin istenilen özellik ve yapıda olanı ancak özel üretim ile temin edilebileceği tespit edilmiştir. Ankara merkezli ve özellikle bu tip cihazlar konusunda uzmanlaşmış olan Sabır Makine Firması kataloglarındaki mevcut bir modeli modifiye ederek deneyde kullanılan membran presi geliştirmiştir. Bu makinenin özellikleri Çizelge 3.3’ de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Vakumlu membran presin teknik özellikleri [Sabır Makine, 2006].

Makinenin kapladığı alan	1600 x 2800 mm
Tabla ebadı	1400 x 2500 mm
Tabla kullanım ebadı	1200 x 2300 mm
Vakum gücü	40 m ³ / hr
Toplam güç	27,5 Kw
Tablanın üretim süresi	2-60 dk
Sirkülasyon soğutma sistemi	var
Isıtma fonksiyonu	var
Otomatik sıkıştırma özelliği	var
Vakum otomatığı	var

Modifiye edilerek geliştirilmiş vakumlu membran pres makinesi Resim 3.1’de verilmiştir.



Resim 3.1. Vakumlu membran pres makinesi ve preste kullanılan kalıp örneği

3.2. Metot

5 farklı yarıçapta şekillendirilmiş lamine mobilya elemanlarının, iç bükey ve dış bükey kalıpta ayrı ayrı elde edilebilecek en alt kavis değerleri belirlendikten sonra üretimi mümkün kavis miktarlarının da kullanım limitleri aşağıda verilen testlere tabi tutularak belirlenmiştir.

Bu plan doğrultusunda elde edilmiş, şekillendirilmiş (kavislendirilmiş) lamine elemanların her birinin ilk kondisyon şartları korunarak, aşağıda belirtilen deneyler uygulanmıştır.

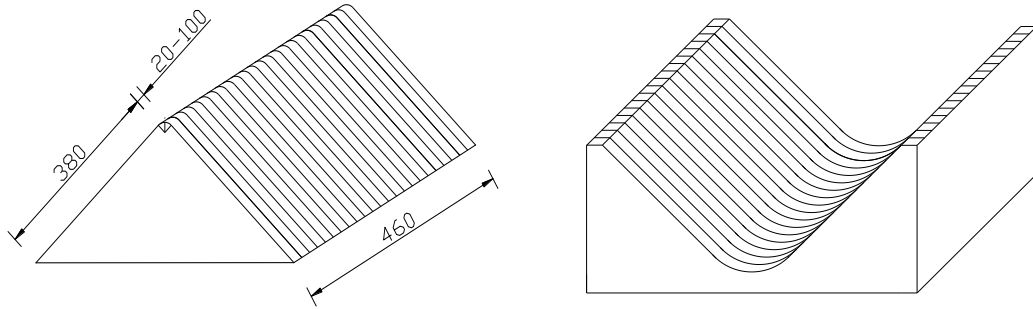
- Yoğunluk ve rutubet tayini,
- Katmanlara paralel ve dik yapışma direnci deneyleri,
- Diyagonal basınç ve diyagonal çekme direnci deneyleri,
- Yorma direnci (formunu koruma) deneyleri.

Deneyler için Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Laboratuvar imkanları ve cihazları kullanılmıştır. Mekanik testler Mekanik Test Laboratuvarında bulunan 5 ton kapasiteli ‘Üniversal Test Cihazında’ ve Afyon Meslek Yüksekokulu Mobilya Dekorasyon Programı Atölyesinde hazırlanan ‘Yorma Direnci Deneyi Düzenğinde’ yapılmıştır.

Deney örneklerinin hazırlanması

Papel kaplamalar, havalandırılabilen ve direkt güneş ışığı almayan ortamda 20 ± 2 °C sıcaklık ve $\% 65 \pm 5$ bağıl nem şartlarında denge rutubetine ulaşınca kadar bekletilmiştir. TS EN 322 (1999)'ye göre, ön kontrolde ortalama rutubet miktarı, rastgele seçilen 20 örnekte $\% 12 \pm 0,5$ olarak belirlenmiştir.

Kalıplar lif levhalardan iç bükey ve dış bükey olmak üzere 2 farklı yapıda hazırlanmıştır. 5 farklı yarıçaptaki kalıplar, frezede kalıp dahilinde şekillendirilmiş 27 adet ($27 \times 18 = 486$ mm) parçadan oluşturulmuştur (Şekil 3.1, Resim 3.2).



Şekil 3.1. Deney örneklerinin preslenmesinde kullanılan dışbükey ve içbükey kalıp örnekleri



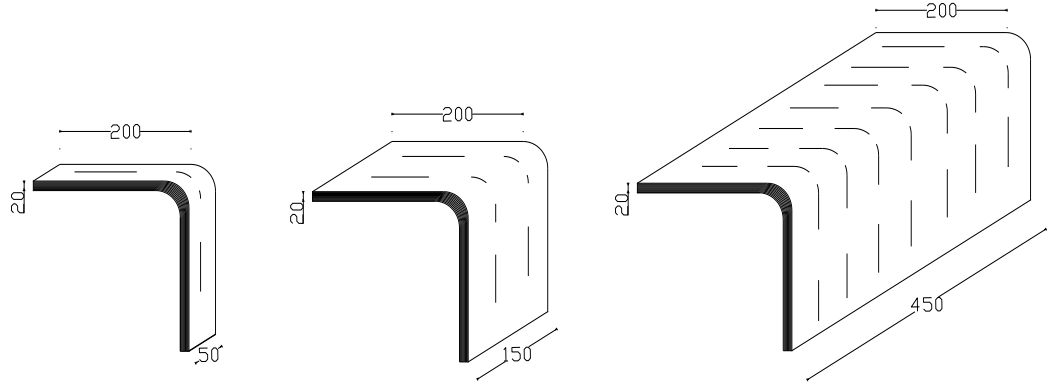
Resim 3.2. 80 mm yarıçaplı dış bükey ve 100 mm yarıçaplı iç bükey kalıp örnekleri

Eğmeçli (şekillendirilmiş) taslak deney örneklerinin hazırlanmasında papel kaplamalardan lif yönleri birbirine paralel 13 katman oluşturulmuş ve ara yüzeylerine tutkal sürülmüştür. Katmanların tutkallanmasında; tutkal çözeltisi, üretici firma önerilerine uyularak, yüzeylerden bir tanesine $180\text{--}200\text{ g/m}^2$ olacak şekilde tutkal sürme merdanesi ile sürülmüş ve membran preste preslenmiştir. Pres süresi 30 dakika, pres sıcaklığı $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlanmıştır. Presleme sonrası düzleşme eğilimindeki deney taslakları özel kalıp (balans tablası) içerisinde bekletilerek soğutulmuş ve deformasyon engellenmeye çalışılmıştır (Resim 3.3).



Resim 3.3. Pres sonrası özel kalıp (balans tablası) içerisinde bekletilen ve boyutlandırılma aşamasına gelmiş deney taslakları

Eğmeçli taslak örnekler, deneylerden önce BS EN 204 (1991) ve BS EN 205 (1991)'e göre sıcaklığı $20 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve bağıl nemi $\% 65 \pm 5$ olan iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa (higroskopik denge) ulaşuncaya kadar bekletilmişlerdir. Yoğunluk ve rutubet deneyi ile yapışma direnci deneyleri örnekleri, deney taslaklarının düz kısımlarından standartlarda belirtilen ölçülerde kesilmiştir. Mekanik direnç deneyleri için 3 farklı genişlikte (50, 150 ve 450 mm) ve düz kısımları da 200 mm uzunlukta olarak boyutlandırılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Üç farklı genişlikteki deney parçası örnekleri

3.2.1. Deneylerde kullanılan lamine elemanların bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi

Mobilyada mühendislik tasarımı kullanıcılara güvenilir hizmet verecek mobilyaların tasarlanabilmesi açısından önemlidir. Bir mobilya sisteminin veya mobilya birleştirmelerinin mühendislik kurallarına uygun biçimde yapısal olarak tasarlanabilmesi ve analiz edilebilmesi için, öncelikle yapılmış oldukları malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gereklidir [İmirzi, 2008].

Bu çalışmada, lamine mobilya elemanlarının rutubet ve yoğunlukları, statik yük altında; katmanlara dik ve paralel yapışma direnci, diyagonal basınç, diyagonal çekme ve yorma dayanımı dirençleri tespit edilmiştir.

Deney numuneleri, deneylerden önce ASTM-D 1037 (2002) standartlarına göre 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir. Deneyler Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü Mekanik Test Laboratuvarında bulunan 5 ton kapasiteli “Üniversal Test Cihazı” kullanılarak yapılmıştır.

Yoğunluk ve rutubet tayini

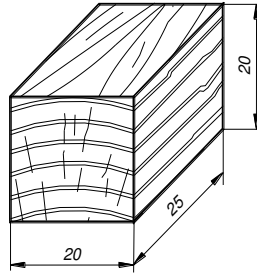
Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesinde ahşap malzeme için TS 2472 (1976) belirtilen esaslara uyulmuştur (Şekil 3.4). Örneklem grupları her malzeme türünden 10' ar adet olmak üzere toplam 30 adet olarak hazırlanmış olup, $\pm 0,01$ g duyarlıklı terazi ile tartılarak örneklerin ilk ağırlıkları (m_r) tespit edilmiş ve boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri (V_r) hesaplanmıştır. Daha sonra örnekler etüvde 103 ± 2 °C de 24 saat bekletilmişler, 6 saat aralıklarla yapılan iki tartı arasındaki fark, deney parçası ağırlığının % 0,5'ine eşit veya daha az olduğunda değişmez ağırlığa ulaştıkları kabul edilerek tam kuru ağırlıklar (m_o) belirlenmiştir. Tekrar dijital kumpas kullanılarak boyutlar ölçülmek suretiyle tam kuru hacimleri (V_o) hesaplanmıştır. Tam kuru (δ_o) ve hava kurusu (δ_{12}) yoğunlukların belirlenmesi için sırasıyla “Eş. 3.1” ve “Eş. 3.2” kullanılmıştır.

$$\delta_o = m_o / V_o \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.1)$$

$$\delta_{12} = m_{12} / V_{12} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (3.2)$$

Rutubet (r) kontrolü için masif ahşap malzemede TS 2471 [83], ahşap kompozitlerde ise TS EN 322'de [84] belirtilen “Eş. 3.3” kullanılmıştır.

$$r = (m_r - m_o / m_o) \times 100 \quad (3.3)$$



Şekil 3.3. Yoğunluk deney örneği (ölçüler mm)

Katmanlara paralel yapışma direnci deneyi

Deneyler BS EN 205 (1991) yapışma performansı deney standardı ile TS 2475 (1976) standartlarında belirtilen ‘Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini’ esaslarına göre yapılmıştır. Lamine katmanlara paralel yapışma direnci deneyi Laminasyon da katmanlar arasındaki yapışma hattının, lamellerin liflerine paralel yöndeki zorlanma sırasında gösterdiği direnci belirlemek amacıyla uygulanmıştır.

20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş deney örneklerine (Şekil 3.4, Resim 3.4), liflerine paralel doğrultuda ve kopma meydana gelinceye kadar 2 mm/dak yükleme hızına sahip çekme kuvveti uygulanmış, kopma anındaki maksimum kuvvet kaydedilerek deney örneklerinin Lif doğrultusu yönündeki yapışma direnci tayin edilmiştir. Kopma anındaki maksimum çekme kuvvetinin, deney parçasının yapışma alanına oranı ile katmanlara paralel yapışma direnci (σ_{ϕ});

$$\sigma_{\phi} = \frac{F_{\max}}{A_0} \quad (3.4)$$

Burada;

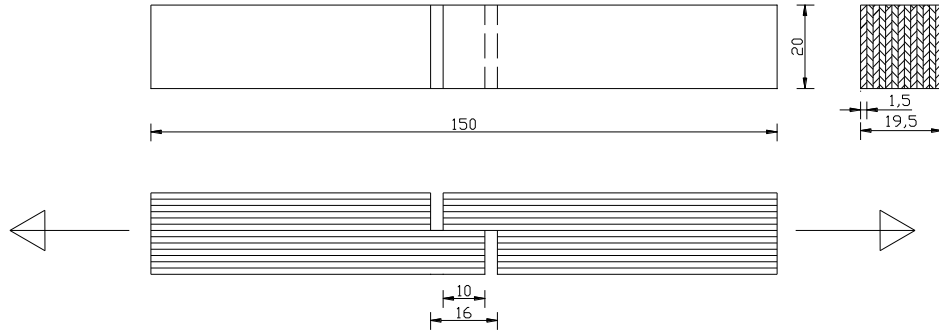
σ_{ϕ} = Çekme direnci (N/mm²),

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

A_0 = (a x b) Deney numunesinin deneyden önceki kesit alanı (mm²).

a = 10 mm

b = 19,5 mm



Şekil 3.4. Katmanlara paralel yapışma direnci deneyi numune parçası ölçüleri



Resim 3.4. Katmanlara paralel yapışma direnci deneyi

Katmanlara dik yapışma direnci deneyi

Deneyler BS EN 205 (1991) yapışma performansı deney standardı ile TS 2476 (1976) standartlarında belirtilen ‘Odunda Liflere Dik Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini’ esaslarına göre yapılmıştır. Lamine katmanlarına dik yönde yapışma direnci levhanın ayrılma ya da yarılmaya karşı olan direncini ifade eder. Yüzeye dik yapışma direnci, mobilya ve aksesuar üretimi için ve özellikle levhaların mekanik araçlarla kenarlarının birleştirilmesinde çok önemlidir. Aynı zamanda tutkalın yapışma dayanımı hakkında bilgi verir.

20 $\pm$ 2 °C sıcaklık ve % 65 $\pm$ 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa (higroskopik denge) gelinceye kadar bekletilmiş deney örneklerinin tutkal hattına dik yönde ve katmanda ayrılma meydana gelinceye kadar

2 mm/dak yükleme hızında bir çekme kuvveti uygulanarak, liflere dik yöndeki yapışma direnci tayin edilmiştir (Şekil 3.5, Resim 3.5-6). Kopma anındaki maksimum çekme kuvvetinin, örneğin yüzey alanına oranı ile liflere (yüzeye) dik yönde yapışma direnci, 3.5 no'lu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_{\varphi} = \frac{F_{\max}}{a \times b} \quad (3.5)$$

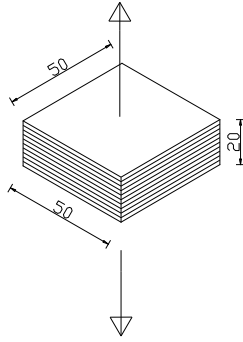
σ_{φ} = Çekme direnci (N/mm²),

$F_{\max}$ = Kopma yükü (Newton)

a, b = Deney parçasının uzunluk ve genişliği (mm)

a = 50 mm,

b = 20 mm



Şekil 3.5, Resim 3.5. Katmanlara dik yapışma direnci deneyi numune parçası



Resim 3.6. Üniversal test cihazı ve katmanlara dik yapışma direnci deneyi

3.2.2. Deney örneklerinde diyagonal basınç direnci, diyagonal çekme direnci ve yorma direnci deneyleri

Diyagonal basınç direnci deneyi

20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa (higroskopik denge) gelinceye kadar bekletilmiş deney parçaları, diyagonal basınç direnci deneyi için deney parçasının bir kolu uç kısmından aşağıdaki yuvasına yerleştirilerek sabitlenmiştir. Üst kolunun ucundan da baskı parçası yardımı ile düşey yönde uniform bir basınç kuvveti uygulanmıştır. Yükleme dirençte büyük bir düşüş oluncaya kadar (Plastik Deformasyona) devam ettirilmiştir. 50 ve 150 mm’lik deney örnekleri makineye paralel, 450 mm’lik örnekler ise makineye sığmadığı için dik olarak bağlanmıştır (Resim 3.7). Diyagonal basınç direnci (M_b), “Eş. 3.6” ile hesaplanmıştır.

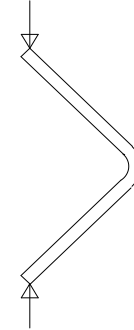
$$M_b = F_{\max b} \times L_b \quad (3.6)$$

Burada;

M_b = Moment (Nm)

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

L_b = Moment kolu (m) dur.



a. 50 mm genişlik



b. 150 mm genişlik



c. 450 mm genişlik

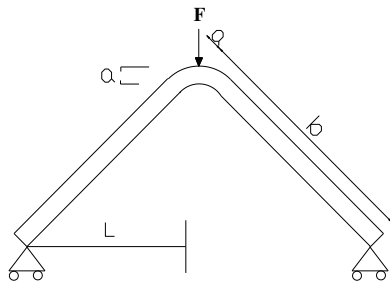
Resim 3.7. Diyagonal basınç direnci deneyi

Çizelge 3.4. Diyagonal basınç direnci deneyinde deneme deseni

Deney Yöntemi	Kalıp Türü	Ağaç Türü	Gen. (mm)	Yarıçap (mm)				
				20	40	60	80	100
Diyagonal Basınç Direnci	İç bükey	Doğu kayını	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sapsız meşe	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sarıçam	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
	Dış bükey	Doğu kayını	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sapsız meşe	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sarıçam	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
Toplam				450 Adet Numune				

Diyagonal çekme direnci deneyi

Diyagonal çekme direnci deneyi, basınç kuvveti uygulamak suretiyle tayin edilmiştir. Yükleme dirençte büyük bir düşüş olana (plastik deformasyona) kadar devam etmiştir. Diyagonal çekme deneyinde moment kolu mesafeleri ve deney numune ölçüleri Şekil 3.6'da, yükleme şekli ve deney düzeneği ise Resim 3.8'da gösterilmiştir.



Levha Kalınlığı	(b)	Moment Kolu (L)
(a)		
19,5 mm	200 mm	155 mm
19,5 mm	200 mm	160 mm
19,5 mm	200 mm	167 mm
19,5 mm	200 mm	178 mm

Şekil 3.6. Diyagonal çekme direnci deneyinde moment kolu mesafeleri

Diyagonal çekme direnci (σ_ϕ) deney örneğinin deney sırasında eğilmesi biçiminde gerçekleştiği için, “Eş. 3.7” ile hesaplanmıştır.

$$\sigma_\phi = \frac{M}{W} \quad (3.7)$$

Burada;

σ_ϕ = Diyagonal çekme direnci (N/mm²),

W = Mukavemet momenti

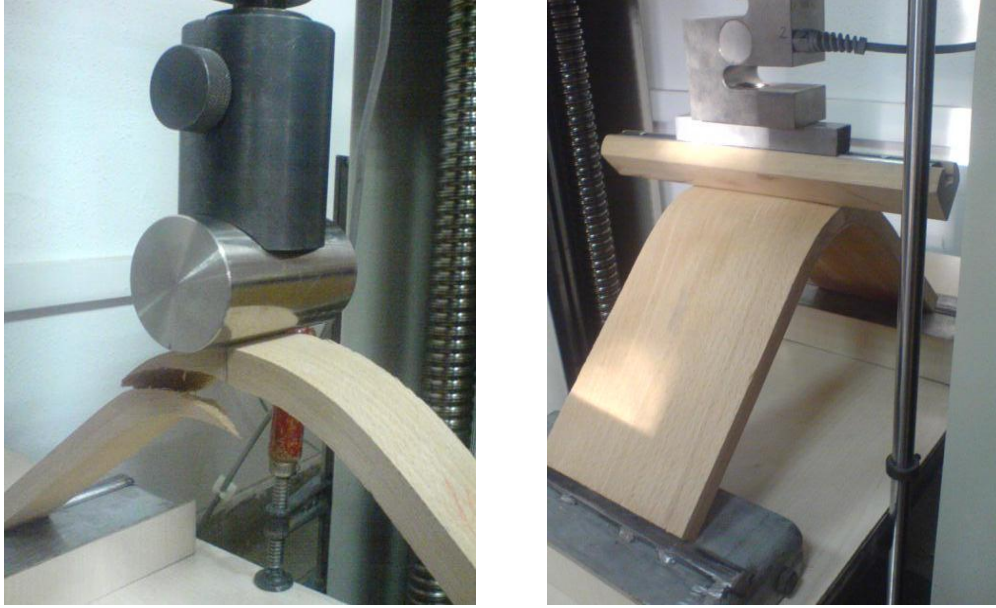
M_φ = Moment – [F x L (Nmm)].

F_{maxφ} = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

L_φ = Moment kolu (m)

Çizelge 3.5. Diyagonal çekme direnci deneyinde deneme deseni

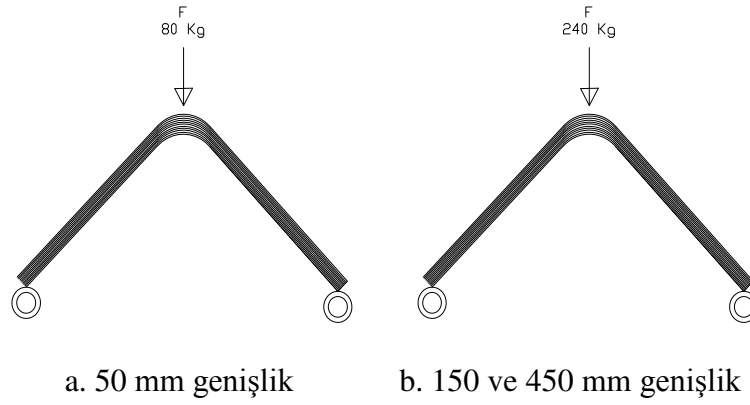
Deney Yöntemi	Kalıp Türü	Ağaç Türü	Gen. (mm)	Yarıçap (mm)				
				20	40	60	80	100
Diyagonal Çekme Direnci	İç bükey	Doğu kayını	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sapsız meşe	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sarıçam	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
	Dış bükey	Doğu kayını	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sapsız meşe	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
		Sarıçam	50	5	5	5	5	5
			150	5	5	5	5	5
			450	5	5	5	5	5
Toplam			450 Adet Numune					



Resim 3.8. Deney örneklerine uygulanan diyagonal çekme direnci deneyleri

Yorma direnci deneyi

20 $\pm$ 2 °C sıcaklık ve % 65 $\pm$ 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş deney parçalarının 50 ve 150 mm genişlikte olanları ikişer olarak, 450 mm genişlikte olanı ise tek olarak deney düzeneğine yerleştirilmiştir. Deney düzeneğine 45 cm aralıklı olarak iki adet yerleştirilen 50 mm'lik deney parçalarına 80 kg'lık yük tatbik edilmiştir (Resim 3.9a). 150 mm'lik deney parçaları 60 cm aralıklı olarak düzeneğe yerleştirilmiş ve 240 kg'lık yük uygulanmıştır (Resim 3.9b). 450 mm'lik deney örnekleri tek olarak düzeneğe yerleştirilmiş ve yine 240 kg'lık yük uygulanmıştır (Resim 3.10b). Deney yükü olarak, deneyin yapıldığı yerde mevcut bulunan mermer bloklar kullanılmıştır. Ölçümlerde her bir deney parçasında oluşan sehim miktarını (dikey deformasyon) ölçmek için bir adet komperatör ve iki kol arasındaki açılmayı (yatay deformasyon) ölçmek içinde bir adet kumpas kullanılmıştır. Ölçümler TSE 9215 standardına uygun olarak yüklemmeden 3 dakika, 60 dakika, 24 saat sonra ve yük alındıktan 3 dakika, 60 dakika ve 24 saat sonra yapılmıştır.



Şekil 3.7. Yorma direnci deneyinde uygulanan yükler



a. 50 mm genişlikli deney örneği



b. 150 mm genişlikli deney örneği

Resim 3.9. 50 ve 150 mm genişlikteki deney örneklerine uygulanan yorma direnci deneyi



a. 50 mm genişlikli deney örneği



b. 450 mm genişlikli deney örneği

Resim 3.10. 50 ve 450 mm genişlikteki deney örneklerine uygulanan yorma direnci deneyi

Çizelge 3.6. Yorma direnci deneyinde deneme deseni

Deney Yöntemi	Kalıp Türü	Ağaç Türü	Gen. (mm)	Yarıçap (mm)				
				20	40	60	80	100
Yorma Direnci	İç bükey	Doğu kayını	50	6	6	6	6	6
			150	6	6	6	6	6
			450	5	5	5	5	5
		Sapsız meşe	50	6	6	6	6	6
			150	6	6	6	6	6
			450	5	5	5	5	5
		Sarıçam	50	6	6	6	6	6
			150	6	6	6	6	6
			450	5	5	5	5	5
	Dış bükey	Doğu kayını	50	6	6	6	6	6
			150	6	6	6	6	6
			450	5	5	5	5	5
		Sapsız meşe	50	6	6	6	6	6
			150	6	6	6	6	6
			450	5	5	5	5	5
		Sarıçam	50	6	6	6	6	6
			150	6	6	6	6	6
			450	5	5	5	5	5
Toplam				510 Adet Numune				

3.3. Sem (taramalı elektron mikroskobu) görüntüleme

Yapışma kalitesini etkilemiş olabilecek etkenlerin belirlenebilmesi amacıyla, deney örneklerinde kullanılan her bir ağaç türü için, SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleme yapılmıştır.

Görüntülemeler ilk olarak Afyon Kocatepe Üniversitesi TUAM laboratuvarında, ikinci olarakta Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Laboratuvarında olmak üzere iki farklı laboratuvar ve farklı deney örnekleri üzerinde yapılmıştır. Görüntüleme numuneleri, deney örneklerinin düz ve eğmeçli kısımlarından ayrı ayrı alınarak görüntüleme öncesi karbon kaplama yapılmıştır. 3 farklı büyütme oranında (x25, x80, x200) görüntü alınmıştır.

3.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Deneyler sonunda elde edilen değerlere ağaç malzeme türünün etkisini belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi (ANOVA) kullanılmış ve gruplar arası fark % 95 güven düzeyinde önemli çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli aralık (LSR) değerine göre Duncan testi ile homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir.

Veriler, SPSS paket programında analiz edilmiştir. Aritmetik ortalama, standart sapma, regresyon analizi ve grafik çizimlerinde Microsoft Excel, şekil çizimlerinde ise AutoCAD paket programları kullanılmıştır.

Şekillendirilmiş lamine elemanın ağaç türünün değişmesi, enine kesitinin veya yarıçapının artması karşısında yük taşıma kapasitesinin artıp artmadığı, artma halinde bir doğrusal ilişkinin olup olmadığının Regresyon ve Korelasyon analizleri SPSS ve Excel programlarında yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Lamine Elemanların Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Bu çalışmanın deney şartlarında, deney örneklerinin hazırlanması aşamasında dış bükey kavisli 20 mm yarıçaplı deney örneklerinde papel kaplama ve lamine eleman kalınlığının fazla olmasından dolayı istenilen yarıçap elde edilememiştir (Resim 4.1a). Aynı şekilde bu deney şartlarında iç bükey kavisli kalıpta üretimi planlanan deney örneklerinin de üretimi mümkün olmamıştır (Resim 4.1b). İç bükey kaviste ancak 200 mm'den daha büyük yarıçaplı ve fazla derin olmayanı kavisli işlemlerde uygulanabileceği söylenebilir. Üretimi gerçekleştirilememiş 20 mm'lik dış bükey kavisli örnekler ve tüm iç bükey kavisli örneklere deney uygulanamamıştır.



a. 20 mm yarıçaplı dış bükey kavisli kalıp b. 100 mm yarıçaplı iç bükey kavisli kalıp

Resim 4.1. Üretimi mümkün olmayan 20 mm yarıçaplı dış bükey ve iç bükey kavis

4.1.1. Yoğunluk ve rutubet miktarları

Papel kaplamalardan üretilen 13 katmanlı lamine elemanlara ait hava kurusu yoğunluk, tam kuru yoğunluk ve rutubet miktarları ortalamaları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deney örneklerinin hava kuru yoğunluk, tam kuru yoğunluk ve rutubet miktarları

Ağaç Türü	Hava Kuru Yoğunluk (gr/cm ³)	Tam Kuru Yoğunluk (gr/cm ³)	Rutubet Miktarı (%)
	X_{ort}	X_{ort}	X_{ort}
Doğu kayını	0,66	0,63	6,62
Sapsız meşe	0,74	0,69	6,73
Sarıçam	0,51	0,47	7,76

X_{ort} : Aritmetik ortalama

Hava kuru ve tam kuru yoğunluk değerleri en yüksek sapsız meşe laminasyonda (0,74 ve 0,69 gr/cm³), en düşük ise sarıçam laminasyonda (0,51 ve 0,47 gr/cm³) elde edilmiştir. Rutubet miktarı; en yüksek sarıçam laminasyonda (% 7,76), en düşük ise, doğu kayını laminasyonda (% 6,63) elde edilmiştir. Lamine elemanların ortalama rutubet değeri % 6,63-7,76 arasında çıkmıştır.

4.1.2. Katmanlara paralel yapışma direnci

Lamine elemanlara ait lamine katmanlara paralel yapışma direnci değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Katmanlara paralel yapışma direnci değerleri

Ağaç Türü	Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapma
Doğu kayını	10,09	0,91
Sapsız meşe	15,38	1,70
Sarıçam	3,09	1,09

Çizelge 4.2’ye göre, katmanlara paralel yapışma direnci değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Yapışma direncine ağaç türünün etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3’te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Katmanlara paralel yapışma direncine ağaç türünün etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	S. D.	Kareler ortalaması	F Değeri	$P \leq 0,05$
Gruplar arası	456,04	2	228,02	139,52	0,00
Gruplar içi	44,12	27	1,63		
Toplam	480,56	29			

Yapışma direncine ağaç türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($\alpha=0,05$). Ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ağaç türü düzeyinde katmanlara paralel yapışma direnci değerleri

Ağaç Türü	Katmanlara paralel yapışma direnci (N/mm ²)	
	X_{ort}	HG
Doğu kayını	10,09	B
Sapsız meşe	15,38	A*
Sarıcam	3,09	C

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, $LSR \pm 5.29$, * En yüksek değer

Lamine elemanların ağaç türü düzeyinde katmanlara paralel yapışma direnci; en yüksek sapsız meşede (15,38 N/mm²), en düşük ise sarıcamda (3,09 N/mm²) elde edilmiştir.

4.1.3. Katmanlara dik yapışma direnci

Lamine elemanlara ait lamine katmanlara dik yapışma direnci değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Katmanlara dik yapışma direnci değerleri

Ağaç Türü	Ortalama (N/mm ²)	Standart Sapma
Doğu kayını	1,86	0,28
Sapsız meşe	1,58	0,31
Sarıcam	0,91	0,18

Çizelge 4.5'e göre, Katmanlara dik yapışma direnci değerleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Katmanlara dik yapışma direncine ağaç türünün etkisini belirlemek için yapılan çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Katmanlara dik yapışma direncine ağaç türünün etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	S. D.	Kareler ortalaması	F Değeri	$P \leq 0,05$
Gruplar arası	2,81	2	1,40	19,93	0,00
Gruplar içi	1,91	27	0,07		
Toplam	3,87	29			

Katmanlara dik yapışma direncine ağaç türünün etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($\alpha=0,05$). Ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ağaç türü düzeyinde lamine elemanların katmanlara dik yapışma direnci değerleri

Ağaç Türü	Katmanlara dik yapışma direnci (N/mm ²)	
	X_{ort}	HG
Doğu kayını	1,86	A*
Sapsız meşe	1,58	A
Sarıcam	0,91	B

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik grubu, LSR $\pm 0,28$, * En yüksek değer

Ağaç türü düzeyinde lamine elemanların katmanlara dik yapışma direnci; en yüksek doğu kayınında (1,86 N/mm²), en düşük ise sarıcamda (0,91 N/mm²) elde edilmiştir. doğu kayını ile sapsız meşe arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

4.2. Diyagonal Basınç, Diyagonal Çekme ve Yorma Direnci

4.2.1. Diyagonal basınç direnci

Şekillendirilmiş lamine elemanların ağaç türü, kavis yarıçapı ve genişlik farkına göre diyagonal basınç direnci ortalama değerleri Çizelge 4.8’ de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Diyagonal basınç direnci ortalama değerleri

Ağaç Türü	Yarıçap (mm)	Geniş. (mm)	Deney Kuvveti Ort. (N)	Std. Sapma	L-Kuvvet kolu (mm)	D. Basınç Direnci Ort. (N/mm ²)	Std. Sapma
KAYIN	40	50	1273,33	177,86	152	61,12	8,53
		150	3960	603,24		63,36	9,65
		450	12690	1229,80		67,25	6,51
	60	50	1266,66	126,62	158	63,21	6,31
		150	3960	245,15		65,74	4,07
		450	12973,33	870,48		71,35	4,78
	80	50	1130	249,80	164	58,53	12,93
		150	3780	281,60		65,39	4,87
		450	12826,66	680,91		74,39	3,94
	100	50	1226,66	41,63	170	65,76	2,20
		150	3696,66	436,16		66,17	7,80
		450	12730	521,63		76,38	3,12
SAPSIZ MEŞE	40	50	1306,66	193,99	152	62,72	9,31
		150	3696,66	153,08		59,15	2,44
		450	12130	748,06		64,29	3,96
	60	50	1233,33	119,30	158	61,54	5,95
		150	3796,66	342,10		63,01	5,65
		450	12540	1080,88		68,97	5,94
	80	50	1306,66	135,77	164	67,69	7,03
		150	3713,33	215,95		64,24	3,73
		450	11976,66	1804,28		69,47	10,46
	100	50	1210	20,00	170	64,86	1,07
		150	3536,66	392,47		63,31	7,02
		450	13083,33	700,74		78,50*	4,20
SARIÇAM	40	50	773,33	47,26	152	37,12	2,26
		150	2046,66	273,19		32,75**	4,37
		450	7516,66	1283,33		39,84	6,79
	60	50	881,66	62,92	158	43,99	3,14
		150	2230	277,85		37,02	4,61
		450	8440	943,03		46,42	5,18
	80	50	950	70,00	164	49,21	3,63
		150	2953,33	623,65		51,09	10,79
		450	8780	599,25		50,92	3,47
	100	50	1003,33	72,34	170	53,78	3,87
		150	3273,33	177,86		58,59	3,18
		450	9196,66	650,56		55,18	3,90

Şekillendirilmiş lamine elemanların diyagonal basınç direnci değerleri çizelgesine göre (Çizelge 4.8) en yüksek direnç; doğu kayını laminasyonda ($78,5 \text{ N/mm}^2$), en düşük direnç ise sarıçam laminasyonda ($32,75 \text{ N/mm}^2$) elde edilmiştir. Doğu kayını laminasyonda yarıçap ve eleman genişliği arttıkça direncin artmakta olduğu görülmüştür. Sapsız meşe laminasyonda, kavis yarı çapı arttıkça direnç genel olarak artmakta, ancak eleman genişliği 50 mm den 150 mm ye geçişte direnç azalmaktadır. Sarıçam laminasyonda ise, kavis yarıçapı 40 ve 60 lık modellerde direnç değişimi sapsız meşe laminasyon ile benzerlik gösterirken, 80 ve 100 lük modellerde 50 ve 150 mm genişliklerindeki eleman dirençleri birbirine yakın çıkarken 450 mm' lik elemanda direncin daha da düştüğü belirlenmiştir.

Testin tamamlanmasından sonra sarıçam ve sapsız meşe örneklerin tekrar eski 90° lik formuna yaklaştırmaya çalıştığı, doğu kayını örneklerin ise plastik deformasyona uğrayarak tamamem geriye dönemediği tespit edilmiştir. Bazı sapsız meşe ve doğu kayını örneklerde dış katmanlarda kırılmalar görülürken, sarıçam'da dıştan içe doğru bütün katmanların kırıldığı belirlenmiştir. Ağaç Türü, yarıçap ve genişliğin, diyagonal basınç direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Ağaç türü, yarıçap ve genişliğin diyagonal basınç direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	$P \leq 0,05$
Ağaç Türü	9399,01	2	4699,51	126,89	0,00
Yarıçap	1649,17	3	549,72	14,84	0,00
Genişlik	895,23	2	447,61	12,08	0,00
Ağaç x Yarıçap	689,58	6	114,93	3,10	0,01
Ağaç x Genişlik	236,68	4	59,17	1,59	0,18
Yarıçap x Genişlik	81,33	6	13,55	0,36	0,90
Ağaç x Yarıçap x Genişlik	404,71	12	33,72	0,91	0,54
Hata	2666,52	72	37,03		
Toplam	398476,13	107			

Ağaç: Ağaç türü

Diyagonal basınç direncine ağaç türünün, yarıçap-genişlik ölçüleri ile ağaç türü-yarıçap ikili etkileşimi aralarında anlamlı bir fark vardır ($\alpha=0,05$). Ağaç türü-

genişlik ve yarıçap- genişlik ikili etkileşimleri ile ağaç türü- yarıçap- genişlik üçlü etkileşimi anlamsız çıkmıştır. Ağaç türü düzeyinde yapılan diyagonal basınç direncine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,91 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Ağaç türü düzeyinde diyagonal basınç direncine ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Ağaç Türü	Diyagonal Basınç Direnci (N/mm ²)	
	X_{ort}	HG
Doğu kayını	66,55	A*
Sapsız meşe	65,64	A
Sarıçam	46,32	B

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,91$, * En yüksek değer

Ağaç türüne düzeyinde diyagonal basınçta en düşük direnci sarıçam gösterirken (46,32 N/mm²), en yüksek direnci doğu kayını (66,55 N/mm²) göstermiştir ve sapsız meşe ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Genişlik türü düzeyinde yapılan diyagonal basınç direncine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,02 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.11'da verilmiştir.

Çizelge 4.11. Genişlik düzeyinde diyagonal basınç direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Genişlik (mm)	Diyagonal Basınç Direnci (N/mm ²)	
	X_{ort}	HG
50	57,46	B
150	57,48	B
450	63,58	A*

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR ± 0.02 , * En yüksek değer

Genişlik düzeyinde diyagonal basınçta en yüksek direnci 450 mm'lik (63,58 N/mm²) gösterirken en düşük direnci 50 mm'lik (57,46 N/mm²) göstermiştir ve 150 mm'lik ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Yarıçap türü düzeyinde yapılan diyagonal basınç direncine ait ortalamalar ve LSR değeri 3,32 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.12'da verilmiştir.

Çizelge 4.12. Yarıçap düzeyinde diyagonal basınç direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yarıçap (mm)	Diyagonal Basınç Direnci (N/mm ²)	
	X_{ort}	HG
40	54,17	C
60	57,91	B
80	61,21	B
100	64,72	A*

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 3.32$, * En yüksek değer

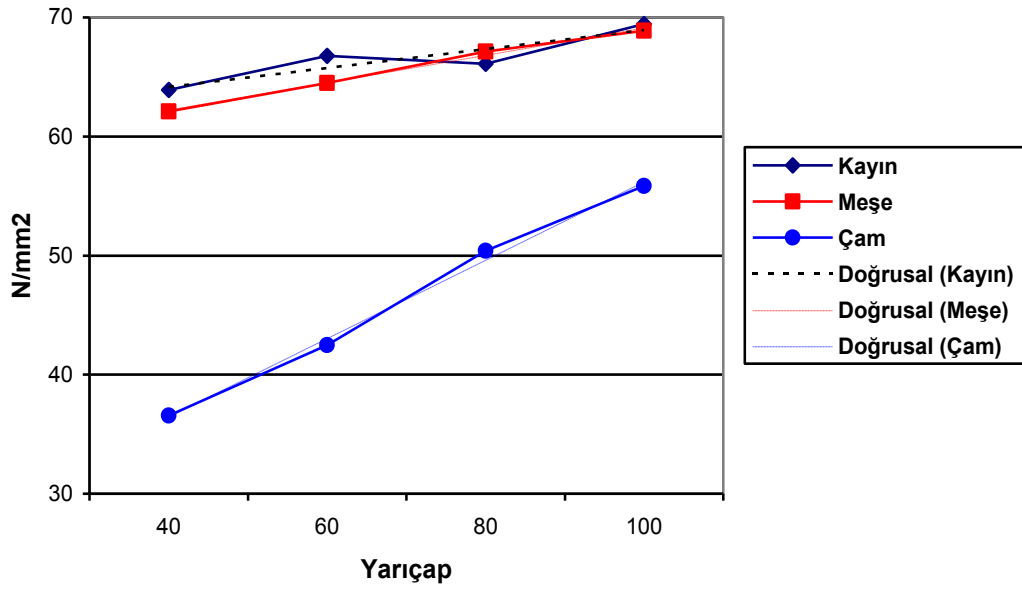
Yarıçap düzeyinde diyagonal basınçta en yüksek direnci 100 mm'lik (64,72 N/mm²) gösterirken en düşük direnci 40 mm'lik (54,17 N/mm²) göstermiştir. Ağaç türü ve Yarıçap ikili etkileşimlerinin deney örneklerinde diyagonal basınç direncine etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,37 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Ağaç türü, yarıçap ikili etkileşiminde diyagonal basınç direncine etkilerine ait ortalamaların karşılaştırmalı sonuçları

Ağaç	Yarıçap (mm)	Diyagonal Basınç Direnci (N/mm ²)	
		X_{ort}	HG
Doğu kayını	40	63,91	AB
	60	66,76	AB
	80	66,11	AB
	100	69,44	A*
Sapsız meşe	40	62,05	BC
	60	64,51	AB
	80	67,13	AB
	100	68,89	AB
Sarıçam	40	36,57	E
	60	42,48	E
	80	50,41	D
	100	55,85	CD

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 0,37$, * En yüksek değer

Ağaç türü ve Yarıçap ikili etkileşimlerine göre diyagonal basınçta en düşük direnci 40 ve 60 mm yarıçaplı sarıçam örnekler gösterirken en yüksek direnci 100 mm yarıçaplı doğu kayını göstermiştir ve sapsız meşe ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Şekil 4.1’de diyagonal basınca, yarıçap düzeyinde ağaç türünün etkisi grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.1. Diyagonal basınca, yarıçap düzeyinde ağaç türünün etkisi

Çizelge 4.14. Şekillendirilmiş lamine elemanlarında diyagonal basınç direnci ile kavis, genişlik ve ağaç türü arası ilişki

Değişkenler		Kavis	Genişlik	Ağaç Türü
Direnç (N/mm ²)	Kavis	1,00	-0,08	0,35
	Genişlik	-0,08	1,00	0,21
	Ağaç Türü	0,35	0,21	1,00

Korelasyon analizine göre (Çizelge 4.14); diyagonal basınç direncinde en yüksek doğrusal ilişki 0,354 oranı ile kavis – ağaç türü arasında, en düşük doğrusal ilişki ise 0,082 oranı ile kavis - genişlik arasında görülmektedir.

4.2.2. Diyagonal çekme direnci

Şekillendirilmiş lamine elemanların ağaç türü, kavis yarıçapı ve genişlik farkına göre diyagonal çekme direnci ortalama değerleri Çizelge 4.15’ de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Şekillendirilmiş lamine elemanların diyagonal çekme direnci ortalama değerleri

Yarı- çap (mm)	Gen. (mm)	D. Çekme Direnci Ort. (N/mm ²)					
		Doğu kayını		Sapsız meşe		Çam	
		X_{ort}	Std. Sapma	X_{ort}	Std. Sapma	X_{ort}	Std. Sapma
40	50	24,9	0,74	20,33	3,56	19,88	3,86
	150	24,8	0,98	17,79	2,13	18,44	0,70
	450	12,51	0,21	12,47	0,46	12	0,47
60	50	25,32	1,42	19,02	3,03	17,09	3,86
	150	25,79	1,60	17,54	3,02	18,72	3,43
	450	12,81	0,46	11,46**	0,45	11,87	0,98
80	50	26,05	6,26	23,65	8,15	21,09	4,57
	150	25,59	1,56	23,22	3,96	18,73	2,08
	450	13,09	0,67	12,57	1,10	12,61	0,62
100	50	31,86*	6,59	22,59	4,54	26,20	2,74
	150	28,07	1,77	20,38	3,38	23,64	3,25
	450	14,1	0,78	13,87	0,80	13,6	0,83

* En yüksek diyagonal çekme direnci, ** En düşük diyagonal çekme direnci

Şekillendirilmiş lamine elemanların diyagonal çekme dirençleri arasında ağaç türünde en fazla direnci doğu kayını gösterirken, sapsız meşe ve sarıçamda yakın değerler elde edilmiştir. Buna göre en yüksek direnç; doğu kayını laminasyonda (31,86 N/mm²), en düşük direnç değeri ise sapsız meşe laminasyonda (11,46 N/mm²) elde edilmiştir. Direnç değerleri bakımından, 50 ve 150 mm’lik genişliklerde önemli bir fark görülmezken, 150 mm’nin üzerine çıkılan genişliklerin dirençlerinde doğrusal bir artış değil, tersine bir düşüş gözlemlenmiştir. Ağaç Türü, yarıçap ve genişliğin, diyagonal çekme direncine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.16’de verilmiştir.

Çizelge 4.16. Ağaç türü, yarıçap ve genişlik değişkenlerinin diyagonal çekme direnci etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
Ağaç Türü	425,41	2	212,70	22,80	0,00
Yarıçap	247,64	3	82,54	8,85	0,00
Genişlik	2325,61	2	1162,80	124,65	0,00
Ağaç x Yarıçap	65,52	6	10,92	1,17	0,33
Ağaç x Genişlik	160,50	4	40,12	4,30	0,00
Yarıçap x Genişlik	59,02	6	9,83	1,05	0,39
Ağaç x Yarıçap x Genişlik	50,05	12	4,17	0,45	0,94
Hata	671,64	72	9,33		
Toplam	44105,11	108			

Diyagonal çekme direncine ağaç türünün, yarıçapın ve genişlik ölçülerinin etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Bunun yanında ağaç türü- genişlik ölçüleri etkileşiminde de aralarında anlamlı bir fark vardır ($\alpha=0,05$). Ağaç türü- yarıçap ve yarıçap- genişlik ikili etkileşimi ile ağaç türü- yarıçap- genişlik üçlü etkileşimi anlamsız çıkmıştır. Ağaç türü düzeyinde yapılan diyagonal çekmeye ait ortalamalar ve LSR değeri 0,09 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Ağaç türü düzeyinde diyagonal çekme direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Ağaç Türü	Diyagonal Çekme Kuvveti (Nmm ²)	
	X _{ort}	HG
Doğu kayını	22,07	A*
Sapsız meşe	17,91	B
Sarıçam	17,82	B

X_{ort}: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR ± 0.09, * En yüksek değer

Ağaç türü düzeyinde diyagonal çekmede en yüksek direnci doğu kayını (22,07 N/mm²) gösterirken en düşük direnci sarıçam (17,82 N/mm²) göstermiştir ve sapsız meşe ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Yarıçap türü düzeyinde yapılan diyagonal çekme direnci etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,39 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Yarıçap düzeyinde diyagonal çekme direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yarıçap (mm)	Diyagonal Çekme Kuvveti (Nmm ²)	
	X_{ort}	HG
40	18,12	C
60	17,73	BC
80	19,62	B
100	21,59	A*

*X_{ort}: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm$ 0.39, * En yüksek değer*

Yarıçap düzeyinde diyagonal çekmede en yüksek direnci 100 mm'lik yarıçap (21,59 N/mm²) gösterirken en düşük direnci 60 mm'lik yarıçap (17,73 N/mm²) göstermiştir. Bütün yarıçaplar arasında istatistiksel fark görülmüştür. Genişlik türü düzeyinde yapılan diyagonal çekme direnci etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 1,27 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Genişlik düzeyinde diyagonal çekme direnci ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Genişlik (mm)	Diyagonal Çekme Kuvveti (Nmm ²)	
	X_{ort}	HG
50	23,16	A*
150	21,89	A*
450	12,75	B

*X_{ort}: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm$ 1.27, * En yüksek değer*

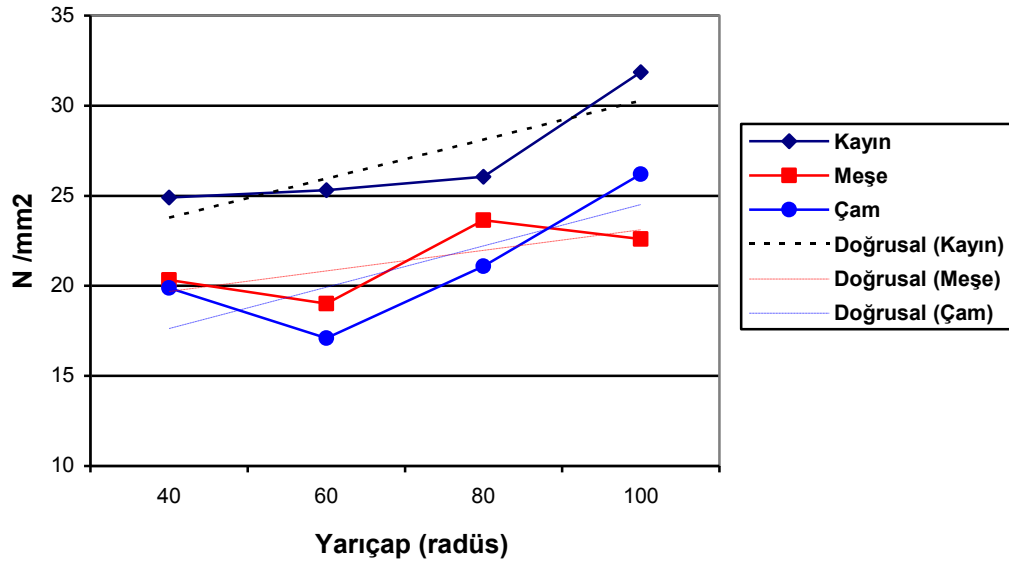
Genişlik düzeyinde diyagonal çekmede en yüksek direnci 50 mm'lik genişlik (23,16 N/mm²) gösterirken en düşük direnci 450 mm'lik genişlik (12,75 N/mm²) göstermiştir. 50 ve 150 mm'lik genişlikler arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşiminin diyagonal çekme direncine etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,53 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.20'da verilmiştir.

Çizelge 4.20. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşiminde diyagonal çekme direncine ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

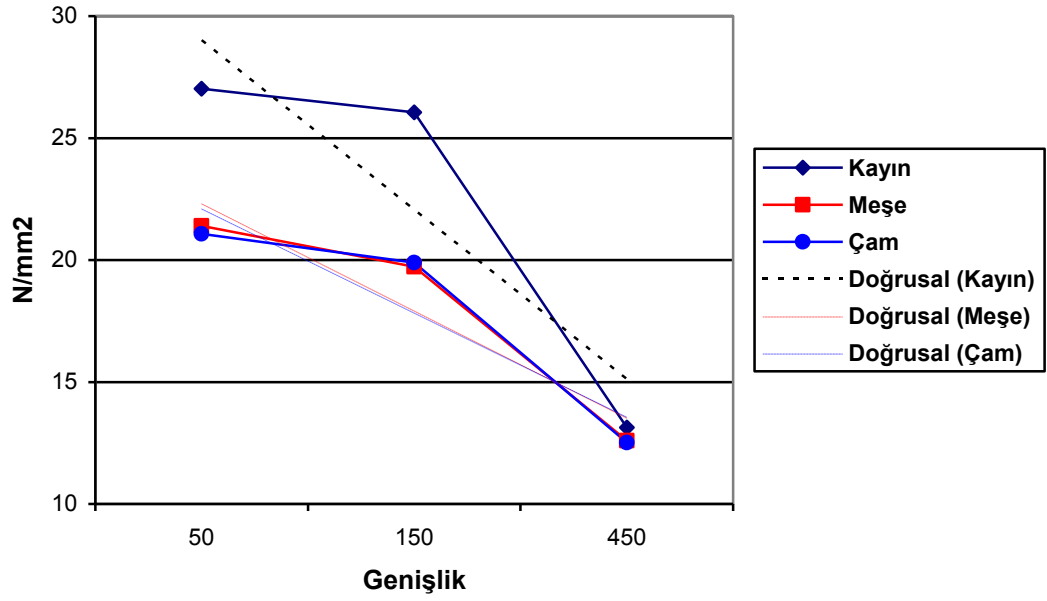
Genişlik (mm)	Diyagonal Çekme Kuvveti (N/mm ²)					
	Malzeme Çeşidi					
	Doğu kayını		Sapsız meşe		Sarıçam	
	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG
50	27,03	A*	21,40	B	21,06	B
150	26,06	A*	19,73	B	19,88	B
450	13,13	C	12,59	C	12,52	C

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR ± 0.53 , * En yüksek değer

Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimlerinde diyagonal çekmenin en yüksek direnci 50 ve 150 mm'lik genişlikte doğu kayını (27,03 N/mm² ve 26,06 N/mm²) gösterirken en düşük direnç değerlerini 450 mm'lik genişlikte sarıçam (12,52 N/mm²) göstermiştir. Şekil 4.2'de diyagonal çekme deneyinde, 50 mm genişlikteki deney örneklerine yarıçapın etkisi grafiksel olarak verilmiştir. Her üç ağaç türünde de çekme dirençlerinin ortalama değerinde ki artışın doğrusal olduğu, yani yarıçap artışı ile basınç direncinde arttığı söylenebilir.



Şekil 4.2. Diyagonal çekme deneyinde 50 mm genişlikteki deney örneklerine yarıçapın etkisi



Şekil 4.3. Diyagonal çekmeye, genişlik düzeyinde ağaç türünün etkisi

Şekil 4.3’de diyagonal çekme deneyine genişlik türünün etkisi grafiksel olarak verilmiştir. Her üç ağaç türünde de çekme dirençlerinin ortalama değerinde düşüş gözlemlenmektedir. Özellikle 450 mm genişlikte çekme direncinin büyük oranda düştüğü görülmektedir.

4.2.3. Yorma direnci

Şekillendirilmiş lamine elemanların ağaç türü, kavis yarıçapı ve genişlik farkına göre yorma direnci deneyinde sehim ve açılma miktarına ait aritmetik ortalama değerleri Çizelge 4.21’ de, sehim miktarına ait aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları Çizelge 4.22’ de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma direnci deneyinde sehim ve açılma miktarları

Ağaç Türü	r (mm)	Gen (mm)	Sehim / Açılma Miktarları (mm)											
			Yüklemeye sonrası						Yük kalktıktan sonra					
			3 dak		60 dak		24 saat		3 dak		60 dak		24 saat	
			S	A	S	A	S	A	S	A	S	A	S	A
DOĞU KAYINI	40	50	3,02	4,36	3,23	4,6	3,53	5,09	1,33	2,12	0,95	1,61	0,31	0,67
		150	4,57	6,02	4,98	6,31	5,72	7,11	1,83	2,64	1,33	2,08	0,46	0,97
		450	3,16	4,56	3,56	4,7	4,2	5,54	1,13	1,93	0,75	1,34	0,26	0,75
	60	50	3,46	4,66	3,6	4,85	4,03	5,654	1,37	2,19	1,01	1,63	0,28	0,73
		150	5,2	7,15	6,37	7,92	8,63	10,23	2,33	3,09	1,5	2,16	0,87	1,22
		450	4,23	5,09	4,51	5,4	4,9	5,99	1,36	2,25	1,03	1,64	0,26	0,79
	80	50	3,46	4,56	3,68	4,83	4,12	5,35	1,33	2,15	0,96	1,58	0,25	0,73
		150	3,3	4,44	3,78	5	4,51	6,02	1,56	2,31	4,42	1,73	0,31	0,86
		450	3,26	4,37	3,43	4,65	3,86	5,29	0,53	1,72	0,33	1,18	0,15	0,65
	100	50	4,73	5,69	5,78	6,79	7,28	8,98	2,36	3,12	1,86	2,3	0,73	1,26
		150	4,6	5,58	4,91	5,92	5,39	6,61	1,3	2,2	1,01	1,59	0,36	0,83
		450	3,46	4,29	3,71	4,62	3,98	5,23	1,01	2,15	0,73	1,42	0,2	0,72
MEŞE	40	50	4,2	7,3	4,87	8,63	6,12	11	2,36	3,96	1,8	2,41	0,77	1,41
		150	4,38	7,68	4,81	8,93	5,75	10,89	1,82	3,49	1,31	2,11	0,57	1,21
		450	5,11	7,98	6,03	9,62	8,26	12,77	3,75	4,64	2,56	3,29	0,9	1,75
	60	50	5,3	8,19	6,13	9,97	7,52	13,18	2,67	4,21	1,82	3,18	0,93	1,66
		150	7,42	11,46	8,65	15,16	10,61	20,02	4,78	6,43	3,93	4,78	2,21	3
		450	5,33	8,69	6,1	11,05	7,13	13,18	2,21	4,21	1,5	2,6	0,83	1,64
	80	50	5,27	8,58	5,92	10,96	7,48	13,14	2,33	4	1,56	2,52	0,95	1,63
		150	5,01	8,63	6,28	10,38	7,41	12,26	2,83	4,57	2,06	3,11	1,2	1,94
		450	5,56	8,17	7,13	10,79	9,03	13,42	2,91	4	1,96	2,54	1,06	1,63
	100	50	5,87	9	7,07	11,32	9,21	14,38	2,78	4,48	2	2,96	1,06	1,75
		150	5,33	8,54	6,17	10,62	7,51	12,74	2,72	4,45	1,87	2,98	0,85	1,58
		450	4,26	7,86	4,9	9,36	6,16	11,84	2,8	4,83	1,8	3,28	0,93	1,7
SARIÇAM	40	50	4,91	7,25	6,12	8,6	7,61	11,54	4,73	6,28	2,92	4,05	1,78	2,53
		150	4,76	7,44	5,5	9,77	6,7	12,73	3,46	5,23	2,36	3,85	1,47	2,16
		450	4,61	7,1	5,43	9,72	6,81	12,7	3,71	5,42	2,46	3,79	1,48	2,25
	60	50	6,41	8,74	7,63	11,64	10,1	15,26	4,1	6,14	2,32	3,79	1,51	2,22
		150	5,92	7,76	6,96	10,33	8,28	13,62	4,12	6,15	3,06	4,33	1,7	2,42
		450	6,2	8,16	7,06	10,64	8,76	13,8	3,46	5,45	2,4	3,72	1,43	2,05
	80	50	5,08	7,25	6,16	9,84	7,02	12,8	3	4,99	1,87	3,46	1,11	1,89
		150	4,65	6,98	5,57	9,68	6,45	12,68	3,31	5,47	2,17	3,71	1,37	2,1
		450	4,61	7,32	5,4	9,76	6,71	12,92	3,26	5,33	1,98	3,45	1,08	1,77
	100	50	4,55	7,58	5,96	10,04	6,76	12,96	3,62	5,57	2,52	3,88	1,7	2,26
		150	4,5	7,27	5,53	9,71	6,55	12,32	3,16	5,19	2,01	3,48	1,11	1,83
		450	4,28	7,43	4,71	9,97	5,58	12,34	3,56	5,56	2,36	3,97	1,36	2,23

S: Sehim, A: Açılma

Yorma direnci deneyinde sehım (dikey deformasyon) miktarı

Çizelge 4.22. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma direncinde sehım miktarları

Ağaç Türü	r (mm)	Gen (mm)	Sehım Miktarı (mm)											
			Yükleme sonrası						Yük kalktıktan sonra					
			3 dk	Std	60 dk	Std	24 sa	Std	3 dk	Std	60 dk	Std	24 sa	Std
DOĞU KAYINI	40	50	3,02	,27	3,23	,26	3,53	,34	1,33	,24	,95	,17	,31	,08
		150	4,57	,8	4,98	,97	5,72	1,35	1,83	,23	1,33	,17	,46	,04
		450	3,16	1,1	3,56	1,25	4,2	1,47	1,13	,8	,75	,63	,26	,2
	60	50	3,46	,47	3,6	,46	4,03	,54	1,37	,22	1,01	,13	,28	,08
		150	5,2	2,05	6,37	3,29	8,63	5,52	2,33	1,11	1,5	,58	,87	,61
		450	4,23	1,01	4,51	1,06	4,9	,95	1,36	,32	1,03	,28	,26	,05
	80	50	3,46	,59	3,68	,57	4,12	,64	1,33	,29	,96	,22	,25	,12
		150	3,3	,92	3,78	1,01	4,51	,9	1,56	,31	4,42	6,38	,31	,06
		450	3,26	,75	3,43	,72	3,86	,86	,53	,32	,33	,23	,15	,05
	100	50	4,73	1,16	5,78	2,16	7,28	3,26	2,36	,83	1,86	,67	,73	,42
		150	4,6	1,29	4,91	1,35	5,39	1,49	1,3	,4	1,01	,34	,36	,14
		450	3,46	1,07	3,71	1,08	3,98	,95	1,01	,57	,73	,47	,2	,1
MEŞE	40	50	4,2	,52	4,87	,96	6,12	1,85	2,36	,74	1,8	,76	,77	,23
		150	4,38	1,29	4,81	1,38	5,75	1,87	1,82	,29	1,31	,26	,57	,18
		450	5,11	,57	6,03	,85	8,26	,86	3,75	,37	2,56	,41	,9	,1
	60	50	5,3	,95	6,13	1,34	7,52	1,63	2,67	,68	1,82	,38	,93	,24
		150	7,42	2,23	8,65	2,93	10,61	3,94	4,78	1,84	3,93	1,72	2,21	1,48
		450	5,33	,7	6,1	,79	7,13	,96	2,21	,42	1,5	,2	,83	,15
	80	50	5,27	1,49	5,92	1,82	7,48	2,98	2,33	,89	1,56	,46	,95	,44
		150	5,01	,57	6,28	,42	7,41	,39	2,83	,42	2,06	,33	1,2	,28
		450	5,56	2,77	7,13	4,63	9,03	6,71	2,91	2,3	1,96	1,42	1,06	,83
	100	50	5,87	,82	7,07	1,17	9,21	2,23	2,78	,52	2	,38	1,06	,14
		150	5,33	1,55	6,17	2,18	7,51	3,1	2,72	1,19	1,87	,83	,85	,36
		450	4,26	,6	4,9	,95	6,16	1,22	2,8	,3	1,8	,17	,93	,15
SARIÇAM	40	50	4,91	,42	6,12	1,12	7,61	1,54	4,73	1,43	2,92	,53	1,78	,27
		150	4,76	,82	5,5	1,28	6,7	1,75	3,46	1,62	2,36	,85	1,47	,83
		450	4,61	,9	5,43	1,22	6,81	1,57	3,71	,62	2,46	,5	1,48	,28
	60	50	6,41	2,56	7,63	3,05	10,1	4,86	4,1	1,74	2,32	,89	1,51	,59
		150	5,92	,56	6,96	,87	8,28	1,24	4,12	,35	3,06	,2	1,7	,4
		450	6,2	2,45	7,06	2,57	8,76	3,2	3,46	,61	2,4	,62	1,43	,3
	80	50	5,08	,51	6,16	,77	7,02	,73	3	,78	1,87	,46	1,11	,24
		150	4,65	,3	5,57	,42	6,45	,65	3,31	,42	2,17	,33	1,37	,38
		450	4,61	1,02	5,4	1,5	6,71	2,72	3,26	1,12	1,98	,43	1,08	,34
	100	50	4,55	,5	5,96	,38	6,76	,4	3,62	,45	2,52	,49	1,7	,4
		150	4,5	1,3	5,53	1,72	6,55	2,15	3,16	1,35	2,01	,85	1,11	,42
		450	4,28	,52	4,71	,38	5,58	,34	3,56	1,12	2,36	,55	1,36	,28

Ağaç Türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerinin deney örneklerinde sehim yapma etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerinin sehim yapma etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Kareler ortalaması	F	P ≤ 0,05
Ağaç	393,34	2	196,67	94,47	0,00
Yarıçap	85,18	3	28,37	13,63	0,00
Genişlik	28,43	2	14,21	6,83	0,00
Yorma Zamanı	3237,90	5	647,58	311,07	0,00
Ağaç x Yarıçap	35,99	6	5,99	2,88	0,01
Ağaç x Genişlik	38,79	4	9,69	4,66	0,00
Ağaç x Yorma Zamanı	79,35	10	7,93	3,81	0,00
Yarıçap x Genişlik	89,55	6	14,92	7,17	0,00
Yarıçap x Yorma Zamanı	42,17	15	2,81	1,35	0,16
Genişlik x Yorma Zamanı	5,08	10	0,51	0,24	0,99
Ağaç x Yarıçap x Yorma Zamanı	34,71	30	1,15	0,55	0,97
Ağaç x Yarıçap x Genişlik	76,47	12	6,37	3,06	0,00
Ağaç x Genişlik x Yorma Zamanı	15,43	20	0,77	0,37	0,99
Yarıçap x Genişlik x Yorma Zamanı	47,63	30	1,58	0,76	0,81
Ağaç x Yarıçap x Genişlik x Yorma Zamanı	51,31	60	0,85	0,41	1,00
Hata	1199,08	576	2,08		
Toplam	16691,41	792			

Yorma direncine ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-yarıçap, ağaç türü-genişlik, ağaç türü-yorma zamanı ve yarıçap-genişlik ikili etkileşimlerinde de aralarında anlamlı bir fark vardır. Yine ağaç-yarıçap-genişlik üçlü etkileşiminin sehim miktarına etkisi önemli bulunmuştur ($\alpha=0,05$). Ağaç türü- yarıçap, yarıçap- yorma zamanı ve genişlik-yorma zamanı ikili etkileşimlerinde, ağaç türü- yarıçap- yorma zamanı, ağaç türü-genişlik- yorma zamanı ve yarıçap- genişlik- yorma zamanı üçlü etkileşiminde ile ağaç türü- yarıçap-genişlik-yorma zamanı dördü etkileşimi önemsiz çıkmıştır. Ağaç türü düzeyinde yapılan ağaç türünün yormada sehime etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 1,13 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.24’da verilmiştir.

Çizelge 4.24. Ağaç türü düzeyinde sehim ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Ağaç Türü	Sehim Miktarı (mm)	
	X_{ort}	HG
Doğu kayını	2,72	A*
Sapsız meşe	4,16	B
Sarıçam	4,29	B

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 1.13$, * En düşük değer

Yorma direncinde ağaç türü düzeyinde en düşük sehim miktarını doğu kayını (2,72 mm) verirken en yüksek sehim miktarını sarıçam (4,29 mm) vermiş ve sapsız meşe ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Yarıçap düzeyinde yapılan karşılaştırmada yarıçapın sehim miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,12 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Yarıçap düzeyinde sehim ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yarıçap (mm)	Sehim Miktarı (mm)	
	X_{ort}	HG
40 yarıçap	3,46	A*
60 yarıçap	4,29	B
80 yarıçap	3,52	A*
100 yarıçap	3,64	A*

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 0.12$, * En düşük değer

Yorma direncinde yarıçap düzeyinde en düşük sehim miktarını 40 mm’lik (3,46 mm) örnekler verirken en yüksek sehim miktarını 60 mm’lik (4,29 mm) örnekler göstermiştir. 40, 60 ve 100 mm yarıçapa sahip örnekler arasında istatistiksel fark yokken 60 mm’lik örnekler farklı çıkmıştır. Genişlik düzeyinde yapılan karşılaştırmada genişliğin sehim miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,24 için Duncan testi sonuçları Çizelge 4.26’de verilmiştir.

Çizelge 4.26. Genişlik düzeyinde sehim ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Genişlik (mm)	Sehim Miktarı (mm)	
	X_{ort}	HG
50 genişlik	3,79	AB
150 genişlik	3,96	B
450 genişlik	3,49	A*

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 0.24$, * En düşük değer

Yorma dayanımı deneyinde genişlik düzeyinde en düşük sehim miktarını 450 mm'lik (3,49 mm) örnekler verirken en yüksek sehim miktarını 150 mm'lik (3,96 mm) örnekler göstermiştir. Bütün genişlik türleri arasında fark olduğu görülmüştür. Ağaç türü ve yarıçap düzeyinde ikili etkileşimin sehim miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,05 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Yarıçap (mm)	Sehim Miktarı (mm)	
		X_{ort}	HG
Doğu Kayını	40	2,46	A*
	60	3,05	AB
	80	2,40	A*
	100	2,97	AB
Sapsız Meşe	40	3,63	BC
	60	4,73	DE
	80	4,22	CDE
	100	4,07	CD
Sarıçam	40	4,27	CDE
	60	5,08	E
	80	3,93	BCD
	100	3,88	BCD

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR ± 0.05 , * En düşük değer

Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimine göre yorma direncinde en düşük sehim miktarını 40 mm ve 80 mm'lik doğu kayını verirken en yüksek sehim miktarını 60 mm'lik sarıçam vermiştir. Ağaç türü ve yarıçap düzeyinde ikili etkileşimin sehim miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,02 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Genişlik (mm)	Sehim Miktarı (mm)	
		X_{ort}	HG
Doğu Kayını	50	2,61	AB
	150	3,30	BC
	450	2,25	A*
Sapsız Meşe	50	4,00	CD
	150	4,40	D
	450	4,09	CD
Sarıçam	50	4,56	D
	150	4,19	D
	450	4,18	CD

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 0.02$, * En düşük değer

Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimine göre yorma direncinde en düşük sehim miktarını 450 mm'lik doğu kayını verirken, en yüksek sehim miktarını aynı düzeyde olmak üzere 50 mm ve 150 mm'lik sarıçam vermiştir. Yarıçap ve genişlik düzeyinde ikili etkileşimin sehim miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,01 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.29'de verilmiştir.

Çizelge 4.29. Yarıçap ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları

Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Sehim Miktarı (mm)	
		X_{ort}	HG
40	50	3,37	AB
	150	3,43	AB
	450	3,57	AB
60	50	3,90	BC
	150	5,14	D
	450	3,82	BC
80	50	3,42	AB
	150	3,68	ABC
	450	3,46	AB
100	50	4,21	C
	150	3,60	AB
	450	3,10	A*

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 0.01$, * En düşük değer

Yarıçap ve genişlik ikili etkileşimine göre yorma direncinde en düşük sehim miktarlarını 100 mm yarıçap ve 450 mm genişliğindeki örnekler gösterirken, en yüksek sehim miktarları 60 mm yarıçap ve 150 mm genişlikteki örneklerde elde edilmiştir. Yorma zamanı ve ağaç türü düzeyinde ikili etkileşimin sehim miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,13 için Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Çizelge 4.30. Ağaç türü ve yorma zamanı ikili etkileşimi düzeyinde sehim miktarlarına ait karşılaştırma sonuçları

Yorma Zamanı		Sehim Miktarı (mm)					
		Doğu kayını		Sapsız meşe		Sarıçam	
		X_{ort}	HG	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG
Yüklü	3 dak.sonra	3,87	FG	5,25	H	c	H
	60 dak.sonra	4,30	G	6,17	I	6,01	I
	24 saat sonra	5,01	H	7,68	J	7,28	J
Yüksüz	3 dak.sonra	1,45	BC	2,83	E	3,63	F
	60 dak.sonra	1,32	BC	2,01	CD	2,37	DE
	24 saat sonra	,374	A*	1,02	B	1,43	BC

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR ± 0.13 , * En düşük değer

Yorma zamanı ve ağaç türü ikili etkileşimine göre en düşük sehim miktarlarını yük alındıktan 24 saat sonrasına ait doğu kayını örnekler gösterirken, en yüksek sehim miktarları yüklemeden 24 saat sonrasına ait sapsız meşe ve sarıçam örneklerde aynı düzeyde elde edilmiştir. Yarıçap, genişlik ve ağaç türü düzeyinde üçlü etkileşimin sehim miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,01 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Ağaç türü, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerine göre sehim ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Sehim Miktarı (mm)					
		Doğu kayını		Sapsız meşe		Sarıçam	
		X_{ort}	HG	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG
40	50	2,06	AB	3,35	A-G	4,68	F-I
	150	3,15	A-G	3,11	A-G	4,04	C-H
	450	2,18	A-C	4,43	E-H	4,08	D-H
60	50	2,29	A-D	4,06	D-H	5,34	G-I
	150	4,15	D-H	6,27	I	5,01	G-I
	450	2,72	A-E	3,85	B-H	4,88	G-I
80	50	2,30	A-D	3,92	B-H	4,04	C-H
	150	2,98	A-F	4,13	D-H	3,92	B-H
	450	1,93	A*	4,61	E-I	3,84	B-H
100	50	3,79	B-H	4,66	F-I	4,12	D-H
	150	2,93	A-F	4,07	D-H	3,81	B-H
	450	2,18	A-C	3,47	A-H	3,64	A-H

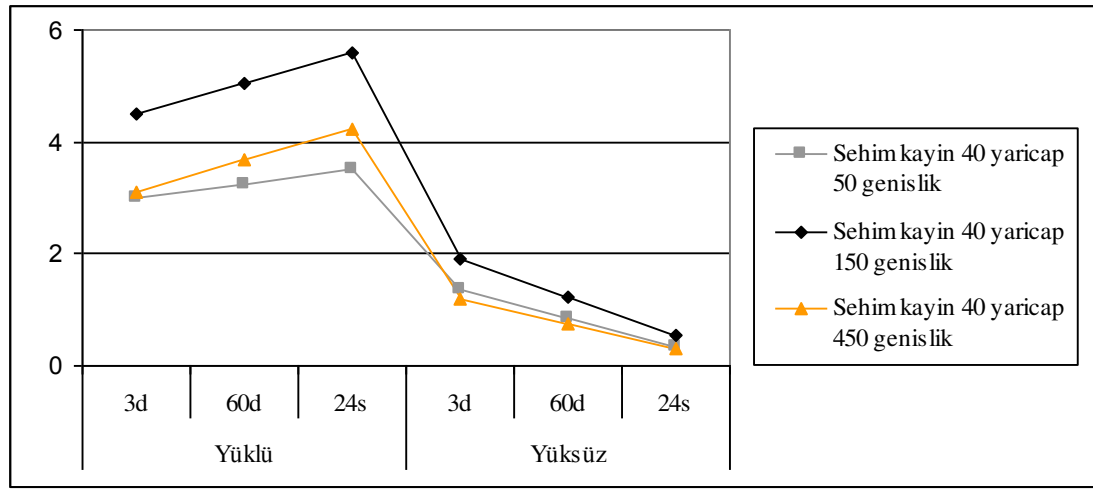
X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, $LSR \pm 0.01$, * En düşük değer

Yarıçap, genişlik ve ağaç türü üçlü etkileşimine göre yorma direncinde en düşük sehim miktarlarını 80 mm yarıçaplı 450 mm genişlikteki doğu kayını örnekler gösterirken, en yüksek sehim miktarları aynı düzeyde olmak üzere 60 mm yarıçaplı 50 mm, 150 mm ve 450 mm ve genişliğindeki sarıçam örneklerde elde edilmiştir.

Yormada değişkenlerin sehime etkisinin regresyon grafikleri ve katsayıları

Doğu kayınında genişlik değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 40 mm yarıçaplı doğu kayını örneklerde genişliğe göre sehime miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.4 ve Çizelge 4.32’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

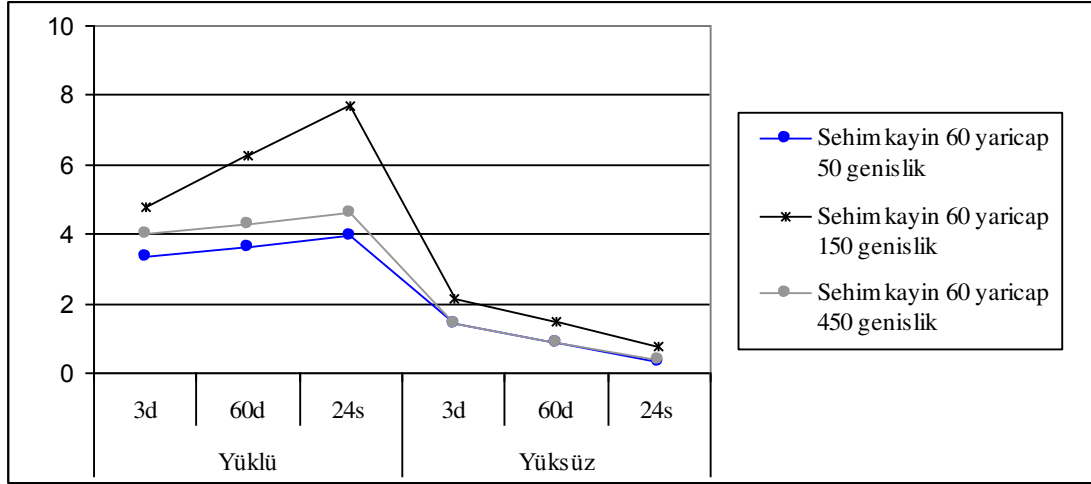
Şekil 4.4. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehime miktarları grafiği

Çizelge 4.32. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehime miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,43	0,01	Y= 0,255x + 2,730
		150	0,29	0,07	Y= 0,560 x + 3,923
		450	0,22	0,07	Y= 0,550 x + 2,567
Yüksüz	40	50	0,87	0,00	Y=-0,505 x + 3,368
		150	0,92 *	0,00	Y= -0,680x + 4,617
		450	0,46	0,00	Y= -0,440x + 2,943

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin ideal oran olan 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki yüksüz 50 ve 150 mm genişlikteki elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 60 mm yarıçaplı doğu kayını örneklerde genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.5 ve Çizelge 4.33’de verilmiştir.



Kayın: Doğru kayını

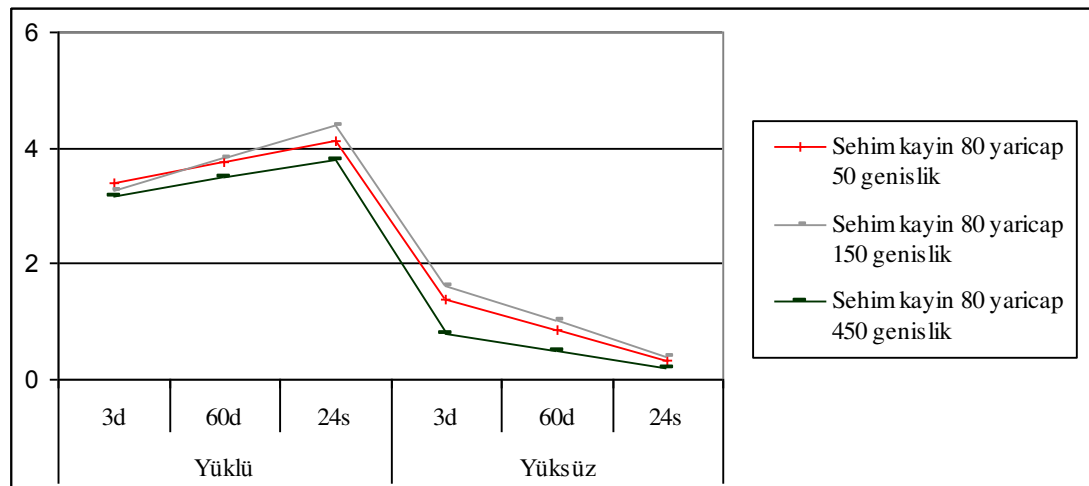
Şekil 4.5. 60 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.33. 60 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	60	50	0,27	0,04	Y= 0,310 x + 3,017
		150	0,12	0,20	Y= 1,455x + 3,333
		450	0,11	0,23	Y= 0,305x + 3,690
Yüksüz	60	50	0,89 *	0,00	Y= -0,545x + 3,625
		150	0,40	0,01	Y= -0,675x + 4,832
		450	0,83	0,00	Y= -0,525x + 3,528

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin ideal oran olan 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 50 ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 80 mm yarıçaplı doğu kayını örneklerde genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.6 ve Çizelge 4.34’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

Şekil 4.6. 80 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarları grafiği

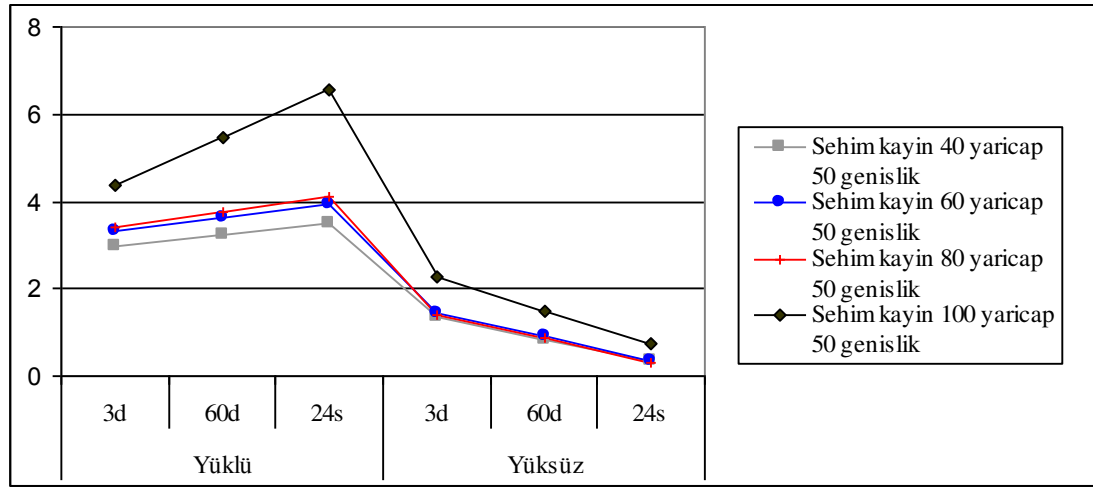
Çizelge 4.34. 80 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	80	50	0,27	0,04	Y= 0,355 x + 3,043
		150	0,27	0,04	Y= 0,555 x + 2,710
		450	0,20	0,09	Y= 0,310 x + 2,860
Yüksüz	80	50	0,83 *	0,00	Y= -0,535x + 3,528
		150	0,78	0,00	Y= -0,600x + 4,007
		450	0,45	0,00	Y= -0,295x + 1,965

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 50 ve 150 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Doğu kayınında yarıçap değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 50 mm genişlikli doğu kayını örneklerde yarıçapa göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.8 ve Çizelge 4.35’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

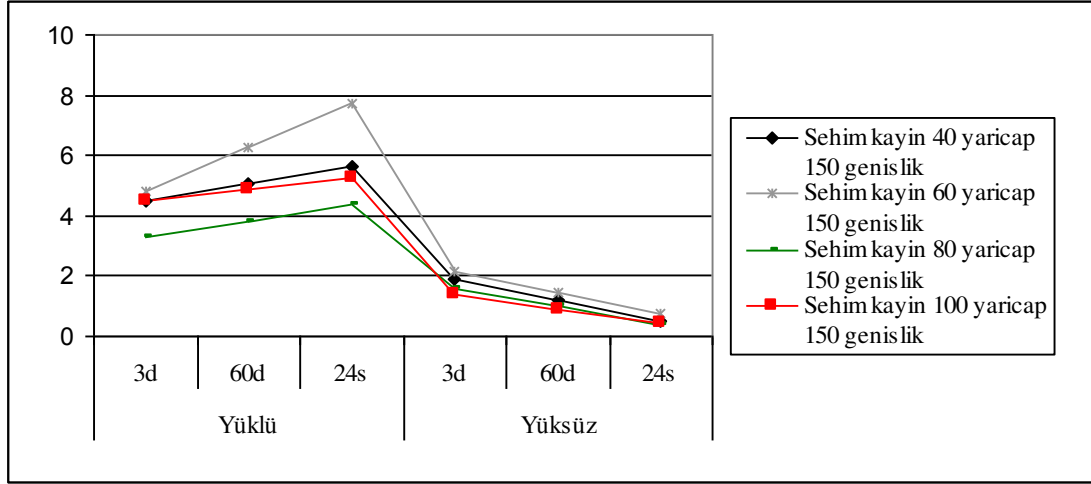
Şekil 4.8. 50 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.36. 50 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,43	0,01	Y= 0,255x + 2,730
	60		0,27	0,04	Y= 0,310 x + 3,017
	80		0,27	0,04	Y= 0,355 x+ 3,043
	100		0,15	0,14	Y= 1,100x + 3,250
Yüksüz	40	50	0,87	0,00	Y=-0,505 x + 3,368
	60		0,89 *	0,00	Y= -0,545x + 3,625
	80		0,83	0,00	Y= -0,535x + 3,528
	100		0,50	0,00	Y= -0,760x + 5,303

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 40 ve 60 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 150 mm genişlikli doğu kayını örneklerde yarıçapa göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.9 ve Çizelge 4.37’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

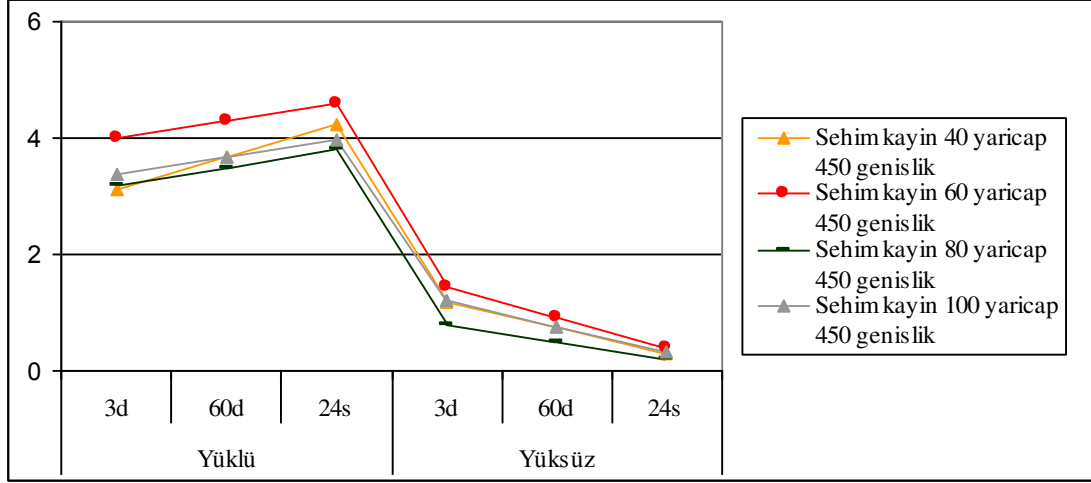
Şekil 4.9. 150 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.37. 150 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	150	0,23	0,07	Y= 0,560 x + 3,923
	60		0,12	0,20	Y= 1,455x + 3,333
	80		0,27	0,04	Y= 0,555 x + 2,710
	100		0,07	0,33	Y= 0,378 x + 4,093
Yüksüz	40	150	0,92 *	0,00	Y= -0,680x + 4,617
	60		0,40	0,01	Y= -0,675x + 4,832
	80		0,78	0,00	Y= -0,600x + 4,007
	100		0,67	0,00	Y= -0,465x + 3,222

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 40 ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 450 mm genişlikli doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.10 ve Çizelge 4.38’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

Şekil 4.10. 450 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

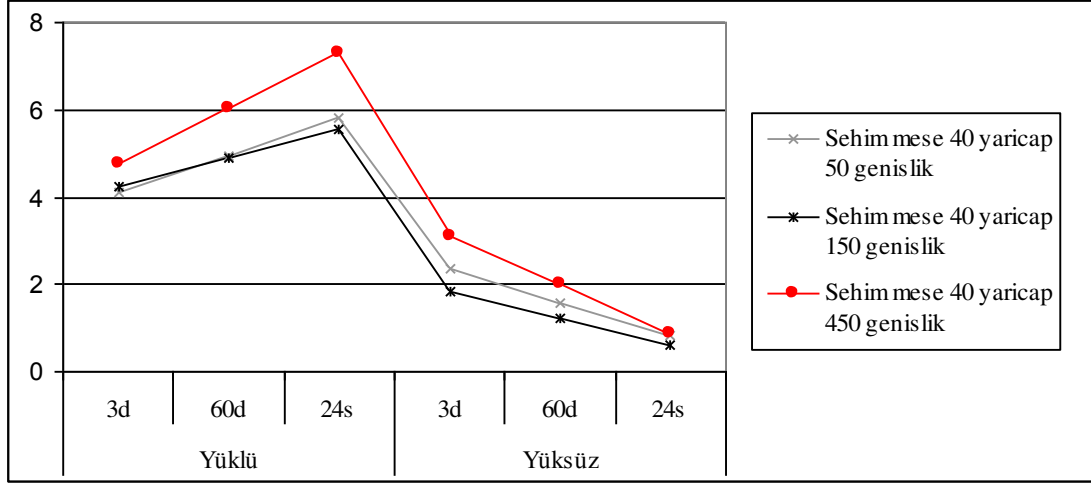
Çizelge 4.38. 450 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	450	0,22	0,07	Y= 0,550 x+ 2,567
	60		0,11	0,23	Y= 0,305x + 3,690
	80		0,20	0,09	Y= 0,310 x + 2,860
	100		0,11	0,22	Y= 0,295 x + 3,097
Yüksüz	40		0,46	0,00	Y= -0,440x + 2,943
	60		0,83 *	0,00	Y= -0,525x + 3,528
	80		0,45	0,00	Y= -0,295x + 1,965
	100		0,56	0,00	Y= -0,455x + 3,045

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 60 ve 100 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Sapsız meşede genişlik değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.11 ve Çizelge 4.39’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

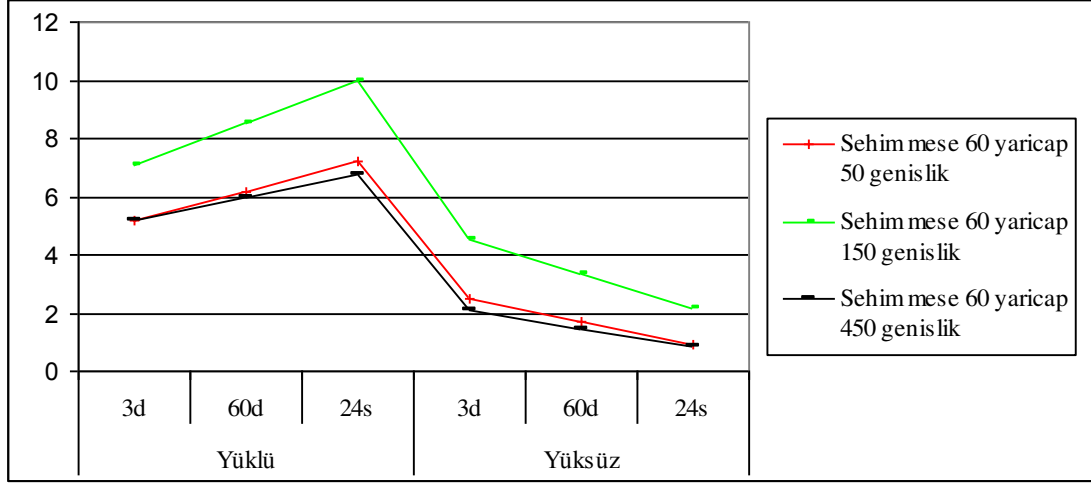
Şekil 4.11. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.39. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,32	0,03	Y= 0,850 x + 3,253
		150	0,16	0,13	Y= 0,655 x + 3,583
		450	0,58	0,00	Y= 1,265x + 3,487
Yüksüz	40	50	0,60	0,00	Y= -0,775x + 5,465
		150	0,86 *	0,00	Y= -0,620x + 4,337
		450	0,66	0,00	Y= -1,105x + 7,515

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.12 ve Çizelge 4.40’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

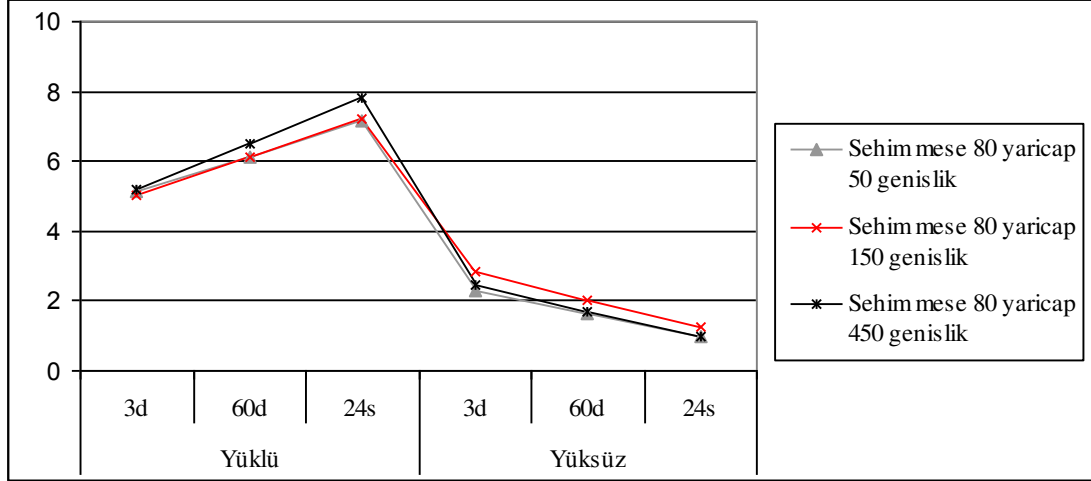
Şekil 4.12. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.40. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	60	50	0,36	0,02	Y= 1,020 x + 4,137
		150	0,17	0,12	Y= 1,415x + 5,693
		450	0,52	0,00	Y= 0,790 x + 4,407
Yüksüz		50	0,66	0,00	Y= -0,775x + 5,578
		150	0,29	0,03	Y= -1,180x + 9,223
		450	0,86 *	0,00	Y= -0,635x + 4,638

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 450 ve 50 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.13 ve Çizelge 4.41’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

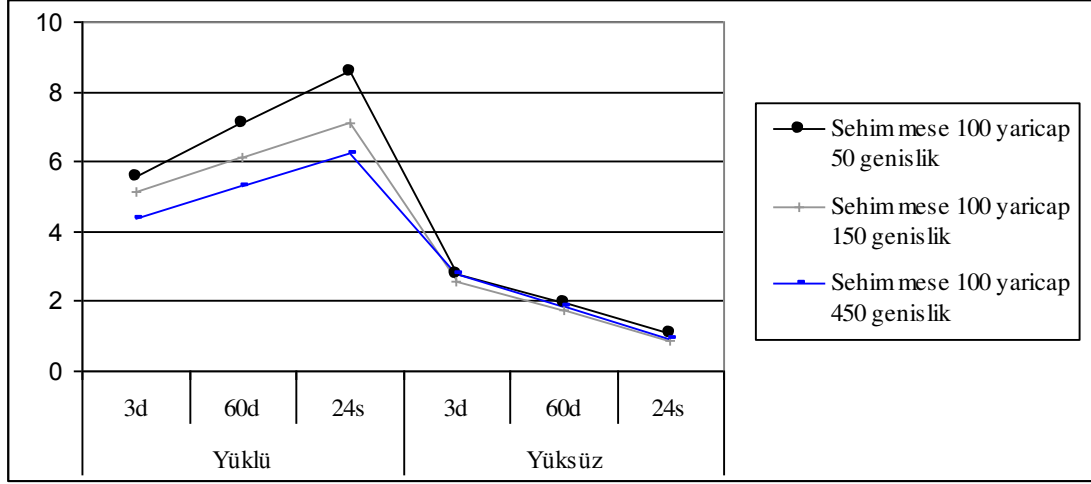
Şekil 4.13. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.41. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	80	50	0,18	0,10	Y= 1,015 x + 4,113
		150	0,73	0,00	Y= 1,090 x + 3,957
		450	0,05	0,26	Y= 1,315 x + 3,893
Yüksüz		50	0,51	0,00	Y= -0,675x + 5,015
		150	0,80 *	0,00	Y= -0,785x + 5,965
		450	0,27	0,06	Y= -0,755x + 5,492

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 ve 50 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.14 ve Çizelge 4.42’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

Şekil 4.14. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarları grafiği

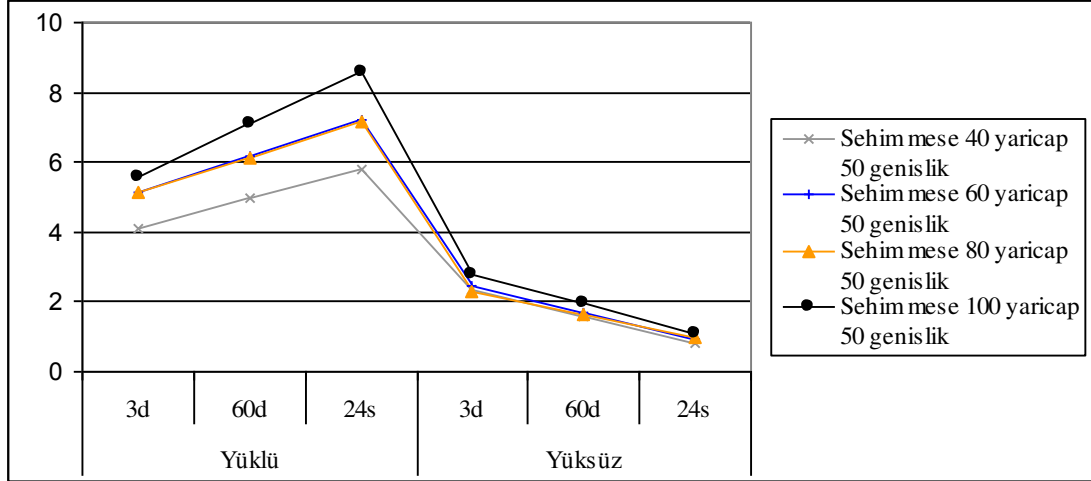
Çizelge 4.42. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	100	50	0,43	0,01	Y= 1,495 x + 4,087
		150	0,15	0,15	Y= 0,990 x + 4,147
		450	0,35	0,02	Y= 0,930 x + 3,453
Yüksüz	100	50	0,84	0,00	Y= -0,845x + 6,188
		150	0,48	0,00	Y= -0,850x + 5,980
		450	0,87 *	0,00	Y= -0,910x + 6,410

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 450 ve 50 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Sapsız meşede yarıçap değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 50 mm genişlikli sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.15 ve Çizelge 4.43’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

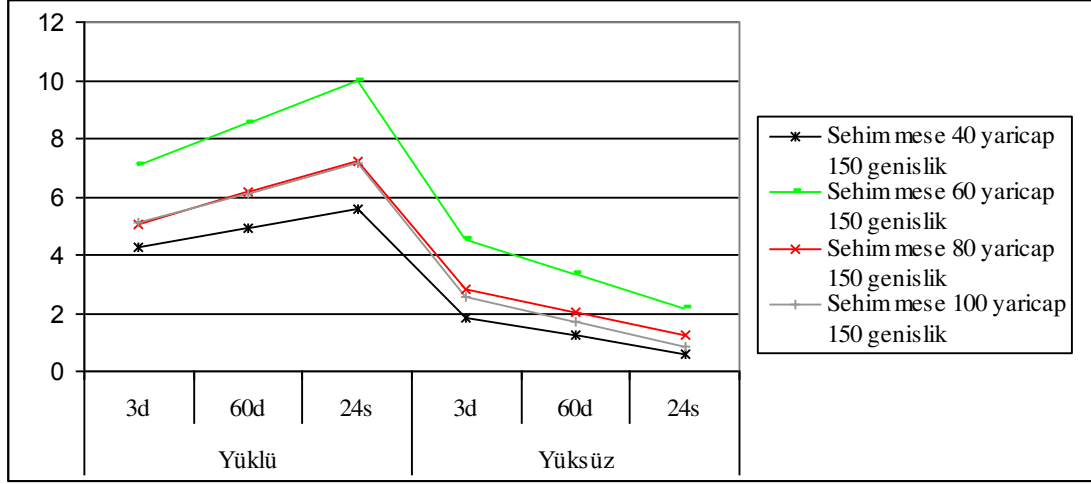
Şekil 4.15. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.43. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,32	0,03	Y= 0,850 x + 3,253
	60		0,36	0,01	Y= 1,020 x + 4,137
	80		0,18	0,10	Y= 1,015 x + 4,113
	100		0,43	0,08	Y= 1,495 x + 4,087
Yüksüz	40		0,60	0,00	Y= -0,775x + 5,465
	60		0,66	0,00	Y= -0,775x + 5,578
	80		0,55	0,00	Y= -0,675x + 5,015
	100		0,84 *	0,00	Y= -0,845x + 6,188

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 100 ve 60 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 150 mm genişlikli sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.16 ve Çizelge 4.44’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

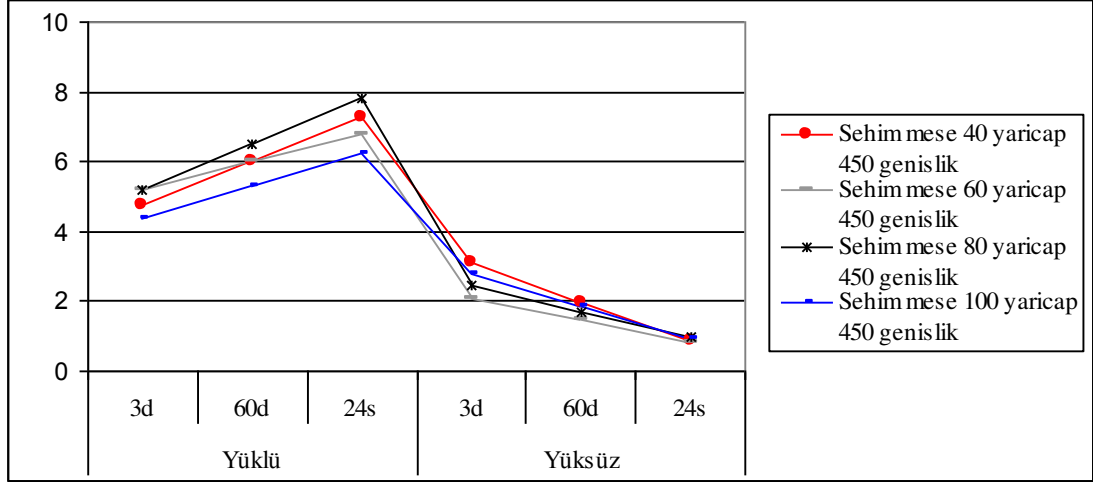
Şekil 4.16. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.44. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	150	0,16	0,13	Y= 0,655 x + 3,583
	60		0,17	0,12	Y= 1,415x + 5,693
	80		0,79	0,00	Y= 1,090 x + 3,957
	100		0,15	0,15	Y= 0,990 x + 4,147
Yüksüz	40	150	0,86 *	0,00	Y= -0,620x + 4,337
	60		0,29	0,03	Y= -1,180x + 9,223
	80		0,84	0,00	Y= -0,785x + 5,965
	100		0,49	0,00	Y= -0,850x + 5,980

Yüklü halde regresyon katsayılarının 80 mm yarıçap hariç düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 40 ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 450 mm genişlikli sapsız meşede genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.17 ve Çizelge 4.45’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

Şekil 4.17. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

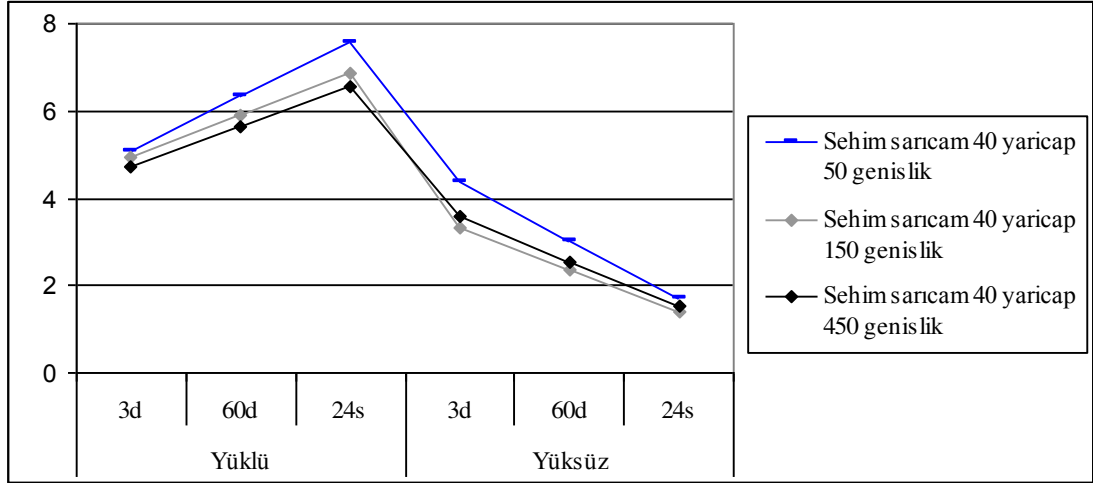
Çizelge 4.45. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	450	0,58	0,00	Y= 1,265x + 3,487
	60		0,52	0,00	Y= 0,790 x + 4,407
	80		0,09	0,26	Y= 1,315 x + 3,893
	100		0,35	0,02	Y= 0,930 x + 3,453
Yüksüz	40	450	0,66	0,00	Y= -1,105x + 7,515
	60		0,86	0,00	Y= -0,635x + 4,638
	80		0,23	0,06	Y= -0,755x + 5,492
	100		0,87 *	0,00	Y= -0,910x + 6,410

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 100 ve 60 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Sarıçamda genişlik değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 40 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.18 ve Çizelge 4.46’de verilmiştir.



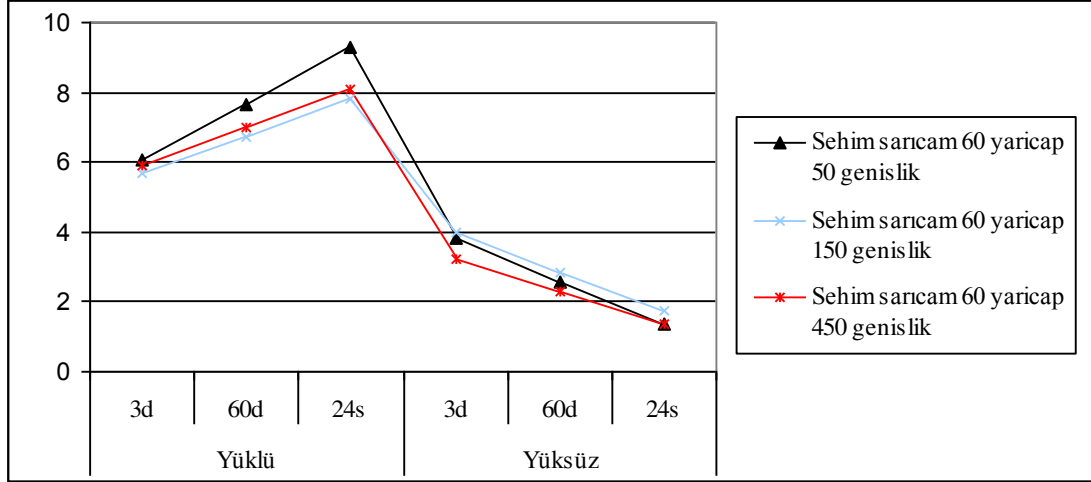
Şekil 4.18. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.46. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,54	0,00	Y= 1,230 x + 3,860
		150	0,31	0,03	Y= 0,950 x + 4,007
		450	0,34	0,02	Y= 0,920 x + 3,793
Yüksüz		50	0,65	0,00	Y= -1,330x + 9,683
		150	0,42	0,01	Y= -0,955x + 7,135
		450	0,85 *	0,00	Y= -1,010x + 7,603

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 450 ve 50 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 60 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.19 ve Çizelge 4.47’de verilmiştir.



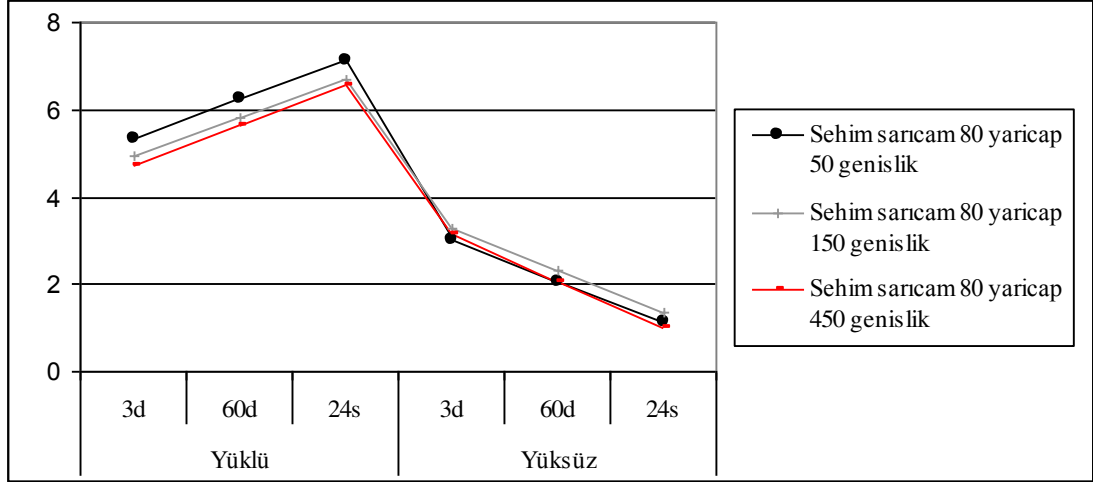
Şekil 4.19. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.47. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	60	50	0,16	0,13	Y= 1,615x + 4,443
		150	0,43	0,01	Y= 1,065 x + 4,603
		450	0,19	0,10	Y= 1,090 x + 4,827
Yüksüz		50	0,53	0,00	Y= -1,235x + 8,758
		150	0,87 *	0,00	Y= -1,140x + 8,563
		450	0,78	0,00	Y= -0,930x + 6,930

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 80 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.20 ve Çizelge 4.48’de verilmiştir.



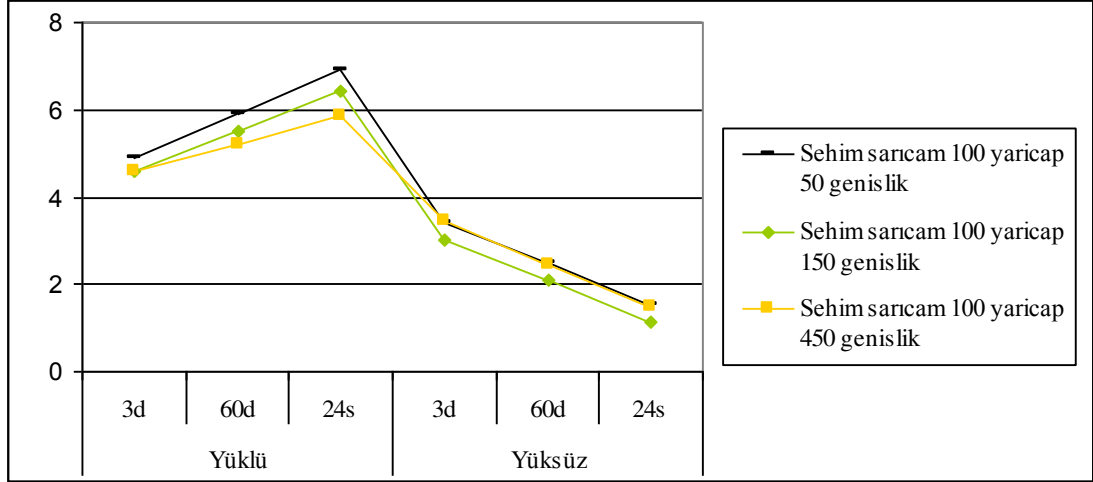
Şekil 4.20. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.48. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	80	50	0,59	0,00	Y= 0,905 x + 4,430
		150	0,55	0,00	Y= 0,880 x + 4,060
		450	0,23	0,06	Y= 0,915 x + 3,800
Yüksüz	80	50	0,73	0,00	Y= -0,925x + 6,698
		150	0,86 *	0,00	Y= -0,965x + 7,148
		450	0,70	0,00	Y= -1,055x + 7,348

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 100 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.21 ve Çizelge 4.49’de verilmiştir.



Şekil 4.21. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarları grafiği

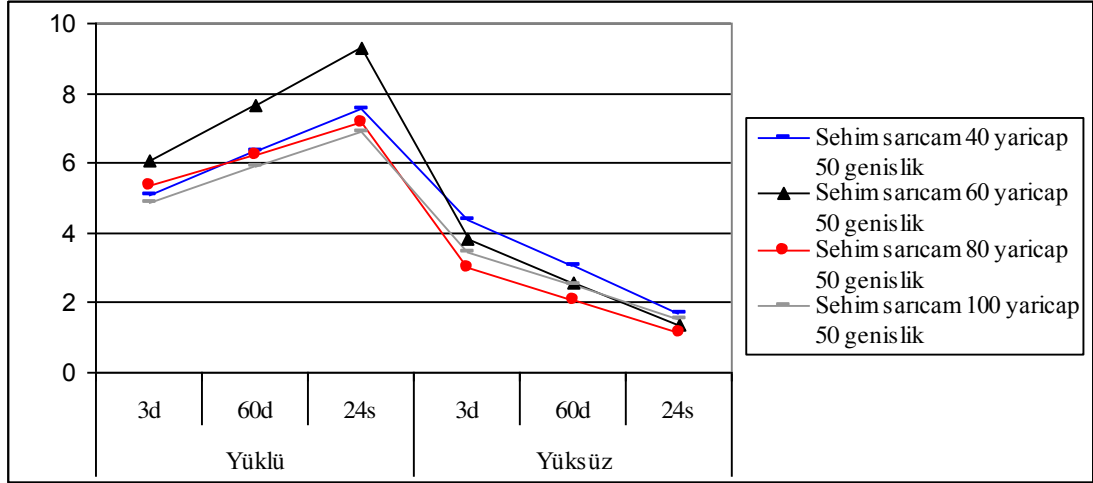
Çizelge 4.49. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	100	50	0,75	0,00	Y= 1,005 x + 3,877
		150	0,23	0,07	Y= 0,920 x + 3,650
		450	0,45	0,00	Y= 0,650 x + 3,923
Yüksüz	100	50	0,75 *	0,00	Y= -0,940x + 7,190
		150	0,52	0,00	Y= -0,960x + 6,877
		450	0,71	0,00	Y= -0,975x + 7,338

Yüklü halde regresyon katsayılarının 50 mm genişlik hariç düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1'e daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 50 genişlikli yüklü ve yüksüz elemanlarda elde edilmiştir.

Sarıçamda yarıçap değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 50 mm genişlikli sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.22 ve Çizelge 4.50’de verilmiştir.



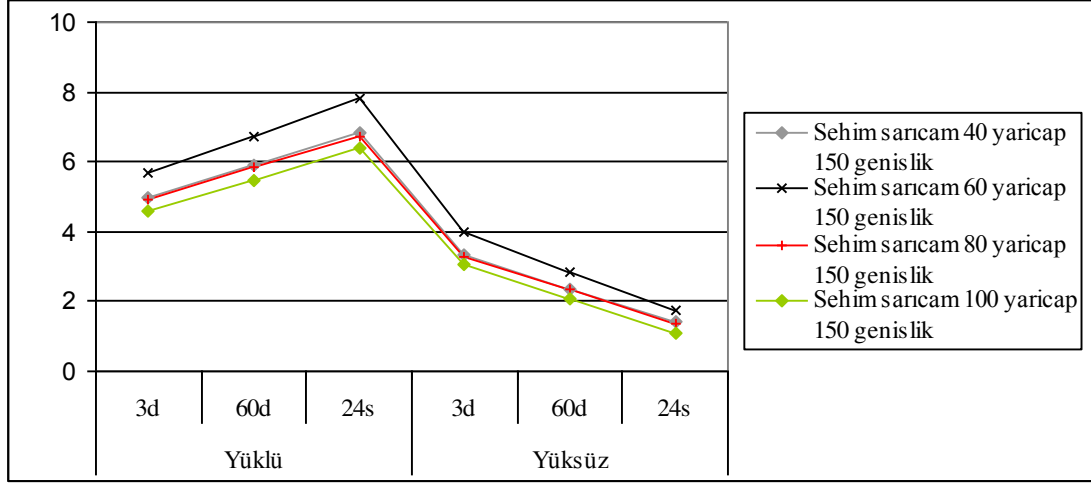
Şekil 4.22. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.50. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,54	0,00	Y= 1,230 x + 3,860
	60		0,16	0,13	Y= 1,615x + 4,443
	80		0,59	0,00	Y= 0,905 x + 4,430
	100		0,75	0,00	Y= 1,005 x + 3,877
Yüksüz	40		0,65	0,00	Y= -1,330x + 9,683
	60		0,53	0,00	Y= -1,235x + 8,758
	80		0,73	0,00	Y= -0,925x + 6,698
	100		0,75 *	0,00	Y= -0,940x + 7,190

Yüklü halde regresyon katsayılarının 100 mm hariç düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 100 mm yarıçaplı yüklü ve yüksüz elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 150 mm genişlikli sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.23 ve Çizelge 4.51’de verilmiştir.



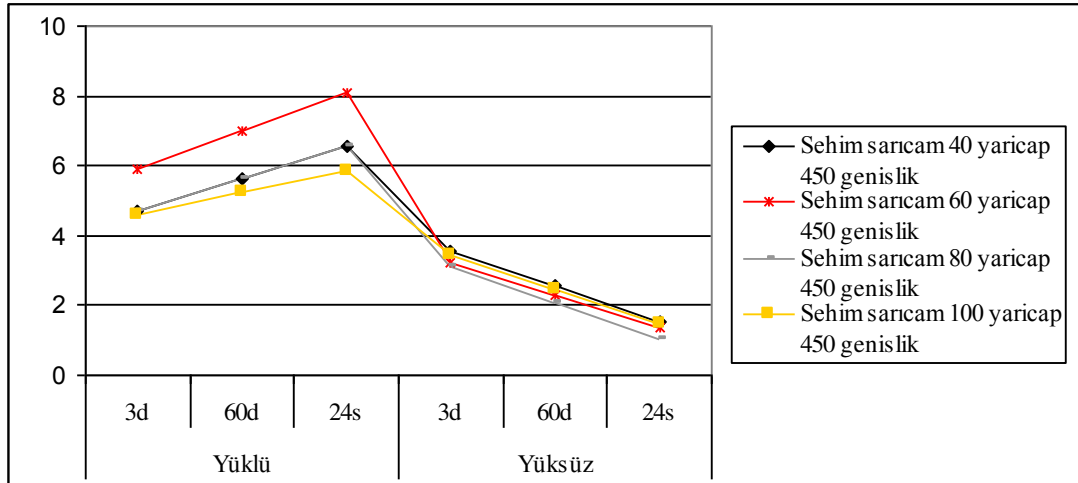
Şekil 4.23. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.51. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	150	0,31	0,03	Y= 0,950 x + 4,007
	60		0,43	0,01	Y= 1,065 x + 4,603
	80		0,55	0,00	Y= 0,880 x + 4,060
	100		0,23	0,07	Y= 0,920 x + 3,650
Yüksüz	40	150	0,42	0,01	Y= -0,955x + 7,135
	60		0,87 *	0,00	Y= -1,140x + 8,563
	80		0,86	0,00	Y= -0,965x + 7,148
	100		0,52	0,00	Y= -0,960x + 6,877

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 60 ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 450 mm genişlikli sarıçamda genişliğe göre sehim miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.24 ve Çizelge 4.52’de verilmiştir.



Şekil 4.24. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarları grafiği

Çizelge 4.52. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre sehim miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	450	0,34	0,02	Y= 0,920 x + 3,793
	60		0,19	0,10	Y= 1,090 x + 4,827
	80		0,23	0,06	Y= 0,915 x + 3,800
	100		0,45	0,00	Y= 0,650 x + 3,923
Yüksüz	40	450	0,85 *	0,00	Y= -1,010x + 7,603
	60		0,78	0,00	Y= -0,930x + 6,930
	80		0,70	0,00	Y= -1,055x + 7,348
	100		0,71	0,00	Y= -0,975x + 7,338

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 40 ve 60 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Yorma deneyinde açılma (yatay deformasyon) miktarı

Çizelge 4.53. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma deneyinde açılma miktarları ortalamaları

Ağaç Türü	r (mm)	Gen (mm)	Açılma Miktarı (mm)											
			Yükleme sonrası						Yük kalktıktan sonra					
			3 dk	Std	60 dk	Std	24 sa	Std	3 dk	Std	60 dk	Std	24 sa	Std
DOĞU KAYINI	40	50	4,36	,4	4,6	,43	5,09	,49	2,12	,21	1,61	,2	0,67	,08
		150	6,02	,74	6,31	,81	7,11	,91	2,64	,22	2,08	,23	0,97	,08
		450	4,56	1,12	4,7	1,12	5,54	1,22	1,93	,55	1,34	,48	0,75	,29
	60	50	4,66	,38	4,85	,34	5,654	,85	2,19	,16	1,63	,21	0,73	,12
		150	7,15	3,24	7,92	4	10,23	6,54	3,09	1,19	2,16	,72	1,22	,58
		450	5,09	,98	5,4	1,47	5,99	1,46	2,25	,25	1,64	,2	0,79	,05
	80	50	4,56	,51	4,83	,55	5,35	,50	2,15	,27	1,58	,21	0,73	,17
		150	4,44	,68	5	,91	6,02	,87	2,31	,32	1,73	,26	0,86	,11
		450	4,37	,68	4,65	,68	5,29	,63	1,72	,26	1,18	,28	0,65	,14
	100	50	5,69	1,13	6,79	2,37	8,98	3,79	3,12	,92	2,3	,80	1,26	,51
		150	5,58	1,15	5,92	1,2	6,61	1,38	2,2	,37	1,59	,24	0,83	,08
		450	4,29	1,52	4,62	1,55	5,23	1,66	2,15	,41	1,42	,35	0,72	,21
MEŞE	40	50	7,3	,59	8,63	,74	11	1,89	3,96	,91	2,41	,81	1,41	,24
		150	7,68	1,3	8,93	1,34	10,89	1,88	3,49	,36	2,11	,15	1,21	,23
		450	7,98	,47	9,62	,71	12,77	1,65	4,64	1,01	3,29	,96	1,75	,48
	60	50	8,19	,7	9,97	1,47	13,18	3,48	4,21	,74	3,18	,34	1,66	,19
		150	11,46	3,32	15,16	3,44	20,02	4,48	6,43	2,37	4,78	2,21	3	1,79
		450	8,69	1,12	11,05	2,57	13,18	3,45	4,21	,93	2,6	,73	1,64	,29
	80	50	8,58	1,56	10,96	2,52	13,14	3,35	4	,7	2,52	,65	1,63	,33
		150	8,63	1,08	10,38	1,52	12,26	1,98	4,57	,39	3,11	,4	1,94	,21
		450	8,17	2	10,79	3,78	13,42	6,16	4	2,34	2,54	1,77	1,63	,72
	100	50	9	,98	11,32	1,50	14,38	2,56	4,48	,64	2,96	,61	1,75	,12
		150	8,54	1,45	10,62	2,41	12,74	3,43	4,45	1,8	2,98	1,69	1,58	,4
		450	7,86	,68	9,36	,66	11,84	1,37	4,83	,46	3,28	,44	1,7	,18
SARIÇAM	40	50	7,25	,46	8,6	,54	11,54	,65	6,28	1,34	4,05	,75	2,53	,3
		150	7,44	,92	9,77	,85	12,73	1,14	5,23	1,32	3,85	,81	2,16	,76
		450	7,1	,82	9,72	,81	12,7	1,18	5,42	,43	3,79	,42	2,25	,26
	60	50	8,74	2,94	11,64	3,66	15,26	4,83	6,14	1,91	3,79	,91	2,22	,63
		150	7,76	,69	10,33	,73	13,62	,98	6,15	,74	4,33	,37	2,42	,35
		450	8,16	2,49	10,64	2,59	13,8	3,3	5,45	1,09	3,72	,6	2,05	,27
	80	50	7,25	,99	9,84	,88	12,8	,78	4,99	,77	3,46	,53	1,89	,27
		150	6,98	,68	9,68	,63	12,68	,56	5,47	,42	3,71	,32	2,1	,38
		450	7,32	1,04	9,76	1,11	12,92	1,76	5,33	1,22	3,45	,63	1,77	,31
	100	50	7,58	,53	10,04	,54	12,96	,45	5,57	,93	3,88	,58	2,26	,38
		150	7,27	,79	9,71	,97	12,32	1,55	5,19	1,32	3,48	,77	1,83	,38
		450	7,43	,82	9,97	,77	12,34	,47	5,56	,92	3,97	,52	2,23	,34

Çizelge 4.54. Ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerinin açılma'ya etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Kareler ortalaması	F	P ≤ 0,05
Ağaç	2642,46	2	1321,23	584,01	0,00
Yarıçap	182,44	3	60,81	26,88	0,00
Genişlik	56,08	2	28,04	12,39	0,00
Yorma Zamanı	11715,50	5	2343,10	1035,69	0,00
Ağaç x Yarıçap	55,44	6	9,24	4,08	0,00
Ağaç x Genişlik	44,30	4	11,07	4,89	0,00
Ağaç x Yorma Zamanı	967,89	10	96,79	42,78	0,00
Yarıçap x Genişlik	157,24	6	26,20	11,58	0,00
Yarıçap x Yorma Zamanı	91,42	15	6,09	2,69	0,00
Genişlik x Yorma Zamanı	17,78	10	1,78	0,78	0,64
Ağaç x Yarıçap x Genişlik	140,41	12	11,70	5,17	0,00
Ağaç x Yarıçap x Yorma Zamanı	26,97	30	0,90	0,39	0,99
Ağaç x Genişlik x Yorma Zamanı	19,12	20	0,95	0,42	0,99
Yarıçap x Genişlik x Yorma Zamanı	87,07	30	2,90	1,28	0,14
Ağaç x Yarıçap x Genişlik x Yorma Zamanı	81,87	60	1,36	0,60	0,99
Hata	1954,66	864	2,26		
Toplam	55166,35	1080			

Yormada açılmaya ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Aynı şekilde ağaç türü-yarıçap, ağaç türü-genişlik, ağaç türü-yorma zamanı, yarıçap-genişlik ve yarıçap-yorma zamanı ikili etkileşimi ve ağaç türü-yarıçap-genişlik üçlü etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha=0,05$). Genişlik-yorma zamanı ikili etkileşimi, ağaç türü- yarıçap - yorma zamanı, ağaç türü- genişlik- yorma zamanı ve yarıçap- genişlik- yorma zamanı üçlü etkileşimi ile ağaç türü- yarıçap- genişlik- yorma zamanı dördü etkileşimi önemsiz çıkmıştır. Ağaç türü düzeyinde yapılan ağaç türünün yormada açılmaya etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,08 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.55’de verilmiştir.

Çizelge 4.55. Ağaç türü düzeyinde açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Ağaç Türü	Açılma Miktarı (mm)	
	X_{ort}	HG
Doğu kayını	3,63	A*
Sapsız meşe	6,91	B
Sarıçam	6,99	B

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,08$, * En düşük değer

Yorma dayanımı deneyinde ağaç türü düzeyinde en düşük açılma miktarını doğu kayını verirken (3,63 mm) en yüksek miktarı sarıçam (6,99 mm) vermiş ve sapsız meşe ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Yarıçap düzeyinde yapılan karşılaştırmada yarıçapın açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,09 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.56’de verilmiştir.

Çizelge 4.56. Yarıçap düzeyinde açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yarıçap (mm)	Açılma Miktarı (mm)	
	X_{ort}	HG
40 yarıçap	5,44	A*
60 yarıçap	6,51	C
80 yarıçap	5,57	A*
100 yarıçap	5,86	B

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,09$, * En düşük değer

Yorma dayanımı deneyinde yarıçap değişkeni düzeyinde en düşük açılma miktarını 40 ve 80 mm’lik (5,44 mm ve 5,57 mm) örnekler verirken, en yüksek miktarı 60 mm’lik (6,51 mm) örnekler göstermiştir. 40 ve 80 mm yarıçapa sahip örnekler arasında istatistiksel fark yokken, 60 ve 100 mm’lik örnekler farklı çıkmıştır. Genişlik düzeyinde yapılan karşılaştırmada genişliğin açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,09 için Duncan testi sonuçları Çizelge 4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Genişlik düzeyinde açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Genişlik (mm)	Açılma Miktarı (mm)	
	X _{ort}	HG
50 genişlik	5,77	A*
150 genişlik	6,15	B
450 genişlik	5,61	A*

X_{ort}: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm$ 0,09, * En düşük değer

Yorma dayanımı deneyinde genişlik düzeyinde en düşük açılma miktarını 450 mm'lik (5,61 mm) örnekler verirken en yüksek miktarı 150 mm'lik (6,15 mm) örnekler göstermiştir. 50 ve 450 mm'lik arasındaki fark önemsizken, 150 mm'lik örnekler farklı çıkmıştır. Yorma zamanının açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,11 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.58'de verilmiştir.

Çizelge 4.58. Yorma zamanına göre açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yorma Zamanı		Açılma Miktarı (mm)	
		X _{ort}	HG
Yüklü	3 dak.sonra	7,03	D
	60 dak.sonra	8,67	E
	24 saat sonra	10,87	F
Yüksüz	3 dak.sonra	4,11	C
	60 dak.sonra	2,82	B
	24 saat sonra	1,57	A*

X_{ort}: Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm$ 0,11, * En düşük değer

Yorma zamanı etkileşimine göre en düşük açılma miktarlarını yük alındıktan 24 saat sonrasına ait örnekler gösterirken, en yüksek sehim miktarları yüklemeden 24 saat sonrasına ait örnekler vermiştir. Ağaç türü ve yarıçap düzeyinde yapılan açılma miktarına ikili etkileşimin etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,15 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.59'de verilmiştir.

Çizelge 4.59. Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Yarıçap (mm)	Açılma Miktarı (mm)	
		X_{ort}	HG
Doğu Kayını	40	3,46	AB
	60	4,03	C
	80	3,19	A*
	100	3,85	BC
Sapsız Meşe	40	6,06	D
	60	7,92	F
	80	6,79	E
	100	6,87	E
Sarıçam	40	6,80	E
	60	7,56	F
	80	6,74	E
	100	6,86	E

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,15$, * En düşük değer

Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimine göre yorma dayanımında en düşük sehım miktarlarını 60 mm çapındaki doğu kayını örnekler verirken en yüksek sehım miktarlarını 60 mm çapındaki sapsız meşe ve 60 mm çapındaki sarıçam aynı düzeyde vermiştir. Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşiminin açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,13 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.60'de verilmiştir.

Çizelge 4.60. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları

Ağaç Türü	Genişlik (mm)	Açılma Miktarı (mm)	
		X_{ort}	HG
Doğu Kayını	50	3,56	C
	150	4,16	B
	450	3,17	A*
Sapsız Meşe	50	6,66	D
	150	7,37	F
	450	6,70	DE
Sarıçam	50	7,10	EF
	150	6,92	DE
	450	6,95	DE

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,13$, * En düşük değeri

Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarlarını 450 mm genişliğindeki doğu kayını verirken, en yüksek miktarları 150 mm genişliğindeki sapsız meşe göstermiştir. Ağaç türü ve yorma zamanı ikili etkileşiminin açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,19 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.61’de verilmiştir.

Çizelge 4.61. Ağaç türü ve yorma zamanı değişkenlerine göre açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yük Durumu		Ağaç Türüne Göre Açılma Miktarı (mm)					
		Doğu kayını		Sapsız meşe		Sarıçam	
		X_{ort}	HG	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG
Yüklü	3 dak. sonra	5,06	G	8,50	İ	7,52	I
	60 dak. sonra	5,46	G	10,56	K	9,97	J
	24 saat sonra	6,42	H	13,23	L	12,97	L
Yüksüz	3 dak. sonra	2,32	C	4,44	F	5,56	G
	60 dak. sonra	1,69	B	2,98	D	3,79	E
	24 saat sonra	0,85	A*	1,74	B	2,14	BC

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,19$, * En düşük değer

Ağaç türü ve yorma ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarlarını yüksüz 24 saat sonra doğu kayını örnekler verirken, en yüksek miktarları yüklü 24 saat sonraki sapsız meşe ve sarıçam örnekler göstermiştir. Yarıçap ve genişlik düzeyinde yapılan açılma miktarına ikili etkileşimin etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,14 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.62’de verilmiştir.

Çizelge 4.62. Yarıçap ve genişlik ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları

Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Açılma Miktarı (mm)	
		X_{ort}	HG
40	50	5,19	A*
	150	5,59	AB
	450	5,54	AB
60	50	5,99	BC
	150	7,62	D
	450	5,91	BC
80	50	5,57	AB
	150	5,66	AB
	450	5,49	AB
100	50	6,35	C
	150	5,74	B
	450	5,49	AB

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,14$, * En düşük değer

Yarıçap ve genişlik ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarlarını 50 mm genişlikteki 40 mm yarıçaplı örnekler verirken en yüksek miktarlar 150 mm genişlikteki 60 mm yarıçaplı örneklerde elde edilmiştir. Yarıçap ve yorma zamanı ikili etkileşiminin açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,28 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.63’de verilmiştir.

Çizelge 4.63. Yarıçap ve yorma zamanı ikili etkileşimi düzeyinde açılma değerlerine ait karşılaştırma sonuçları

Yük Durumu		Yarıçapa Göre Açılma Miktarı (mm)							
		40		60		80		100	
		X_{ort}	HG	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG
Yüklü	3 dak. sonra	6,63	D	7,76	E	6,70	D	7,02	D
	60 dak. sonra	7,87	EF	9,66	H	8,43	FG	8,70	G
	24 saat sonra	9,93	HI	12,32	J	10,43	İİ	10,82	İ
Yüksüz	3 dak. sonra	3,96	C	4,45	C	3,84	C	4,17	C
	60 dak. sonra	2,72	B	3,09	B	2,58	B	2,87	B
	24 saat sonra	1,52	A*	1,74	A*	1,46	A*	1,57	A*

X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,28$, * En düşük değer

Yarıçap ve yorma zamanı ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarlarını 40 mm yarıçaplı örnekler verirken en yüksek miktarlar 60 mm yarıçaplı örneklerde elde edilmiştir. Yarıçap, genişlik ve ağaç türü düzeyinde yapılan açılma miktarına üçlü etkileşimin etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,25 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.64’de verilmiştir.

Çizelge 4.64. Ağaç türü, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerine göre açılma ortalamalarının karşılaştırmalı sonuçları

Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Açılma Miktarı (mm)					
		Doğu kayını		Sapsız meşe		Sarıçam	
		X_{ort}	HG	X_{ort}	HG	X_{ort}	HG
40	50	3,07	A*	5,78	EF	6,70	GH
	150	4,18	BC	5,71	EF	6,86	GH
	450	3,13	A*	6,67	GH	6,83	GH
60	50	3,28	A*	6,73	GH	7,96	I
	150	5,29	DE	10,14	İ	7,43	HI
	450	3,52	AB	6,89	GH	7,30	GHI
80	50	3,20	A*	6,80	GH	6,70	GH
	150	3,39	AB	6,81	GH	6,77	GH
	450	2,97	A*	6,75	GH	6,75	GH
100	50	4,69	CD	7,31	GHI	7,04	GH
	150	3,78	AB	6,81	GH	6,63	GH
	450	3,07	A*	6,47	FG	6,91	GH

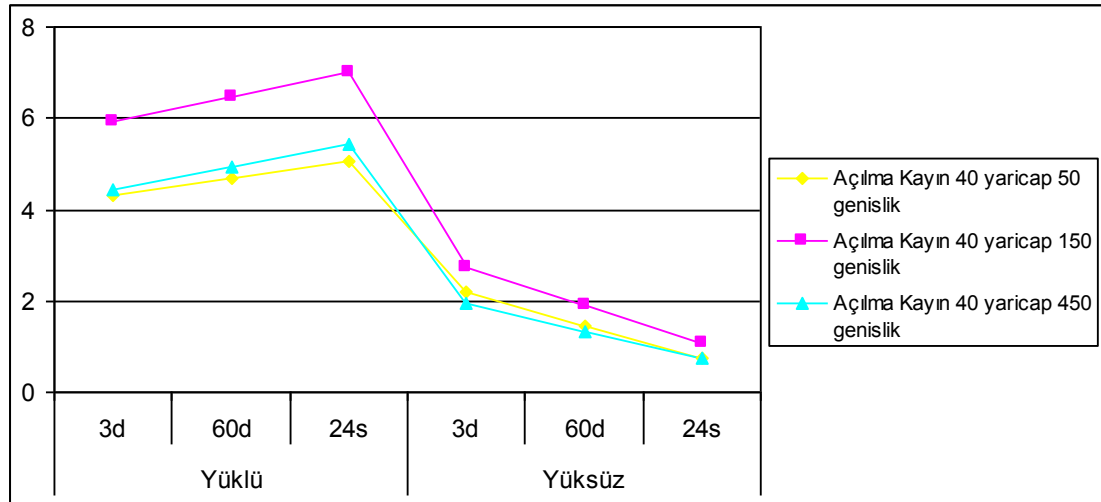
X_{ort} : Aritmetik ortalama, HG: Homojenlik Grubu, LSR $\pm 0,25$, * En düşük değer

Yarıçap-genişlik-ağaç türü üçlü etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarlarını aynı düzeyde olmak üzere 40, 60 ve 80 mm çapındaki ve 50 mm genişliğindeki doğu kayını örnekler ile 40, 80 ve 100 mm çapındaki 450 mm genişliğindeki doğu kayını örnekler vermiştir. En yüksek açılma 60 mm yarıçap ve 150 mm genişlikteki sapsız meşe örneklerde elde edilmiştir.

Yormada değişkenlerin açılmaya etkisinin regresyon grafikleri ve katsayıları

Doğu kayınında genişlik değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 40 mm yarıçaplı doğu kayını örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.25 ve Çizelge 4.65’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

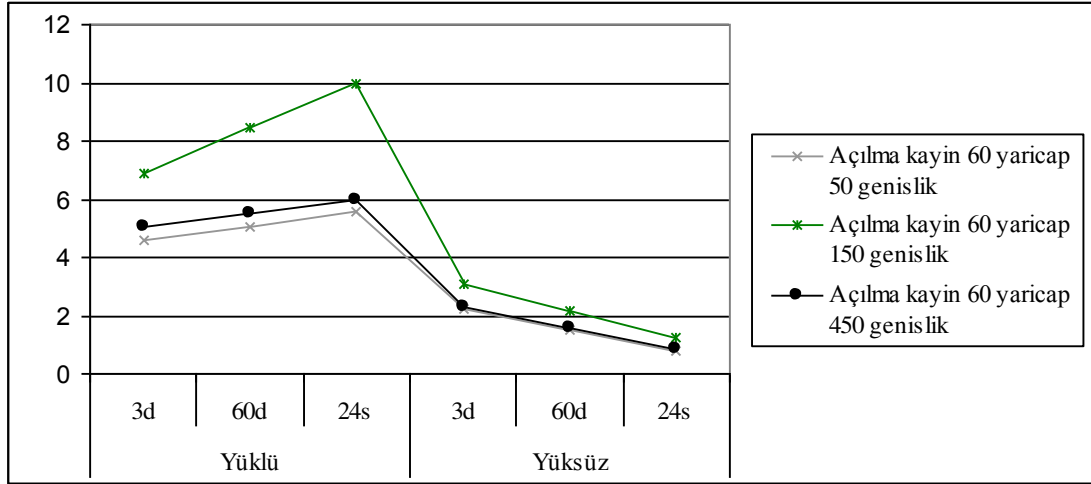
Şekil 4.25. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.65. 40 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,35	0,02	Y= 0,365x + 3,953
		150	0,26	0,05	Y= 0,545x + 5,390
		450	0,13	0,19	Y= 0,490x + 3,953
Yüksüz		50	0,90	0,00	Y= -0,725x + 5,092
		150	0,91 *	0,00	Y= -0,835x + 6,072
		450	0,58	0,00	Y= -0,590x + 4,290

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 ve 50 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 60 mm yarıçaplı doğu kayını örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.26 ve Çizelge 4.66’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

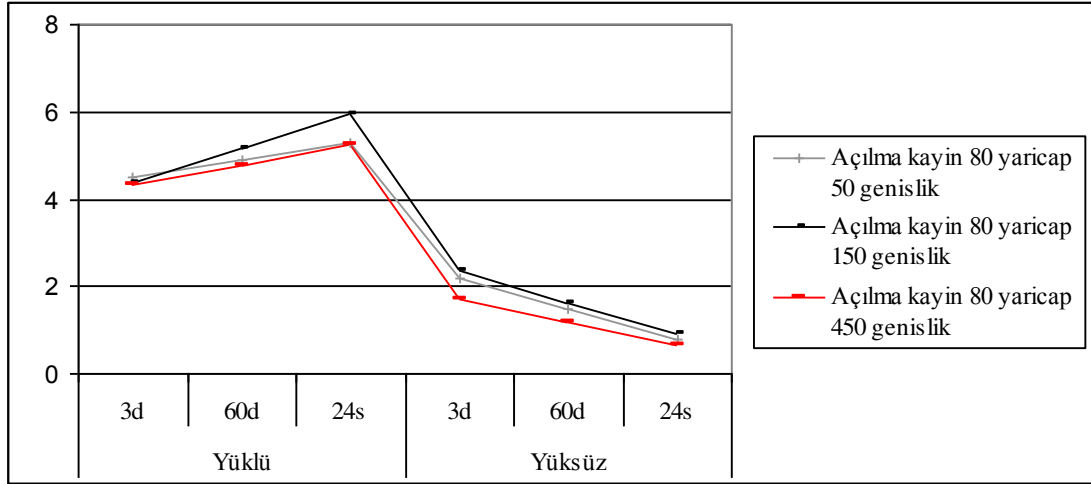
Şekil 4.26. 60 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.66. 60 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R^2)	$P \leq 0,01$	Regresyon modeli
Yüklü	60	50	0,36	0,01	$Y = 0,495x + 4,066$
		150	0,07	0,31	$Y = 1,540x + 5,353$
		450	0,08	0,28	$Y = 0,450x + 4,593$
Yüksüz	60	50	0,92 *	0,00	$Y = -0,730x + 5,167$
		150	0,48	0,00	$Y = -0,935x + 6,832$
		450	0,91	0,00	$Y = -0,730x + 5,210$

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 50 ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 80 mm yarıçaplı doğu kayını örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.27 ve Çizelge 4.67’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

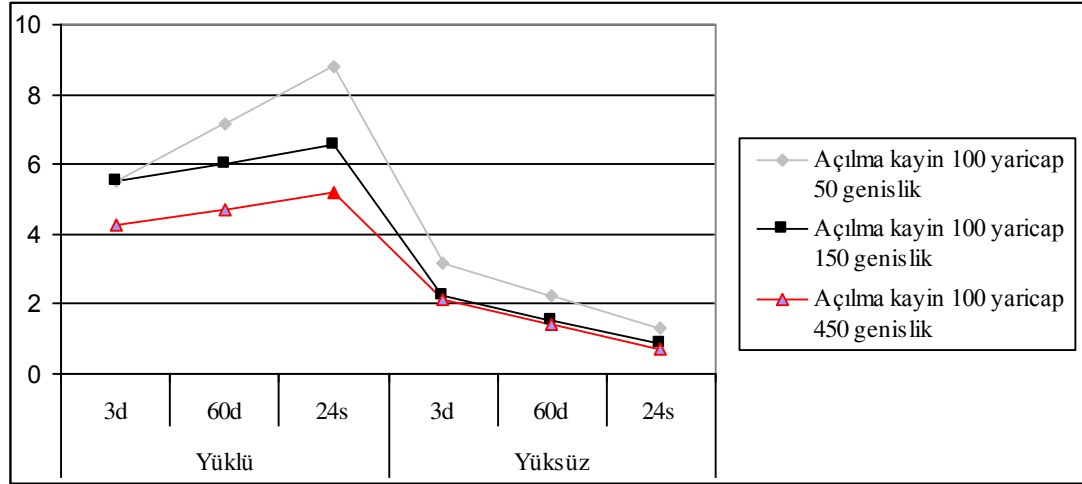
Şekil 4.27. 80 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.67. 80 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R^2)	$P \leq 0,01$	Regresyon modeli
Yüklü	80	50	0,31	0,03	$Y = 0,395x + 4,123$
		150	0,42	0,01	$Y = 0,790x + 3,573$
		450	0,28	0,04	$Y = 0,460x + 3,850$
Yüksüz	80	50	0,88 *	0,00	$Y = -0,710x + 5,037$
		150	0,86	0,00	$Y = -0,725x + 5,258$
		450	0,80	0,00	$Y = -0,535x + 3,858$

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 50 ve 150 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 100 mm yarıçaplı doğu kayını örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.28 ve Çizelge 4.68’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

Şekil 4.28. 100 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarları grafiği

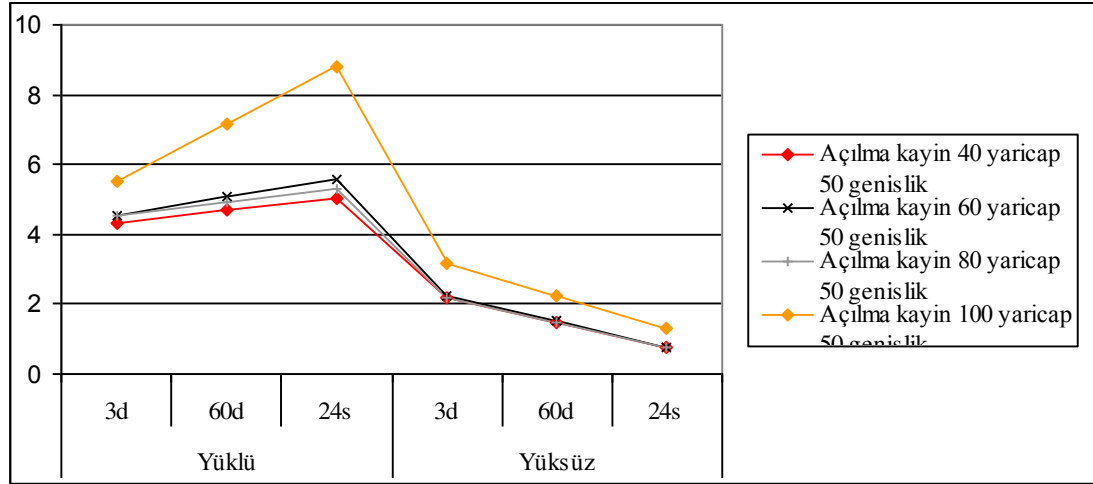
Çizelge 4.68. 100 mm yarıçaplı doğu kayınında genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R^2)	$P \leq 0,01$	Regresyon modeli
Yüklü	100	50	0,23	0,06	$Y = 1,645x + 3,863$
		150	0,12	0,20	$Y = 0,515x + 5,007$
		450	0,06	0,34	$Y = 0,470x + 3,773$
Yüksüz	100	50	0,54	0,00	$Y = -0,930x + 6,877$
		150	0,84 *	0,00	$Y = -0,685x + 4,965$
		450	0,78	0,00	$Y = -0,715x + 5,005$

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Doğu kayınında yarıçap değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 50 mm genişlikli doğu kayını örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.29 ve Çizelge 4.69’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

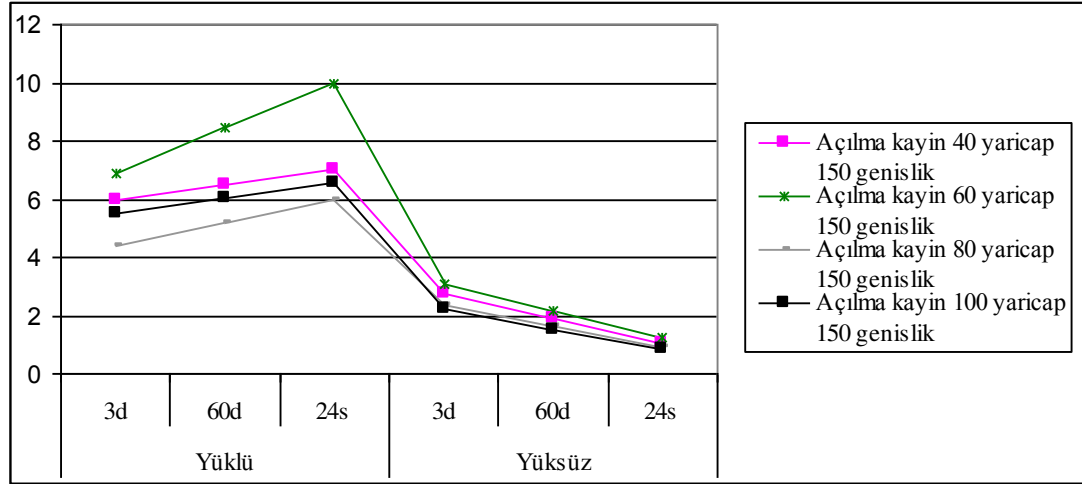
Şekil 4.29. 50 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.69. 50 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,35	0,02	Y= 0,365x + 3,953
	60		0,36	0,01	Y= 0,495x + 4,066
	80		0,31	0,03	Y= 0,395x + 4,123
	100		0,23	0,06	Y= 1,645x + 3,863
Yüksüz	40		0,90	0,00	Y= -0,725x + 5,092
	60		0,92 *	0,00	Y= -0,730x + 5,167
	80		0,88	0,00	Y= -0,710x + 5,037
	100		0,55	0,00	Y= -0,930x + 6,877

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 60 ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 150 mm genişlikli doğu kayını örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.30 ve Çizelge 4.70’de verilmiştir.



Kayın: Doğu kayını

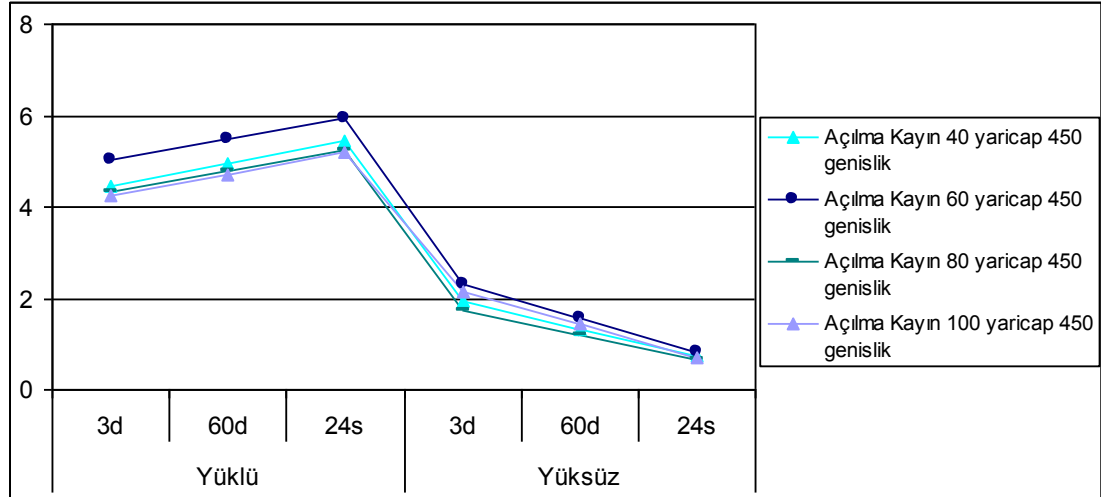
Şekil 4.30. 150 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.70. 150 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	150	0,26	0,05	Y= 0,545x + 5,390
	60		0,07	0,31	Y= 1,540x + 5,353
	80		0,42	0,01	Y= 0,790x + 3,573
	100		0,12	0,20	Y= 0,515x + 5,007
Yüksüz	40		0,91 *	0,00	Y= -0,835x + 6,072
	60		0,48	0,00	Y= -0,935x + 6,832
	80		0,86	0,00	Y= -0,725x + 5,258
	100		0,846	0,00	Y= -0,685x + 4,965

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 40 ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 450 mm genişlikli doğu kayını örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.31 ve Çizelge 4.71’de verilmiştir.



Kayın: Doğru kayını

Şekil 4.31. 450 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

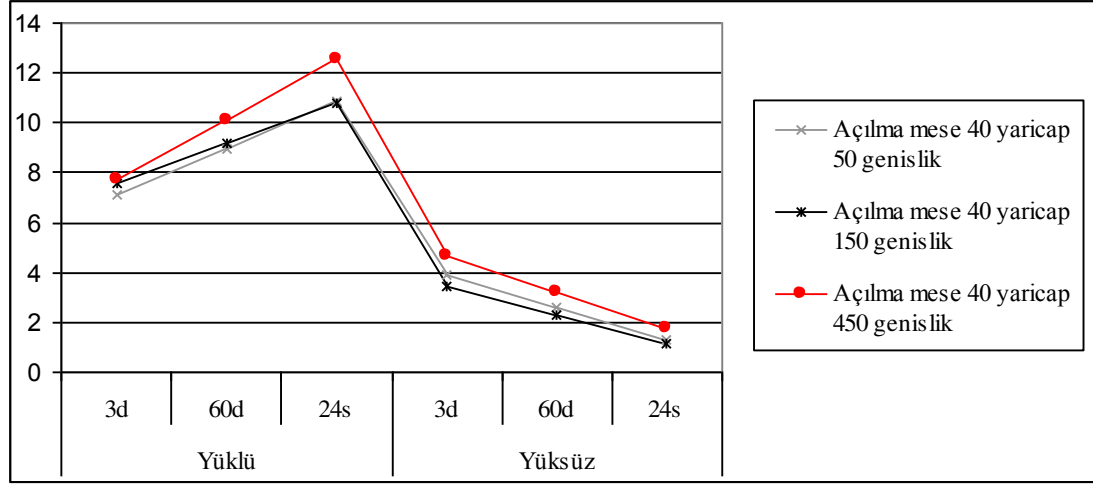
Çizelge 4.71. 450 mm genişlikteki doğu kayınında yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	450	0,19	0,19	Y= 0,490x + 3,953
	60		0,08	0,28	Y= 0,450x + 4,593
	80		0,28	0,04	Y= 0,460x + 3,850
	100		0,06	0,34	Y= 0,470x + 3,773
Yüksüz	40	450	0,58	0,00	Y= -0,590x + 4,290
	60		0,91 *	0,00	Y= -0,730x + 5,210
	80		0,80	0,00	Y= -0,535x + 3,858
	100		0,78	0,00	Y= -0,715x + 5,005

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 60 ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Sapsız meşede genişlik değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 40 mm yarıçaplı sapsız meşe örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.32 ve Çizelge 4.72’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

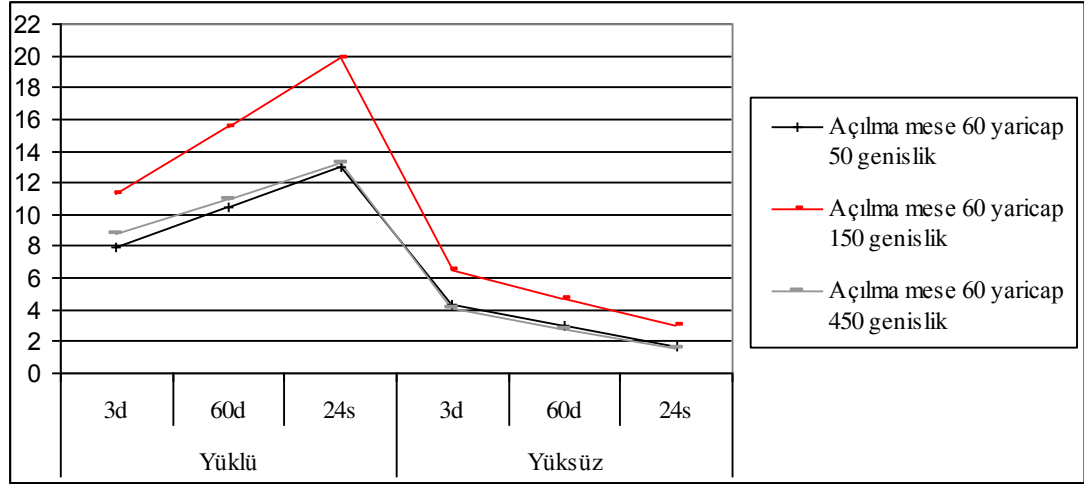
Şekil 4.32. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.72. 40 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,64	0,00	Y= 1,850x + 5,277
		150	0,47	0,00	Y= 1,605x + 5,957
		450	0,78	0,00	Y= 2,395x + 5,333
Yüksüz	40	50	0,71	0,00	Y= -1,275x + 8,968
		150	0,92 *	0,00	Y= -1,140x + 7,970
		450	0,70	0,00	Y= -1,445x + 10,452

Hem yüklü hem de yüksüz durumda elemanların regresyon katsayılarının 1’e oldukça yaklaşmış olduğu görülmüştür. Her iki durum içinde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 mm’lik yüklü ve 450 mm’lik yüksüz durumdaki elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 60 mm yarıçaplı sapsız meşe örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.33 ve Çizelge 4.73’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

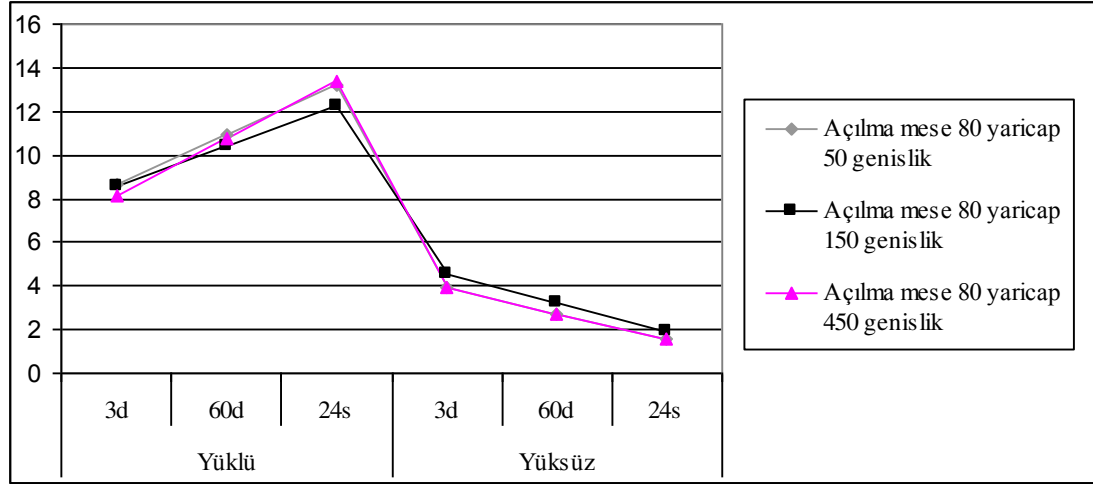
Şekil 4.33. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.73. 60 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	60	50	0,50	0,00	Y= 2,495x + 5,457
		150	0,51	0,00	Y= 4,280x + 6,987
		450	0,39	0,01	Y= 2,245x + 6,483
Yüksüz		50	0,84 *	0,00	Y= -1,275x + 9,392
		150	0,34	0,02	Y= -1,715x + 13,312
		450	0,72	0,00	Y= -1,285x + 9,242

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise 150 mm genişlikli örnekler hariç katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 50 ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 80 mm yarıçaplı sapsız meşe örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.34 ve Çizelge 4.74’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

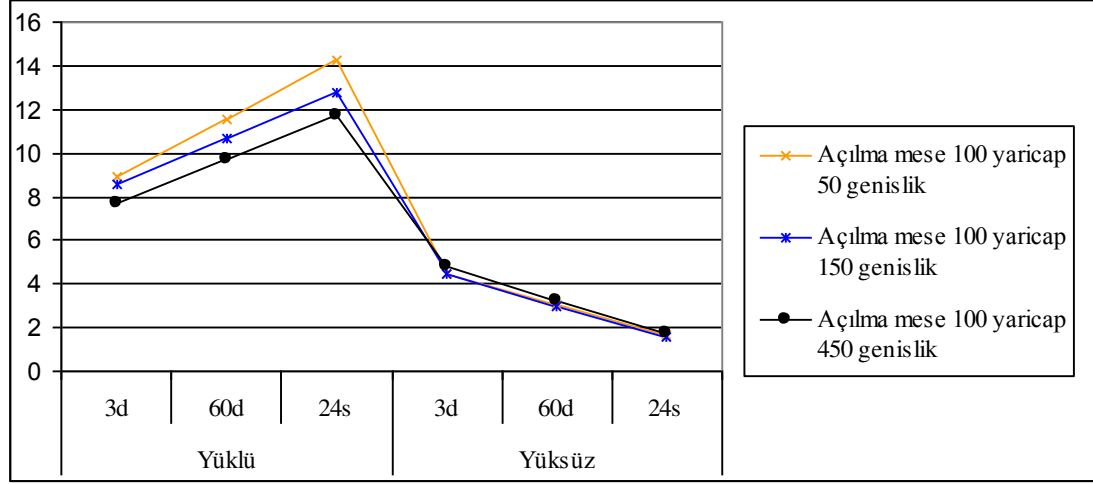
Şekil 4.34. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.74. 80 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	80	50	0,39	0,01	Y= 2,280x + 6,333
		150	0,52	0,00	Y= 1,815x + 6,793
		450	0,23	0,06	Y= 2,625x + 5,543
Yüksüz	80	50	0,76	0,00	Y= -1,185x + 8,642
		150	0,92 *	0,00	Y= -1,315x + 9,782
		450	0,27	0,04	Y= -1,185x + 8,648

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise 450 mm genişlikli örnekler hariç katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 150 ve 50 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 100 mm yarıçaplı sapsız meşe örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.35 ve Çizelge 4.75’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

Şekil 4.35. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarları grafiği

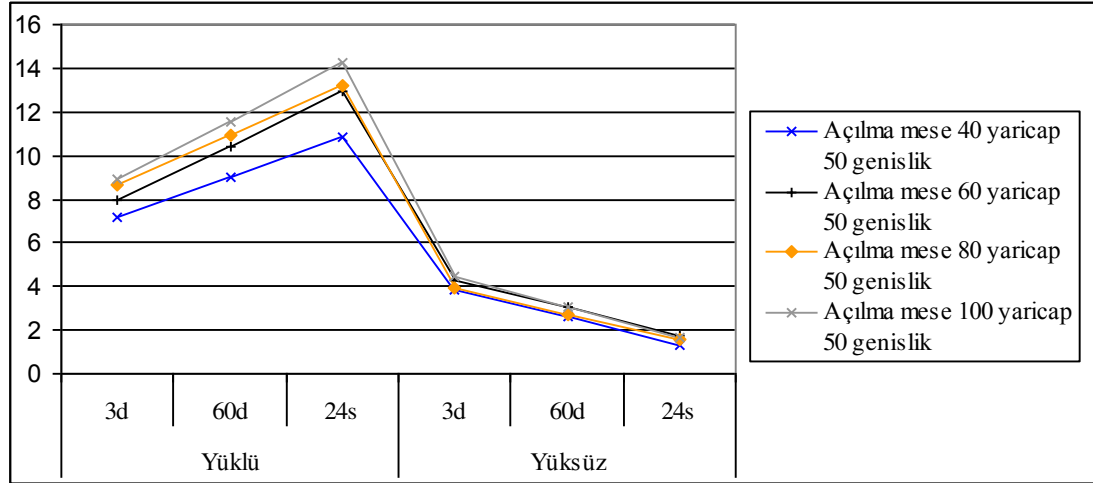
Çizelge 4.75. 100 mm yarıçaplı sapsız meşede genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	100	50	0,64	0,00	Y= 2,690x + 6,187
		150	0,36	0,02	Y= 2,100x + 6,433
		450	0,76	0,00	Y= 1,990x + 5,707
Yüksüz		50	0,84	0,00	Y= -1,365x + 9,888
		150	0,45	0,00	Y= -1,435x + 10,178
		450	0,93 *	0,00	Y= -1,565x + 11,095

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 450 ve 50 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Sapsız meşede yarıçap değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 50 mm genişlikli sapsız meşe örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.36 ve Çizelge 4.76’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

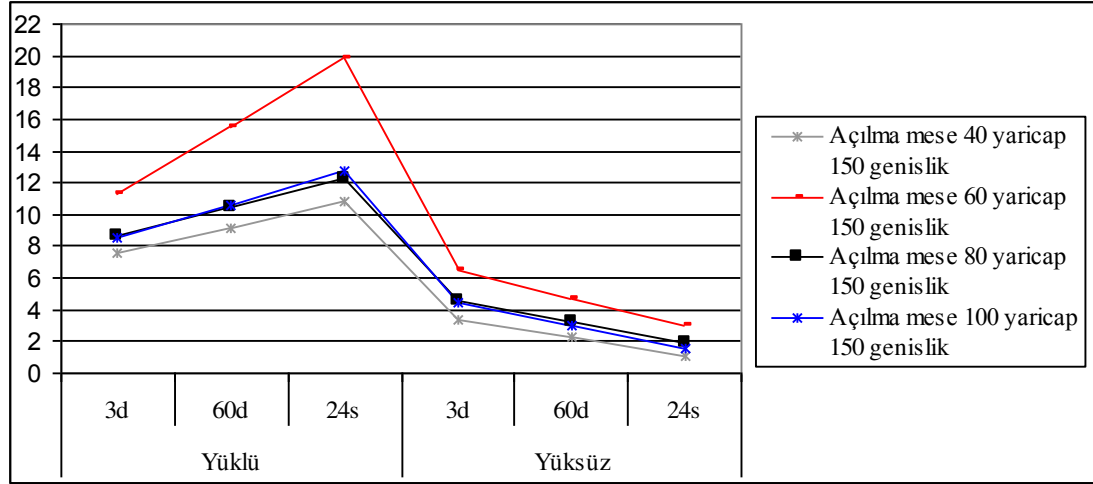
Şekil 4.36. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.76. 50 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,64	0,00	Y= 1,850x + 5,277
	60		0,50	0,00	Y= 2,495x + 5,457
	80		0,39	0,01	Y= 2,280x + 6,333
	100		0,64	0,00	Y= 2,690x + 6,187
Yüksüz	40		0,71	0,00	Y= -1,275x + 8,968
	60		0,84	0,00	Y= -1,275x + 9,392
	80		0,76	0,00	Y= -1,185x + 8,642
	100		0,85 *	0,00	Y= -1,365x + 9,888

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 100 ve 60 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 150 mm genişlikli sapsız meşe örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.37 ve Çizelge 4.77’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

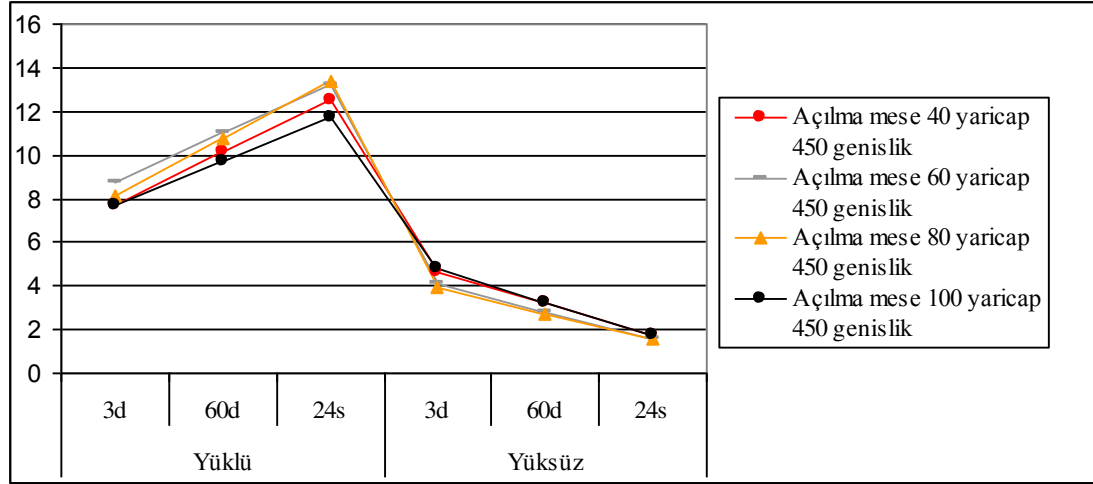
Şekil 4.37. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.77. 150 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	150	0,47	0,00	Y= 1,605x + 5,957
	60		0,51	0,00	Y= 4,280x + 6,987
	80		0,52	0,00	Y= 1,815x + 6,793
	100		0,35	0,02	Y= 2,100x + 6,433
Yüksüz	40	150	0,92 *	0,00	Y= -1,140x + 7,970
	60		0,34	0,02	Y= -1,715x + 13,312
	80		0,91	0,00	Y= -1,315x + 9,782
	100		0,45	0,01	Y= -1,435x + 10,178

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e daha yakın olduğu görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki 40 ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 450 mm genişlikli sapsız meşe örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.38 ve Çizelge 4.78’de verilmiştir.



Meşe: Sapsız meşe

Şekil 4.38. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

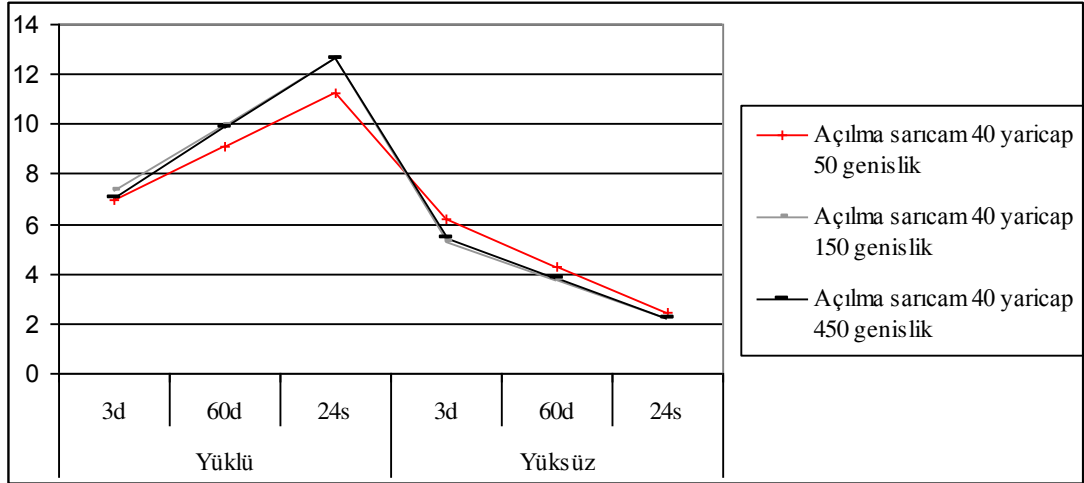
Çizelge 4.78. 450 mm genişlikteki sapsız meşede yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	450	0,78	0,00	Y= 2,395x + 5,333
	60		0,38	0,01	Y= 2,245x + 6,483
	80		0,23	0,06	Y= 2,625x + 5,543
	100		0,76	0,00	Y= 1,990x + 5,707
Yüksüz	40		0,70	0,00	Y= -1,445x + 10,452
	60		0,72	0,00	Y= -1,285x + 9,242
	80		0,27	0,04	Y= -1,185x + 8,648
	100		0,93 *	0,00	Y= -1,565x + 11,095

Yüklü halde regresyon katsayılarının düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 80 mm yarıçaplı örnekler hariç 1’e oldukça yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki yüksüz 100 mm ve yüklü 40 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Sarıçamda genişlik değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 40 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.39 ve Çizelge 4.79’de verilmiştir.



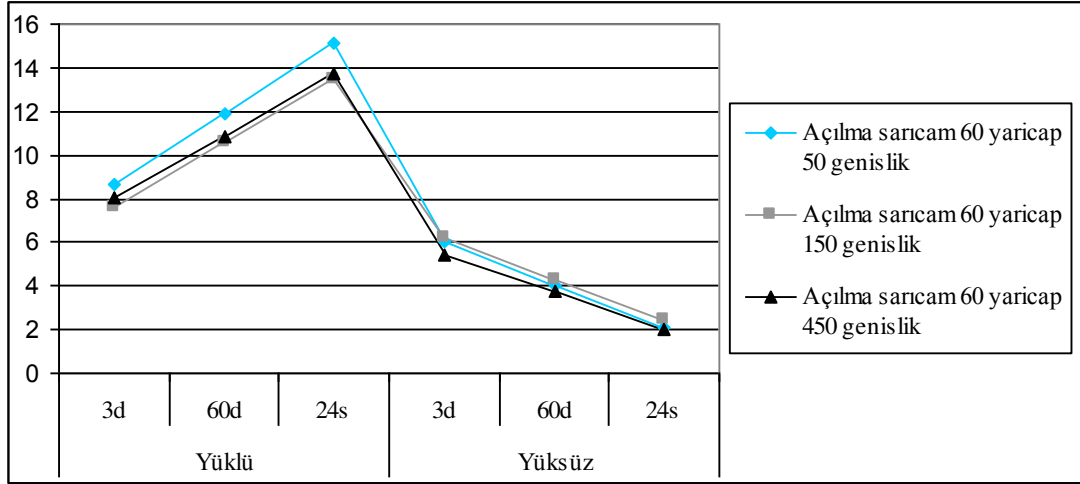
Şekil 4.39. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.79. 40 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,88	0,00	Y= 2,145x + 4,840
		150	0,85	0,00	Y= 2,645x + 4,690
		450	0,87	0,00	Y= 2,800x + 4,240
Yüksüz		50	0,77	0,00	Y= -1,875x + 13,662
		150	0,66	0,00	Y= -1,535x + 11,422
		450	0,93 *	0,00	Y= -1,585x + 11,745

Yüklü halde regresyon katsayılarının 1’e oldukça yaklaştığı, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin daha düşük gerçekleştiği görülmüştür. Yüklü halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. Ancak en yüksek doğrusal ilişki yüksüz 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 60 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.40 ve Çizelge 4.80’de verilmiştir.



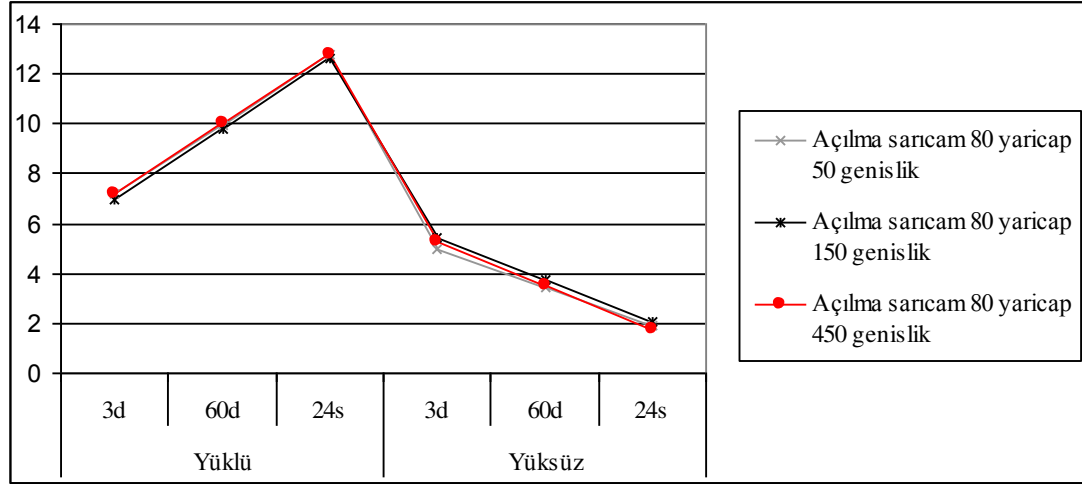
Şekil 4.40. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.80. 60 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıcap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	60	50	0,36	0,01	Y= 3,260x + 5,360
		150	0,91	0,00	Y= 2,930x + 4,710
		450	0,45	0,00	Y= 2,820x + 5,227
Yüksüz		50	0,65	0,00	Y= -1,960x + 13,850
		150	0,91 *	0,00	Y= -1,865x + 13,625
		450	0,81	0,00	Y= -1,700x + 12,240

Yüklü halde regresyon katsayılarının 150 mm genişlikli örnekler hariç düşük olduğu, yük alındıktan sonra ise katsayı değerlerinin 1’e daha çok yaklaştığı görülmüştür. Yüksüz halde doğrusal bir ilişkinin mevcut olduğu tespit edilmiştir. En yüksek doğrusal ilişki yüksüz 50 ve yüklü 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 80 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.41 ve Çizelge 4.81’de verilmiştir.



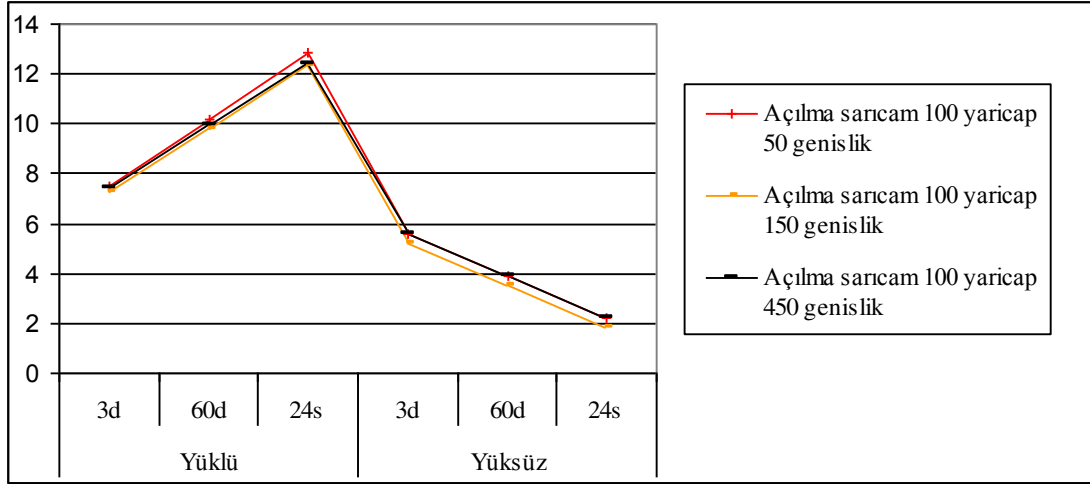
Şekil 4.41. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.81. 80 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	80	50	0,88	0,00	Y= 2,775x + 4,413
		150	0,94 *	0,00	Y= 2,850x + 4,080
		450	0,78	0,00	Y= 2,800x + 4,400
Yüksüz		50	0,86	0,00	Y= -1,550x + 11,197
		150	0,94	0,00	Y= -1,685x + 12,185
		450	0,79	0,00	Y= -1,780x + 12,417

Yüklü ve yüksüz halde regresyon katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Her iki durum için açılmada yarıçap sabiti ve genişlik değişkeni arasında doğrusal ilişkiden bahsedilebilir. En yüksek doğrusal ilişki yüklü 150 mm ve yüksüz 150 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 100 mm yarıçaplı sarıçam örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.42 ve Çizelge 4.82’de verilmiştir.



Şekil 4.42. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarları grafiği

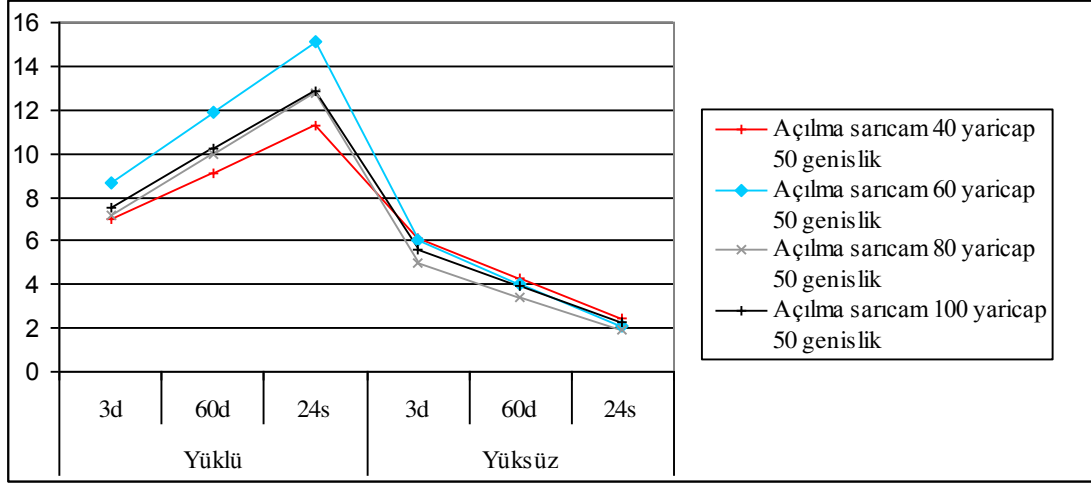
Çizelge 4.82. 100 mm yarıçaplı sarıçamda genişliğe göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	100	50	0,95 *	0,00	Y= 2,690x + 4,813
		150	0,79	0,00	Y= 2,525x + 4,717
		450	0,91	0,00	Y= 2,455x + 5,003
Yüksüz	100	50	0,83	0,00	Y= -1,655x + 12,178
		150	0,73	0,00	Y= -1,680x + 11,900
		450	0,84	0,00	Y= -1,665x + 12,245

Yüklü ve yüksüz halde regresyon katsayı değerlerinin 1’e yaklaştığı görülmüştür. Her iki durum için açılmada yarıçap sabiti ve genişlik değişkeni arasında doğrusal ilişkiden bahsedilebilir. En yüksek doğrusal ilişki yüklü 50 mm ve 450 mm genişlikli elemanlarda elde edilmiştir.

Sarıçamda yarıçap değişkenine göre:

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 50 mm genişlikli sarıçam örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.43 ve Çizelge 4.83’de verilmiştir.



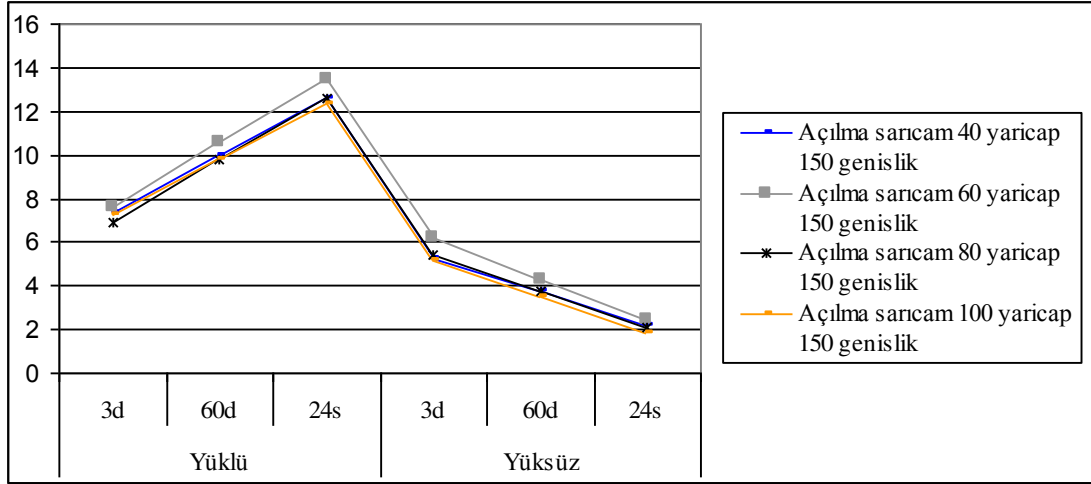
Şekil 4.43. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.83. 50 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	50	0,88	0,00	Y= 2,145x + 4,840
	60		0,36	0,01	Y= 3,260x + 5,360
	80		0,88	0,00	Y= 2,775x + 4,413
	100		0,95 *	0,00	Y= 2,690x + 4,813
Yüksüz	40	50	0,77	0,00	Y= -1,875x + 13,662
	60		0,65	0,00	Y= -1,960x + 13,850
	80		0,86	0,00	Y= -1,550x + 11,197
	100		0,83	0,00	Y= -1,655x + 12,178

Yüklü ve yüksüz halde regresyon katsayı değerlerinin yüklü haldeki 60 mm yarıçaplı örnekler hariç 1’e yaklaştığı görülmüştür. Her iki durum için açılmada genişlik sabiti ve yarıçap değişkeni arasında doğrusal ilişkiden bahsedilebilir. En yüksek doğrusal ilişki yüklü 100 mm ve 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 150 mm genişlikli sarıçam örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.44 ve Çizelge 4.84’de verilmiştir



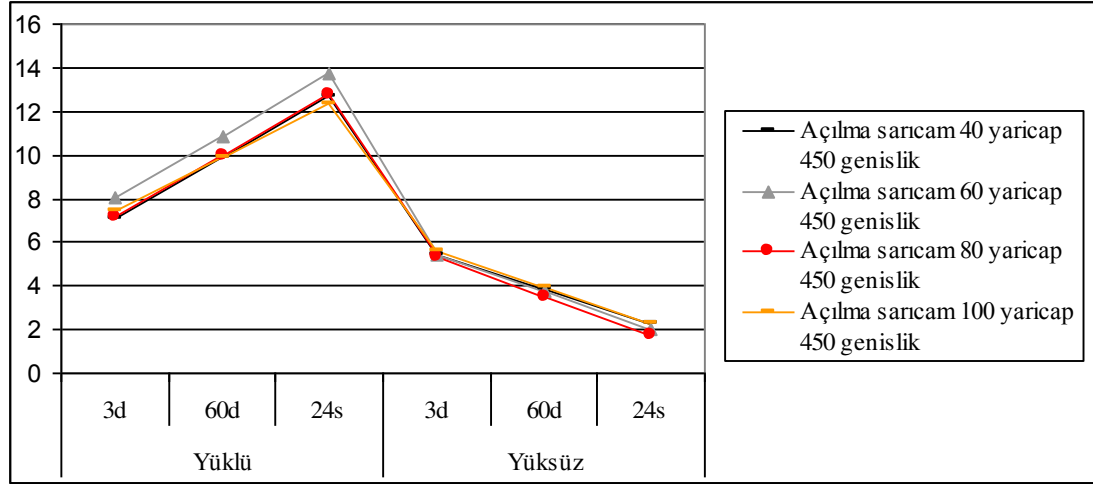
Şekil 4.44. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.84. 150 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genişlik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	150	0,85	0,00	Y= 2,645x + 4,690
	60		0,91	0,00	Y= 2,930x + 4,710
	80		0,94 *	0,00	Y= 2,850x + 4,080
	100		0,79	0,00	Y= 2,525x + 4,717
Yüksüz	40	150	0,66	0,00	Y= -1,535x + 11,422
	60		0,91	0,00	Y= -1,865x + 13,625
	80		0,94	0,00	Y= -1,685x + 12,185
	100		0,73	0,00	Y= -1,680x + 11,900

Yüklü ve yüksüz halde regresyon katsayı değerlerinin 1’e eşit oranda yaklaştığı görülmüştür. Her iki durum için açılmada genişlik sabiti ve yarıçap değişkeni arasında doğrusal ilişkiden bahsedilebilir. En yüksek doğrusal ilişki yüklü 80 mm ve yüksüz 80 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Şekillendirilmiş lamine elemanlarda 450 mm genişlikli sarıçam örneklerde açılma miktarlarına ait regresyon değerleri Şekil 4.45 ve Çizelge 4.85’de verilmiştir.



Şekil 4.45. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarları grafiği

Çizelge 4.85. 450 mm genişlikteki sarıçamda yarıçapa göre açılma miktarlarının regresyon katsayıları

Yük durumu	Yarıçap (mm)	Genislik (mm)	Regresyon katsayısı (R ²)	P ≤ 0,01	Regresyon modeli
Yüklü	40	450	0,87	0,00	Y= 2,800x + 4,240
	60		0,45	0,00	Y= 2,820x + 5,227
	80		0,77	0,00	Y= 2,800x + 4,400
	100		0,91	0,00	Y= 2,455x + 5,003
Yüksüz	40	450	0,93 *	0,00	Y= -1,585x + 11,745
	60		0,81	0,00	Y= -1,700x + 12,240
	80		0,79	0,00	Y= -1,780x + 12,417
	100		0,84	0,00	Y= -1,665x + 12,245

Yüklü ve yüksüz halde regresyon katsayı değerlerinin yüklü haldeki 60 mm yarıçaplı örnekler hariç 1’e eşit oranda yaklaştığı görülmüştür. Her iki durum için açılmada genişlik sabiti ve yarıçap değişkeni arasında doğrusal ilişkiden bahsedilebilir. En yüksek doğrusal ilişki yüksüz 40 mm ve yüklü 100 mm yarıçaplı elemanlarda elde edilmiştir.

Gözlemsel Değerlendirme

- Bu çalışma sonucunda laminasyon üretimlerinde eleman kalınlığının bu deney şartlarında 20 mm olması halinde elde edilebilecek en düşük dış bükey çeyrek kavisli yarıçapın 40 mm (Resim 4.3) olabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca yine bu deney şartlarında iç bükey kavisli kalıpta üretimi planlanan deney örneklerinde de 200 mm'den daha küçük ve derin kavisli deney örneklerinin üretiminin mümkün olmadığı görülmüştür.



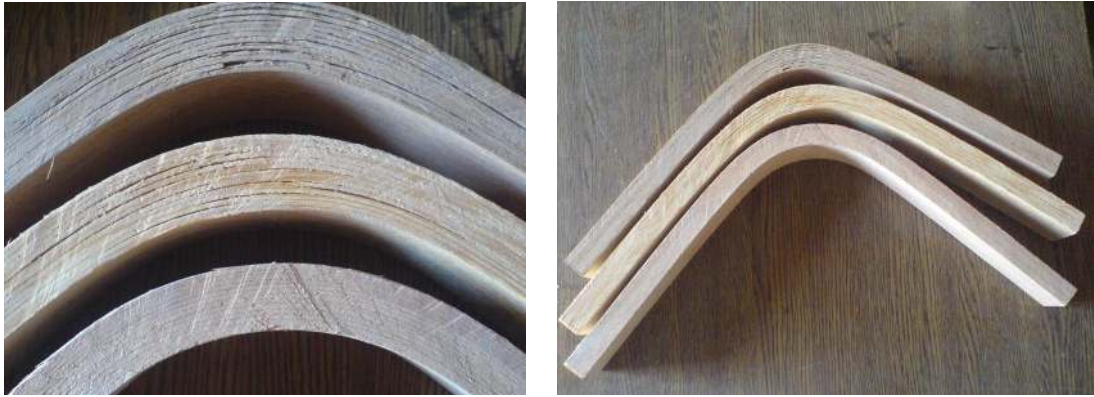
Resim 4.2. Üretimi mümkün olmayan 20 mm yarıçaplı dış bükey ve iç bükey kavis



Resim 4.3. Elde edilebilen dış bükey kavis değerleri

- Doğu kayını papel kaplamalardan D4 tutkalı kullanılarak hazırlanan deney örnekleri için 30 dak.'lık pres süresinin ve 80° C'lik sıcaklığa kadar ısıtmanın yeterli olduğu, bu sürenin sapsız meşe sarıçam için ise daha da artırılması gerektiği ortaya çıkmıştır.

- İlk tutkallanmış katmanlarda tutkal sertleşmeye başladığı için, preste katmanların şekil alabilmesi için gerekli kayma hareketi yeterince sağlanamamakta, böylelikle bükülme noktasında yeterince preslenememiş bir kısmın kalmasına sebep olmaktadır.



Resim 4.4. Kusurlu deney örnekleri

- En fazla 80 °C sıcaklığa kadar kullanıma uygun D4 tutkalı ile yapılan bu çalışmada, 80 °C' lik sıcaklığa ayarlanmış Pres ısısının membranın altına ve papel katları arasındaki tutkala aynı oranda etki edemediği görülmüştür.
- Pres sonrası sarıçam ve sapsız meşe örneklerin formunu koruyamadıkları ve büyük oranda düzleşme eğilimi gösterdikleri, ortaya çıkan bu balans kuvvetinin doğu kayını papel laminasyonda ise çok sınırlı olduğu (en fazla %5) görülmüştür.



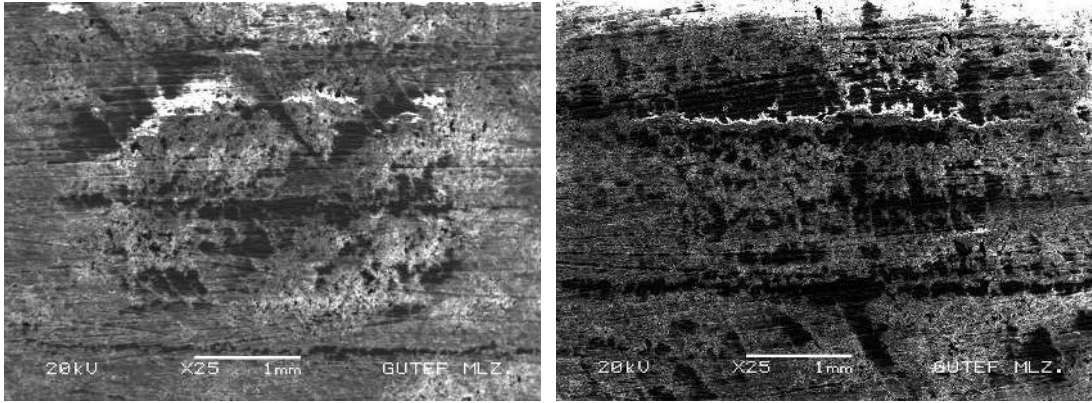
Resim 4.5. Boyutlandırılmamış deney örnekleri ve deformasyonu engellemek için kullanılan kalıp

- D₄ tutkalının sürüldükten sonraki açık bekleme süresi, üretici firmanın da belirttiği şekliyle 6-10 dakikadır. Tutkal sürme merdanesi ile 13 kattan oluşan bir parçanın tutkallama süresi de yaklaşık bu süre kadar olduğundan ancak bir deney örneği tutkallanabilmektedir. Deneme amaçlı olarak uygulanan su ilavesi ile viskozitenin azaltılması, tutkalın sertleşme süresinin ve buna bağlı olarak pres süresinin uzamasına sebep olmuştur.

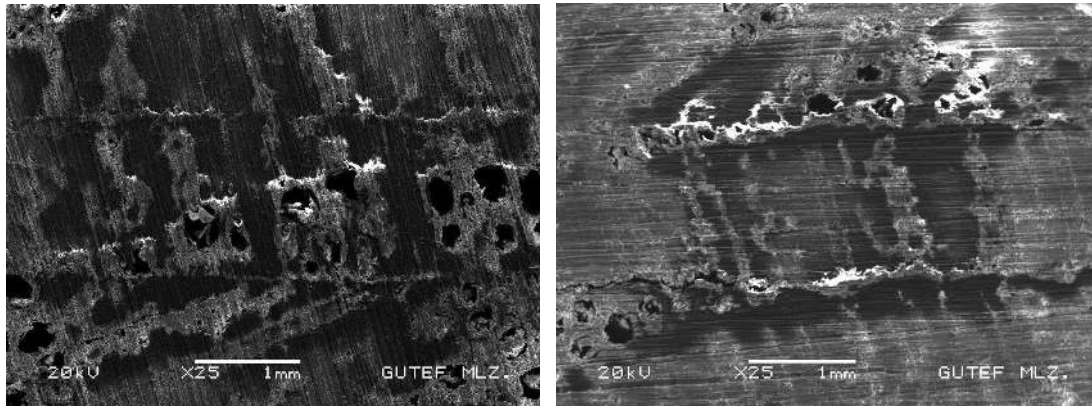
4.3. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüleme

Yapışma kalitesini etkileyen faktörleri tanımlama amaçlı olarak yapılan bu işlem için hazırlanan görüntüleme numuneleri, deney örneklerinin düz ve eğmeçli kısımlarından ayrı ayrı hazırlanmıştır. Örneklerle görüntüleme öncesi karbon kaplama yapılmıştır. 3 farklı büyütme oranında (x25, x80, x200) görüntü alınmıştır.

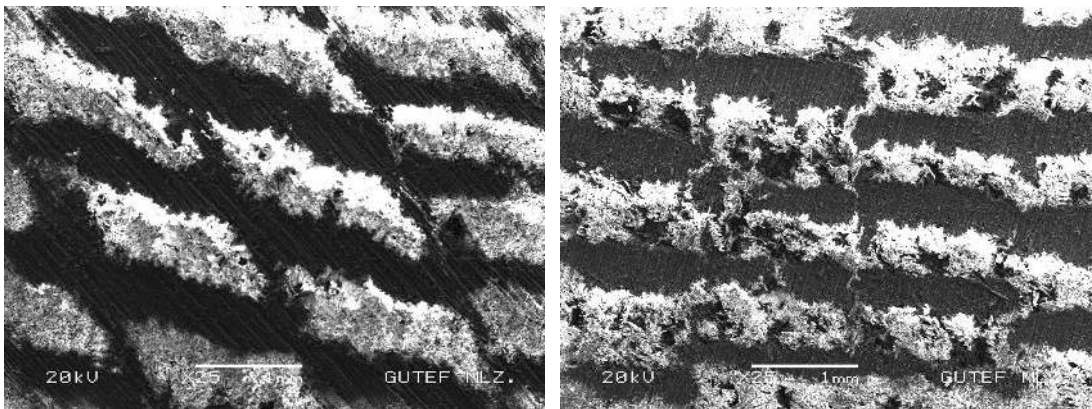
25 kat büyütme yapılmış ‘eğmeçli’ örneklerde katman aralıklarının daha belirgin ve açık olduğu görülmektedir. Eğmeçli örneklerdeki, eğme işlemi sonrası oluşan yüzeysel çatlamların yapışma direncini olumsuz etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Düz kısımlardan alınmış örneklerde ise katman aralıklarının daha belirsiz olduğu ancak sapsız meşe ve sarıçamda katman aralıklarının doğu kayınına oranla biraz daha aralıklı olduğu görülmüştür. Sarıçamda ise ilkbahar ve sonbahar yıllık halkalardaki çok belirgin heterojen yapının, yapışma kalitesini düşüren bir etken olduğu düşünülmektedir. Sapsız meşeye özgü olarak kaba tekstür ve yüzeylerinin pürüzlü oluşu görüntülerde de görülmektedir. Sapsız meşenin bu özelliğinin yapışma kalitesini düşürebileceği söylenebilir (Resim 4.10-15).



Resim 4.6. Doğuş kayını örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 25 kat büyütülmüş çekimler



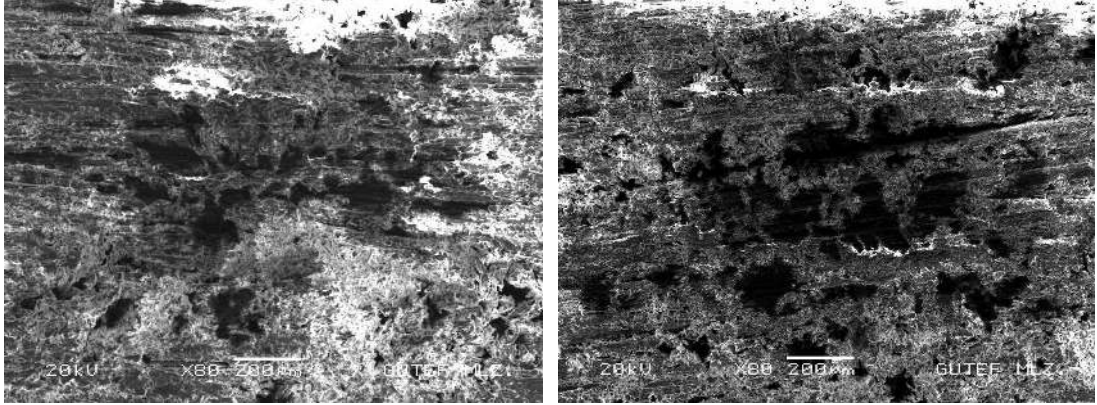
Resim 4.7. Sapsız meşe örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 25 kat büyütülmüş çekimler



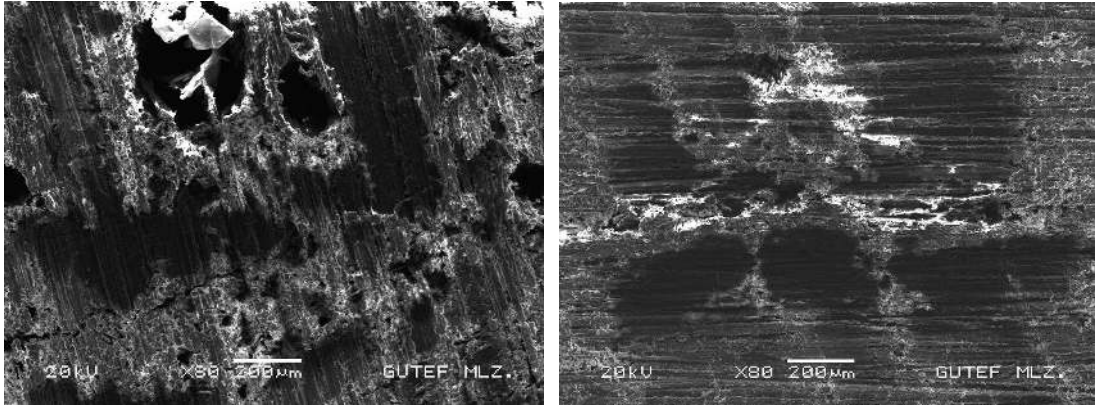
Resim 4.8. Sarıçam örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 25 kat büyütülmüş çekimler

80 kat büyütme yapılmış ‘eğmeçli’ örneklerde katman aralıklarının daha belirgin olduğu, düz kısımlara göre ve 25 kat büyütmeyle kıyasla daha da belirgin olarak

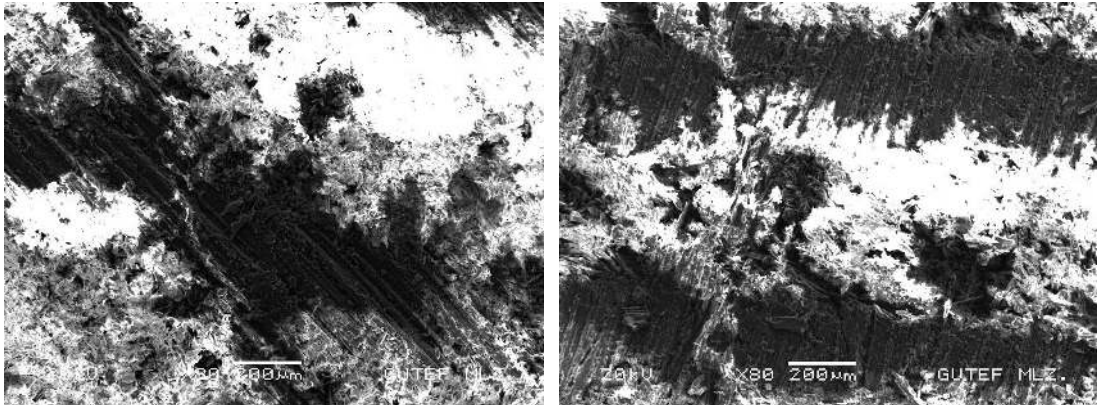
görülmektedir. Yine doğu kayınında daha homojen yapı gözlemlenirken sapsız meşe ve çamda çok gözenekli heterojen yapı dikkat çekmektedir. Bu heterojen yapının yapışma kalitesini düşürebileceği düşünülmektedir (Resim 4.16-21).



Resim 4.9. Doğu kayını örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 80 kat büyütülmüş çekimler

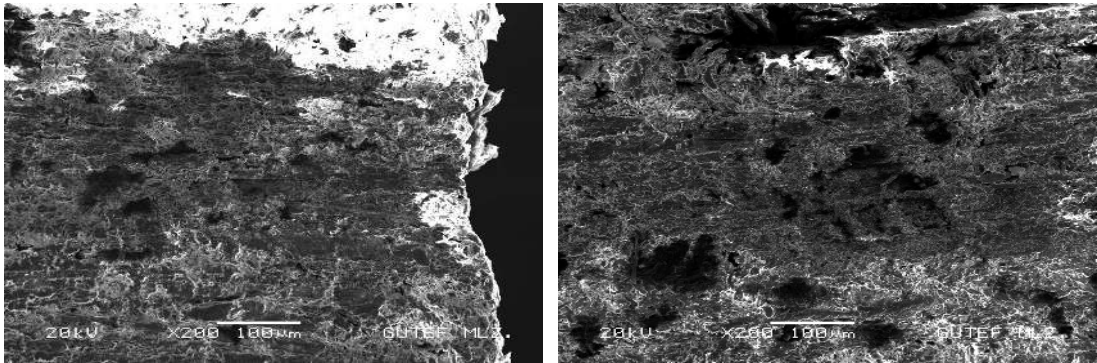


Resim 4.10. Sapsız meşe örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 80 kat büyütülmüş çekimler

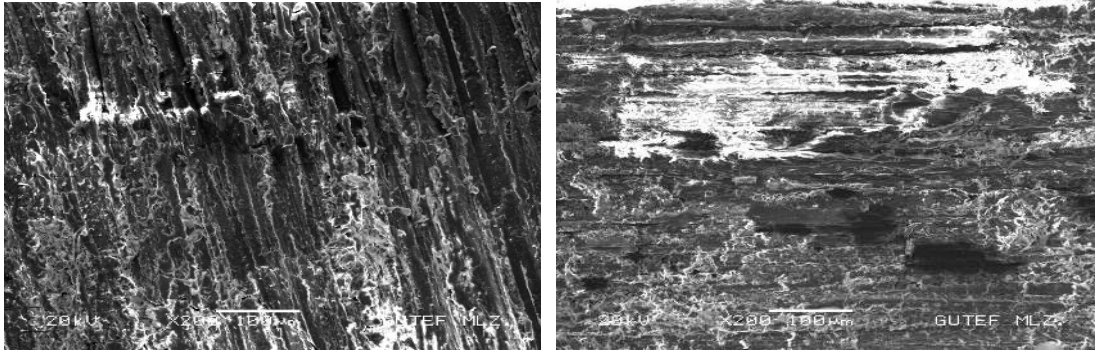


Resim 4.11. Sarıçam örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 80 kat büyütülmüş çekimler

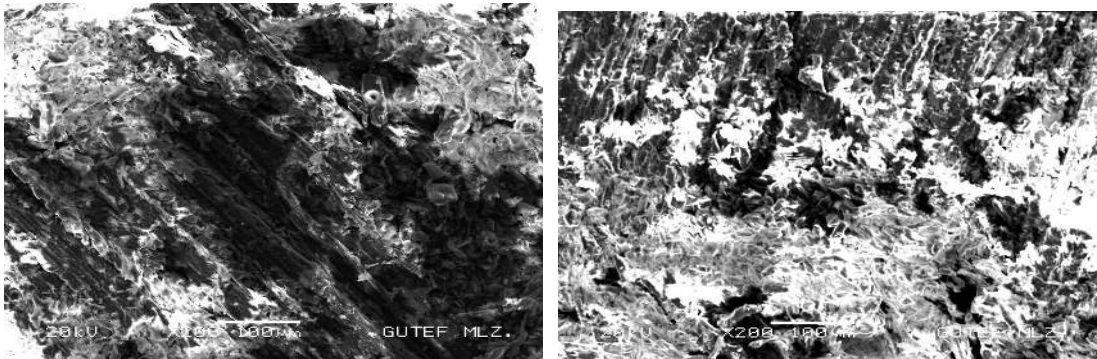
200 kat büyültme yapılmış eğmeçli örneklerde yapışma kalitesini düşüren etkenlerin bulgusuna fazla rastlanamamıştır. Fakat düz kısımlardan alınmış örneklerde ise katman aralıklarının daha belirsiz olduğu daha homojen yapı farkedilebilmektedir. Ancak sapsız meşe ve sarıçamda katman aralıklarının doğu kayınına oranla biraz daha aralıklı olduğu söylenebilir (Resim 4.22-27).



Resim 4.12. Doğu kayını örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 200 kat büyütülmüş çekimler



Resim 4.13. Sapsız meşe örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 200 kat büyütülmüş çekimler



Resim 4.14. Sarıçam örneklerin düz ve eğmeçli kısımlarından alınmış ve 200 kat büyütülmüş çekimler

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, şekillendirilmiş lamine ahşap işlemlerinde yaygın olarak tercih edilen fakat insan ve çevre sağlığı açısından bilinen birçok zararları olan yüksek/radyo frekans (RF) yardımı ile tutkalı sertleştirme özelliğine sahip preslere alternatif olarak vakumlu membran presin kullanılabileceği ortaya konulmuştur. Bu preslerde yapılan üretimlerde kullanılacak yapıştırıcıların E1 standardına uygun olması durumunda da insan ve çevre sağlığı açısından hiçbir risk teşkil etmemektedir. RF preslere göre görünen dezavantajları pres süresinin daha uzun olması ve olası membran yırtılmaları olduğu söylenebilir. Kauçuk esaslı membranlarda daha çok rastlanan bu yırtılmalara, silikon esaslı membran tercih edilerek çözüm getirilmiştir. Silikon esaslı membran ile çalışma süresince en kritik zorlamalara maruz bırakılarak dış bükey ve iç bükey kavislere sahip kalıplar ile çalışılmış olmasına rağmen herhangi bir yırtılma ve deformasyona rastlanılmamıştır.

Tutkalın sertleşme süresini kısaltabilmek için de kullanılan ahşap türüne en uygun tutkal çeşidi seçilerek çözüm getirilebilir. İnsan ve çevre değeri bilincinin iyiden iyiye geliştiği günümüzde sadece daha kısa üretim süresi sunması adına RF preslerin bilinçsiz ve kontrolsüzce kullanımı bir çelişki olarak değerlendirilebilir.

Vakumlu membran pres ile yapılan testlerde en iyi yapışma kalitesi doğu kayını örneklerde elde edilmiştir. Buna benzer bir sonuç olarak Uysal (2000), lamine ağaç malzemelere kavela çekme direnci deneyi uygulamış ve en iyi direnç değerlerini doğu kayını örneklerde elde etmiştir. Çeşitli araştırmalarda, literatürde yer aldığı ve pratik uygulamalarda bilindiği gibi PVAc tutkalı ile uygulamalarda, her türlü ahşap imalat işlemlerinde olduğu gibi şekillendirilmiş lamine ahşap üretiminde de en uygun sonuçlar doğu kayınında elde edilmiştir. Sapsız meşe ve Çam laminasyonda PVAc tutkalı kullanılıyorsa, pres süresi doğu kayınına göre daha uzun olmaktadır. Tutkalın geç sertleşmesi olarak da açıklanabilecek bu durum için sertleşme süresinin uzamasına sebep olarak sarıçam ve sapsız meşede bulunan ekstraktif maddelerin neden olduğu söylenebilir. Ayrıca yapışma kalitesini düşürücü bir etken olarak sapsız meşedeki yüzey pürüzlülüğü de etkili olmuş olabilir. Sönmez (2005), yüzey

pürüzlülüğü tespiti ile ilgili yaptığı çalışmasında rendeleme sonrası en yüksek yüzey pürüzlülüğünün meşe örneklerde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu çalışmadan yola çıkarak sapsız meşe papel kaplamalarının yüzeylerinin diğer papel türlerinden daha pürüzlü olabileceği ve bunda yapışmayı olumsuz etkilemiş olabileceği söylenebilir.

Bu çalışma sonucunda ve bu deney şartlarında, laminasyon üretimlerinde eleman kalınlığının 20 mm olması halinde elde edilebilecek en düşük dış bükey çeyrek kavisli yarıçapın 40 mm olduğu tespit edilmiştir. Fakat eleman kolları (A ve B elemanları) arasındaki açının 90° dereceden büyük olması durumunda, bükülme kısmı kavisinin 40 mm' nin altında olabileceği söylenebilir. 40 mm ve üstü çeyrek kavislerin üretiminin ise mümkün olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç Milbrant'ın (1981) tespitleri ile paralellik göstermektedir. Lamine eleman kolları arasındaki açı 120 dereceden küçük olması durumunda iç bükey kavisli preslemenin mümkün olmadığı ortaya çıkmıştır. Ancak, şekillendirilmiş lamine eleman kalınlığının azaltılması halinde daha küçük yarıçaplı kavisler ile işlem yapmak mümkün olabilir. Bu çalışmada yarıçapı 20 mm olan tüm deney örnekleri sağlıklı bir şekilde elde edilemediği için bu örnekler deneylere dahil edilmemiştir.

Doğu kayını papel kaplamalardan D₄ tutkalı kullanılarak hazırlanan deney örnekleri için 30 dk' lık pres süresinin ve 80° C'lik ısıнын yeterli olduğu, bu sürenin sapsız meşe ve sarıçam için daha da artırılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Sapsız meşe ve sarıçam' da tutkalın sertleşme süresinin uzamasına neden olarak ekstraktif maddeler içermeleri söylenebilir.

Prese hazırlık aşamasında ilk tutkallanmış katmanlarda tutkalın sertleşmeye başladığı ve preste katmanların şekil alabilmesi için gerekli kayma hareketi yeterince sağlanamadığı, böylelikle bazı deney örneklerinde bükülme noktasında yeterince preslenememiş bir kısmın kalmasına sebep olduğu görülmüştür.

Presleme aşamasında ısıtma derecesi 80 °C sıcaklığa ayarlı olduğu için sıcaklık etkisi ile sarıçam bünyesindeki reçinenin akışkanlığının artması, aynı zamanda sapsız meşe

örneklerin içeriğindeki ekstraktif maddelerin etkisi sonucu tutkal içeriğindeki kimyasallar ve sertleştirici içeriğindeki izosiyanat ile olumsuz etkileşime girmiş olabilecekleri, bu sebeplede bu türlerde yapışma kalitesinin düşmüş olabileceği düşünülmektedir.

Pres sonrası sarıçam ve sapsız meşe örneklerin formunu koruyamadıkları ve büyük oranda düzleşme eğilimi gösterdikleri, ortaya çıkan bu balans kuvveti doğu kayını papel laminasyonda ise çok sınırlı olmaktadır (en fazla %5). Düzleşme eğilimine sebep olarak bu ağaç türlerinde bulunan ekstraktif maddelerin, içeriklerindeki kimyasalların ya da yüksek yüzey gerilimlerinin, tutkalın sertleşme süresinin uzamasına neden olduğu düşünülmektedir. Pres sonrası deney örnekleri kalıp içine alınarak deformasyon engellenilmeye çalışılmıştır.

En fazla 80 °C ısıya kadar kullanıma uygun D4 tutkalı ile yapılan bu çalışmada, 80 °C' lik ısıya ayarlanmış Pres ısısının membranın altına ve papel katları arasındaki tutkala aynı oranda etki edemediği görülmüştür. Yüksek ısı etkisi ile sertleşen tutkallı çalışmalarda bu durum dikkate alınarak, pres sıcaklığının tutkalın sertleşme sıcaklık derecesinden daha yüksek tutulması önerilebilir.

D₄ tutkalının sürüldükten sonraki açık bekleme süresi, üretici firmanın da belirttiği şekliyle 6-10 dakikadır. Tutkal sürme merdanesi ile 13 kattan oluşan bir parçanın tutkallama süresi de yaklaşık bu süre kadar olduğundan ancak bir parça tutkallanabilmektedir. Tutkal sürme makinesi ile yapılacak hızlı tutkallama sonrası hem çok sayıda iş parçası tutkallanabilecek hem de bu çalışmada ortaya çıkmış katmanlar arası yapışma kusuru ve erken tutkal sertleşmesi gibi olumsuzlukların önlenebileceği söylenebilir.

Lamine deney örneklerinde ortalama rutubet değeri % 7'dir ve öngörülen denge rutubetinden daha düşük bir rutubete ulaşmıştır. Bunun sebebi kullanılan tutkal ve bu malzemelerin üretim sırasında maruz kaldığı yüksek sıcaklık olabilir. Denemeye tabi tutulan malzemelerin birim hacim ağırlıkları ise 0,5-0,7 g/cm³ aralıklarındadır. Bu değerler standartların (TS 2471) öngördüğü değerlere uyum sağlamaktadır. Birim

hacim ağırlığı yani yoğunluk; ahşap ve kompozit ahşap malzemelerin birçok fiziksel, mekanik ve işleme özelliklerini etkilemektedir. Uygulamalarda genel olarak, yoğunluğu düşük ancak direnç özellikleri yüksek olan malzemeler tercih edilmektedir.

Katmanlara paralel yapışma direnci deneyinde, ağaç türüne göre elde edilen değerlerde anlamlı farklılıklar bulunmaktadır. Sapsız meşe örnekler doğu kayınına göre % 50 daha fazla direnç gösterirken, sarıçam örneklerde doğu kayınına göre yaklaşık % 50 daha az direnç göstermiştir. Bu değerler Doruk'un (2009) elde ettiği değerler ile paralel iken, Keskin'in (2001) elde ettiği değerlerden farklılık göstermektedir. Keskin'in sonuçlarında doğu kayını en yüksek direnç değerlerini gösterirken, sapsız meşe sarıçamdan yaklaşık % 25 daha fazla direnç değeri vermiştir. Sapsız meşe laminasyonda yapışma direncinin yüksek çıkmasının sapsız meşe laminasyonun yoğunluğunun diğer laminasyonlara göre yüksek olması ve sapsız meşe papel kaplama yüzeylerinde spesifik yapışmaya ilaveten mekanik yapışmanın da meydana gelmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Bu durum Altınok'un (2003) tespitleri ile de örtüşmektedir.

Katmanlara dik yapışma direnci deneyinde en yüksek direnç değerleri doğu kayınında elde edilmiştir. Katmanlara dik yapışma direnci değerleri arasında ağaç türüne göre doğu kayını ile sapsız meşe arasındaki fark önemsizken, sarıçam farklı çıkmıştır. Doğru kayını örnekler sarıçamdan yaklaşık iki kat daha fazla direnç göstermiştir. Doğru kayınında katmanlara dik yapışma direncinin yüksek çıkmasının, doğu kayınının yapıştırıcı ile daha iyi bir çapraz bağ kurabilmesinden kaynaklanmış olabilir. Sapsız meşe laminasyonun yoğunluğu doğu kayını laminasyon yoğunluğundan daha yüksek olmasına rağmen, katmanlara dik yapışma direnci daha düşük çıkmıştır. Bu durum, sapsız meşe papel kaplamaların tekstürüne bağlı olarak spesifik yapışmaya ilaveten meydana gelen mekanik yapışmanın katmanlara dik çekme sırasında etkisiz kalmasından kaynaklandığı söylenebilir. Elde edilen değerler Doruk'un (2009) değerlerinden farklılık göstermiştir. Doruk'un bulgularında en yüksek direnç değerlerini sırasıyla sapsız meşe ve sarıçam verirken, doğu kayınının direnç değerleri en düşük çıkmıştır.

Diyagonal basınç deneyine ağaç türünün ve genişlik ölçülerinin etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-genişlik ikili etkileşimi de anlamlı çıkmıştır. Diyagonal basınç deneyinde ağaç türüne göre doğu kayının direnç değerleri daha yüksek iken sapsız meşe ile arasındaki direnç farkı önemsiz çıkmıştır. Sarıçam örneklerin direnç değeri, diğer iki ağaç türünden yaklaşık % 50 daha düşük çıkmıştır.

Diyagonal basınç deneyinde, doğu kayını laminasyonda yarıçap ve eleman genişliği arttıkça dirençinde artmakta olduğu görülmüştür. Sapsız meşe laminasyonda, kavis yarı çapı arttıkça direnç genel olarak artmakta, ancak eleman genişliği 50 mm den 150 mm ye geçişte direnç azalmaktadır. Sarıçam laminasyonda ise, kavis yarı çapı 40 ve 60 lık örneklerde direnç değişimi sapsız meşe Laminasyon ile benzerlik göstermiştir. 80 ve 100 lük örneklerde ise 50 ve 150 mm genişliklerindeki eleman dirençleri birbirine yakın çıkarken 450 mm' lik elemanda direncin daha da düştüğü görülmektedir.

Yine diyagonal basınç deneyinde yapılan korelasyon analizine göre; direnç ile kavis, genişlik ve ağaç türü arasında en yüksek doğrusal ilişki 0,35 oranı ile kavis – ağaç türü arasında, en düşük doğrusal ilişki ise 0,08 oranı ile kavis - genişlik arasında elde edilmiştir.

Diyagonal çekme deneyine ağaç türünün, yarıçapın ve genişliğin etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-genişlik ikili etkileşimi de anlamlı çıkmıştır. Diyagonal çekme deneyinde sapsız meşe ve sarıçam örnekler arasındaki fark önemsizken, doğu kayını örnekler her iki örnekten yaklaşık % 25 daha fazla direnç değeri vermiştir. Genişlik düzeyinde, birim alana düşen direnç değerinde, 50 ve 150 mm'lik genişliklerde önemli bir fark görülmezken, 150 mm'nin üzerine çıkılan genişliklerin dirençlerinde doğrusal bir artış değil, tersine bir düşüş gözlemlenmiştir. Diyagonal çekme deneyinde, Ağaç türü ve genişlik türüne göre diyagonal çekmenin ikili etkileşimlerinde en yüksek direnç değerlerini 50 ve 150 mm'lik genişlikte doğu kayını gösterirken en düşük direnç değerlerini 450 mm'lik genişlikte sarıçam göstermiştir.

Diyagonal çekme deneyinde yapışma kalitesi en iyi olan doğu kayını deney örneklerinde en iyi direnç değerleri elde edilirken, yapışma kalitesi nispeten düşük sapsız meşe ve sarıçam dirençleri düşük olmuştur. Sehim oranının özgül ağırlık ile ters orantılı olduğu yani özgül ağırlık azaldıkça sehim miktarının arttığı çeşitli araştırmalarda ortaya konulmuştur. Doğru kayını ve sarıçam arasındaki ilişki bu teori ile açıklanabilir. Ayrıca ortaya çıkan sonuçlara göre eleman genişliğinin artmasına bağlı olarak enine kesit miktarı arttıkça taşıdığı kuvvetin de artacağı düşünüldüğünde bu deneylerde böyle olmadığı tespit edilmiştir. Bunun eleman genişliğinin artışının atalet momentini fazla etkilemediğinden kaynaklandığı söylenebilir.

Yorma deneyinde sehim miktarı sonuçlarına göre yapışma kalitesi en iyi olan doğu kayını örneklerde sehim miktarının en az olduğu, yine yük sonrası eski formuna (şekline) en çok yaklaşan ahşap türünün doğu kayını olduğu ortaya çıkmıştır. Yapışma kalitesi nispeten düşük olan örneklerde sehim miktarının da fazla olduğu gözlemlenmiştir. Yorma dayanımı deneyine ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-genişlik, ağaç türü-yorma zamanı ve yarıçap-genişlik ikili etkileşimlerinde de aralarında anlamlı bir fark vardır. Yine ağaç-yarıçap-genişlik üçlü etkileşiminin sehim miktarına etkisi önemli bulunmuştur.

Ağaç türüne göre yorma dayanımı deneyinde en düşük sehim miktarını doğu kayını verirken en yüksek sehim miktarını sarıçam göstermiştir ve sapsız meşe ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Yarıçap türüne göre yorma dayanımı deneyinde en düşük sehim miktarını 40 mm'lik örnekler verirken en yüksek sehim miktarını 60 mm'lik örnekler göstermiştir. 40, 60 ve 100 mm yarıçapa sahip örnekler arasında istatistiksel fark yokken 60 mm'lik örnekler farklı çıkmıştır. Genişlik türüne göre yorma dayanımı deneyinde en yüksek sehim miktarını 150 mm'lik örnekler verirken en düşük sehim miktarını 450 mm'lik örnekler göstermiştir. Bütün genişlik türleri arasında fark olduğu görülmüştür.

Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimine göre yorma dayanımında en düşük sehim miktarlarını doğu kayını örnekler verirken en yüksek sehim miktarlarını sapsız meşe

ve sarıçam eşit oranlarda vermiştir. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük sehim miktarlarını doğu kayını verirken, en yüksek sehim miktarlarını sarıçam örnekler göstermiştir. Ağaç türü ve yorma zamanı ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük sehim miktarlarını yük alındıktan 24 saat sonrasına ait doğu kayını örnekler gösterirken, en yüksek sehim miktarları yüklenmeden 24 saat sonrasına ait sapsız meşe ve sarıçam örneklerde eşit olarak elde edilmiştir. Yarıçam ve genişlik ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük sehim miktarlarını 100 mm yarıçaplı ve 450 mm genişliğindeki örnekler gösterirken, en yüksek sehim miktarları 60 mm yarıçaplı örneklerde elde edilmiştir. Yarıçam, genişlik ve ağaç türü üçlü etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük sehim miktarlarını doğu kayını örnekler gösterirken, en yüksek sehim miktarları sarıçam örneklerde elde edilmiştir.

Yormada değişkenlerin sehime etkisinde bütün ağaç türlerinin yüklü hallerinde regresyon katsayılarının oldukça düşük oldukları fakat yüksüz hallerinin katsayılarının ideal oran olan 1'e oldukça yaklaştıkları görülmüştür. Her üç ağaç türü içinde yüksüz durumda elde edilen değerler arasında doğrusal bir ilişkiden bahsedilebilir. Sehim miktarının sapsız meşe ve sarıçamda yüksek çıkmasının nedeni olarak bu ağaç türlerinde yapışma kalitesinin düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yorma deneyi açılma (yatay uzama) miktarı sonuçlarına göre yapışma kalitesi en iyi olan doğu kayını örneklerde açılma miktarının en az olduğu, yine yük sonrası eski formuna en çok yaklaşan ahşap türünün doğu kayını olduğu ortaya çıkmıştır. Yormada açılma deneyinde ağaç türü, yarıçam, genişlik ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-yarıçam, ağaç türü-genişlik, Ağaç türü-yorma zamanı, yarıçam-genişlik ve yarıçam-yorma zamanı ikili etkileşimlerinde de aralarında anlamlı bir fark vardır. Yine ağaç-yarıçam-genişlik üçlü etkileşiminin açılma miktarına etkisi önemli bulunmuştur.

Ağaç türüne göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarını doğu kayını verirken en yüksek sehim miktarını sarıçam göstermiştir ve sapsız meşe ile

arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Yarıçap türüne göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarını 40 mm'lik örnekler verirken en yüksek sehim miktarını 60 mm'lik örnekler göstermiştir. 40 ve 60 mm yarıçapa sahip örnekler arasında istatistiksel fark yokken 60 ve 100 mm'lik örnekler farklı çıkmıştır. Genişlik türüne göre en yüksek açılma miktarını 150 mm'lik örnekler verirken en düşük açılma miktarını 450 mm'lik örnekler vermiştir. 50 ve 450 mm'lik örnekler arasında istatistiksel fark görülmemiştir. Yorma zamanının açılmaya etkisinde doğal olarak en düşük değer yüksüz haldeki 24 saat sonraki değerde elde edilmiştir. En yüksek açılma oranında yüklü haldeki 24 saat sonraki değerde elde edilmiştir. Bütün zamanlar arasında istatistiksel olarak fark vardır.

Ağaç türü ve yarıçap ikili etkileşimine göre yorma dayanımında en düşük açılma miktarlarını doğu kayını örnekler verirken en yüksek açılma miktarlarını sapsız meşe ve sarıçam eşit oranlarda vermiştir. Ağaç türü ve genişlik ikili etkileşimine göre en düşük açılma miktarlarını doğu kayını verirken, en yüksek açılma miktarlarını sarıçam örnekler göstermiştir. Yorma zamanı ve ağaç türü ikili etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarlarını yük alındıktan 24 saat sonrasına ait doğu kayını örnekler gösterirken, en yüksek açılma miktarları yüklemmeden 24 saat sonrasına ait sapsız meşe ve sarıçam örneklerde eşit olarak elde edilmiştir. Yarıçap ve genişlik ikili etkileşimine göre en düşük açılma miktarlarını 40 mm yarıçaplı ve 50 mm genişliğindeki örnekler gösterirken, en yüksek açılma miktarları 60 mm yarıçaplı örneklerde elde edilmiştir. Yarıçap ve yorma zamanı ikili etkileşiminde en düşük açılma değerleri yüksüz haldeki 24 saat sonraya ait tüm ağaç türlerinde eşit oranlarda, en yüksek açılma değerleri de yüklü haldeki 24 saat sonraya ait 100 mm'lik örneklerde elde edilmiştir. Ağaç türü, yarıçap ve genişlik üçlü etkileşimine göre yorma dayanımı deneyinde en düşük açılma miktarlarını 80 mm yarıçaplı doğu kayını örnekler gösterirken, en yüksek açılma miktarları sarıçam örneklerde elde edilmiştir.

Yormada değişkenlerin açılmaya etkisinde doğu kayını ve sapsız meşe örneklerin yüklü hallerinde regresyon katsayılarının oldukça düşük olduğu fakat yüksüz hallerinin katsayılarının ideal oran olan 1'e oldukça yaklaştıkları görülmüştür. Her

iki ağaç türü içinde yüksüz durumda elde edilen değerler arasında doğrusal bir ilişkiden bahsedilebilir. Sarıçam örneklerde ise her iki halde de regresyon katsayıları 1'e yakın çıkmıştır. Hem yüklü hem de yüksüz durum için, yarıçap ve genişlik değerleri arasında doğrusal bir ilişkiden bahsedilebilir. Açılma miktarının sapsız meşe ve sarıçamda yüksek çıkmasının nedeni olarak bu ağaç türlerinde yapışma kalitesinin düşük olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Yapışma kalitesini etkileyen faktörleri tanımlama amaçlı olarak yapılan SEM görüntüleme sonucuna göre 25 kat büyütme yapılmış 'eğmeçli' örneklerde katman aralıklarının daha belirgin ve açık olduğu görülmektedir. Eğmeçli örneklerdeki, eğme işlemi sonrası oluşan yüzeysel çatlamların yapışma direncini olumsuz etkilemiş olabileceği düşünülmektedir. Düz kısımlardan alınmış örneklerde ise katman aralıklarının daha belirsiz olduğu ancak sapsız meşe ve sarıçamda katman aralıklarının doğu kayınına oranla biraz daha aralıklı olduğu görülmüştür. Sarıçamda ise ilkbahar ve sonbahar yıllık halkalardaki çok belirgin heterojen yapının, yapışma kalitesini düşüren bir etken olduğu düşünülmektedir. Sapsız meşeye özgü olarak kaba tekstür ve yüzeylerinin pürüzlü oluşu görüntülerde de görülmektedir. Sapsız meşenin bu özelliğinin yapışma kalitesini düşürebileceği söylenebilir.

80 kat büyültme yapılmış 'eğmeçli' örneklerde katman aralıklarının daha belirgin olduğu, düz kısımlara göre ve 25 kat büyültmeye kıyasla daha da belirgin olarak görülmektedir. Yine doğu kayınında daha homojen yapı gözlemlenirken sapsız meşe ve çamda çok gözenekli heterojen yapı dikkat çekmektedir. Bu heterojen yapının yapışma kalitesini düşürebileceği düşünülmektedir. 200 kat büyültme yapılmış eğmeçli örneklerde yapışma kalitesini düşüren etkenlerin bulgusuna fazla rastlanamamıştır. Fakat düz kısımlardan alınmış örneklerde ise katman aralıklarının daha belirsiz olduğu daha homojen yapı fark edilebilmektedir. Ancak sapsız meşe ve sarıçamda katman aralıklarının doğu kayınına oranla biraz daha aralıklı olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, ulusal mobilya sektöründe kavisli (şekillendirilmiş) lamine mobilya elemanlarının üretilmesinde yaygın olarak kullanılan ve çeşitli sağlık risklerine sahip Radyo Frekans (RF) esaslı presler yerine, insan ve çevreye dost, kalıp hatasının ürüne yansımaları ve yüksek kalıp maliyeti gibi olumsuzlukların elimine edildiği ve eşleniksiz (tek kalıp) kalıbın kullanıldığı vakumlu membran pres makinelerinin kullanımı önerilebilir. Vakumlu membran preslerin dezavantajlarından olan olası membran yırtılmalarına, kauçuk esaslı membran yerine silikon esaslı membran tercih edilerek çözüm getirilebilir. D₄ tutkalının 6-10 dakika arasındaki açık bekleme süresinin aşılmadan tutkallamanın yapılabilmesi için mutlaka tutkal sürme makinesi kullanılmalıdır. Vakumlu membran preste dışbükey şekilli kalıpların içbükey şekilli kalıplara göre daha iyi sonuç verdiği söylenebilir. Kavisli lamine ahşap elemanların üretimlerinde ağaç türü olarak doğu kayını ilk sırada önerilebilir.

KAYNAKLAR

Akbulut, T., As, N., “Soyma Kaplama Üretiminde Oluşan Kusurlar ve Bunları Önleme Çareleri”, **İ. Ü. Orman Fakültesi Dergisi**, B, 39 (2): 120-126 (1989).

Altınok, M., Burdurlu, E., Özkaya, K., “Deformation analysis of curved laminated structural wood elements”, **Construction and Building Materials**, 22: 32767 (2008).

Altınok, M., Döngel, N., “Laminasyonda Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Katman Sayısının Eğilme Direncine Etkileri”, **Z. K. Ü. Karabük Tek. Eğt. Fak. Teknoloji Dergisi**, 2 (1-2): 61 (1999).

Altınok, M., Döngel, N., “Çam Türü Lamine Elemanlarda Mekanik Performans”, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Ankara, 15 (1) : 215-225 (2002).

Altınok, M., “Lamine Ağaç Malzemede Katman Simetrisinin Eğilme Direncine Etkileri”, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Ankara, 15 (2) : 385-392 (2002).

Altınok, M., “Lamine Ahşapta Katman Teşekkülünün Mekanik Performansa Etkilerinin Belirlenmesi”, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 16 (1):217-224 (2003).

Altunkaya, P., “Tutkallı Tabakalanmış Ahşap Strüktür Sistemlerinin Mimaride Kullanım Olanakları”, Yüksek Lisans Tezi, **K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, 14-29 (2007).

İnternet: American Institute of Timber Construction “Laminated Timber Design Guide”, <https://www.aitc-glulam.org/shopcart/Pdf/designguide.pdf> (2001).

İnternet: American Decorative Arts at The Art Institute of Chicago, “Modern Solutions”, <http://www.jstor.org/pss/4102829> (2001).

As, N., Şenay, A., “Ağaç Malzemeye Form Verme Yöntemleri”, **1. Ulusal Mobilya Kongresi**, Ankara, 305-317 (1997).

Aslan, S., “Ağaç Kimyası”, **Ufuk Ofset Matbaacılık**, Ankara, 9-32 (1994).

ASTM-D-1037, “Standart Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials”, **Annual Book of ASTM Standarts**, USA 4-10 (2002).

ASTM D 3110, “Adhesive Used in Nonstructural Glued Lumber Product”, **ASTM standarts**, USA, 1-4 (1988).

- Atar, M., Özçiftçi, A., “On The Bonding Strength Of Laminated Wood Materials Produced From European Beech and Scots Pine Glued With Polyvinyl Acetate (Pvac)-D4 Adhesive”, *Z. K. Ü. Karabük Tek. Eğt. Fak. Teknoloji Dergisi*, 8 (4), 310 (2005).
- Ayarkwa, J., Hirashima, Y., Sasaki, Y., “Effect of Finger Geometry and End Pressure On The Flexural Properties of Finger-Jointed Tropical African Hardwoods”, *Forest Product Journal*, USA, 233-245 (2000).
- Aydoğdu, E., “Autocad Paket Programında Mobilya ve Dekorasyon Elemanlarının Çizim Metodları”, *G.Ü.T.E.F. Mob-Dek. Lisans Tezi*, Ankara, 32 (2003).
- Ayrılmış, N., Winandy, J.E., “Effects of Post Heat-Treatment on Surface Characteristics and Adhesive Bonding Performance of Medium Density Fiberboard”, *U.S. Department of Agriculture ‘Forest Product Laboratory’ Materials and Manufacturing Processes*, 24: 594–599 (2009).
- Baird, J.A., Ozelton, E. C., “Timber Designer Manual”, *Blackwell Puplished*, Oxford, 271-283 (1990).
- Berkel, A., “Ağaç Malzeme Bükme Tekniği ve Kullanılış Yerleri”, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, İstanbul, 13 (1) : 18-22 (1963).
- Bozkurt, Y., Kurtoğlu, A., “Yapıştırılmış Tabakalı Ağaç Yapı Elemanları”, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, B, 29: 2 (1975).
- Bozkurt, Y., Göker, Y., “Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, *İ.Ü., Orman Fakültesi Yayını*, No:3445, İstanbul, 23-49 (1987).
- Bozkurt, Y., “Ağaç Teknolojisi”, *İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları*, İ.Ü yayın no:3403, Orman Fakültesi yayın no: 380, İstanbul, 65-78 (1986).
- BS EN 204, “Non-Structural Adhesives for Joining of Wood and Derived Timber Products”, *British Standards*, England, 7-10 (1991).
- BS EN 205, “Test Methods for Wood Adhesives for Non-Structural Applications–Determination of Tensile Shear Strenght of Lap Joints”, *British Standards*, England, 11-13 (1991).
- Burdurlu, E., “Ahşap Kökenli Kaplama Ve Levha Üretim – Kullanım Teknolojisi”, *Bizim Büro Basımevi*, Ankara, 322 (1994).
- Burdurlu, E., Kılıç, M., İlce, A.C., “The Effects of Ply Organization and Loading Direction on Bending Strength and Modulus of Elasticity in Laminated Veneer Lumber (LVL) Obtained From Beech Andlombardy Poplar”, *Construction and Building Materials*, 21: 1720-1725 (2007).

Cao, J., Kandem, P.D., “Surface Energy of Preservative-Treated Southern Yellow Pine By Contact Angle Measurement”, *Frontiers of Forestry in China*, 2 (1): 99-103 (2007).

Columbus Press Tecnology, “Vacuform Membrane Press For Mold-Pressing, Mold-Gluing and Mold-Laminating”, Firma Dokümanı, 7-8 (2006).

Çolak, S., “Some Technological Properties of Laminated Veneer Lumber Manufactured from Pine Veneers with Melamine Added - UF Resins”, *Tubitak, The Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 28: 109-113 (2004).

Dağlı, M.H., “Tutkal Farkı ve Bekletme Ortamının Kama Dişli Birleştirmede Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 155 (2002).

Dansoh, A. B., Koizumi, A., Hirai, T., “Compressive and Tensile Properties of A Butt-Jointed Lamination Model”, *The Japan Wood Research Society*, Japan, 49 (5): 405-410 (2003).

Demetçi, E.Y., “Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Polivinilasetat ve Epoksi Tutkalları İle Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 80 – 90 (1991).

Dinçel, K., Işık, Z., “Mobilya Sanat Tarihi”, *MEB. Basımevi*, İstanbul, 4-6 (1979).

Dizel, T., “Lamine Elemanlarla Tasarlanan Çerçeve Tipi Mobilya Birleştirmelerinin Mekanik Davranış Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 4-6, 18-34 (2005).

Döngel, N., “Lamine Ahşap Malzemede Ağaç Türü, Katman Sayısı Ve Tutkal Çeşidinin Eğilme Direncine Etkileri”, Yüksek lisans Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-6, 16-25 (1999).

Döngel, N., “Ahşap ve Ahşap Esaslı Döşeme Kaplama Malzemelerinin (Parke) Teknik Özellikleri”, Doktora Tezi, *G.Ü. Fen Bil. Enstitüsü*, Ankara, 1-7 (2005).

Eckelman, C. A., “Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture”, *Forest Products Journal*, 43: 19-24 (1993).

Eckelman, C. A., “A Look at... The Strength Design of Furniture”, *Forest Product Journal*, 16, (3), 21–24 (1966)

Eckelman, C. A., “Bending Strength and Moment Rotation Characteristics of Two–Pin Dowel Joints”, *Forest Product Journal*, 21 (3) : 35–39 (1970).

Eckelman, C. A., “Withdrawal Strength of Dowel Joints: Effect of Shear Strength”, *Forest Product Journal*, 29 (1) : 48 – 52 (1979).

Eckelman, C. A., "Screwholding Performance In Hardwoods and Particleboard", *Forest Product Journal*, 25 (6) : 30-35 (1975).

Erdil, Y. Z., Zhang, J. L., Eckelman, C. A., "Holding Strength of Screws In Plywood and Oriented Strandboard", *Forest Products Journal*, 52 (6) : 55-62 (2002).

Erdil, Y. Z., Eckelman, C. A., "Withdrawal Strength of Dowels In Plywood and Oriented Strand Board", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25 : 319-327 (2001).

Falk, R., Hernandez, R., "Performance of Glued-Laminated Timber Beams of European Manufacture". *Forest Products Journal*, USA, 27-34 (1995).

Fernan Makine, "Vakum Pres Midivac-230", Firma Dokümanı, Bursa, 1-3 (2006).

Gapu, W., "Influence of Variability on Stresses in Tapered-curved Laminated Timber Beams of Constant Depth", *Forest Products Journal*, 39-42 (1989).

İnternet: Genbilim, Türkiye Bilim Sitesi, "Elektromanyetik Alanların Zararları", <http://www.genbilim.com/content/view/1897/36> (2007).

Güray, A., "Meşe Odunun'dan Üretilen Lamine Ağaç Malzemede Kuvvet Yönü Ve Tutkal Türünün Eğilme Direncine Etkileri", *Karabük Üniversitesi Teknoloji Dergisi*, 1-2, 1-9 (2003).

Hayward, H., "World Furniture", *The Hamplyn Pub. Group Ltd.*, Feltham, Middlesex, Hong Kong, 10-13 (1975).

H'ng, P. S., Tahir, P. M., Ahmad, Z., "Edgewise Bending Properties of Laminated Veneer Lumber: Effect of Veneer Thickness and Species, Journal of Fibres and Composites", *Universiti Sains*, Malaysia, 382-390 (2003).

Hoover, W. L., "Material Design Factors For Hardwood Laminated Veneer Lumber", *Forest Products Journal*, USA, 15-17 (1987).

Huş, S. "Ağaç Malzeme Tutkalları", *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi*, İstanbul, 2337: 7-39 (1977).

İlhan R., Burdurlu, E., Baykan, İ., "Ağaçlarında Kesme Teorisi ve Mobilya Endüstrisi Makinaları" *Bizim Büro Basımevi*, Ankara, 7-9 (1990).

İmirzi, H.Ö., "Farklı Yapım Teknikleri ve Değişik Kalınlıklardaki Levhalar İle Üretilmiş Kutu Tipi Mobilyaların Mukavemet Özellikleri", Doktora Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-8 (2008).

"Informationsdienst Holz", *Studiengemeinschaft Holzleimbau e. V.*, Düsseldorf Bund Deutscher Zimmermeister, Bonn, 9 (1988).

Jonshon, J. W., "Screw Holding Ability of Particleboard and Plywood", Oregon State School of Forestry, **Forest Research Laboratory**, Rep. T-22: 35-39 (1967).

Kantay, R., Korkut, S., Sancaklı, M., "Papel Kurutmada Kurutma Sıcaklığının Kurutma Süresi ve Kalitesi Üzerine Etkisi", **1. Ulusal Mobilya Kongresi Bildiri Kitabı**, Ankara, 281-289 (1997).

Kazemi, S.M., "Impregnation of Beech, Maple, Alder and Lime Under Different Treatments of Extractives and Fungal Attack", **Journal of Biological Sciences**, 7((8): 1463-1467 (2007).

Keskin, H., "Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları", Doktora Tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 48-90, 99-149 (2001).

Keskin, H., Togay, A., "Doğu Kayını ve Kara Kavak Kombinasyonu ile Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri", **Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi**, Isparta, 2: 101-114 (2003).

Keskin, H., "Comparison Of Some Technological Properties Of (5 Layers) Wood Laminations Centered With Poplar", **G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, 18(1): 115-126 (2005).

Keskin, H., Atar, M., Kurt, R., "Lamine Edilmiş Sarıçam (Pinus sylvestris L.) Odununun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri", **KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi**, 6 (1): 75-84 (2003).

Kılıç, Y., "Lamine Edilmiş Kızılağaç'ın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri ile Mobilya Endüstrisinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, **H.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 46-60 (1997).

Kılıç, Y., Güray, A., "Laminasyon Tekniğinin Kızılağaç Odununun Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi", **1. Ulusal Mobilya Kongresi Bildirisi**, Ankara, 235-236 (1996).

Kleiberit Chemie, "PVAc D4 Tutkalı Ürün Teknik Kataloğu", **Kleiberit firması**, Germany, 1-3 (2006).

İnternet: Kocaeli Tabip Odası, Dr. Ceyhan Akkaya, "Mesleki Akciğer Hastalıkları", www.kocaelitabip.org.tr/NeW/sunular/AC_hst.pdf (2006).

Kollman, F., Cote, W.A., "Principles of Wood Science and Technology – Solid Woods", **Springer Verlag**, Berlin, 74-80, 107-109 (1968).

Kurtoğlu, A., "Yapıştırılmış Tabakalı Ağaç Malzemede Rutubet Değişimi Nedeniyle Gerilmelerin Oluşumu", **İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi**, İstanbul, A2 (29): 41 (1979).

Leufenberg, T., “Exposure Effect Upon Performance of Laminated Veneer Lumber And Glulam Materials”, *Forest Products Journal*, 32:5 (1982).

Lucie-Smith, E., “Furniture”, *Thames and Hudson*, London, 2-3, 203-208 (1995).

Meser Lamine Mobilya, “Ahşap Lamine Mobilya Elemanları”, Firma Dokümanı, *Meser Lamine Mobilya*, Ankara, 1-4 (2006).

Milbrandt, E., “Konstruktions beispiele -Berechnungsverfahren Informationsdienst Holz”, *Studiengemeinschaft Holzleimbau e.V., Düsseldorf Bund Deutscher Zimmermeister*, Bonn, 2 (1981).

Niemz, P., “Analysis of Adhesive Penetration in Wooden Glued Joints”, *Paul Scherrer Institut*, 23 (2): 176-189 (2004).

Okçu, O., “Emprenye Edilmiş Lamine Ağaç Malzemenin Yapışma ve Yanma Özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-7, (2006).

Örs, Y., Keskin, H., “Ağaç Malzeme Bilgisi”, *Kosgeb Yayınları*, Ankara, 1-2, 151-156 (2001).

Örs, Y., Keskin, H., “Lamine Edilmiş Masif Karaçam Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kullanım İmkanları”, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Ankara, 15 (3): 699-706 (2002).

Örs, Y., Efe, H., “Mobilya (Çerçeve Konstrüksiyon) Tasarımında Bağlantı Elemanlarının Mekanik Davranış Özellikleri”, *Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi*, (Tr. J. Of Agriculture and Forestry), TÜBİTAK, 22: 21-27 (1998).

Örs, Y., Özçifçi, A., Atar, M., “Klebit 303, Kleiberit 305.0 ve Süper – Lackleim 308 Tutkallarının Yapışma Dirençleri”, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23 (3) : 757 – 761 (1999).

Örs, Y., Özen, R., Doğanay, S., “Mobilya Üretiminde Kullanılan Ağaç Malzemelerin Vida Tutma Dirençleri”, *Tr. J. of Agriculture and Forestry, TÜBİTAK*, 22: 29-34 (1998).

Özçifçi, A., “Emprenye Edilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri”, Doktora Tezi, *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-14 (2001).

Özen, R., “Genel Hatlarıyla Türkiye Mobilya Sanayi”, *G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi*, 1-3, 3-4 (1988).

Özen, R., Özçifçi, A., Uysal B., “Pvac Tutkalı Kullanılarak Yapıştırılmış Lamine Ahşap Yapı Elemanlarının Yanma Özellikleri”, *Z.K.Ü. Tek. Eğt. Fak. Teknoloji Dergisi*, 1-2, 139-148 (2001).

Özkaya, K., “Farklı Yapım Teknikleri ile Üretilen Masif Ahşap Panellerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması”, Doktora Tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-158 (2007).

Park, Han-Min, Fushitani, M., Sato, K., Kubo, T., Byeon, Hee-Seop, “Static Bending Strength Performances of Cross-Laminated Woods Made With Five Species”, **The Japan Wood Research Society**, Japan, 49, 411-417 (2003).

Pizzi, A., “Wood Adhesives”, **Chemistry and Technology**, Marcel Dekker, New York, 1: 155-162 (1993).

Resch, H., “High-Frequency Electric Current For Drying Of Wood –Historical Perspectives”, **Maderas. Ciencia y Tecnología**, 8(2): 67-82 (2006).

Sabır Makine, “Vakumlu Membran Presler”, Firma Dokümanı, **Sabır Makine**, Ankara, 1-4 (2006).

Salih, E., “Okalıptus Odunundan Üretilen Lamine Edilmiş Tabakalı Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Tutkal Türü ve Tomruk Buharlama Süresinin Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, **K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, 122-125 (1998).

Skeist, I., “Handbook of Adhesives”, **Skeist Laboratories, Inc.**, Livingstone-New Jersey, 122-147, 459-463 (1989).

Smardzewski, J., “Technological Heterogeneity of Adhesive Bonds in Wood Joints”, **Wood Science and Technology**, 36: 213–227 (2002).

Soltis, L.,A., Rammer, D.R., “Shear Strenght of Glued-Laminated Beams”, **Forest Product Journal**, 44(1): 51-57 (1994).

Sonar Radio Frequency Equipments “Yüksek Frekans Üreteçler ve Hidrolik Presler”, Firma Dokümanı, **Sonar Makine**, İzmir, 1-2 (2006).

Spannagel, F., “Der Möbel Bau, Zehnte”, Vollstanding Neu Bearbeitete Auflage, **Otto Maier Verlag Ravensburg**, Stuttgart, Germany, 150-155 (1974).

St-Pierre, B., Beauregard, R., Mohammad, M., Bustos, C., “Effect of moisture content and temperature on tension strength of finger – jointed black spruce lumber”, **Forest Product Journal**, USA, 55(12): 9 – 16 (2005).

İnternet: State University Encyclopedia Vol. 1 “Hugo Henrik Alvar Aalto”, <http://encyclopedia.stateuniversity.com/pages/169/-Hugo-Henrik-Alvar-Aalto> (2008)

Stevens, W. C., Turner, N., “Wood Bending Handbook”, London, England, 74-81 (1970).

Şahin, H.T., “Ahşap Malzemelerin Birleştirilmesinde Tutkal Kullanımı”, *Laminart Dergisi*, İstanbul, 37: 128 – 131 (2005).

Şanıvar, N., Zorlu, İ., “Ağaç İşleri Gereç Bilgisi”, *M.E.B. Yayını*, İstanbul, 303 (1980).

Şenay, A., “Lamine Edilmiş Ağaç Malzemenin Teknolojik Özellikleri”, Doktora Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-134 (1996).

Tang, R. C., Pu, J. H., “Edgewise Bending Properties of Laminated Veneer Lumber: Effect of Veneer Grade and Relative Humidity”, *Forest Products Journal*, 47(5):64-71 (1997).

Tokgöz, H., Kap, T., Özgan, E., “Farklı Ağaç Türleri ve Zıvanalı Birleştirme Biçimleriyle Oluşturulan Çerçeve Konstrüksiyonlu Doğramalarda Diyagonal Yük Analizi”, *Z.K.Ü. Tek. Eğt. Fak. Teknoloji Dergisi*, 8(4): 363-376 (2005).

TS 64-5 EN 622-5, “Lif Levhalar- Özellikler Bölüm: 5 Kuru İşlem Levhalarının (MDF) Özellikleri”, *T.S.E. Standardı*, Ankara, 1-12 (1999).

TS EN 310, “Ahşap Esaslı Levhalar-Eğilme Dayanımı ve Elastikiyet Modülünün Tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-4 (1999).

TS EN 322, “Ahşap Esaslı Levhalar-Rutubet Miktarının Tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, 2 (1999).

TS EN 386, “Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-11 (1999).

TS 2470 “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-4 (1976).

TS 2471, “Odunda, Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-3 (1976).

TS 2472, “Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-5 (1976).

TS 2474, “Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-3 (1976).

TS 2475, “Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-3 (1976).

TS 2476, “Odunda Liflere Dik Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini”, *TSE Standardı*, Ankara, 1-4 (1976).

TS 2595, “Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-3 (1977).

TS 3459, “Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Makaslama Dayanımının Tayini”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-4 (1980).

TS 3842, “Yapıştırılmış Lamine Ahşap Yapı Elemanları”, **TSE Standardı**, Ankara, Ekim, 1-4 (1983).

TS 3891, “Yapıştırıcılar-Polivinilasetat Esaslı Emülsiyon (Ahşap Malzeme İçin)”, (Tadil AMD1:1992-07), **TSE Standardı**, Ankara, 1-4 (1982).

TS 4521, “Ağaç Mobilya- Terimler ve Tanımlar”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-3 (1985).

TS 5430 EN 204, “Ahşap ve Ahşap Esaslı Ürünlerin Yapıştırılmasında Kullanılan Yapısal Olmayan Yapıştırıcıların Sınıflandırılması”, **TSE Standardı**, Ankara, 3 (2003).

TS 11878, “Ahşap Mobilya-Koltuk Lamine Ahşaptan İmal Edilmiş”, **TSE Standardı**, Ankara, 1-4 (1995).

Ulupınar, M., “Lamine Edilmiş Melez Kavak’ın (Populus Euramericana) Teknolojik Özelliklerinin Tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, **H. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü**, 1-22 (1998).

İnternet: United States Patent and Trademark Office, “Method of Forming Wood and Formed Wood Product”, <http://www.freepatentsonline.com/3282313.html> (1966).

Uysal, B., “Bonding Strength and Dimensional Stability of Laminated Veneer Lumbers Manufactured By using Different Adhesives After The Steam Test”, **International Journal of Adhesion and Adhesives**, 25: 395-403 (2005).

Uysal, B., “Çeşitli Kimyasal Maddelerin Sarıçam (Pinus Sylvestris L.) Odununun Higroskopisitesi Üzerine Etkileri”, **Z.K.Ü. Tek. Eğt. Fak. Teknoloji Dergisi**, 2: 203-209 (1999).

Uysal, B., Kurt, Ş., “Dimensional Stability Of Laminated Veneer Lumbers Manufactured By Using Different Adhesives After The Steam Test”, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 18(4): 681-691(2005).

Uzun, Ç., “Bilimsel Araştırma Yöntemleri, Tek Yönlü Varyans Analizi”, <http://www2.aku.edu.tr/~gocak/Arastirmayontem/Anova%20Testi.pdf>, (2008).

Yılmaz, A., “Şekillendirilmiş Lamine Ahşap Koltuk Modellemesi ve Yorulma Performansının Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Ankara, 1-55 (2002).

Youngquist, J. A., Laufenberg, T. L., Bryant, B. S., “End Jointing of Laminated Veneer Lumber for Structural Use”, *Forest Products Journal*, 34: 11-12 (1984).

Zhang, J. L., Eckelman, C. A., “The Bending Moment Resistance of Single – Dowel Corner Joints in Case Construction”, *Forest Product Journal*, 43 (6): 19–24 (1993).

Zhang, J. L., Erdil, Y. Z., Eckelman, C. A., “Lateral Holding Strength of Dowel Joints Constructed of Plywood and Oriented Strandboard”, *Forest Product Journal*, 52 (7/8): 83–89 (2002).

Zorlu, İ., “Ağaçışleri Konstrüksiyon Bilgisi”, *M.E.B. Yayını*, İstanbul, 2354: 161-174 (1997).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KAHRAMAN, Necmi
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 09.09.1968, Kütahya
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (533) 332 43 66
 Faks : 0 (272) 213 54 05
 e-mail : nkahraman@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mez. Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üni. / Mob. ve Dek. ABD	2004
Lisans	Gazi Üni. / Mob. ve Dek. Eğt.	1992
Lise	Kütahya End. Meslek Lisesi	1987
İlköğrenim	Hürth, Almanya	1984

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1992-1997	Gaziantep M.R.Uzel EML	Teknik Öğretmen
1995-1995	Koleksiyon Mobilya	Masif Atelyesi Sorumlusu
1997-2001	Sinop Ayancık EML	Tek. Öğrt, Bölüm Şefi
2001-	Afyon MYO	Öğretim Elemanı

Yabancı Dil

Orta derecede İngilizce ve Almanca

Hobiler

Seyahat, basketbol, satranç, doğa yürüyüşü