

KAVİSLİ LAMİNE AHŞAPTA AĞAÇ TÜRÜNE GÖRE YORULMA DENEYİ PERFORMANSLARI

Yrd.Doç.Dr.Necmi KAHRAMAN¹, Prof.Dr.Mustafa ALTINOK²

¹ Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, 03100 Afyonkarahisar, TÜRKİYE

² Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaççşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06500 Ankara, TÜRKİYE
nkahraman@gmail.com

Özet- Bu çalışmada, sandalye ve benzeri mobilya ayaklarında karşılaştığımız kavisli lamine ahşapların yük altında davranışlarını tespit etme amaçlı olarak 50 mm genişlik ve 100 mm yarıçap değerine sahip kavisli lamine ahşap mobilya elemanlarına yük uygulanarak yorma deneyi performanslarına bakılmıştır. 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 dışbükey kalıplar yardımı ile lamine tekniğinde vakumlu membran pres makinesinde preslenmiştir. Örneklerin yapıştırılmasında PVAc D4 tutkalı kullanılmıştır. İki adet deney parçası deney düzeneğine 45 cm aralıklı olarak yerleştirilerek 80 kg'lık yük tatbik edilmiştir. Yükleme sonrası 3 ve 60 dakika ile 24 saat sonra, yük kaldırıldıktan sonraki 3 ve 60 dak ile 24 saat sonra sehim ve açılma oranları ölçülmüştür. 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. Ağaç türüne göre yorma dayanımı deneyinde en düşük sehim ve açılma miktarlarını doğu kayını verirken en yüksek sehim miktarını sarıçam göstermiştir ve sapsız meşe ile arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Sonuç olarak, doğu kayını papel kaplama ile üretilmiş lamine elemanların daha iyi direnç özelliklerine ve yük taşıma kabiliyetine sahip oldukları belirlenmiştir. Kavisli ahşap laminasyonda ağaç türü olarak doğu kayını önerilebilir.

Anahtar Kelimeler- Kavisli Lamine Ahşap, Yorulma Testi.

FATIGUE TEST PERFORMANCES AT CURVED LAMINE WOOD TIMBER

Abstract- In this study, load tests were carried out on curved laminated wooden furniture elements with 50 mm width and 100 mm radius value to observe under load behavior of the curved lamine woods that we encountered in chair and similar furniture legs. 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 papel veneers were used. Wooden Papel Veneer are pressed in vacuum membrane press machine with laminating technique with the help of convex molds in 13 layers. PVAc D4 adhesive was used to affix the samples. Two pieces of test pieces were placed at 45

Bu makale, 4. Uluslararası Mobilya ve Dekorasyon Kongresi'nde sunulmuş ve İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi'nde yayınlanmak üzere seçilmiştir.

cm intervals to the test device and 80 kg load was applied. After loading at the 3 and 60 minutes and 24 hours and after the load was lifted at the 3 and 60 minutes and 24 hours deflection and opening rates were measured. One comparator is used to measure the amount of deformation of the deflection (vertical deformation) in each test piece and one caliper is used to measure the opening (horizontal deformation) between the two arms. In the fatigue strength test according to the tree type, the lowest deflection amount and the lowest opening amount giving the eastern beech, the highest amount of deflection was showed by Scotch Pine and the difference with the European Oak was insignificant. As a result, it has been determined that the lamine elements produced by the eastern beech papel coating have better resistance properties and load carrying capacity. Oriental Beech can be suggested as a tree species in curved wood lamination.

Key Words- Wooden Curved Lamination, Fatigue Test.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Yarı mamul malzemelerden biri olan ahşap lamine elemanlar, diğer kompozit malzemelere oranla ağaç malzemeye en yakın özellikler göstermesi, yüksek biçimsel kararlılığa sahip oluşu ve biçimlendirme esnekliği sebebiyle tercih edilmektedir. Lamine malzeme, kolon, kiriş, kemer ve makas gibi çeşitli inşaat elemanları ile mobilya üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle kavisli mobilya elemanlarında, lamine malzeme kullanımı teknik, estetik, ekonomik ve üretim kolaylığı bakımından çeşitli avantajlar sağlamaktadır.

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 edilmiştir [1, 2].

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 [3].

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 [4].eckelman

Eğmeçli lamine yapısal ahşap elemanda deformasyon analizi sonucuna göre, yükleme ve yükü kaldırma periyotlarında ağaç türü ve zamanın deformasyon miktarı üzerinde etkili olmadığı, model oturma elemanı ayağında 13 mm'lik elastik deformasyon ve 2 mm'lik plastik deformasyonun tespit edildiği, öngörülen süre içerisinde ilerleyen deformasyonun (yorulma) söz konusu olmadığı belirlenmiştir [5].

Vakumlu membran preste üretilmiş ahşap lamine elemanların yapışma performanslarının belirlenmesi amacıyla, 1,5 mm kalınlığında Doğu kayını, sapsız meşe ve sarıçam papel kaplamalardan PVAc D4 tutkalı ile 13 katmandan oluşan lamine ahşap örnekler hazırlanmış, örneklere lamine katmanlarına paralel ve lamine katmanlarına dik yapışma deneyleri uygulanmış ve en yüksek paralel yapışma direnci meşede, en düşük sarıçamda; dik yapışma performansı ise en yüksek Doğu kayını, en düşük sarıçam örneklerde tespit edilmiştir [6].

PVAc ve poliüretan tutkalları ile yapıştırılarak 2 ve 4 mm kalınlığındaki Doğu kayını kaplamalardan hazırlanan örnekler üzerine uygulanan testler sonucunda, poliüretan tutkalının direnç değerlerinin PVAc tutkalına göre daha yüksek olduğu ve kaplama kalınlığının direnç üzerindeki etkisinin tam olarak belirlenemediği bildirilmiştir [7].

Lifleri birbirine paralel ve ters yönlü olacak şekilde 3 katlı, 5 ağaç türünden hazırlanan lamine örneklerin statik eğilme dirençlerinin araştırıldığı çalışmanın sonucunda, elastikiyet modülü, orantılı gerilim sınırlaması ve liflere dik kopma direncinin, lifleri birbirine dik hazırlanan laminasyonda arttığı ve malzeme yoğunluğu azaldıkça, bu artışın devam ettiği belirlenmiştir [8].

Klebit 303, Kleiberit 305.0 ve Süper Lackleim 308 tutkalları ile yapıştırılan Doğu kayını, sapsız meşe ve sarıçam odunlarında en yüksek liflere paralel yapışma direncinin sırası ile Klebit 303 tutkalının kullanıldığı Doğu kayını ve sapsız meşede, en düşük ise Süper Lackleim 308 tutkalının kullanıldığı sapsız meşe ve Klebit 303 tutkalının kullanıldığı sarıçamda elde edildiği bildirilmiştir [9].

PVAc-D3, % 5 sertleştirici ilavesiyle güçlendirilmiş çift bileşenli PVAc-D4 ve poliüretan tutkallar ile yapıştırılmış akasya, armut, kestane, sapsız meşe ve Toros sediri odunlarından hazırlanan örneklerde liflere paralel yapışma direnci; en yüksek PVAc-D4 tutkalı ile akasya (14,418 N/mm²), en düşük ise PVAc-D3 tutkalı ile Toros sediri (6,249 N/mm²) olduğu bildirilmiştir [10].

Laminasyon işleminin, kızılğacın mekanik özelliklerine etkisini araştırdığı çalışmada, 2 mm katman kalınlığındaki laminelerin 4 mm katman kalınlığındaki laminelere oranla daha dirençli olduğu, liflere paralel basınç, liflere paralel makaslama, liflere dik eğilme ve elastikiyet modülü dirençlerinin PVAc tutkalı örneklerde daha yüksek, liflere dik çekme ve yarıma direnci, vida tutma kabiliyetinin ise poliüretan tutkalı örneklerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir [11].

Lamine kerestelerin eğilme direnci ve elastikiyet modülü üzerine katman sayısı ve bağlı nemin etkilerinin araştırıldığı çalışmada; lamine elemanların elastikiyet modülü ve statik eğilme direnci üzerine lamel sayısının önemli düzeyde etkili olduğu, bağlı nemin % 65'ten % 95'e çıkarılması hâlinde kırılma noktasının zayıfladığı ve bağlı nem artışının masif malzemeye oranla lamine malzemenin elastikiyet modülünü ve kırılma noktasını arttırdığı belirtilmiştir [12].

Lamine ağaç malzemedeki ağaç türü, katman sayısı ve tutkal çeşidinin eğilme direncine etkilerinin incelendiği çalışmanın sonucunda, 7 katmanlı örneklerin eğilme direncinin sırasıyla en yüksek kayın, çam ve meşe odunlarından hazırlanan lamine malzemelerde olduğu belirtilmiştir [13].

Toros sediri, sarıçam, Doğu kayını ve sapsız meşe kaplamalarından, PVAc-D4 tutkalı ile her biri 5 mm kalınlıkta olan, 4 katmanlı lamine elemanların teknolojik özelliklerinin masif elemanlara oranla daha üstün olduklarını belirlenmiştir [14].

Yapıştırılmasında PVAc-D4 tipi tutkal kullanılarak Doğu kayını ve karakavak kombinasyonu şeklinde 5 katmanlı hazırlanan lamine ağaç malzemelerin 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, yarıma direnci ise 0,540 N/mm² olduğu belirtilmiştir [15].

Ulusal mobilya sektöründe şekillendirilmiş ahşap lamine mobilya elemanlarının üretiminde, Radyo Frekanslı (RF) presler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak RF preslerin insan ve çevre sağlığına bilinen birçok zararları bulunmaktadır [16]. Ayrıca bunlar için eşlenikli (çift taraflı) kalıplar gerekmektedir. Çift taraflı kalıp yapımı çok hassas, çok zor ve maliyetli bir unsur

olmaktadır. Kalıp ve eşleniğinin tam uyumlu olamaması durumunda, kalıp kusuru ürünün kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, bahsedilen bu olumsuzlukları ortadan kaldıran Vakumlu Membran preslerin kullanımının desteklenmesi ile birlikte üretim kabiliyetleri ve bazı mekanik performanslarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. YÖNTEM (METHOD)

2.1. Papel Kaplama (Papel Veneer)

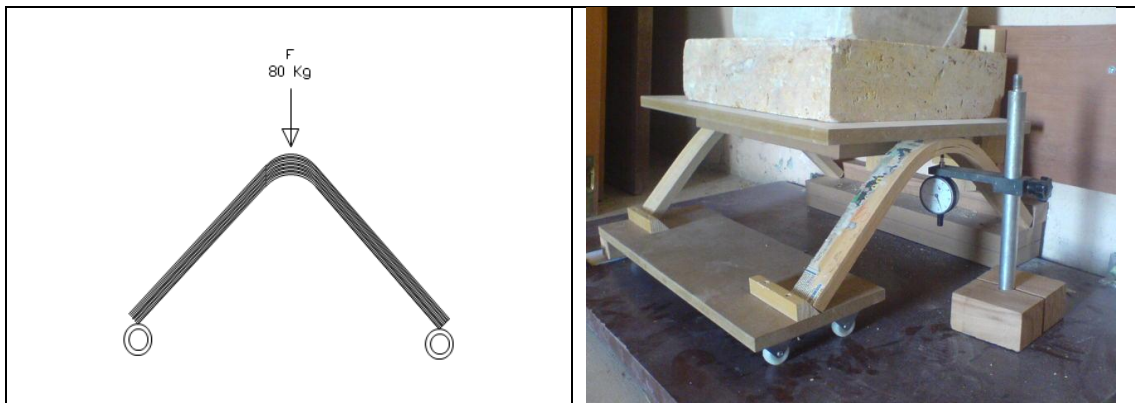
Araştırmada, özel kurutma fırınlarında % 8–10 rutubet miktarına kadar kurutulmuş, 1,5 mm kalınlığındaki Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sapsız meşe (*Quercus petrean* Lieble) ve sarıçam (*Pinus sylvestris*) papel kaplamalar kullanılmıştır. Papel kaplamalar, rastgele alım yöntemi ile temin edilmiştir. Papel kaplamaların kusursuz, düzgün lifli ağaç malzemenen üretilmiş olmasına özen gösterilmiştir.

2.3. Tutkal (Glue)

Örneklerin yapıştırılmasında, %5 sertleştirici (Turbo hardener 303.5) ilavesiyle güçlendirilmiş çift bileşenli polivinil asetat (PVAc–D4) tutkalı kullanılmıştır. PVAc–D4 tutkalı, PVAc tutkalının sertleştirici katılımı ile rutubete dayanıklılığı daha da artırılarak, BS EN 204'e göre D4 yapışma kalitesine getirilmiş hâlidir [9]. Üretici firma tarafından tutkalın teknik özellikleri; yoğunluğu $\sim 1,12 \text{ g/cm}^3$, viskozitesi (20 OC) $13000 \pm 2000 \text{ mPas}$, pH değeri ~ 3 , jelleşme zamanı 6-10 dakika, tebeşirleşme noktası +50C, donma direnci -300C, kullanım miktarı 180-200 g/m², uygulama şekli fırça ya da silindirli sürme makinesi, depolama süresi ~ 12 ay, presleme süresi; 20 OC'de 15 dakika, 50 OC'de 5 dakika, 80 OC'de 2 dakika olarak verilmiştir [17].

2.4. Yöntem (Method)

Standartlara uygun olarak iklimlendirilmiş deney parçaları ikişerli 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 2.1). 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 yüklemiden 3 dakika, 60 dakika, 24 saat sonra ve yük alındıktan 3 dakika, 60 dakika ve 24 saat sonra yapılmıştır.



Şekil 2.1. Yorma direnci deneyinde uygulanan yükler

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi (Evaluation of Data)

Şekillendirilmiş ahşap lamine elemanlarda, ağaç türü, kavis yarıçapı ve genişlik farkı etkilerini belirlemek amacıyla çoklu varyans analizi yapılmıştır. Varyans kaynaklarının karşılıklı etkileşimlerinin $\alpha = 0,05$ 'e göre anlamlı çıkması halinde, farklılıkların hangi faktör için önemli olduğu Duncan testi ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR (FINDINGS)

Şekillendirilmiş lamine elemanların ağaç türü, kavis yarıçapı ve genişlik farkına göre yorma direnci deneyinde sehim ve açılma miktarına ait aritmetik ortalama değerleri Çizelge 3. 1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma direnci deneyinde sehim ve açılma miktarları

Ağaç Türü	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 Kayını	4,73	5,69	5,78	6,79	7,28	8,98	2,36	3,12	1,86	2,3	0,73	1,26
Meşe	5,87	9	7,07	11,32	9,21	14,38	2,78	4,48	2	2,96	1,06	1,75
Sarıçam	4,55	7,58	5,96	10,04	6,76	12,96	3,62	5,57	2,52	3,88	1,7	2,26

S: Sehim, A: Açılma

Yorma direnci deneyinde sehim (dikey deformasyon) miktarı

Çizelge 3.2. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma direncinde sehim miktarları

Ağaç Türü	Sehim Miktarı (mm)											
	Yüklemeye sonrası						Yük kalktıktan sonra					
	3 dk	Std	60 dk	Std	24 sa	Std	3 dk	Std	60 dk	Std	24 sa	Std
Doğu Kayını	4,73	1,16	5,78	2,16	7,28	3,26	2,36	,83	1,86	,67	,73	,42
Meşe	5,87	,82	7,07	1,17	9,21	2,23	2,78	,52	2	,38	1,06	,14
Sarıçam	4,55	,5	5,96	,38	6,76	,4	3,62	,45	2,52	,49	1,7	,4

Ağaç Türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerinin deney örneklerinde sehim yapma etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Ağaç türü, yarıçap, genişlik ve yorma zamanı değişkenlerinin sehim yapma etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler toplamı	S. D.	Kareler ortalaması	F	$P \leq 0,05$
Ağaç	393,34	2	196,67	94,47	0,00
Yorma Zamanı	3237,90	5	647,58	311,07	0,00
Ağaç x Yorma Zamanı	79,35	10	7,93	3,81	0,00
Hata	1199,08	576	2,08		
Toplam	16691,41	792			

Yorma direncine ağaç türü ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-yorma zamanı ikili etkileşimleri aralarında da anlamlı bir fark vardır ($\alpha=0,05$). Ağaç türü düzeyinde yapılan ağaç türünün yormada sehime etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 1,13 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. 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 ± 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.

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 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. 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 yüklemmeden 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 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Ağaç türü 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

100	50	3,79	A	4,66	C	4,12	B
-----	----	------	---	------	---	------	---

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

Yorma direncinde en düşük sehim miktarlarını 3,79 mm ile doğu kayını verirken en yüksek sehim miktarları 4,66 mm ile sapsız meşe örneklerde elde edilmiştir.

Yorma deneyinde açılma (yatay deformasyon) miktarı

Çizelge 3.7. Şekillendirilmiş lamine elemanların yorma deneyinde açılma miktarları ortalamaları

Ağaç Türü	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	5,69	1,13	6,79	2,37	8,98	3,79	3,12	,92	2,3	,80	1,26	,51
MEŞE	9	,98	11,32	1,50	14,38	2,56	4,48	,64	2,96	,61	1,75	,12
SARIÇAM	7,58	,53	10,04	,54	12,96	,45	5,57	,93	3,88	,58	2,26	,38

Çizelge 3.8. 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 $\leq 0,05$
Ağaç	2642,46	2	1321,23	584,01	0,00
Yorma Zamanı	11715,50	5	2343,10	1035,69	0,00
Ağaç x Yorma Zamanı	967,89	10	96,79	42,78	0,00
Hata	1954,66	864	2,26		
Toplam	55166,35	1080			

Yormada açılmaya ağaç türü ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Aynı şekilde ağaç türü-yorma zamanı ikili etkileşimi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($\alpha=0,05$). Ağaç türü düzeyinde yapılan ağaç türünün yormada açılmaya etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,08 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. 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.

Yorma zamanının açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,11 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.10'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. 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 yüklemmeden 24 saat sonrasına ait örnekler vermiştir.

Ağaç türü ve yorma zamanı ikili etkileşiminin açılma miktarına etkilerine ait ortalamalar ve LSR değeri 0,19 için Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. 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.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Vakumlu membran preste hazırlanan deney örneklerinde en iyi yapışma kalitesi doğu kayını örneklerde elde edilmiştir (Kahraman, 2010). Buna benzer bir sonuç olarak Uysal (2005), 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 bununda yapışmayı olumsuz etkilemiş olabileceği 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 ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-yorma zamanı ikili etkileşiminde de aralarında anlamlı bir fark vardır.

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.

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.

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 ve yorma zamanının etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü-yorma zamanı ikili etkileşimlerinde de aralarında anlamlı bir fark vardır.

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. 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.

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 yüklemeyen 24 saat sonrasına ait sapsız meşe ve sarıçam örneklerde eşit olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak, kavislendirilmiş lamine ahşapta en iyi yapışma sonucu doğu kayını ağaç türünde elde edilmiştir ve bu örneklerin daha iyi yük taşıma kabiliyetine sahip oldukları ortaya çıkmıştır. Ayrıca 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. Kavisli lamine ahşap elemanların üretimlerinde ağaç türü olarak doğu kayını ilk sırada önerilebilir.

5. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. TS 386, (1999). Yapıştırılmış lamine ahşap- Performans ve asgari imalat şartları, *TSE Standardı*, Ankara, 1-4
- [2]. TS 11878, (1995). Ahşap Mobilya-Koltuk Lamine Ahşaptan İmal Edilmiş, *TSE Standardı*, Ankara, 1-4
- [3]. Colling F. (1995) "Glued laminated timber - Production and strength classes" STEP A8
- [4]. Eckelman, C. A., (1993). Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture, *Forest Products Journal*, (43): 19-24,
- [5]. Altınok, M., Burdurlu, E., OZKAYA, K. (2008). Deformation Analysis of Curved Laminated Structural Wood Elements. *Journal of Construction And Building Materials*, 22: 1643 – 1647, Atıf Sayısı: 2, DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2007.06.007.
- [6]. Kahraman, N., (2010). *Vakumlu Membran Preslerde Kavisli Lamine Ahşap Elemanların Üretilebilirliğinin Deneysel İncelenmesi*, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens.
- [7]. Şenay, A., (1996). *Lamine Edilmiş Doğru Kayınının Mekanik ve Fiziksel Özellikleri*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 163
- [8]. Park, H. M., vd., (2003). Static Bending Strength Performances of Cross-Laminated Woods Made With Five Species, *The Japan Wood Research Society*, Japan, 49, 411-417
- [9]. Örs, Y., Özçifçi, A., Atar, M., (1999). Klebit 303, Kleiberit 305.0 ve Süper-Lackleim 308 Tutkallarının Yapışma Dirençleri, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(3): 757-761

- [10]. Söğütlü, C., Döngel, N., (2007). “Polivinilasetat ve Poliüretan Tutkalları ile Yapıştırılmış Bazı Yerli Ağaçlarda Çekmede Makaslama Dirençleri” *G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 10(3), 287-293
- [11]. Kılıç, Y., Gürey, A., (1996). Laminasyon Tekniğinin Kızılağaç Odununun Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi, *I. Ulusal Mobilya Kongresi Bildirisi*, Ankara,
- [12]. Tang, R. C., Pu, J. H., (1997). Edgewise Bending Properties of Laminated Veneer Lumber: Effect of Veneer Grade and Relative Humidity, *Forest Products Journal*, 47(5):64-71
- [13]. Altınok, M., Döngel, N., (1999). Laminasyonda Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Katman Sayısının Eğilme Direncine Etkileri, *Z. K. Ü. Karabük Tek. Eğt. Fak. Teknoloji Dergisi*, Yıl 2, sayı 1-2, Haziran
- [14]. Keskin, H., (2001). *Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaç İşleri Endüstrisinde Kullanım İmkanları*, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 163
- [15]. Keskin, H., Togay, A., (2003). 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
- [16]. "Kleiberit Firması Pvac D4 Tutkalı Ürün Teknik Kataloğu", (2006). Germany, 1-3
- [17]. Uysal, B., (2005). “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