



Yetiştirme Muhitinin Lamine Kavak (*populus nigra L.*) Odununun Mekanik Özelliklerine Etkileri

Mustafa ALTINOK¹, Murat ÖZALP², Osman PERÇİN²

Özet

Bu çalışmada, yetiştirme muhitinin (Karadeniz ve Ege) Karakavak odununun (*Populus Nigra L.*) bazı mekanik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Karakavak odunu Türkiye’de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla her iki bölgeden elde edilen odun örnekleri polivinil asetat (PVAc) tutkalı ile lamine (3 katmanlı) edilmiştir. Numuneler üzerinde yoğunluk, eğilme direnci, basınç direnci ve yapışma direnci deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda yetiştirme muhitinin mekanik özellikler üzerinde farklılıklara neden olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karakavak, laminasyon, eğilme direnci, yapışma direnci, basınç direnci

The Effects of Growing Region on Mechanic Properties of Laminated Poplar Wood (*Populus Nigra L.*)

Abstract

This study examined the effects of growing region on certain mechanical properties of laminated poplar wood (*Populus Nigra L.*), which has industrially high usage potential and large plantations in Turkey. Wood specimens obtained from the black sea and the aegean regions, Turkey. For this purpose; poplar wood samples used in this study were laminated (3 layers) with polyvinyl acetate (PVAc) adhesives. Then compression strength, bending strength and bonding strength, density experiments were conducted. As a result, growing region caused differences on mechanical properties.

Keywords: Poplar, lamination, bending strength, bonding strength, compression strength

¹ Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Beşevler / Ankara

² Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü, Muradınlar Kampüsü, 43500, Simav/ Kütahya

1. Giriş

Ağaç işleri endüstrisindeki gelişmelere paralel olarak orman varlıkları azalmaktadır. Ağaç malzeme insan yaşamında önemli bir yere sahiptir. Ağaç malzemenin; kolay işlenmesi, ısı ve sese karşı yalıtıcı olması, hafif olmasına rağmen direncinin yüksek olması, kolay işlenmesi, diğer malzemelere göre estetik olması ve bunun gibi birçok özelliklerinden dolayı ağaç malzemeye duyulan ihtiyaç ve kullanım alanı her geçen gün artmaktadır (Özalp, 2003).

Ağaç işleri endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lamine ağaç malzeme, ahşap kaplamaların özellikle lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır (TS EN 386, 1999).

Ağaç malzemenin tek parça büyük boyutlu ve kavisli elemanlar olarak kullanılması, gerek ekonomik gerekse dayanım özellikleri bakımından pek uygun değildir. Büyük boyutlu taşıyıcı elemanların üretiminde tek parça masif ağaç kullanılması pratikte birçok zorluklar oluşturmaktadır. Çünkü ağaç malzemenin bünyesinde bulunan birçok kusur (budak, çürük, çatlak, lif kıvrıklığı, kurt yeniği v.b) giderilemez. Bu kusurları gidermek için kaliteli ağaç kullanılmalıdır. Bu da malzeme maliyeti artıracaktır. Kavisli elemanların üretiminde masif ahşabın tek parça kullanılması, fire oranını artırdığı için ekonomik değildir. Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlardan arındırılması ve eğri formlu imalatlarda liflerin kesintiye uğraması nedeni ile direnç özelliklerinin azalmaması için Laminasyon tekniğinin uygulanması zorunluluk arz etmektedir. Bu yöntemle küçük boyutlu parçalardan daha büyük boyutlu ağaç malzeme üretilebilmektedir. Ayrıca, ağaç malzemeyi kusurlardan arındırarak kullanılma olanağı sağlamaktadır (Şenay,1996).

Sağlam parçalardan elde edilen lamine ağaç malzeme, kusursuz olması yanında lamine katlarda farklı kalınlık ve renkte ağaç malzemelerden oluşturulduğundan estetik görünüm sağlar (Örs ve Keskin, 2001).

Ağaç malzeme yıllık halkalara teğet ve radyal yönde farklı miktarlarda çalıştığından dolayı, ağaç malzemenin çalışmaması için lamine ahşap malzeme oluşturulurken yıllık halka konumlarına dikkat etmek gerekmektedir. Ağaç çeşitlerine göre daralma miktarları, yıllık halkalara teğet yönde % 3.5-15, radyal yönde % 2.4-11, liflere paralel yönde % 0.1-0.9 arasında değişmektedir (Bozkurt ve Göker, 1987).

Lamine edilmiş Doğu ladini odununun bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma sonucunda, lamine edilmiş Doğu ladini'nde hava kurusu yoğunluk 0.466 g/cm^3 , hacimsel daralma miktarı % 11.99, eğilme direnci 75 N/mm^2 , eğilmede elastiklik modülü 10359.77 N/mm^2 , basınç direnci 43.54 N/mm^2 , makaslama direnci ise 6.59 N/mm^2 olarak belirlenmiştir (Keskin, 2003).

Sapsız meşe ve sarıçam kombinasyonu ile üretilen lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri ve en uygun kullanım yerlerinin

belirlenmesi amacı ile yapılan çalışma sonucunda, meşe ve çam kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluğu 0.56 g/cm^3 , eğilme direnci 107.52 N/mm^2 , eğilmede elastiklik modülü 10656.99 N/mm^2 , basınç direnci 66.35 N/mm^2 , makaslama direnci 9.93 N/mm^2 olarak bulunmuştur. Ayrıca; meşe ve sarıçam kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanılması da önerilmektedir (Keskin, 2004).

Doğu kayını ve Karakavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile yaptıkları çalışmada PVAc-D4 tipi tutkal ile beş katmanlı olarak hazırlanan lamine masif ağaç malzemeler kullanmışlardır. Çalışma sonucunu da, Doğu kayını ve Karakavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluğu 0.571 g/cm^3 , eğilme direnci 98.66 N/mm^2 , eğilmede elastiklik modülü 9020.24 N/mm^2 , basınç direnci 54.49 N/mm^2 , makaslama direnci 9.11 N/mm^2 , yarıлма direnci 0.540 N/mm^2 olarak belirtmişlerdir. Ayrıca çalışma sonucunda Lamine edilmiş kavak odununun eğilme direnci 76.14 N/mm^2 , masif kavak odunun eğilme direnci ise 73.32 N/mm^2 , liflere paralel basınç direnci 38.30 N/mm^2 , lamine edilmiş kavak odununda ise 40.68 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir (Keskin ve Togay 2003).

Titrek Kavak odununun hava kurusu ve tam kuru özgül ağırlıkları 0.42 g/cm^3 ve 0.38 g/cm^3 , hacim ağırlık değeri 0.33620 g/cm^3 , odunun toplam hacimsel çekme ve şişme yüzdeleri, %12.04 ve %13,36 , liflere paralel basınç, eğilme, dinamik eğilme, liflere paralel makaslama dirençleri ve Janka sertlik değerleri ise sırasıyla 395.61 N/mm^2 , 761.75 N/mm^2 , 0.52 N/mm^2 , 69.79 N/mm^2 , liflere dik $356,52 \text{ N/mm}^2$ ve liflere paralel 258.81 N/mm^2 olarak belirlenmiştir (Öner, 1996).

Tokat-Niksar yöresinde yetiştirilen ve yöredeki tarımsal yapılarda yaygın olarak kullanılan kavak ağacının önemli fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, Liflere dik doğrultuda basınç dayanımı 5 N/mm^2 , Liflere dik doğrultuda çekme dayanımı $0,56 \text{ N/mm}^2$, Liflere paralel doğrultuda basınç dayanımı $43,1 \text{ N/mm}^2$, Liflere paralel doğrultuda çekme dayanımı $41,8 \text{ N/mm}^2$, Statik eğilme dayanımı $72,6 \text{ N/mm}^2$, Liflere paralel doğrultuda kayma dayanımı $3,2 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur (Şahin ve ark. 2006).

Kavak odunlarının liflere paralel basınç direncini $250-480 \text{ kg/cm}^2$ arasında olduğunu belirtmiştir. Bazı kavak tür ve klonlarına ait hava kurusu özgül ağırlıklarını; I-214 klonu(melez kavak): $0.31-0.45 \text{ N/mm}^2$, P.Nigra: $0.400-0.500 \text{ N/mm}^2$, P.Euphratica: 0.480 N/mm^2 ve P.Tremula: 0.500 N/mm^2 olarak belirlenmiştir (Acar, 2006).

Lamine edilmiş Kavak odununun teknolojik özelliklerini araştırılmasında masif ve farklı basınç altında polivinilasetat (PVAc) tutkalı kullanarak elde edilen lamine ahşap malzemelerin teknolojik özelliklerini incelemiştir. Liflere dik eğilme direncini masifte $48,9 \text{ N/mm}^2$, $0,3 \text{ N/mm}^2$ basınç altında üretilen

masif odununda $48,2 \text{ N/mm}^2$, $0,6 \text{ N/mm}^2$ basınç altında üretilen masif odunda $52,0 \text{ N/mm}^2$, $0,9 \text{ N/mm}^2$ basınç altında üretilen masif odunda ise $49,0 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca özgül ağırlığın, belli sınırlar içerisinde ağaç malzemenin kalitesi hakkında bilgi veren özelliklerinden birisi olduğunu, ağaç malzemenin bazı mekanik ve teknolojik özellikleri, çalışması, sertliği, aşındırıcılar karşı gösterdiği direnç, işlenebilme özelliği vb konular özgül ağırlıkla yakından ilgili olduğunu belirtmiştir (Ulupınar, 1998)

Lamine edilmiş ağaç malzemede katlar arasındaki nem farkı (TS EN 386, Anonim, 1999) ve DIN 68140'a (Anonim, 1998) göre % 4'ü aşmaması gerekmektedir. Aksi halde, farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak, çatlamalara sebep olabilir. Yine, TS EN 386'ya (Anonim, 1999) göre, laminasyon işleminin yapılacağı ortamın sıcaklığı en az $15 \text{ }^\circ\text{C}$, bağıl nem ise % 40-75 arasında olmalıdır.

Orta katmanlarında kavak kullanılmış farklı ağaç laminasyonlarının bazı teknolojik özelliklerini karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda karakavak odunu kullanılarak lamine edilen ağaç malzemelerde en yüksek hava kurusu yoğunluk dişbudak-kavak kombinasyonu ile üretilen lamine ahşap malzemede $0.552(\text{g/cm}^3)$, en düşük hava kurusu yoğunluk ise ceviz-kavak kombinasyonu ile üretilen lamine ahşap malzemede $0.498 (\text{g/cm}^3)$ olarak belirlenmiştir (Keskin ve Atar, 2005).

Yapılan çalışmada Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*) odunundan elde edilen lamine ahşap malzeme üzerinde tutkal türünün lamine ağaç malzemenin teknolojik özelliklerine etkisini incelemek için yapılan çalışmada üretilen lamine ahşap malzemenin üretilen lamine ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri, PVAc tutkalı ile üretilen lamine ahşap malzemeye göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Eren,1998).

Lamine edilmiş ahşap malzemenin yapışması üzerinde etkili olan faktörler; ağaç malzemenin türü, ağaç malzemenin anatomik yapısı, pres basıncı, pres süresi, tutkal türü, ortamın bağıl nemi vb. etmenler sayılabilir. Ayrıca farklı ağaç malzemeler aynı anda preslenecekse pres basıncı yumuşak ağaca göre belirlenmelidir. Pres basıncı yumuşak ağaçlarda $0.6-1 \text{ N/mm}^2$, sert ağaçlarda ise $0.2-1.6 \text{ N/mm}^2$ arasında olmalıdır (Dilic, 1997).

Düzgün yüzeyli parçaların yapıştırılmasında yeterli basınç uygulandığında, tutkalın bir yüzeyden diğer yüzeye transferi yeknesak olmakta ve yapışma direnci en iyi sonuç vermektedir. Kusursuz yüzeylerin birleştirilmesinde 0.7 N/mm^2 basınç uygulandığında, yapışma direnci en yüksek değere ulaşmaktadır (Franklin Glue Comp.1989).

Masif ağaç malzemeye göre, estetik, ekonomik ve teknolojik özellikleri bakımından daha üstün olan lamine ağaç malzemelerin, LVL (Laminated Veneer Lumber) mobilya üretiminde özellikle mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında tercih edilmesi önerilmiştir (Eckelman, 1993).

Fizyolojik olarak hızlı büyüme potansiyeline sahip olan kavakların ekolojik istekleri oldukça fazladır. Hızlı gelişmeleri ile birlikte yetişme ortamı

istekleri de farklıdır. Çevrenin iklim ve fizyografik özelliklerinden olumlu yada olumsuz yönde çabuk etkilenirler. Her canlı gibi Kavak ağaçları içinde bazı iklim etmenleri özel önem taşırlar. Bunları sıcaklık, yağış ve rüzgarlar olarak sıralayabiliriz. Hızlı büyümelerine oranla çok fazla su tüketirler. Bu gereksinimini karşıladıkları kaynaklardan biri de yağışlardır (Ulupınar, 1998).

Bu çalışmada, Karadeniz ve Ege bölgelerinde yetişen Karakavak (*populus nigra l.*) odunlarından PVAc tutkalı ile 3 katmanlı olarak üretilen lamine ahşap malzemenin bazı mekanik özelliklerine iklim farklılığının etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Ağaç Malzeme

Bu çalışmada kullanılan Karakavak (*Populus Nigra l.*) odununun bir kısmı Karadeniz bölgesinde bulunan Samsun ilindeki kerestecilerden, bir kısmı da Ege bölgesinde bulunan İzmir ilindeki kerestecilerden rastgele seçim (*randomly selected*) yöntemi ile kereste halinde ve tomruğun diri odun kısmından satın alınarak temin edilmiştir. Keresteler seçilirken, kusursuz olmalarına, düzgün lifli olmalarına, budaksız olmalarına, ardaksız olmalarına, düzgün büyüme yapmış ve reaksiyon odunu olmamalarına özen gösterilmiştir.

Kavak keresteler anma ölçülerinden (6.66 x 70 x 780 mm) daha kaba kesilen taslak parçalar iklimlendirme dolabında 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında bekletilerek, taslakların denge rutubetinin % 12'ye gelmesi sağlanmıştır.

2.2. Tutkal

Bu çalışmada, yapıştırıcı olarak Polivinil asetat (PVAc) tutkalı kullanılmıştır. PVAc tutkalı, kullanılması sırasında kesici aletleri yıpratmaması, kokusuz ve yanmaz oluşu, soğuk olarak uygulanabilmesi, kolay sürülebilmesi, hızlıca sertleşmesi gibi avantajlı özellikleri yanında uygulandıktan sonra sıcaklık arttıkça yumuşuma ile birlikte mekanik direnci azalan, 70 °C den sonra ise istenilen bağlayıcılığı gerektiği gibi sağlayamayan dezavantajlara da sahiptir. Birleştirme yapılacak malzemenin cinsi ve yüzey özelliklerine göre 150–200 gr/cm² tutkalın birleştirme yapılacak yüzeylerden birine uygulanması iyi bir yapışma için yeterli olmaktadır. PVAc tutkalı deney örneklerine uygulanırken TS3891 de belirtilen esaslara uyulmuştur. Yapıştırıcı için. Yoğunluğu 1.1 gr/m³, viskozitesi 160-200 cps, pH değeri 5, presleme süresi; soğuk tutkallamada 20 °C de 20 dakika, 80 °C de 2 dakika olarak verilmekte ve presleme ortamında soğuyuncaya kadar dinlendirilmesi önerilmektedir (Altınok, 1995).

2.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Lamine ağaç malzeme TS EN 386 (Anonim 1999) esaslarına uyularak, hava kurusu haldeki 6,66 mm kalınlığındaki kaplamalardan 20x70x780 mm

boyutlarında ve 3 katmanlı olarak üretilmiştir. Tutkallamada üretici firma önerileri dikkate alınmış ve fırça ile 150-180 gr/m² hesabıyla sürülmüştür. Yapıştırma işleminde, yüzeyler tutkallanıp ~5 dakika bekletildikten sonra pres basıncı 0,7 N/mm², pres sıcaklığı 20 °C, presleme süresi 20 dakika olmak üzere preslenmiştir.

2.4. Deney Metodu

Hava kurusu yoğunluğu, TS 2472 (1972) standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 20x30x30 mm ebatlarında hazırlanan deney parçaları öncelikle 20 ±2 0C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Daha sonra buradan alınarak ± 0,01g hassasiyetinde elektronik terazide tartılmış (M₁₂), ± 0.01mm hassasiyete sahip dijital kumpasla boyutları ölçülmüş ve hacimleri belirlenmiştir. Böylece hava kurusu yoğunluk (D₁₂);

$$D_{12} = M_{12} / V_{12} \text{ (g/cm}^3\text{) eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır.}$$

TS EN 326 (22) esaslarına uygun 20x20x300 mm boyutlarındaki örnekler TS 2474 esaslarına (23) uyularak eğilme deneyi uygulanmıştır. Deney makinesinin dayanak aralığı örnek kalınlığının 12 katı dikkate alınarak 240 mm olarak ayarlanmış ve kuvvet, numunelerin tam ortasından yıllık halkalara teğet yüzeyden yüklenmiştir. Yükleme hızı, kırılma işleminin 1.5-2 dakika sonra olacak şekilde ayarlanmış ve kırılma anındaki maksimum kuvvet (P), 1 kp duyarlılıkta tespit edilmiş eğilme direnci (σ_e);

$$\sigma_e = \frac{3.P.L}{2.b.h^2} \text{ (N/mm}^2\text{) eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır.}$$

Burada;

- σ_e: Eğilme direnci (N/mm²),
- P : Kırılma anındaki en büyük kuvvet (N),
- L : Dayanak noktası arasındaki açıklık (12xh) (mm)
- b : Deney parçasının genişliği (mm),
- h : Deney parçasının kalınlığı (mm) .

Liflere ve tutkal hattına paralel basınç direnci deneyleri, TS 2595 (1977), esaslarına uygun olarak yapılmıştır. Bu amaçla, 20x20x30 mm boyutlarındaki örneklerin enine kesimine tam ortadan ve örnekler 1.5-2 dakika içinde etki edecek şekilde sabit bir yükleme hızı ayarlanmıştır. Kuvvet uygulaması, numune kırılıncaya kadar devam ettirilmiş ve kırılma anındaki maksimum kuvvet makinenin kadrından okunarak kaydedilmiştir.

Kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) ölçülerek liflere paralel basınç direnci (σ_B);

$$\sigma_B = \frac{F_{max}}{a.b} \text{ (N/mm}^2\text{) eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;}$$

σ_B : Liflere paralel basınç direnci
 F_{max} : Kırılma anındaki en büyük kuvvet (N),
 a : Örnek enine kesit kenar uzunluğu (mm),
 b : Örnek enine kesit kenar uzunluğu (mm)

Liflere paralel yapışma direnci deneyleri DIN 53255' e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 15 x 20 x 150 mm boyutlarında hazırlanan örneklerin enine kesitine homojen ve örnekleri 1.5-2 dakika içinde çekecek şekilde sabit bir çekme hızı uygulanmıştır. Kuvvet uygulaması, örnek kopuncaya kadar devam ettirilerek, kopma anındaki maksimum kuvvet (F) makinenin kadranından okunarak kaydedilmiştir.

Yapışma direnci (σ_y)' nın hesaplamasında;

$\sigma_y = F / A = F / (b \cdot l)$ eşitliğinden yararlanılmıştır. Burada;

σ_y = Yapışma Direnci (N/mm²),

F = Kopma anındaki kuvvet (N),

b = Yapışma yüzeyinin genişliği (mm),

l = Yapışma yüzeyinin uzunluğu (mm), dir.

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Farklı bölgelerden temin edilen Karakavak (*populus nigra l.*) odununa ait lamine ve masif ağaç malzemelerin teknolojik özelliklerinin (hava kurusu yoğunluğu, eğilme direnci, basınç direnci ve yapışma direnci) kendi aralarındaki farkı belirlemek için varyans analizi kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılığın önemli çıkması halinde ($\alpha = 0.05$) güven düzeyinde LSD testi ile karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular

Ege ve Karadeniz bölgelerinde yetişmiş olan Karakavak (*populus nigra l.*) odunundan elde edilen kontrol ve lamine örneklere ait sayısal veriler Çizelge 1'de verilmiştir.

Deney sonuçlarının kendi aralarında güvenilirliğinin tespiti için varyans analizleri yapılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 1. Mekanik değerlere ilişkin sayısal veriler

Malzeme Türü	İstatistik Değerler	Hava Kuruğu Yoğunluk g/cm ³	Eğilme Direnci N/mm ²	Basınç Direnci N/mm ²	Yapışma Direnci N/mm ²
Kontrol Ege	x	0.387	72.733	30.601	-
	s	0.008	1.52	1.33	-
	min.	0.375	70.04	29.02	-
	max.	0.401	75.20	32.72	-
	N	10	10	10	-
Kontrol Karadeniz	x	0.375	68.455	27.784	-
	s	0.01	1.11	1.25	-
	min.	0.361	66.7	26.03	-
	max.	0.396	69.99	29.54	-
	N	10	10	10	-
Lamine Ege	x	0.445	78.196	35,399	5.79
	s	0.01	1.19	1.2	0.26
	min.	0.432	76.47	34.57	5.48
	max.	0.465	80.07	37.01	6.13
	N	10	10	10	10
Lamine Karadeniz	x	0.417	75.21	33.924	6.16
	s	0.017	1.01	1.02	0.2
	min.	0.389	73.46	32.38	5.87
	max.	0.441	76.48	35.84	6.43
	N	10	10	10	10

X: ort, S: Stan.sapma, Min: Minimum değer, Max: Maksimum değer, N: Numune sayısı

Çizelge 2. Hava kuruğu yoğunluğa ait varyans analizi

VARYANS KAYNAĞI	SD	KARELER TOP.	KARELER ORTA.	F DEĞERİ	P
1. FAKTÖR	1	0.004	0.004	25.366**	0.000
2. FAKTÖR	1	0.025	0.025	132.009**	0.000
İTERAK.	1	0.001	0.001	3.153ns	0.081
HATA	36	0.006	0.000	-	--
GENEL	39	0.035	-	-	-

1. Faktör: Ağaç Türü (Ege Karakavak, Karadeniz Karakavak), 2. Faktör: Lamine ahşap, Masif Ahşap.

Ağaç malzemede yetişme yeri ve malzeme türünün (lamine, masif) hava kuruğu yoğunluğuna etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır (0.05). Bu

farklılığın önemli olduğunu belirlemek için hava kurusu yoğunluk verilerine LSD testi uygulanmıştır.

Eğilme direncine ait sayısal verilere yapılan varyans analizi Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Eğilme direncine ait varyans analizi

VARYANS KAYNAĞI	SD	KARELER TOP.	KARELER ORTA.	F DEĞERİ	P
1. FAKTÖR	1	131.784	131.784	125.509**	0.000
2. FAKTÖR	1	373.559	373.559	226.901**	0.000
İTERAK.	1	4.166	4.166	2.530ns	0.117
HATA	36	54.069	1.502	-	-
GENEL	39	563.578	-	-	-

1. Faktör: Ağaç Türü (Ege Karakavak, Karadeniz Karakavak), 2. Faktör: Lamine ahşap, Masif Ahşap.

Ağaç malzemede yetiştirme yeri ve malzeme türünün (lamine, masif) eğilme direncine etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır (0,05). Bu farklılığın önemli olduğunu belirlemek için eğilme direnci verilerine LSD testi uygulanmıştır.

Basınç direncine ait sayısal verilerin varyans analizi Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Basınç direncine ait varyans analizi

VARYANS KAYNAĞI	SD	KARELER TOP.	KARELER ORTA.	F DEĞERİ	P
1. FAKTÖR	1	46.051	46.051	26.360**	0.000
2. FAKTÖR	1	299.095	299.095	165.860**	0.000
İTERAK.	1	4.509	4.509	2.500ns	0.119
HATA	36	52.733	1.465	-	-
GENEL	39	402.387	-	-	-

1. Faktör: Ağaç Türü (Ege Karakavak, Karadeniz Karakavak), 2. Faktör: Lamine ahşap, Masif Ahşap

Ağaç malzemede yetiştirme yeri ve malzeme türünün (lamine, masif) basınç direncine etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır (0,05). Bu farklılığın önemli olduğunu belirlemek için basınç direnci verilerine LSD testi uygulanmıştır.

Ege ve Karadeniz bölgelerinden temin edilen Karakavak (*populus nigra* L.) odunlarından elde edilen lamine ve masif malzemelere uygulanan Hava kurusu yoğunluk, Eğilme direnci ve Basınç direnci deneylerine ait sayısal verilerin varyans analizleri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Bu farklılığın

önemli olduğunu belirlemek için bu deneylere ait sayısal verilere en küçük önemli fark testi (LSD) uygulanmıştır. Bunlara ait homojenlik grupları Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Deneylere ilişkin homojenlik grupları

S.No	Hava Kuru Yoğunluğu (g/cm ³)			Eğilme Direnci (N/mm ²)			Basınç Direnci (N/mm ²)		
	C. No	Ort.	HG	C. No	Ort.	HG	C. No	Ort.	HG
L. Ege (1)	1	0.445	A	1	78.196	A	1	35.399	A
M. Ege (2)	3	0.417	B	3	75.215	B	3	33.924	B
L. Karadeniz (3)	2	0.387	C	2	72.733	C	2	30.601	C
M. Karadeniz (4)	4	0.375	D	4	68.455	D	4	27.784	D

LSD: 1,132524

LSD: 1,11154

LSD: 1,097722

Yapılan yapışma direncine ait varyans analizi Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Yapışma direnci varyans analizi

VARYANS KAYNAĞI	SD	KARELER TOP.	KARELER ORTA.	F DEĞERİ	ALFA %
TEKERRÜR	9	0.695	0.077	2.880ns	0.066
ÇEŞİT	1	0.681	0.681	25.391**	0.001
HATA	9	0.241	0.027	-	-
AD OLMAMA	1	0.023	0.023	0.827	0.393
KALAN	8	0.219	0.027	-	-
GENEL	19	1.617	-	-	-

Her iki bölgeden elde edilen lamine ahşap malzemeler de yapışma direnci değerleri kendi aralarında istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır (0.05).

4. Sonuç ve Öneriler

Yapılan mekanik deneyler sonucunda Ege bölgesinde yetişen karakavak (*populus nigra l.*) odunundan elde edilen lamine ağaç malzemenin yapışma deneyi dışında tüm mekanik özellikleri üstün çıkmıştır. Bunu sırası ile Karadeniz bölgesinde yetişen karakavak (*populus nigra l.*) odunundan elde edilen lamine ağaç malzeme, Ege masifi, Karadeniz masifi izlemiştir.

Yapışma deneyi sonucunda da; Karadeniz bölgesinde yetişen karakavak (*populus nigra l.*) odunu, Ege bölgesinde yetişen karakavak (*populus nigra l.*) odununa göre daha üstün çıkmıştır.

Eğilme deneyi sonucunda; en yüksek eğilme direnci, Ege bölgesinde yetişen karakavak (*populus nigra l.*) odunundan elde edilen lamine ahşap malzemede 78.19 N/mm^2 , bunu sırası ile Karadeniz bölgesinde yetişen karakavak (*populus nigra l.*) odunundan elde edilen lamine ahşap malzeme 75.21 N/mm^2 , Ege bölgesinden elde edilen masif odunu 72.73 N/mm^2 , Karadeniz bölgesinden elde edilen masif odunu 68.45 N/mm^2 olarak takip etmiştir.

Eğilme deneyinde, Ege bölgesinden elde edilen lamine edilmiş ahşap malzeme, masif malzemeye göre yaklaşık % 8-9, Karadeniz bölgesinden elde edilen lamine ahşap malzeme ise masif malzemeye göre yaklaşık % 10 daha fazla çıkmıştır. Bununla birlikte her iki bölgeden elde edilen lamine ahşap malzemeler arasında Ege bölgesinden elde edilen lamine ahşap malzeme, Karadeniz bölgesinden elde edilen lamine ahşap malzemeye göre eğilme direncinde yaklaşık % 4 fazla çıkmıştır. Yine her iki bölgeden elde edilen masif malzemeler arasında eğilme direncinde, Ege bölgesinin masif malzemesi, Karadeniz bölgesinin masif malzemesinden % 6 daha yüksek çıkmıştır.

Liflere paralel basınç deneyinde; en yüksek basınç direnci lamine edilmiş Ege karakavak odununda 35.39 N/mm^2 , bunu sırası ile lamine edilmiş Karadeniz karakavak odunu 33.92 N/mm^2 , Ege karakavak odununda 30.60 N/mm^2 , Karadeniz karakavak odununda ise 27.78 N/mm^2 olarak takip etmiştir.

Basınç deneyinde, Ege odunundan elde edilen lamine ahşap malzeme Ege odunundan elde edilen masif oduna göre % 15, Karadeniz odunundan elde edilen lamine ahşap malzeme Karadeniz odunundan elde edilen masif malzemeye göre % 22 daha fazla çıkmıştır. Lamine ahşap malzemelere bakıldığında, Ege odunundan elde edilen lamine ahşap malzeme Karadeniz odunundan elde edilen lamine ahşap malzemeye göre % 4, masif malzemeler arasında ise ege bölgesinden elde edilen masif malzeme Karadeniz bölgesinden elde edilen masif malzemeye göre % 10 daha yüksek çıkmıştır.

Eğilme ve basınç deneylerinde masif ahşap malzeme ile lamine ahşap malzeme arasında böyle bir farkın çıkması, lamine ahşap malzeme arasına sürülen tutkalın düzgün lifli katlar arasında odunun kohezyon kuvvetini atırıcı etki yapmasından kaynaklanabilir. Ege bölgesinden elde edilen lamine ve masif malzemenin Karadeniz bölgesinden elde edilen lamine ve masif malzemedan eğilme direncinin yüksek çıkması, Ege bölgesinin Karadeniz bölgesine göre daha kurak geçmesi, dolayısı ile ege bölgesinde yetişen kavak odunlarının büyümesinin yavaşlayarak Karadeniz odununa göre özgül ağırlığı yüksek, yoğunluğu fazla gövde odunları meydana gelmesi olabilir.

Hava kurusu yoğunluklarının hesaplanmasında en fazla değer lamine edilmiş Ege karakavak odununda $0.44 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ daha sonra sırası ile lamine

edilmiş Karadeniz karakavak odununda 0.41 (g/cm³), masif Ege odununda 0.38 (g/cm³) ve masif Karadeniz odununda 0.37 (g/cm³) olarak elde edilmiştir.

Yapışma deneyinde, Karadeniz bölgesinden elde edilen ahşap malzemelerin yapışma direnci, Ege bölgesinden elde edilen ahşap malzemelerin yapışma direncine göre % 6.4 fazla çıkmıştır. Yapılan gözlemler sonucunda yapışma yüzeylerinde lif kopmaları meydana gelmiştir. Her iki bölgeden elde edilen numuneler üzerindeki lif kopmaları homojen ancak Karadeniz odunundan elde edilen yapışma deneylerindeki lif kopma derinliği nispeten fazla çıkmıştır. Bu sonucun tutkalın her iki ağaç malzemeye nüfuzunun farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca sayısal verilerden anlaşılacağı gibi yoğunluk olarak Karadeniz odunu daha az yoğunlukta çıkmıştır. Dolayısı ile ağaç malzemeye sürülen tutkal çözeltisi ağaç malzemeye daha kolay nüfuz etmiş ve ağaç içerisine daha fazla tutkal girmiş olabilir. Bunların sonucunda yapışma dirençleri arasında da bu fark çıkmış olabilir.

Genel olarak yapılan çalışmanın daha önceki literatür çalışmaları bir paralellik gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Karakavak odunu yurdumuzun ormanca fakir bölgelerinde odun hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca karakavak odunu inşaat sektöründe taşıyıcı elman olarak kullanılmaktadır. Mobilya endüstrisinde de kavak odunu hem mobilya üretiminde hem de raf, çekmece gibi iç bölmelerde kullanım alanı bulmaktadır. Son yıllarda çeşitli dolgu maddeleri ile yapılmış levhaların yüzeylerine kavak soyma levhalarının yapıştırılması önem kazanmıştır. Kavak kontrplak sanayisinde en fazla kullanılan malzemelerden birisidir. Kavak odunun kendine ait renk özellikleri olması, özgül ağırlığının az olması, kolayca işlenebilmesi ve düzgün yüzey vermesi kontrplak endüstrisinde kullanımını yaygınlaştırmıştır (Anonim 1994).

Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formlu imalatlarda liflerin diyagonalliği nedeniyle direnç özelliklerinin azalmaması için laminasyon tekniği kullanılması önerilebilir. Bununla birlikte küçük boyutlu ağaç malzemelerin kullanılmasından dolayı fire oranı önemli ölçüde azalmakta ve ürün maliyeti düşmektedir. Ülkemizde erişilmesi kolay ve ucuz olan kavak gibi ağaç malzemeleri kullanarak, genelde tek bir malzemenin / türün kullanılmasıyla yüksek maliyetlerle elde edilen lamine masif ağaç malzemeleri daha ucuza üretmek, boyutsal stabiliteyi sağlayarak kullanım ömrünü uzatmak ekonomik açıdan önemli bir avantaj sağlayabilir (Keskin ve Atar, 2005).

Yapı malzemeleri değişken (eğilme, basınç, çekme vb.) kuvvetlere maruz kalabilecek malzemelerdir. Bu özelliklerden dolayı yapı malzemeleri seçilirken bu özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Sağlam, kaliteli ve esnek olmalıdır. Ayrıca yapı malzemeleri belli bir ebat ve boyda olmalıdır. Masif haldeki malzemeleri belli boyutların dışında bulmak zor olmaktadır. Bunun için gerekli sağlamalık, gerek esneklik ve gerekse ebat konusunda lamine edilmiş malzemeler ön plana çıkmaktadır. Özellikle kavak ağacı inşaat malzemesi

olarak kullanılmaktadır. Araştırmalara göre karakavak odunu inşaat sektörünün talep ettiği yük taşıyıcı malzeme niteliğine sahip bulunmaktadır (Ulupınar,1998).

Sonuç olarak lamine edilmiş kavak malzemelerin bazı mekanik özellikleri masif malzemeye göre yüksek çıkmıştır. Bu nedenle özellikle yük taşıyıcı yapı elemanlarının yapımında lamine ahşap malzeme kullanılması önerilebilir. Ayrıca lamine ahşap malzeme estetik açıdan da mobilya imalatında rahatlıkla kullanılabilir. Bununla birlikte her iki bölgeden elde edilen malzemelerin bazı mekanik değerleri yakın çıkmakla beraber Ege bölgesinden elde edilen karakavak malzemeler belli oranlarda mekanik yönden fazla çıkmıştır. Bu nedenle kullanım esnasında ege bölgesinde yetişen karakavak odunlarının kullanılması tercihen önerilebilir.

Kaynaklar

- Acar C F. 2006.** Paulownia'nın Odun Özelliklerinin Kavak Ve Okaliptüs İle Karşılaştırılması, Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi, ISSN: 1300 9532
- Altınok M. 1995.** Sandalye Tasarımında Gerilme Analizine Göre Mukavemet Elemanlarının Boyutlandırılması, Doktora Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Anonim 1994.** Türkiye'de Kavakçılık, Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Enstitüsü, İzmit
- Bozkurt Y. ve GÖKER Y. 1987.** Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 3445, İstanbul
- DIN 68140 (Anonim 1998).** Finger Joints in Wood, Part 1: Finger Jointed Structural Timber, DIN 68140. Deutsche Norm
- DIN 53255,** Bestimmung der bindefestigkeit von sperrholzleimungen im zugversuch und aufstechversuch, Deutsche Institute für Normen, Deutschland.
- Dilik T. 1997.** Lamine Ağaç Malzemedden Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, İ.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul
- Eckelman C A. 1993.** Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture. Forest Products Journal, 43 (4) : 19-24
- Eren S. 1998.** Okaliptus (*Eucalyptus camaldulensis*) Odunundan Üretilen Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Tutkal Türü ve Tomruk Buharlama Süresinin Etkileri. K.Ü. FBE Yüksek Lis. Tezi, Trabzon.
- Franklin Glue Comp. (1989).** Adhesive Trouble Shooting, Colombus, USA
- Keskin H. 2003.** Lamine Edilmiş Doğu Ladini (*picea orientalis* lipsky) Odununun Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 1, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 139-151

- Keskin H. 2004.** Sapsız Meşe (*quercus petraea liebl.*) Ve Sarıçam (*pinus sylvestris lipsky*) Kombinasyonu İle Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Teknolojik Özellikleri Ve Kullanım İmkanları, G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 17(4):121-131 (2004)ISSN 1303-9709
- Keskin H ve Togay A. 2003.** Doğu Kayını (*fagus orientalis l.*) ve Karakavak (*populus nigra l.*) Kombinasyonu İle Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel Ve Mekanik Özellikleri, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı: 2, ISSN: 1302-7085, Sayfa: 101-114
- Keskin H ve Atar M. 2005.** Orta Katmanlarda Kavak Kullanılmış (5 Katlı) Farklı Ağaç Malzeme Laminasyonlarının Bazı Teknolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, ISSN 1303-9709, 18(1) Sayfa no:115-126
- Öner M N. 1996.** Kütahya-Gediz-Yağmurlar Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Titrek Kavak (*Populus tremula L.*) Odununun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Araştırmalar, D.P.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kütahya.
- Örs, Y., Keskin H., 2001.** Ağaç Malzeme Bilgisi, Gazi Üniversitesi yayın no: 2000/352, Atlas Yayıncılık no: 2, İstanbul
- Özalp M. 2003.** 'Su İtici Ve Koruyucu Emprenye Maddeleri İle Muamele Edilmiş Çam Örneklerinin Su Soğutma Kulelerinde Kullanımı İle Fiziksel, Mekanik ve Kimyasal Özelliklerinde Meydana Gelen Değişimin İncelenmesi, ZKÜ, F.B.E., Doktora Tezi, Bartın
- Şahin S. Karaman S. Örüng İ. 2006.** Tokat-Niksar Yöresinde Yetiştirilen ve Yöredeki Tarımsal Yapılarda Yaygın Olarak Kullanılan Kavak Ağacının Önemli Fiziksel ve Mekanik Özellikleri GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2006, 23 (1), 61-66
- Şenay A. 1996.** Ahşap Lamine Taşıyıcı Elemanların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, İÜ,F.B.E., Doktora Tezi, İstanbul.
- Ulupınar M. 1998.** Lamine Edilmiş Melez Kavak (*Populus Euramericana*) 'in Teknolojik Özelliklerinin Tespiti, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi,
- TS En 386 (Anonim 1999),** Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim şartları, TSE, Ankara,
- TS 2472, 1972.** Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler, Hacim-yoğunluk Tayini, TSE, Ankara,
- TS EN 326, 1997.** Ahşap Esaslı Levhalardan Numune Alınması, TSE, Ankara,
- TS 2474, 1976.** Odunun Statik Eğilmede Dayanımının Tayini, TSE, Ankara,
- TS 2595, 1977.** Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini, TSE, Ankara
- TS En 386,(Anonim 1999),** Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim şartları, TSE, Ankara