

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF LAMINATED WOOD MATERIALS MADE UP WITH THE COMBINATION OF OAK (*Quercus petraea* Liebl.) WOOD AND SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* Lipsky) WOOD AND POSSIBILITIES OF USING THEM

Hakan KESKİN

Gazi University, Industrial Arts Education Faculty, Department of Industrial Technology Education, 06500 Beşevler, Ankara-TÜRKİYE, e-mail: khakan@gazi.edu.tr

ABSTRACT

This study was conducted to determine the best of using places by some of the technological properties of laminated wood materials made up with the combination of oak wood (*Quercus petraea* Liebl.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) wood. For this aim, the laminated wood materials were prepared in the form of five layers from Scots pine and oak wood glued by Desmodur-VTKA adhesive. The air dry density TS 2472, bending strength TS 2474, modulus of elasticity in bending TS 2478, compression strength TS 2595, shear strength ASTM D 3110, cleavage and bursting ASTM D 143 were determined in due course for a total of 275 prepared samples. Consequently, the air dry density 0.568 g/cm³, bending strength 107.523 N/mm², modulus of the elasticity 10656.998 N/mm², compression strength 66.359 N/mm², shear strength 9.935 N/mm² were found. Accordingly, laminated oak wood and Scots pine wood combination could be proposed as furniture and building materials.

Key words :Technological properties, Lamination, Oak wood, Scots pine, Desmodur-VTKA adhesive

SAPSIZ MEŞE (*Quercus petraea* Liebl.) ve SARIÇAM (*Pinus sylvestris* Lipsky) KOMBİNASYONU İLE ÜRETİLMİŞ LAMİNE AĞAÇ MALZEMELERİN BAZI TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ ve KULLANIM İMKANLARI

ÖZET

Bu çalışma, sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri yardımı ile en uygun kullanım yerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla sapsız meşe ve sarıçam odunlarından Desmodur-VTKA tipi tutkal ile beş katmanlı olarak hazırlanan lamine ağaç malzemeler kullanılmıştır. Hazırlanan 275 adet deney örneği üzerinde; yoğunluk TS 2472, eğilme direnci TS 2474, eğilmede elastiklik modülü TS 2478, basınç direnci TS 2595, makaslama direnci ASTM D 3110 esaslarına uyularak belirlenmiştir. Deneysel sonuçta, meşe ve çam kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin hava kuru yoğunluğu 0.568 g/cm³, eğilme direnci 107.523 N/mm², eğilmede elastiklik modülü 10656.998 N/mm², basınç direnci 66.359 N/mm², makaslama direnci 9.935 N/mm² olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre; meşe ve sarıçam kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemeler mobilya ve yapı malzemesi olarak kullanılması önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Teknolojik özellikler, Laminasyon, Sapsız meşe, Sarıçam, Desmodur-VTKA tutkalı

1. GİRİŞ

Ağaçları endüstrisinde her geçen gün daha yaygın kullanım alanı bulan lamine ağaç malzeme, TS EN 386'ya (1) göre; ahşap kaplamaların özellikle lifleri birbirine paralel olarak yapıştırılmasıyla elde edilen yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır.

Lamine elemanı oluşturan katlar arasındaki rutubet farkı

1. INTRODUCTION

According to TS EN 386 (1), the laminated wood material can be defined as a structural member that was made of wood fabricated from laminations of timber glued parallel to the longitudinal axis.

The moisture content should be uniform between laminations. According to TS EN 386 and DIN 68140 (2),

TS EN 386 ve DIN 68140'a (2) göre % 4'ü aşmamalıdır. Aksi halde, farklı çalışma şartları sonucu oluşan gerilmeler liflere dik yöndeki çekme direncini aşarak çatlamalara sebep olabilir. Laminasyon işleminin yapıldığı ortam sıcaklığının en az 15 °C, bağıl nemi ise % 40-70 arasında olması gerekmektedir.

Lamine edilmiş ağaç malzemelerde biçim değişmelerinin oluşmaması için lamine katların düzenlenmesinde, yıllık halkaların konumuna dikkat etmek gerekmektedir. Bu-nun sebebi ağaç malzemenin yıllık halkalara teğet ve radyal yönlerde farklı çalışmasıdır. Bilindiği gibi, ağaç türlerine göre daralma miktarları, yıllık halkalara teğet yönde % 3,5-15, radyal yönde % 2,4-11, liflere paralel yönde % 0,1-0,9 arasında değişir (3).

Laminasyon işleminde kullanılan odunun yapısı, yüzey pürüzlülüğü, pres basıncı, presleme süresi ve kullanılan tutkalın teknik özellikleri odunun yapıya mukavemeti üzerine etkili olmaktadır. Farklı ağaç türlerinin aynı anda preslenmesi halinde pres basıncı yumuşak oduna göre belirlenir. Dilik (4) tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre, pres basınçlarının yumuşak ağaçlarda 0,6-1 N/mm², sert ağaçlarda ise 0,2-1,6 N/mm² arasında olması gerektiğini göstermiştir.

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/mm² basınç uygulandığında, yapışma direnci en yüksek değere ulaşmaktadır (5).

2 ve 4 mm kalınlığındaki Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) kaplamalarından Poliüretan tutkalı ile lamine edilen ağaç malzemelerin direnç değerlerinin, PVAc tutkalı ile lamine edilenlerden daha yüksek olduğunu bildirmiştir (6).

5 mm kalınlığındaki sedir (*Cedrus libani* A. Rich), sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), kayın (*Fagus orientalis* L.) ve meşe (*Quercus petraea* Liebl.) kaplamalarından, PVAc-D₄ tutkalı ile 4 katmanlı olarak lamine edilmiş ağaç malzemelerin teknolojik özelliklerinin, bu ağaç türlerini temsil eden masif ağaç malzemelere göre daha üstün oldukları belirlenmiştir (7).

4 mm kalınlığındaki karaçam (*Pinus nigra* var. *Pallasiana*) kaplamalardan, Ure-formaldehid (*Poliüre-8755*) tutkalı ile 5 katmanlı olarak lamine edilmiş karaçam ağaç malzemelerin mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında ve yapı elemanı olarak kullanılması önerilmiştir (8).

Masif ağaç malzemeye göre, estetik, ekonomik ve teknolojik özellikleri bakımından daha üstün olan lamine ağaç malzemelerin LVL (*Laminated Veneer Lumber*) mobilya üretiminde özellikle dolap, masa, sandalye, raf ve döşemeli mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir (9). Ayrıca bu malzemeler, yapı elemanı olarak kolon ve kirişlerde kullanılabilirliği gibi, papel kaplama levhalarının

the moisture content of adjacent laminations should not vary by more than 4 %. This limit is essential to avoid the development of internal stresses.

To prevent dimensional changes during in use, the effects of lay-up geometry, including growth ring orientation and pith location should be considered. Wood's shrinkage values differ in accordance with the direction. The shrinkage values are 3.5-15% in tangential, 2.4-11 in radial and 0.9-1 in longitudinal direction (3).

There are some of the import factors, affecting strength of the bonding strength of wood, in the production of laminated wood. The factors include structure of wood, technical properties of adhesive, pres pressure and roughness of surface. According to Dilik (4), the pressure of press values should be 0.6-1 N/mm² in softwoods, 0.2-1.6 N/mm² in hardwoods in the lamination process.

The effects of physical and mechanical properties of wood, pressing time, amount and adhesive properties on the ending strength were proved. The pressure time and amount depend on the type of wood. The pressure method should provide a uniform pressure. When the pressure of press value is selected 0.7 N/mm², bonding strength can reach the best outcome (5).

Strength values of the beech wood (*Fagus orientalis* Lipsky) materials laminated with Polyurethane adhesive, thickness of veneer 2 and 4 mm, more superior values than beech wood materials laminated with PVA (Polyvinyl asetat) (6).

Technological properties of the cedar wood (*Cedrus libani* A. Rich), Scots pine wood (*Pinus sylvestris* Lipsky), beech wood (*Fagus orientalis* Lipsky) and oak wood (*Quercus petraea* Liebl.) laminated with PVAc-D₄ adhesive as a 4 layers than more superior values than solid wood materials which were representing their kinds (7).

Wood materials of the black pine wood (*Pinus nigra* var. *Pallasiana*) veneer, laminated with Urea-formaldehyde (*Polyüre-8755*) adhesive as a thickness 5 layers can be used as the furniture and building materials (8).

Laminated Veneer Lumber (LVL) has more superior values, technological properties, more aesthetic and more economic than solid woods. It can be used production of furniture, cupboard, desk, chair, table etc. (9). As well, it can be used building materials, column and beams (10).

Laminated Beech-poplar combination wood materials were prepared in the form of five layers, 4mm thickness of veneer, from beech (*Fagus orientalis* Lipsky) and poplar wood (*Populus nigra* Lipsky) glued by PVAc-D₄ (Polyvinylasetate) adhesive. Consequently, the air dry density of 0.571 g/cm³, bending strength of 98.66 N/mm², modulus of the elasticity of 9020.24 N/mm², compression strength of 54.49 N/mm², shear strength of 9.11 N/mm² were found. Accordingly, laminated beech-poplar wood combination could be proposed to use as furniture materials (11).

sıcak veya soğuk kalıp preste yüksek basınç altında, düz veya eğimli olarak yapıştırılmasıyla, özellikle yüksek statik ve dinamik kuvvetlere maruz kalan mobilyalarda kullanılmaktadır (10).

4 mm kalınlığındaki Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Kara kavak (*Populus nigra* Lipsky) kaplamalardan, PVAc-D₄ tipi tutkal ile beş katmanlı (3 kat kayın, 2 kat kavak) olarak hazırlanan lamine masif ağaç malzemelerin hava kurusu yoğunluğu 0.571g/cm³, eğilme direnci 98.66 N/mm², eğilmede elastiklik modülü 9020.24 N/mm², basınç direnci 54.49 N/mm², makaslama direnci 9.11 N/mm², yarıma direnci 0.540 N/mm² olarak bulunmuş ve bu sonuçlara göre; kayın ve kavak kombinasyonu ile üretilmiş lamine ağaç malzemelerin mobilya malzemesi olarak kullanılması önerilmiştir (11).

Bu çalışmada, 4 mm kalınlığındaki sapsız meşe ve sarıçam kaplamalardan Desmodur-VTKA tutkalı ile 5 katmanlı (3 kat meşe, 2 kat çam) olarak üretilen lamine ağaç malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri yardımıyla en uygun kullanım alanlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Ağaç Malzeme

Ülkemiz ağaçları endüstrisinde yaygın olarak kullanılması nedeniyle sapsız meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ve sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) odunları deney materyali olarak seçilmiştir. Ağaç malzemeler, Ankara'daki kereste işletmelerinden tamamen tesadüfi yöntemle temin edilmiş ve seçiminde kerestenin kusursuz olmasına, liflerinin düzgün, ardaksız, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. Odunların türlerine ait olup olmadığı makroskopik tanı metodu ile belirlenmiştir (12).

Masif ağaç malzemelerden 70x780 mm ölçülerinde kesilen 4 mm kalınlıktaki kaplamalar istiflendikten sonra, iklimlendirme odasında 20 ±2 °C sıcaklık ve % 65 ±5 bağıl nem şartlarında % 12 rutubete ulaşmaya kadar bekletilmişlerdir.

2.2. Tutkal

Araştırmada, tutkal olarak Desmodur-VTKA (Polisan) tipi tutkalı kullanılmıştır. Desmodur-VTKA tutkalı çözücü içermeyen, tek komponentli poliüretan esaslı ve nem küremeli bir yapıştırıcıdır. Kullanılan tutkal, suya, rutubete ve soğuğa karşı dayanıklı olup, yoğunluğu 20 °C 1,11±0,02 g/cm³, 25 °C de viskozitesi 3300-4000 cps, kullanım miktarı 150-200 g/m², uygulama şekli fırça yada silindri sürme makinesi, sertleşme süresi 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nemde 30 dakikadır. Yapıştırılacak yüzeyler temiz, tozsuz ve yağsız olmalı ve tutkalın sertleşme hızını arttırmak için kuru yüzeyler hafifçe nemlendirildikten sonra tutkal doğrudan doğruya emiciliği yüksek alana sürülmelidir (13).

2.3. Deney örneklerinin hazırlanması

Laminasyon işlemi TS EN 386 esaslarına uyularak, hava kurusu haldeki 4 mm kalınlığındaki kaplamalardan

In this study, it was aimed to find out the mechanical and physical properties as well as suitable end uses of laminated wood materials, prepared in the form of five layers (3 oak wood, 2 pine wood), glued by using Desmodur-VTKA adhesive.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Wood Materials

The woods of oak (*Quercus petraea* Liebl.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* Lipsky) were chosen randomly from timber merchants of Ankara in Turkey. Special emphasis is given for the selection of the wood material Accordingly, non-deficient, proper, knotless, normally grown (without zone line, without reaction wood and without decay, insect mushroom damages) wood materials are selected (12).

The dimensions of each veneer were 4x70x780 mm. They were conditioned in relative humidity of 65±5 % and 20±2 °C temperature until they reached the equilibrium moisture content of 12 %.

2.2. Adhesive

This study, Desmodur-VTKA (Polisan) adhesive was used. it is also preferable for the assembly process in the furniture industry. It has one component, solvent free, polyurethane based adhesive. It is used for gluing wood, metal, polyester, stone, glass, ceramic, PVC and other plastic materials. Desmodur-VTKA is specially recommended for application in location subject to high-level humidity and it is foaming after the application. Technical properties of the adhesives; density is 1.1±0,02 g cm⁻³ 20 °C, viscosity is 3300-4000 cps 25 °C, pH is 7, time of solidify 20 °C and 65 % relative humidity, it solidifies in 30 minutes, amount of adhesive applied to the surface 150-200 g m⁻². The bonding surfaces should be without oil and dust (13).

2.3. Preparation of test samples

Laminated samples, using air-dry and 4 mm thickness

20x70x780 mm boyutlarında ve 5 katmanlı olarak üretilmiştir (Şekil 1).

veneers, were produced according to TS EN 386. They were laminated oak, pine and oak-pine (top, bottom and middle layers were made of oak and intermediary layers were made of pine). The samples consisted of 5 layers and the overall dimensions of the samples were 780 mm long, 70 mm wide and 20 mm deep. Also, similar samples were made of solid oak and pine for comparison (Figure 1).

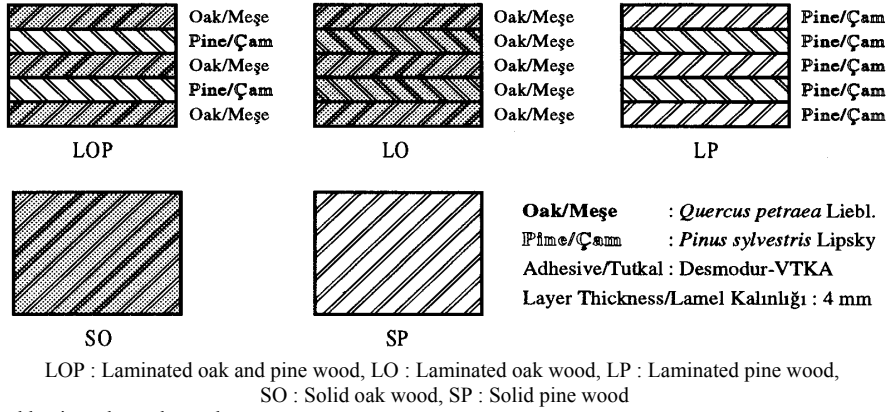


Figure 1. Solid and laminated wood samples
Şekil 1. Deney örneklerinin hazırlanması

Üretici firma önerileri dikkate alınarak tutkal çözeltisi, yüzeylerden sadece birisine fırça ile ve 180-200 gr/m² hesabıyla sürülmüştür. Tutkal çözeltisinin başlangıçtaki ağırlığı ile tutkallama işleminden sonraki ağırlığı tartılmış ve kullanılan tutkal miktarı (fırçada kalan miktar hesaba katılarak) tutkallanan toplam yüzeye bölünmüştür. Yapıştırma işleminde; yüzeyler tutkallanıp yaklaşık 5-6 dakika bekletildikten sonra pres basıncı; sarıçam için 0.8 N/mm², sapsız meşe için 1 N/mm² ve meşe ve çam kombinasyonu için 0.9 N/mm², pres sıcaklığı 20 °C, presleme süresi 30 dakikadır. Laminasyon işlemi, sıcak ve soğuk preslemeye uygun basınç göstergeli hidrolik kaplama presinde yapılmıştır.

2.4. Deney metodu

Hava kuru yoğunluk tayininde TS 2472 (14) esaslarına uyularak 20x20x30 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler; 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Bu durumda ±0,01g duyarlıklı analitik terazide tartılıp (M₁₂), ±0,01mm duyarlıklı dijital kumpasla boyutları belirlendikten sonra hacimleri V₁₂ hesaplanarak, hava kuru yoğunluklar (D₁₂);eşitliğinden hesaplanmıştır.

20x70x780 mm ölçülerinde hazırlanmış lamine meşe-çam kombinasyonu, lamine meşe, lamine çam, masif meşe ve masif çam ağaç malzemelerin bir kenarları planya edildikten sonra yüksek devirli daire testere makinesinde ve standartlarda belirtilen ölçülerde toplam 275 adet deney örneği hazırlanmıştır.

The Adhesive spreading rate was approximately 180-200 g/m². The glue was spread to one surface only using a brush. The spreading rate was calculated by weighing each veneer before and after gluing. The glue line pressure ranged for pine wood 0.8 N/mm², for oak wood 1 N/mm², for oak-pine combination 0.9 N/mm². Pres temperature was 20 C⁰ and pres time was 30 minutes.

The test samples (laminated oak, pine, oak-pine combination and solid oak, solid pine) were prepared the numbers of 275, according to TS and ASTM standards.

2.4. Test methods

Air-dry density was determined in accordance with TS 2474 (14). The test samples were prepared dimensions of 20x20x30 mm. They were conditioned in relative humidity of 65±5% and 20±2 C⁰ temperature until they reached the equilibrium moisture content of 12 %. After, they were weighed by digital sensitive weighing and determined dimensions of them by digital sensitive by compass. Air-dry density values of the samples were calculated by the following equations.

$$D_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \text{ (g cm}^{-3}\text{)} \quad [1]$$

Where, D₁₂ is the samples air-dry density (g cm⁻³), M₁₂ is the sample air-dry weight (g) and V₁₂ is the sample air-dry volume (cm³).

The test samples of bending strength and elasticity modulus in bending were prepared according to TS EN

Eğilme direnci ve elastiklik modülü belirlenmesinde kullanılan örnekler TS EN 326 (15)'e göre hazırlanmıştır. TS 2474 (16)'e göre eğilme direnci, TS 2478 (17)'e göre eğilmede elastiklik modülü denemeleri yürütülmüştür (Şekil 2). Bu standartlar dikkate alınarak her iki deney grubu için örnekler 20x20x360 mm boyutlarında hazırlanmıştır.

326 standard (15). The experiments were done bending strength according to TS 2474 standard (16), modulus of elasticity in bending according to TS 2478 (17) standard (Figure 2). The test samples were prepared 20x20x360 mm dimensions for each two them.

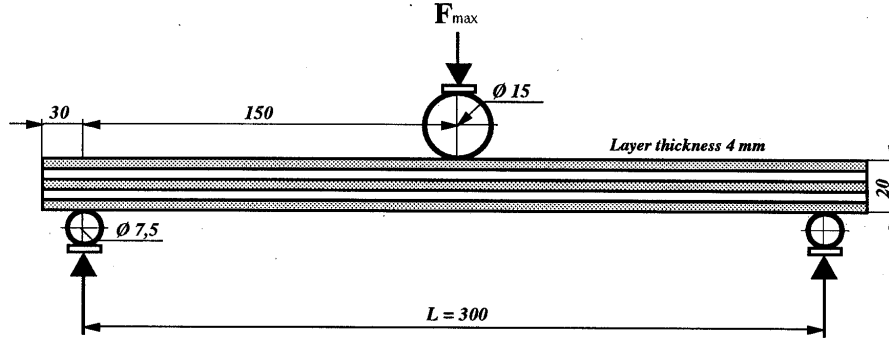


Figure 2. Bending strength and modulus of elasticity in bending test
Şekil 2. Eğilme direnci ve eğilmede elastiklik modülü deneyi

Deneyler bilgisayar kontrollü 1000 kp kapasiteli Universal Test Makinesinde yapılmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) için eğilme direnci (σ_e);

Tests were conducted using a computer controlled universal testing machine, 1000 kp capacity. Bending strength values of the samples were calculated by the following equations:

$$\sigma_e = \frac{3F_{max} \cdot L}{2bh^2} \text{ (N mm}^{-2}\text{)} \quad [2]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada, L; dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), b; örneğin genişliği (mm), h; örneğin kalınlığı (mm) dir.

where, L is openness between two supports on the mechanism (mm), b is the sample wideness (mm), h is the sample thickness (mm). Bending test samples were used to determine values of electricity modulus in bending. Modulus of elasticity tests was conducted using a computer controlled universal testing machine. Modulus of elasticity values was calculated by the following equations:

Elastiklik modülünün belirlenmesinde eğilme direncinde kullanılan deney örnekleri kullanılmıştır. Elastik deformasyon bölgesinde uygulanan kuvvet farkı (ΔF) için örnekteki eğilme miktarları farkı (Δf) yardımı ile elastiklik modülü (E),

$$E = \frac{\Delta F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta f} \text{ (N mm}^{-2}\text{)} \quad [3]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada, ΔF ; elastik deformasyon bölgesinde yüklemenin alt ve üst limitlerinin aritmetik ortalamaları arasındaki farka eşit kuvvet (N), L; dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm), Δf ; net eğilme alanındaki sehim, yüklemenin alt ve üst limitlerinde ölçülen sehimlere ait sonuçların aritmetik ortalamaları arasındaki fark (mm), b; deney parçasının en kesit genişliği (mm), h; deney parçasının en kesit kalınlığı (mm) dir.

where, ΔF is the applied force per unit area (N), L; is openness between two supports on the mechanism (mm), Δf is strain, the amount the material yields (elongation per unit length) (mm), b is the sample wideness (mm), h is the sample thickness (mm).

Liflere ve tutkal hattına paralel basınç direnci deneylerinde TS 2595 (18) esaslarına uyulmuştur. Bu maksatla, 20x20x30 mm boyutlarında 55 adet deney örneği hazırlanmıştır. Deneylerden önce, kuvvetin uygulandığı enine kesit alanı (A) ölçülüp, kırılma anındaki

Parallel to the fiber and glue line compression strength tests were conducted according to TS 2595 (18). For this purpose, test samples were prepared dimensions 20x20x30 mm and numbers 55 test samples. Compression strength test was conducted universal testing machine, capacity of 4000 kp. Compression strength values were calculated by the following equations.

maksimum kuvvet (F_{max}) belirlenerek basınç dirençleri (σ_b);

$$\sigma_b = \frac{F_{max}}{A} \text{ (N mm}^{-2}\text{)} \quad [4]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Liflere ve tutkal hattına paralel makaslama direnci deneyinde ASTM D 3110 (19) esaslarına uyulmuştur (Şekil 3).

where, F_{max} is maximum load, A is the samples wideness and thickness.

Parallel to the fiber and glue line shear strength tests were conducted according to ASTM D 3110 (19) (Figure 3).

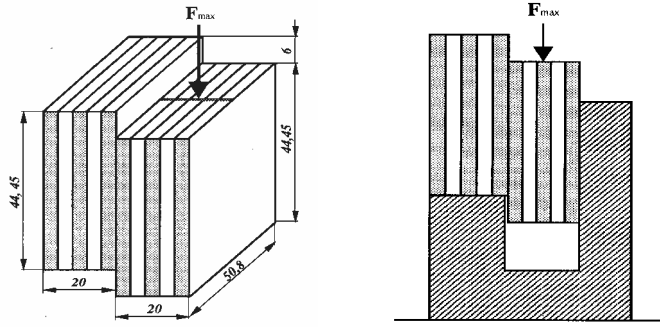


Figure 3. Shear strength test
Şekil 3. Makaslama direnci deneyi

Deneylerden önce kuvvetin uygulanacağı ve makaslama etkisine maruz kalacak alanların boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpasla ölçülmüştür. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{max}) yardımı ile makaslama dirençleri (σ_m);

$$\sigma_m = \frac{F_{max}}{bl} \text{ (N mm}^{-2}\text{)} \quad [5]$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada, b; makaslama yüzeyi genişliği (mm), l; makaslama yüzeyi uzunluğu (mm) dur.

Before shear test, dimensions of the test samples were determined by $\pm 0,01$ mm sensitive digital Compass. Shear strength test was conducted universal testing machine, capacity of 4000 kp. The test values were calculated by the following equations.

Where, F_{max} is maximum load, b is the sample wideness (mm), l is the samples tallness (mm).

2.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin istatistiksel analizinde SPSS 10.1 for Windows programı kullanılmıştır. Lamine ve masif ağaç malzemelerin (lamine meşe-çam kombinasyonu, lamine meşe, lamine çam, masif meşe ve masif çam) bazı mekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki farkı belirlemek için F testi kullanılmıştır. Gruplar arasındaki farklılığın önemli çıkması halinde ($\alpha = 0.05$) güven düzeyinde Duncan testi ile karşılaştırılmıştır.

2.5. Statistical Evaluation

The statistical procedure results were given by the SPSS 10.1 computer program. The comparison between laminated and solid wood samples (laminated oak wood solid oak wood, laminated pine wood, solid pine wood and laminated oak-pine combination) was dependent on the results of analyses using analyses of variance (ANOVA). When the difference between groups were found to be significant, Duncan Test was used to determine the difference between means at prescribed level of $\alpha=0.05$.

3. BULGULAR

Lamine edilmiş ağaç malzeme ve masif ağaç malzemelerin bazı teknolojik özelliklerine ait istatistik değerler Tablo 1'de verilmiştir.

3. RESULTS

Test results were summarized by using descriptive statistics such as the maximum, minimum, mean and standard deviation. Descriptive statistical values of tested technological properties of samples were given in Table 1.

Table 1. Descriptive statistical values of technological properties**Table 1.** Lamine ve masif ağaç malzemelerin bazı teknolojik özellikleri ait istatistik değerler

| Process/ Ağaç Malzeme Türü | Values/ İst.Değ. | Air-Dry Density/ Hva Ku.Yoğunluk g/cm ³ | Bending Strength/ Eğilme Direnci (\perp N/mm ²) | Modulus of Elasticity/Elastik Modülü (\perp N/mm ²) | Compression Strength/ Basınç Direnci (//N/mm ²) | Shear Strength/ Makaslama Direnci (//N/mm ²) |
|---|---------------------|--|--|---|--|--|
| LOP (Laminated Oak-Pine Wood)/ Lamine Meşe-Çam Kombinasyonu (LMÇ) | Mean | 0.568 | 107.523 | 10656.998 | 66.359 | 9.935 |
| | Std.Dev. | 0.014438 | 2.157750 | 331.958702 | 1.879390 | 0.3720043 |
| | Varyans | 0.000208 | 4.655885 | 110196.5803 | 3.532109 | 0.1383872 |
| | Min. | 0.549 | 105.11 | 10216.13 | 62.58 | 8.95 |
| | Max. | 0.599 | 112.68 | 11186.59 | 69.16 | 10.36 |
| | N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| LO(Laminated Oak Wood)/ Lamine Meşe (LM) | Mean | 0.639 | 109.026 | 10985.705 | 70.027 | 11.373 |
| | Std.Dev. | 0.020364 | 2.089111 | 193.736290 | 2.638545 | 0.918164 |
| | Varyans | 0.000415 | 4.364385 | 37533.7503 | 6.961921 | 0.843025 |
| | Min. | 0.607 | 105.39 | 10676.92 | 66.46 | 10.06 |
| | Max. | 0.678 | 112.55 | 11293.02 | 75.93 | 12.93 |
| | N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| LP(Laminated Pine Wood)/ Lamine Çam (LÇ) | Mean | 0.537 | 107.346 | 10277.517 | 59.360 | 8.785 |
| | Std.Dev. | 0.000588 | 2.405898 | 197.725456 | 1.640386 | 0.428073 |
| | Varyans | 0.000003 | 5.788345 | 39095.3562 | 2.690869 | 0.183247 |
| | Min. | 0.529 | 103.88 | 9989.52 | 56.52 | 8.28 |
| | Max. | 0.549 | 110.04 | 10593.35 | 61.87 | 9.52 |
| | N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| SO(Solid Oak Wood)/masif Meşe (MM) | Mean | 0.611 | 106.050 | 10742.727 | 67.177 | 10.161 |
| | Std.Dev. | 0.012713 | 2.697243 | 265.97996 | 2.102289 | 0.474675 |
| | Varyans | 0.000162 | 7.275120 | 70745.340 | 4.419621 | 0.225316 |
| | Min. | 0.595 | 102.37 | 10065.69 | 64.92 | 9.22 |
| | Max. | 0.631 | 109.81 | 11051.68 | 70.67 | 10.84 |
| | N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| SP (Solid Pine Wood)/ Masif Çam (MÇ) | Mean | 0.513 | 105.74 | 10087.096 | 56.061 | 7.951 |
| | Std.Dev. | 0.014356 | 2.051536 | 135.600167 | 2.115569 | 0.427046 |
| | Varyans | 0.000206 | 4.208800 | 18387.4055 | 4.475636 | 0.182369 |
| | Min. | 0.492 | 102.89 | 9955.39 | 53.26 | 7.08 |
| | Max. | 0.539 | 109.09 | 10356.02 | 59.23 | 8.34 |
| | N | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |

x : Aritmetik Ortalama, S: Standart Sapma, V: Varyans, min.: minimum, mak.: maksimum, N: Örnek Sayısı

Lamine meşe-çam kombinasyonu, lamine meşe, lamine çam, masif meşe ve masif çam'ın bazı teknolojik özellikleri için yapılan F testine göre (Tablo 2); hava kurusu yoğunluk ($F_{4;50} = 140.289$, $P < 0.05$), liflere ve tutkal hattına dik eğilme direnci ($F_{4;50} = 3.606$, $P < 0.05$), eğilmede elastiklik modülü ($F_{4;50} = 26.256$, $P < 0.05$), liflere ve tutkal hattına paralel basınç direnci ($F_{4;50} = 84.890$, $P < 0.05$), liflere ve tutkal hattına paralel makaslama direnci ($F_{4;50} = 60.942$, $P < 0.05$) örnekleri arasında istatistiksel anlamda önemli farklılıklar göstermiştir

The comparison between laminated and solid samples was dependent on the results of analyses using analyses of variance (ANOVA). When the difference between groups were found to be significant, Duncan test was used to determine the difference between means at prescribed level of $\alpha = 0.05$ (Table 2). According to ANOVA, air-dry density was $F_{4;50} = 140.289$ ($P < 0.05$), perpendicular to the fiber and glue line bending strength was $F_{4;50} = 3.606$ ($P < 0.05$), modulus of elasticity in bending $F_{4;50} = 26.256$ ($P < 0.05$), parallel to the fiber and glue line compression strength $F_{4;50} = 84.890$ ($P < 0.05$) and parallel to the fiber and glue line shear strength $F_{4;50} = 60.942$ ($P < 0.05$).

Table 2. The result of ANOVA
Tablo 2. F Testi Sonuçları

| Air-Dry Density/ Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm ³) | Source/Varyans Kaynağı | SO | DF | MS | F Value | SIG* |
|--|------------------------------|----------|----------|---------|---------|-------|
| | Between Groups/Gruplar Arası | 0.116 | 4 | 0.02899 | 140.286 | 0.000 |
| Within Groups/Grup İçi | 0.01033 | 50 | 0.000206 | | | |
| Total/Toplam | 0.126 | 54 | | | | |
| Bending Strength/ Eğilme Direnci (\perp N/mm ²) | Source/Varyans Kaynağı | SO | DF | MS | F Value | SIG* |
| | Between Groups/Gruplar Arası | 75.858 | 4 | 18.965 | 3.606 | 0.012 |
| Within Groups/Grup İçi | 262.925 | 50 | 5.259 | | | |
| Total/Toplam | 338.783 | 54 | | | | |
| Modulus of Elasticity in Bending/ Elastiklik Modülü (\perp N/mm ²) | Source/Varyans Kaynağı | SO | DF | MS | F Value | SIG* |
| | Between Groups/Gruplar Arası | 5796541 | 4 | 1449135 | 26.256 | 0.000 |
| Within Groups/Grup İçi | 2759584 | 50 | 55191,69 | | | |
| Total/Toplam | 8556125 | 54 | | | | |
| Compression Strength/ Basınç Direnci (// N/mm ²) | Source/Varyans Kaynağı | SO | DF | MS | F Value | SIG* |
| | Between Groups/Gruplar Arası | 1499.507 | 4 | 374,877 | 84.890 | 0.000 |
| Within Groups/Grup İçi | 220.802 | 50 | 4.416 | | | |
| Total/Toplam | 1720.308 | 54 | | | | |
| Shear Strength/ Makaslama Direnci (// N/mm ²) | Source/Varyans Kaynağı | SO | DF | MS | F Value | SIG* |
| | Between Groups/Gruplar Arası | 76.601 | 4 | 19.150 | 60.942 | 0.000 |
| Within Groups/Grup İçi | 15.712 | 50 | 0.314 | | | |
| Total/Toplam | 92.313 | 54 | | | | |

*P<0,05, SO: Sum of square, DF: Degrees of freedom, MS: Mean square, SIG: Significance/

*P<0,05 KT : Kareler Toplamı, KO : Kareler Ortalaması, SD : Serbestlik Derecesi

Farklılığın hangi gruplar arasında önemli olduğunu belirlemek amacıyla yapılan Duncan testi sonuçlarına göre (Tablo 3); en yüksek değerler tüm deney türleri için, lamine edilmiş meşe’de elde edilmiş, bunu sırası ile masif meşe, lamine meşe-çam kombinasyonu, lamine çam ve masif çam izlemiştir. Eğilme direncinde ise sıralama en yüksek değer lamine meşede elde edilmiş bunu sırasıyla lamine-çam kombinasyonu, lamine çam, masif meşe ve masif çam izlemiştir. Bu sıralamada sadece lamine meşe-çam kombinasyonu ile lamine çam arasındaki matematiksel fark istatistiksel anlamda önemsiz çıkmıştır.

When the difference between groups were found to be significant, Duncan test was used to determine the difference between means at prescribed level of $\alpha=0.05$ (Table 3). Examination of overall results showed that laminated oak samples showed was the best properties, respectively; solid oak, laminated oak-pine combination, laminated pine and solid pine. However, laminated oak-pine and laminated pine the difference between means in bending strength samples weren't found significantly as a statistics.

Table 3. The Result of Duncan Test
Tablo 3. Duncan Testi Sonuçları

| Process/ İşlem Çeşidi | N | Density Air-Dry/ Hava Kurusu Yoğunluk (g/cm ³) | | Bending Strength/ Eğilme Direnci (N/mm ²) | | Modulus of Elasticity/ Elastiklik Modülü (N/mm ²) | | Compression Strength/ Basınç Direnci (N/mm ²) | | Sear Strength/ Makaslama Direnci (N/mm ²) | |
|--------------------------|----|--|----|--|----|--|----|--|----|---|----|
| | | x | HG | x | HG | x | HG | x | HG | x | HG |
| LOP/Lamine Meşe+Çam | 11 | 0.568 | C | 107.52 | B | 10657.00 | C | 66.36 | C | 9.93 | C |
| LO/Lamine Meşe | 11 | 0.639 | A | 109.02 | A | 10985.71 | A | 70.02 | A | 11.37 | A |
| LP/Lamine Çam | 11 | 0.537 | D | 107.34 | B | 10277.52 | D | 59.36 | D | 8.78 | D |
| SO/Masif Meşe | 11 | 0.610 | B | 106.05 | C | 10742.73 | B | 67.17 | B | 10.16 | B |
| SP/Masif Çam | 11 | 0.514 | E | 105.74 | D | 10087.10 | E | 56.06 | E | 7.95 | E |

Subset for $\alpha = 0.05$, Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Alt Gruplar İçin $\alpha = 0.05$, Homojen alt gruplar için grup ortalamaları esas alınmıştır.

Lamine edilmiş ağaç malzemelerin bazı teknolojik özelliklerine (hava kurusu yoğunluk, eğilmede elastiklik modülü, eğilme, basınç direnci) ilişkin grafikler Şekil 4, 5, 6, 7, 8’de verilmiştir.

Technological properties (air-dry density, bending strength, modulus of elasticity in bending, compression strength, shear strength) of laminated and solid wood materials concerning diagrams were given on the Figures 4,5,6,7,8.

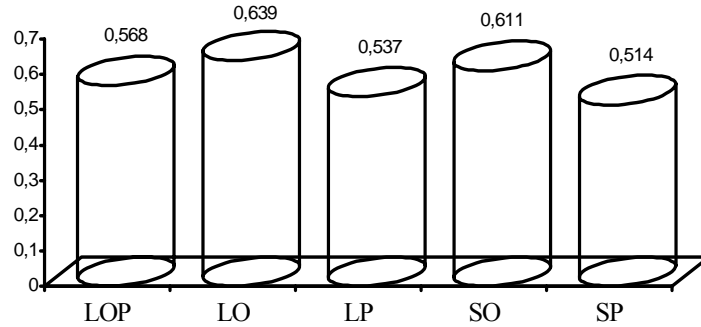


Figure 4. Air-Dry Density (g cm⁻³)
Şekil 4. Hava Kuru Yoğunluk (g/cm³)

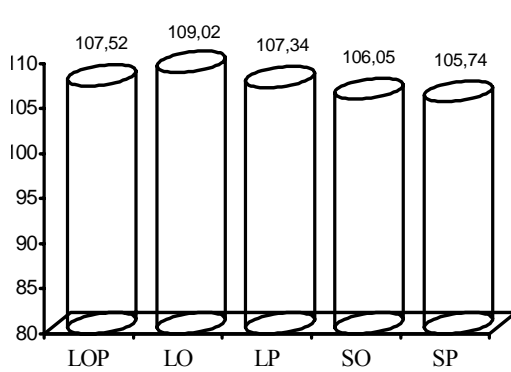


Figure 5. Bending Strength (N mm⁻²)
Şekil 5. Eğilme Direnci (N/mm²)

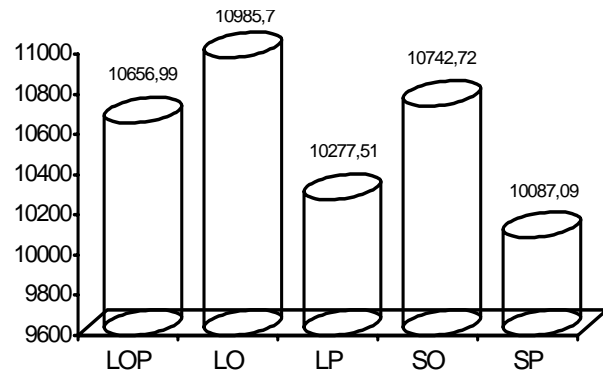


Figure 6. Modulus of elasticity in Bending (N mm⁻²)
Şekil 6. Eğilmede Elastiklik Modülü (N/mm²)

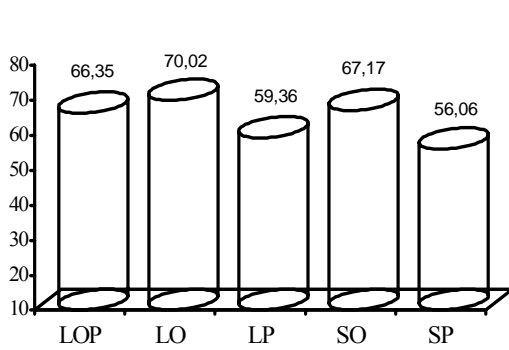


Figure 7. Compression Strength (N mm⁻²)
Şekil 7. Basınç Direnci (N/mm²)

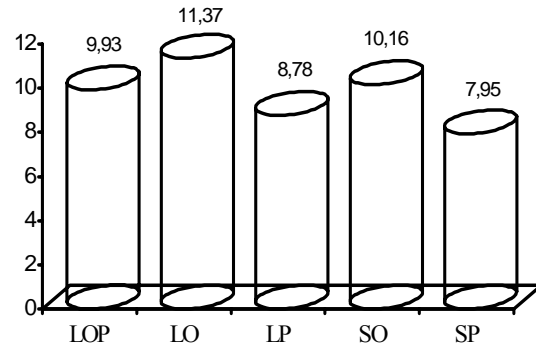


Figure 8. Shear Strength (N mm⁻²)
Şekil 8. Makaslama Direnci (N/mm²)

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan laboratuvar deneyleri ve bu deneylerden elde edilen değerlerin istatistiksel analizleri sonunda, ara katlarında sarıçam kullanılmış lamine sapsız meşe'nin hava kuru yoğunluğu 0.568 g/cm³, eğilme direnci 107.523 N/mm², eğilmede elastiklik modülü 10656.998 N/mm², basınç direnci 66.359 N/mm², makaslama direnci 9.935 N/mm² olarak bulunmuştur.

Deneylerde işlem çeşidine göre; en yüksek değerler tüm deney türleri için, lamine edilmiş sapsız meşe'de en düşük değerler ise masif sarıçam'da elde edilmiştir.

Lamine meşe'nin teknolojik özellikleri masif meşe'ye göre; hava kuru yoğunluk değerinde % 4.5, eğilme

4. DISCUSSIONS AND CONCLUSION

Technological properties of laminated oak-pine were determined the air dry density 0.568 g/cm³, bending strength 107.523 N/mm², modulus of the elasticity 10656.998 N/mm², compression strength 66.359 N/mm², shear strength 9.935 N/mm².

Examination of overall results showed that laminated oak samples showed was the best properties, however, it was found the lowest value in the solid pine.

Technological properties of laminated oak were higher than that of solid wood samples (air-dry density value 4.5 %, bending strength 2.8 %, modulus of elasticity in bending 2.2 %, compression strength 4.4 %, shear strength

direncinde % 2.8, elastiklik modülünde % 2.2, basınç direncinde % 4.4, makaslama ise % 11 oranında daha yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde lamine çam'ın bazı fiziksel ve mekanik özellikleri masif çam'a göre; hava kuruşu yoğunluk değerinde % 4.6, eğilme direncinde % 1.9, elastiklik modülünde % 1.8, basınç direncinde % 5.3 ve makaslama direncinde % 10 oranında daha yüksek çıkmıştır. Buradan, lamine edilmiş ağaç malzemelerin teknolojik özellikleri, kendi türünü temsil eden masif ağaç malzemelere göre sapsız meşe'de ortalama % 4.98, sarıçam'da ise ortalama % 4.72 daha yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Lamine edilmiş ağaç malzemeler ile masif ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki farkın nedeni laminasyonda kullanılan yapıştırıcının düzgün lifli lameller arasında odunun kohezyon kuvvetini arttırıcı etki yapmasından kaynaklanabilir (8).

Masif meşe-çam kombinasyonu ile üretilen lamine ağaç malzeme orta yoğunlukta ağaç malzeme özelliği göstermekle beraber, lamine katlarda farklı renkte ağaç malzemelerden oluşturulduğundan dolayı estetik görüntü de sağlanmıştır.

Desmodur-VTKA tutkalı ile lamine edilmiş meşe-çam kombinasyonu ile üretilmiş ağaç malzemeler; ahşap evlerin iç taşıyıcı elemanlarında, merdiven, tavan, duvar ve yer döşemelerinde, kapı, pencere, pervaz ve lambri üretiminde, mobilyaların mukavemet gerektiren iskelet elemanlarında, dekoratif amaçlı iç mekanlarda, masif mobilya üretiminde, spor ve müzik aletleri yapımında, makine ve teçhizat gibi ağır yüklerin ambalajlanmasında kullanılabilir.

% 11). In the same way, Technological properties of laminated pine were higher than that of solid wood samples (air-dry density value 4.6 %, bending strength 1.9 %, modulus of elasticity in bending 1.8 %, compression strength 5.3 %, shear strength 10 %). According to these results, laminated wood materials, more superior values (4.98 % in oak wood, 4.72 % in pine wood) than solid wood materials which were representing their kinds.

Technological properties of laminated wood materials and solid wood materials differences between may be result from cohesion force of the adhesive (8).

The laminated oak-pine wood can be used for structural and non-structural applications. By using this method, raw materials will be used economically and reasonably; so the utilization of timber is improved. The materials may also offer excellent architectural effects and aesthetically pleasing interiors. The utilization of poplar wood could be expanded by using the lamination process.

The laminated oak-pine wood materials may be used for structural and non-structural applications, stairs, ceiling, wall and flooring, door, window, border production, in aesthetically pleasing interiors, furniture production, sports and music instruments production and in packing industry.

KAYNAKLAR/ REFERENCES

1. TS EN 386, *Yapıştırılmış Lamine Ahşap Performans Özellikleri ve Asgari Üretim Şartları*, TSE, Ankara (1999).
2. DIN 68140, *Finger Joints in Wood, Part 1: Finger Jointed Structural Timber*, Deutsche Norm, Berlin (1998).
3. Bozkurt, Y., Göker, Y., *Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayını, No: 3445, İstanbul (1987).
4. Dilik, T., "Lamine Ağaç Malzemedeki Pencere Profili Üretimi ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi", İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, D. Tezi, İstanbul (1997).
5. Franklin Glue Comp., *Adhesive Trouble Shooting*, Columbus, USA (1989).
6. Şenay, A., "Lamine Edilmiş Doğu Kayınının (*Fagus orientalis* L.) Mekanik ve Fiziksel Özellikleri", İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul (1996).
7. Keskin, H., "Lamine Masif Ağaç malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaçları Endüstrisinde Kullanım İmkanları", Doktora tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara (2001).
8. Örs, Y., Keskin, H., "Lamine Edilmiş Masif Karaçam (*Pinus nigra* var. *Pallasiana*) Odununun Bazı Teknolojik Özellikleri ve Kullanım İmkanları", G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt : 15, No: 3, Ankara (2002).
9. Eckelman, C.A., "Potential Uses of Laminated Veneer Lumber in Furniture, Department of Forestry and Natural Resources", Purdue University, Forest Products Society, J. 43:19-24, West Lafayette, USA (1993).
10. Döngel, N., "Laminasyonda Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Katman Sayısının Eğilme Direncine Etkileri", G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Ankara (1999).

11. Keskin, H., Togay, A., “Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve Kara Kavak (*Populus nigra* Lipsky) Kombinasyonu ile Üretilmiş Lamine Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, **S.D.Ü., Orman Fakültesi Dergisi**, Seri: A, Sayı: 2, Sayfa: 101-114, Isparta, Aralık (2003).
12. Bozkurt, Y., *Ağaç Teknolojisi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi yayınları*, Yayın no:3403, İstanbul, (1986)
13. Özen, R., Özçiftci, A., Uysal, B., “Emprenyeli Sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky) Odunundan Üretilen Lamine Ağaç Malzemelerin Yanma Özellikleri”, **Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi**, cilt 7, sayı 1, Denizli, (2001).
14. TS 2472, *Odununda Fiziksel ve Mekanik Deneyler, Hacim-Yoğunluk Tayini*, **TSE**, Ankara, (1972).
15. TS EN 326, *Ahşap Esaslı Levhalardan Numune Alınması ve Deney Parçalarının Hazırlanması*, **TSE**, Ankara, (1997).
16. TS 2474, *Odunun Statik Eğilmede Dayanımının Tayini*, **TSE**, Ankara, (1976).
17. TS 2478, *Odunun Statik Eğilmede Elastiklik Modülünün Tayini*, **TSE**, Ankara, (1976).
18. TS 2595, *Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini*, **TSE**, Ankara, (1977).
19. ASTM D 3110, *Adhesive Used in Nonstructural Glued Lumber Product*, **ASTM Standards**, West Conshohocken, PA, USA, (1988).

Received/ Geliş Tarihi: 19.12.2002 Accepted/Kabul Tarihi: 29.12.2003