

SERİ  
SERIËS  
SERIE  
SÉRIE

A

CİLT  
VOLUME  
BAND  
TOME

49

SAYI  
NUMBER  
HEFT  
FASCICULE

1

1999

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ  
**ORMAN FAKÜLTESİ**  
DERGİSİ

REVIEW OF THE FACULTY OF FORESTRY,  
UNIVERSITY OF ISTANBUL

ZEITSCHRIFT DER FORSTLICHEN FAKULTÄT  
DER UNIVERSITÄT ISTANBUL

REVUE DE LA FACULTÉ FORESTIÈRE  
DE L'UNIVERSITÉ D'ISTANBUL



# LAMİNE AĞAÇ MALZEMEDEN PENCERE PROFİLİ ÜRETİMİ VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ<sup>1)</sup>

Ar. Gör. Dr. Tuncer DİLİK<sup>2)</sup>

## Kısa Özet

Bu çalışmada; Ülkemiz orman varlığı içinde önemli bir yer tutan ve doğrama endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Sarıçam ile odun yapısı gereği doğrama üretiminde daha az kullanım bulan Kızılçam odunundan, rutubete dayanıklı Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları kullanılarak, lamine pencere profilleri üretilmiştir. Lamine ağaç malzemede, üretimin ve kalite kontrolünün, hazırlanacak olan bir kontrol planı çerçevesinde yürütülmesinin gereği ve önemi belirlenmiştir.

Hazırlanan örnek profillerin pencereler için önemli olabilecek fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş, bu özellikler üzerine laminasyondaki; tutkal farklılığı, lamel kalınlıkları ve yıllık halka düzenlemelerinin etkisi ortaya konulmuştur.

Son olarak, elde edilen bulgular ve sonuçlar çerçevesinde, doğrama endüstrisine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

## 1. GİRİŞ

Yapılarda taşıyıcı eleman olarak kiriş üretiminde, eskiden beri uygulanmakta olan laminasyon tekniği, son yıllarda ahşap pencere üretiminde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Zira, laminasyon işlemiyle, ağaç malzemenin rasyonel kullanımı çerçevesinde, hammaddeden tasarruf, kusurların uzaklaştırılması ve yüksek kaliteli malzemeye ulaşma, odunun çalışmasının azaltılması, çok kısa boylu parçaların değerlendirilmesi ve istenilen boyutlara ulaşma olanağı gibi avantajlar sağlanabilmektedir.

Ülkemizde yerli ağaç türü odunlarının fiziksel ve mekanik özellikleri genelde araştırılmış olmasına rağmen, laminasyon tekniğine ait özellikler ile, bu özellikler üzerine etki eden faktörler

<sup>1)</sup> Bu yazı, İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi, Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı'nda aynı ad altında hazırlanmış Doktora Tezinin kısaltılmış bir özetidir.

<sup>2)</sup> İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstrisi, Makinaları ve İşletme Anabilim Dalı

ve karşılıklı etkilerini ortaya koyacak araştırmalar ise yok denecek kadar azdır. Bu çalışmada, ahşap pencere üretiminde kullanılmak üzere, pencere profili olarak üretilen lamine malzemede; tutkal farklılığı, lamel (tabaka) kalınlıkları ve yıllık halka düzeni (radyal veya teğet)'nin laminasyonda bir etki faktörü olarak fiziksel ve mekanik özellikler üzerindeki etkileri incelenmektedir.

Bu amaçla, Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisinde önemli bir hammadde olan; Türkiye Orman Envanteri, OGM-1980'e göre; ülkemiz orman alanının toplam %5.5'ini oluşturan Sarıçam ile %15.33'ünü oluşturan Kızılçam odunu araştırma materyali olarak seçilmiştir. Yapıştırıcı olarak ise, rutubete dayanıklı tipleri olmak üzere, PVAc ve Üre Formaldehid (PÜ-8755) tutkalları kullanılmıştır.

### 1.1 Literatür Özeti

Ülkemizde, laminasyon tekniğinin pencere doğraması üretiminde kullanımına yönelik, günümüze kadar herhangi bir araştırma yapılmamıştır. Ancak, ağaç işleri endüstrisinde laminasyon uygulamalarına ilişkin; ağaç türü, tutkal türü, lamine kalınlığı vb. hakkında sınırlı sayıda da olsa çeşitli araştırmalar yapılmış bulunmaktadır. Bunlar:

(ERŞEN 1975) tarafından yapılan, "Tutkal Bileşimli Ahşap Taşıyıcı Sistemler ve Gelişme İmkanları" isimli araştırmayla lamine kirişlerin masif oduna göre üstünlüğü ortaya konmuştur. (KURTOĞLU 1978; KURTOĞLU 1979) tarafından yapılan araştırmalarda ise; "Değişik iklim şartları ve zamana bağlı olarak, yapıştırılmış tabakalı taşıyıcı ağaç malzeme enine kesiti üzerindeki rutubet dağılımı ve Rutubet Değişimi Nedeniyle Gerilmelerin Oluşumu" incelenmiştir. (ÖKTEM/KARACALIOĞLU 1976)'nın yaptığı çalışmada ise "Bazı ağaç türlerimiz odunlarının yapışma özellikleri üzerine araştırmalar" adı altında Sarıçam, Gökmar ve Kayın odunlarının 4 farklı tutkal kullanılarak, elde edilen deney numunelerinde kopma yükü ve kopmadan sonra saptanan lif oranı arasındaki ilişki incelenmiştir. (DEMETÇİ 1991) tarafından ise; Çam, Gökmar, Kayın, Meşe ve Akçağaç odunlarının PVA ve Epoksi tutkalı ile yapıştırılması ile elde edilen ağaç malzemenin mekanik özellikleri üzerine, ağaç türü, tutkal türü ve farklı yatırma ortamlarındaki etkileri araştırılmıştır. 2 ve 4mm soyma kaplamaları ile Poliüretan ve PVA tutkallarının kullanıldığı, lamine edilmiş Doğu Kayını (*Fagus Orientalis L.*)'nın mekanik özelliklerinin belirlenmesi ise (ŞENAY 1996) tarafından yapılan bir araştırma ile ele alınmıştır.

Ülkemiz ağaç işleri endüstrisine yönelik, laminasyon tekniği ve laminasyon uygulamalarına ilişkin, belirlenen bu araştırmalara karşın, diğer ülkelerde bu tezin konusu olan ahşap lamine pencere profilleri de dahil olmak üzere çok sayıda araştırmalar yapılmış bulunmaktadır. Bu amaçla, araştırma çerçevesinde belirlenen bu konudaki çalışmalar, aşağıda özetlenerek sunulmuştur:

(EGNER/JAGDFELD 1966)'da yaptıkları, çeşitli tutkal tipleri ile üretilen kama dişli pencere birleşimlerinin, dış-hava şartlarına karşı dayanıklılıklarını araştırdıkları çalışmalarında; PVAc ile yapıştırılan birleşimlerin dayanımlarının, Üre Formaldehit ile yapıştırılanlardan %12 daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. (GRATZ/SOLAR 1974) tarafından, ahşap pencere doğramalarının dış hava şartlarının etkisi altındaki çalışma ve dayanıklılıkları araştırılmıştır. (MOODY 1981) tarafından ise, tek sayılı katlar ve çift sayılı katlar şeklinde lamine edilmiş kerestelerin, liflere paralel basınç dirençlerini belirlemek üzere yapılan araştırmada ise; 2.sınıf Gökmar'dan üretilen çift katlı lamine malzemenin, tek katlı lamine malzemenin %8 daha fazla basınç direnci gösterdiği, 3.sınıf Gökmar'dan üretilenlerde ise çift katlı olanların, tek katlı olanlara göre %24 daha fazla basınç direnci verdikleri belirlenmiştir. (LAUFENBERG 1982)'nin, dış hava şartlarının lamine edilmiş kaplama ve masif elemanların performansı üzerine etkilerinin belirlenmesini amaçlayan araştırmasında; Gökmar odunu ve Fenol-Resorsin tutkalı ile masif-masif,

kaplama-masif ve kaplama-kaplama laminasyonu yapılarak, makaslama ve tutkal hattına dik yönde çekme direnci saptanmıştır. (SCHMID 1984)'de, Ahşap lamine pencere profillerinde, enine kesit dizilişlerini inceleyen araştırmasında ise, pencere yüzeyine paralel olan tutkal hatları ve 15mm kalınlığından daha az olmayan lamel (kat) kalınlıklarının uygunluğunu belirlemiştir. (GRONLUND 1988)'de, Lamine malzemedan yapılmış pencerelerdeki, tutkal hatlarının direncine etki eden faktörleri araştırmıştır. Denemelerde, pencere elemanlarının yatay yüzeylerinde dışa açık tutkal hatları (derzleri)'nin, dış ortam şartlarına maruz kalmayacak şekilde iç kısımda yer alması durumunda çalışmasının durduğu belirlenmiştir. (LEJEUNE/LECLERCQ 1990)'nun, Belçika'da küçük çaplı Meşeler üzerine yaptıkları araştırmalarında; pencere çerçeveleri için (6x6x100)cm boyutlarında, Vinil yapıştırıcı ile herbiri 2cm kalınlığında 3 tabakadan oluşan lamine elemanlar kullanılmıştır. Deneme sonuçlarından, Meşe'den yapılmış numunelerin makaslama direncinin, Merbau'dan (*Insia* spp.) yapılmış örneklerden daha düşük, fakat Meranti (*Shorea* spp.)'ninkinden daha büyük olduğu belirlenmiştir. (TURKİLİN 1992; TURKİLİN 1993) tarafından gerçekleştirilen araştırmalarda ise, İki ayrı üretici firmadan alınan, ibrelı odundan PVAc ile 3 tabakalı olarak yapıştırılmış 1m uzunluğundaki lamine pencere profilleri kullanılmıştır. Boyut stabilitesi ve tutkal derzi (hattı) direncinin incelendiği Lamine profillerde, dış hava şartlarına açık tutkal derzlerinin bulunmasının, doğramaların çok kısa zamanda bozulmasına yol açtığını belirlemiştir. Ayrıca, lamine pencere profillerinin kalitelerinin belirlenmesi için doğal iklimlendirme ve farklı iklimlendirme serisine tabi tutulmuş profillerin tutkal derzlerinin açılması esas alınarak da kaliteleri hakkında bir karara varılabileceğini vurgulamıştır. (BRÖKER/KLEINMANN/RİCHTER 1994) ise, Polonya'dan *Pinus silvestris*, Endonezya'dan *Pinus merkusii*, Vietnam'dan *Pinus Khasya*, İspanya ve Yeni Zelanda'dan *Pinus radiata*, Amerika'dan Güney çamları (*Pinus taeda*)'ndan üretilmiş lamine pencere profillerini incelemiştir. Araştırmada, lamine malzemenin pencerelerde kullanıma uygun olup olmadığına karar vermek için daha çok odun özellikleri, yapıştırma ve dış hava koşulları altındaki davranışları belirlenmiştir.

## 1.2 Lamine Profillerin Pencere Üretiminde Kullanımı ve Üretim Şartları

Laminasyon tekniği; ağaç malzemenin rasyonel kullanımı için olduğu kadar, masif oduna göre daha stabil, kusursuz ve estetik bir malzeme elde edilmesi olanağı ile teknolojik gelişmeye paralel olarak uygulama alanını genişletmektedir. Laminasyonda kural olarak, farklı ağaç türü, değişken tabaka (kat) sayısı, farklı boyutlar ve şekiller uygulanabilmektedir. Diğer taraftan, laminasyon uygulamalarında kullanılan tutkallar elde edilen malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, üretilen lamine ağaç malzemenin kullanım yeri, kullanılan yapıştırıcının özelliğine bağlı olarakta değişmektedir. Böylece, laminasyonda en iyi sonucun alınabilmesi için, tutkallanacak ağaç malzemenin fiziksel ve teknolojik özelliklerinin dışında, yapıştırma tekniği ve yapıştırıcıların teknik ve teknolojik özelliklerinin de çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Çeşitli ülkelerde, ahşap pencere profilleri ile ilgili standartlar bulunmasına rağmen, ülkemizde herhangi bir standart hazırlanmamıştır. Lamine profillerin pencerede kullanımı ile ilgili olarak Almanya Pencere Tekniği Enstitüsü (IfT)'nce, ahşap lamine profillerinin, DIN 68125'e uygun olmasının yanı sıra, pencere profili malzemesinin DIN 18355'te belirtilen istekleri de karşılaması gerektiği belirtilmiştir ve bu amaçla bir yönerge hazırlanmış bulunmaktadır. Ayrıca, profili oluşturan laminelerin (lamellerin) aynı ağaç türünden olması gerekmekte ve profillerdeki tutkal derzleri (tutkal hatları)'nin profil derzinde ve doğrudan dış hava koşullarına maruz kalmaması istenmektedir.

Lamine üretiminde yapılacak olan hatalar, lamine pencere üretiminin gelişimini engelleyecektir. Bu nedenle, öncelikle pencere profillerindeki laminelerin kalitesinin, pencere üretimi

için uygunluğu ayrı olarak kontrol edilmeli ve gerekli kalite sürekli olarak muhafaza edilmelidir. Buna göre, burada asıl önemli olan husus pencere profili üreticilerinin asıl kalite isteklerini gözönünde tutarak, buna göre üretimlerini gerçekleştirmeleridir. Lamine pencere profillerindeki kalite istekleri, masif pencerelerdekine uymaktadır. Ancak, lameller vasıtasıyla ek isteklerin devamlı gözönünde bulundurulması gerekmektedir. Örneğin, odun rutubeti % 12  $\pm$ 3 olmalı ve aynı profil içerisindeki lameller arasındaki rutubet farkı % 2'yi geçmemelidir. Kullanılacak ağaç malzemenin, her lamel için geçerli olmak üzere; ibreli odunlarda en az 0,35 gr/cm<sup>3</sup>, yapraklı ağaç odunlarında ise en az 0,45 gr/cm<sup>3</sup> özgül ağırlığa sahip olması istenmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, deneme materyali olarak (72x86x1000) mm boyutlarında L ve Z formunda üretilmiş lamine pencere profilleri kullanılmıştır. Bu bölümde, profillerde kullanılan ağaç malzeme ve tutkal ile lamine profil üretimi hakkında bilgiler verilmektedir.

### 2.1 Ağaç Malzeme

Araştırmada kullanılan Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) ve Kızılcım (*Pinus brutia* T.) odunlarının sağlandığı bölgelere ait tanıtıcı bilgiler Tablo 1'de topluca verilmiştir.

**Tablo 1: Deneme Materyalinin Sağlandığı Bölgelere Ait Tanıtıcı Bilgiler**  
Table 1: The KnowLedge About Distincts Where The Trees Were Fall

DENEME MATERYALİ Materials	SARIÇAM ( <i>Pinus sylvestris</i> L.)	KIZILÇAM ( <i>Pinus brutia</i> T.)
Bölge Müdürlüğü	Bolu	İzmir
İşletme Müdürlüğü	Seben	Bayındır
İşletme Şefliği	Taşlı Yayla	Bayındır
İşletme Sınıfı	Sarıçam-Karaçam	Kızılcım
Serisi	Taşlı Yayla	Bayındır
Mevkii	Solaklar Yaylası	Kavakalan
Bölme No	25	47
Rakım	1500 m	700 m
Kesim Yılı	1995	1996 (Mayıs)
Depo Adı	Taşlı Yayla	Kavakalan
Amenajman Planının adı ve Uygulama Yılları	Taşlı Yayla Serisi Amenajman Planı (1980-1999)	Bayındır Serisi Amenajman Planı (1996-2005)
Koordinatları	31°33'50" - 40°28'00"	42°39'00" - 54°50'00"

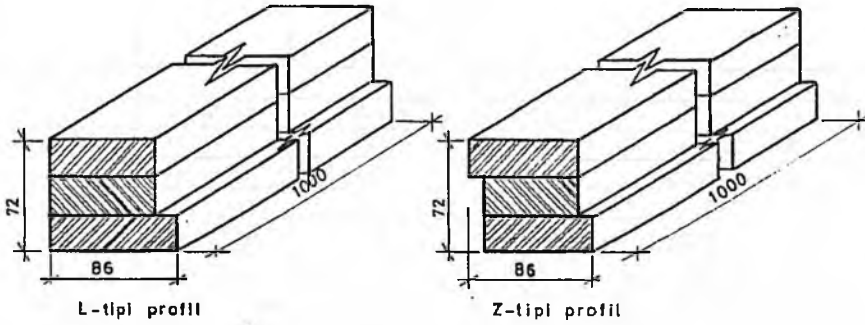
### 2.2 Tutkal

Araştırmada, ağaç işlerinde yaygın olarak kullanılan Üre Formaldehit ile PVAc tutkalının, D sınıfı özelliklerini taşıyan (rutubete dayanıklı) tipleri kullanılmıştır. Üre Formaldehit tutkalı olarak, POLİSAN firmasının PÜ-8755 adlı tutkalı seçilmiştir. Bu tutkalda, sertleştirici olarak % 20'lik Maleik asit kullanılmıştır. PVAc tutkalı olarak da FORBO-HELMİTİN firmasının, Helmitin-33207 adlı tutkalı kullanılmıştır. Bu tutkalda ise, üretici firma talimatına uygun olarak % 7.5'lik Vernetzer D/Blue sertleştiricisi kullanılmıştır.

### 2.3 Örnek Pencere Profillerinin Hazırlanması

Profiller, kapı ve pencere üretimi konusunda faaliyet gösteren bir endüstri işletmesi (TEK AĞAÇ A.Ş.)'nde üretilmiştir. Pencere üretiminde çok kullanıldığı düşünülerek seçilen, L tipi ve Z tipi şeklindeki profiller (72x86x1000)mm boyutlarında hazırlanmıştır (Şekil 1).

Üç tabakalı olarak üretilen lamine profiller, incelenecek olan laminasyondaki etki faktörlerinden; tutkal türü, lamel kalınlıkları, yıllık halka düzeni (R: Radyal, T: Teğet) esas alınarak, her bir ağaç türü için Tablo 2'de belirtilen kombinasyonlarda gruplandırılmış ve her bir gruptan 30 adet olmak üzere hazırlanmıştır.



Şekil 1: Üretilen örnek profiller ve boyutları (DİLİK 1997)

Figure 1: The sample profiles produced and their dimensions (DİLİK 1997)

### 2.4 Deneme Metodları

Çalışmada, lamine pencere profillerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesinin yanı sıra, masif odun özellikleriyle mukayesesi de amaçlandığından deneme metodları olarak, standartlarda masif ağaç malzeme için kullanılan test yöntemleri seçilmiştir. Değerlendirmeler, deneme sonuçlarının hava kurusu hal şartlarına (%12 rutubet miktarına) tahvil değerleriyle yapılmıştır.

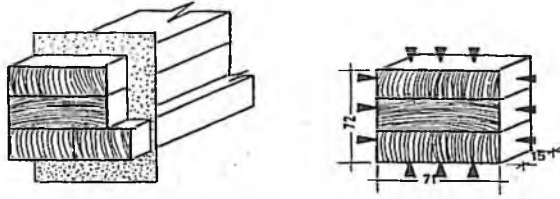
#### 2.4.1 Pencere Profillerinde Çalışma Miktarı (Daralma ve Genişleme) Denemeleri

Araştırmada, profillerin kalınlık ve genişlik yönündeki çalışma miktarları belirlenmiştir. Boyuna yöndeki çalışma miktarı ise pratik bakımdan büyük önem taşımadığından hesaplanmamıştır. Bu nedenle, Şekil 2'de görüldüğü gibi hazırlanan numunelerde ölçüm yerleri, bütün lamelleri ve enine kesiti kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Daralma ve genişleme miktarları, aşağıdaki formüllere göre, kalınlık yönünde ve genişlik yönünde daralma ( $\beta$ ) ve genişleme yüzdesi ( $\alpha$ ) olarak ayrı ayrı tespit edilmiştir.

$$\beta (\%) = \frac{\text{Rutubetli ölçü} - \text{Tam kuru ölçü}}{\text{Rutubetli ölçü}} \times 100 \quad \alpha (\%) = \frac{\text{Rutubetli ölçü} - \text{Tam kuru ölçü}}{\text{Rutubetli ölçü}} \times 100$$

**Tablo 2: Üretilen Profiller ve Özellikleri**  
**Table 2: The Profiles Produced And Their Properties**

Grup No Group No	Ağaç Türü Tree species	Tutkal Tipi Glue type	Yıllık Halka Düzeni Position of annual rings at the cross sections R: Radial T: Tangential	Lamel kalınlıkları Layers' Thickness (mm)	Profil Şekli Profile form
1	Sarıçam	PÜ-8755	T-R-T	20-32-20	Z
2	Sarıçam	PÜ-8755	R-T-R	24-24-24	Z
3	Sarıçam	PÜ-8755	R-T-R	20-32-20	Z
4	Sarıçam	PVAc	T-R-T	20-32-20	Z
5	Sarıçam	PVAc	R-T-R	20-32-20	Z
6	Sarıçam	PVAc	R-T-R	24-24-24	Z
7	Sarıçam	PVAc	T-R-T	24-24-24	Z
8	Sarıçam	PÜ-8755	T-R-T	24-24-24	L
9	Sarıçam	PÜ-8755	R-T-R	24-24-24	L
10	Sarıçam	PÜ-8755	R-T-R	20-32-20	L
11	Sarıçam	PÜ-8755	T-R-T	20-32-20	L
12	Sarıçam	PVAc	T-R-T	24-24-24	L
13	Sarıçam	PVAc	R-T-R	24-24-24	L
14	Sarıçam	PVAc	T-R-T	20-32-20	L
15	Sarıçam	PVAc	R-T-R	20-32-20	L
16	Sarıçam	PÜ-8755	T-R-T	24-24-24	Z
A1	Kızılcıam	PÜ-8755	T-R-T	20-32-20	Z
A2	Kızılcıam	PÜ-8755	R-T-R	24-24-24	Z
A3	Kızılcıam	PÜ-8755	R-T-R	20-32-20	Z
A4	Kızılcıam	PVAc	T-R-T	20-32-20	Z
A5	Kızılcıam	PVAc	R-T-R	20-32-20	Z
A6	Kızılcıam	PVAc	R-T-R	24-24-24	Z
A7	Kızılcıam	PVAc	T-R-T	24-24-24	Z
A8	Kızılcıam	PÜ-8755	T-R-T	24-24-24	L
A9	Kızılcıam	PÜ-8755	R-T-R	24-24-24	L
A10	Kızılcıam	PÜ-8755	R-T-R	20-32-20	L
A11	Kızılcıam	PÜ-8755	T-R-T	20-32-20	L
A12	Kızılcıam	PVAc	T-R-T	24-24-24	L
A13	Kızılcıam	PVAc	R-T-R	24-24-24	L
A14	Kızılcıam	PVAc	T-R-T	20-32-20	L
A15	Kızılcıam	PVAc	R-T-R	20-32-20	L
A16	Kızılcıam	PÜ-8755	T-R-T	24-24-24	Z

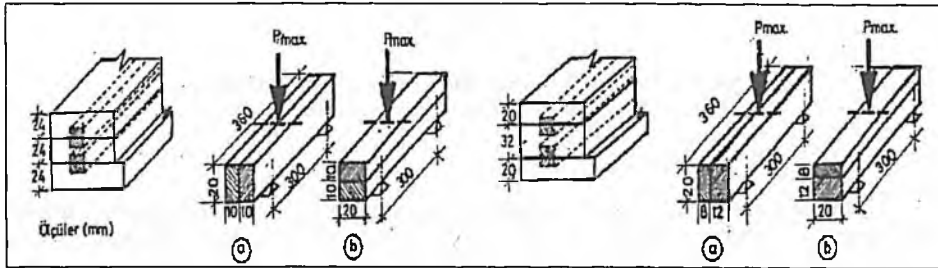


Şekil 2: Çalışma denemelerinde kullanılan numuneler ve ölçüm yerleri (DİLİK 1997)  
Figure 2: The specimens used for sorption tests and measurement points (DİLİK 1997)

#### 2.4.2 Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü (E-modülü) Denemeleri

Eğilme direnci ve E-modülü'nün belirlenmesi amacıyla, mevcut laboratuvar şartları gözönünde tutularak hazırlanan numuneler TS 2474 ve TS 2478'e göre, denemelerdeki etki faktörleri esas alınarak hazırlanmıştır (Şekil 3). Burada, lamellerin enine kesitteki katılım oranlarını aynen yansıtmak şeklinde, bir tutkal derzini kapsayan numuneler her grup için ayrı ayrı ele alınmıştır. Denemelerde numunelere uygulanacak kuvvet yönü, profilin pencere konstrüksiyonlarındaki pozisyonu ve maruz kalacağı yüklenme yönleri dikkate alınarak Şekil 3a'daki gibi seçilmiştir.

E-modülünün belirlenmesinde de eğilme direnci deney numuneleri kullanılmış ve denemeler TS 2478'e göre yürütülmüştür.



Şekil 3: Eğilme direnci ve E-modülü denemelerinde kullanılan numuneler (DİLİK 1997)  
Figure 3: The specimens used for bending strength and modulus of elasticity tests (DİLİK 1997)

#### 2.4.3 Basınç Direnci Denemeleri

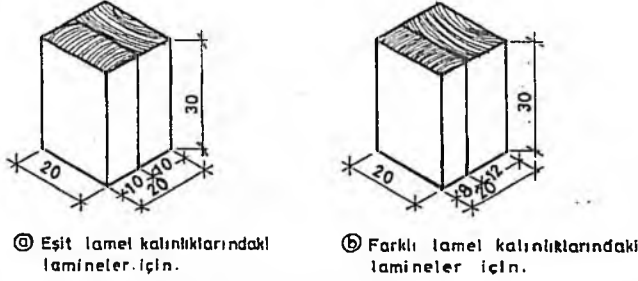
Basınç direnci, Şekil 4'de görüldüğü gibi hazırlanan numunelerde TS 2595'e göre belirlenmiştir.

#### 2.4.4 Makaslama Direnci Denemeleri

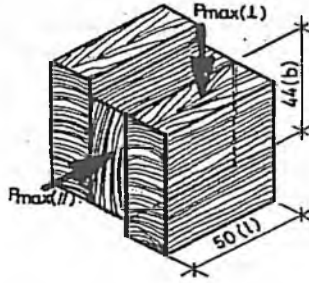
Araştırmada, bu amaçla kullanılan TS 3891, TS 8492 ve ASTM D 3110-88 standartları gözönünde tutularak hazırlanan (50x44)mm boyutlarında yapışma yüzeyine sahip deney numuneleri Z tipi örnek profillerden kesilerek hazırlanmıştır (Şekil 5).

Makaslama direnci denemeleri, profillerin pencere konstrüksiyonlarında maruz kalacağı makaslama yüklemeleri gözönünde tutularak, tutkal hattında liflere paralel (//) ve liflere dik (⊥) olmak üzere iki yönde ayrı ayrı hesaplanmıştır (Şekil 5).





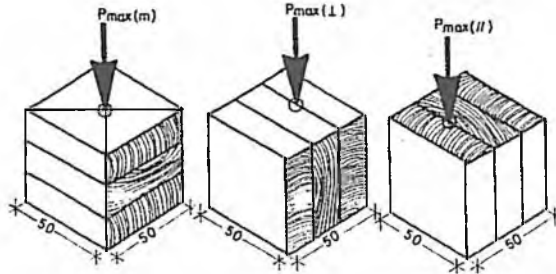
Şekil 4: Basınç direnci deney numuneleri (DİLİK 1997)  
Figure 4: The specimens used for compression strength tests (DİLİK 1997)



Şekil 5: Makaslama direnci deney numuneleri (DİLİK 1997)  
Figure 5: The specimens used for shear strength (DİLİK 1997)

#### 2.4.5 Sertlik Denemeleri

Bu araştırmada, Janka sertlik metodu kullanılmıştır. Deneyler, 1 tonluk Universal deneme makinasında hava kurusu haldeki profillerden (50x50) mm enine kesit ölçülerinde kesilerek hazırlanan numunelerde gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Lamine malzemeler için muhtemel tehlike bölgeleri olarak kabul edilen tutkal derzleri, sertlik denemelerinde gözönünde tutularak şekilde görüldüğü gibi, tutkal hattında liflere paralel, tutkal hattında liflere dik ve masifteki sertlik olarak 3 yönde ayrı ayrı belirlenmiştir.



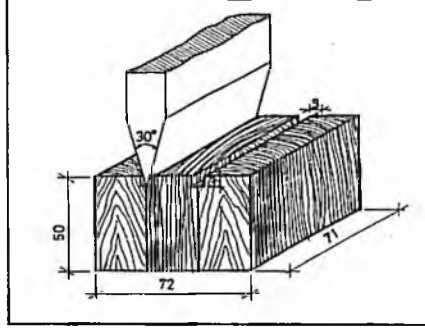
Şekil 6: Sertlik denemeleri için kullanılan numuneler (DİLİK 1997)  
Figure 6: The specimens used for hardness tests (DİLİK 1997)

#### 2.4.6 Kama Etkisiyle Yarıлма Denemeleri

Kama etkisiyle yarılmadaki kopma yükü (kırılma yükü) ve yapışma yüzeyindeki lif oranının tespit edildiği bu denemeler, lamine malzemenin suya ve ısıya karşı olan dayanımlarını da belirlemek amacıyla farklı ortam şartlarında bekletilen numuneler üzerinde de yürütülmüştür. Denemelerde, Alman Pencere Tekniği Enstitüsünün laminasyondaki tutkallama kalitesinin kontrol belirlenmelerine göre önce, açık tutkal derzlerinin bir penetrasyon maddesi ile kontrolü yapılmış, daha sonra profillerden 50mm boyunda kesilmiş olarak Şekil 7'deki gibi hazırlanmış numuneler kullanılmıştır.

##### 2.4.6.1 Deney Numunelerinin Kopma Yüzeyinde Lif Oranı Tespiti

Yapışma kalitesinin saptanmasında kriter olarak; ya tutkal bağınyı ayırmak için gerekli fiziki kuvvet, ya da deneyden sonra numunenin kırılan yüzünde meydana gelen lif ve odun parçaları alanının kırılma alanına oranı kullanılmaktadır.



Şekil 7: Kama etkisiyle yarıлма deneyinde kullanılan numuneler (DİLİK 1997)  
Figure 7: The specimens used for cleavage with wedge tests (DİLİK 1997)

Diğer taraftan, yapışma kalitesinin tayininde lif oranı metodu yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen, bu metodun tutkal bağınyın saptanmasında bütün dünyaca kabul edilir tek bir standart metod olmasını önleyen bazı sakıncalar bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, bazı hallerde kopma direncinin yükselmesi ile yapışma yüzeyinde meydana gelen lif ve odun miktarı yükselirken, bazı hallerde bunun tamamen aksine kopma direncinin yükselmesiyle lif ve odun miktarlarında bir azalma görülmesidir. Bu bakımdan, yapışma yüzeyinde kopmadan sonra arta kalan odun ve lif miktarları tutkal bağınyın saptanmasında bir ölçüt olarak kullanılmak isteniyor ise, odun ve lif miktarları ile kopma yükü değerlerinin karşılıklı ilgilerini tespit etmek gerekmektedir. Bu nedenle, araştırmada deney numunelerinin kopma yükü ile beraber yapışma yüzeyindeki (%) lif oranı, kopma şekli ve bölgesi de incelenmiştir.

##### 2.4.6.2 Deney Numunelerinin Çeşitli Ortamlarda Bekletilmesi

Hava kuruşu haldeki (%12) numunelerde yapılan kama etkisiyle yarıлма denemeleri, çeşitli ortamlarda bekletilen numuneler üzerinde de gerçekleştirilerek, numunelerin kuru ve yaş ortam şartlarına dayanımları da belirlenmeye çalışılmıştır. Denemelerdeki farklı ortam şartları, kullanılan tutkal türleri gözönünde tutularak TS 93 ve TS 3891 standartlarındaki esaslara göre seçilmiştir. Böylece, denemeler kuru ve yaş ortam şartlarında yürütülmüştür.

## 2.5 Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada seçilen iki ağaç türünden, iki farklı tutkal ile eşit ve farklı kalınlıklardaki lamellerle, iki farklı yıllık halka (R-T-R ve T-R-T) düzeninde üretilen lamine doğrama profilleri için belirlenen fiziksel ve mekanik özelliklere ait veriler, istatistik olarak F- testi ve T-testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme, her ağaç türü için araştırmada incelenen laminasyondaki etki faktörlerine göre ayrı ayrı yapılmıştır. Bu etki faktörlerinin her biri, diğerleri sabit kalmak şartıyla farklı tutularak üretilmiş olan numunelere ait bulgular (değerler) üzerinde, F ve T testleri sonuçlarına göre önemli (etkin) bulunup bulunmadıkları belirtilmiştir.

F ve T-testi değerlerinin hesabında aşağıdaki formüller kullanılmıştır. Buradan elde edilen değerler, önceden kararlaştırılmış olan güven düzeyinde  $V=(n_1-1)+(n_2-1)$  serbestlik dereceleri için F ve T- tablosundan bulunan değerler ile karşılaştırılmıştır.

$$F = \frac{S_1^2 \text{ (büyük varyans)}}{S_2^2 \text{ (küçük varyans)}}$$

$$T = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right) + \left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)}}$$

## 3. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmadaki etki faktörleri esas alınarak, Sarıçam ve Kızılcımdan üretilen lamine doğrama profillerinin pencere doğramaları için önemli bulunan fiziksel ve mekanik özelliklerine ait deneme sonuçları, istatistiksel sonuçlar halinde (aritmetik ortalama, standart sapma, varyans, varyasyon katsayısı, değişim aralığı ve örnek sayısı) ayrı ayrı tablolar şeklinde verilmiştir. Ayrıca, incelenen etki faktörlerinin lamine malzemenin belirlenen özellikleri üzerindeki anlamlılık düzeylerini ortaya koyan F-testi ve T-testi'ne ait hesaplama sonuçlarında ayrı ayrı tablolar halinde verilmiştir<sup>1)</sup>.

### 3.1 Sarıçam Lamine Malzemede Daralma ve Genişleme Miktarları

Sarıçamdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemede belirlenen sonuçlara göre;

Ortalama daralma miktarları, lamine malzemenin kalınlığı yönünde % 3.88 - 5.37 arasında, lamine malzemenin genişliği yönünde ise % 4.72 - 6.94 arasında değişmektedir.

Ortalama genişleme miktarları, lamine malzemenin kalınlığı yönünde % 4.91 - 7.10 arasında, lamine malzemenin genişliği yönünde ise % 4.75 - 7.33 arasında değişmektedir.

### 3.2 Kızılcım Lamine Malzemede Daralma ve Genişleme Miktarları

Kızılcımdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemede belirlenen sonuçlara göre;

Ortalama daralma miktarları, lamine malzemenin kalınlığı yönünde % 3.57 - 5.36 arasında, lamine malzemenin genişliği yönünde ise % 3.84 - 6.36 arasında değişmektedir.

<sup>1)</sup> Bulgulara ait bu sonuçlar, derginin yayın kurallarına ait sayfa sınırlamaları nedeniyle verilememiştir. Bu sonuçlar, Doktora tezinin altında görülebileceği gibi, istendiği takdirde yazarından temin edilebilir.

Ortalama genişleme miktarları, lamine malzemenin kalınlığı yönünde % 4.74 - 6.58 arasında, lamine malzemenin genişliği yönünde ise % 4.19 - 6.07 arasında değişmektedir.

### 3.3 Sarıçam Lamine Malzemede Eğilme Direnci ve E-Modülü

Sarıçamdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemede belirlenen sonuçlara göre;

Ortalama eğilme direnci minimum 880.3 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 992.7 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Ortalama elastikiyet modülü ise, minimum 97415 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 132297 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.4 Kızılçam Lamine Malzemede Eğilme Direnci ve E-Modülü

Kızılçamdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemede belirlenen sonuçlara göre;

Ortalama eğilme direnci minimum 913.5 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 967.5 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Ortalama elastikiyet modülü ise, minimum 95354 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 111490 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.5 Sarıçam Lamine Malzemede Basınç Direnci

Sarıçamdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemede belirlenen sonuçlara göre;

Ortalama basınç direnci minimum 520.9 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 577.4 kg/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

### 3.6 Kızılçam Lamine Malzemede Basınç Direnci

Kızılçamdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemede belirlenen sonuçlara göre;

Ortalama basınç direnci ise, minimum 519.5 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 610.6 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.7 Sarıçam Lamine Malzemede Makaslama Direnci

Sarıçamdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemenin tutkal hattında liflere paralel (//) ve tutkal hattında liflere dik (⊥) olmak üzere iki ayrı yönde hesaplanan makaslama direncine ait belirlenen sonuçlara göre;

Tutkal hattında liflere paralel yönde ortalama makaslama direnci minimum 30.8 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 56.6 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Tutkal hattında liflere dik yönde ortalama makaslama direnci ise, minimum 14.2 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 21.0 kg/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Denemeler sırasında görülen numunelerdeki kırılma şekli; genellikle tutkal hattından değil, odunda veya yapışma yüzeyinden, lifli ayrılma şeklinde olmuştur.

### 3.8 Kızılçam Lamine Malzemede Makaslama Direnci

Kızılçamdan eşit ve farklı lamel kalınlıklarında, R-T-R ve T-R-T yıllık halka düzeninde üretilen lamine malzemenin tutkal hattında liflere paralel (//) ve tutkal hattında liflere dik (⊥) olmak üzere iki ayrı yönde hesaplanan makaslama direncine ait belirlenen sonuçlara göre;

Tutkal hattında liflere paralel yönde ortalama makaslama direnci minimum 35.8 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 78.9 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

Tutkal hattında liflere dik yönde ortalama makaslama direnci ise, minimum 27.7 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 42.2 kg/cm<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

Denemeler sırasında numunelerde görülen kırılma şekli, genellikle Sarıçam numunelerdekine benzer şekilde tutkal hattından değil, odundan veya yapışma yüzeyinden lifli bir ayrılma şeklinde olmuştur.

### 3.9 Sarıçam Lamine Malzemede Sertlik Değeri

Sarıçam lamine malzemenin, masif odun kısmının sertliği (m) ile beraber, tutkal hattında liflere paralel yönde (//) ve liflere dik yönde (⊥) olmak üzere, üç farklı yönde belirlenmiş olan sertlik direncinin istatistiksel sonuçlarına göre;

Masif odun kısmının ortalama sertliği, minimum 237.1 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 345.5 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunurken,

Tutkal hattında liflere paralel yönde ortalama sertlik minimum 287.6 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 373.1 kg/cm<sup>2</sup> olarak,

Tutkal hattında liflere dik yönde ortalama sertlik ise; minimum 229.8 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 297.8 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.10 Kızılçam Lamine Malzemede Sertlik Değeri

Kızılçam lamine malzemenin, masif odun sertliği (m) ile beraber, tutkal hattında liflere paralel yönde (//) ve liflere dik yönde (⊥) olmak üzere, üç farklı yönde belirlenen sertlik değerlerine ait istatistiksel sonuçlarına göre ortalama sertlik değerleri ise;

Masif odun kısmının ortalama sertliği, minimum 266.6 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 379.1 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenirken,

Tutkal hattında liflere paralel yönde, minimum 424.6 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 574.0 kg/cm<sup>2</sup> olarak,

Tutkal hattında liflere dik yönde ise, minimum 308.1 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 401.0 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.11 Lamine Malzemede Kama Etkisiyle Yarılmada Kopma Yüğü ve Lif Oranı

Kama etkisiyle yarılmadaki kopma yüğü ve lif oranı, farklı bekletme ortamlarında tutulan numuneler için, ayrı ayrı belirlenmiş olup, Sarıçam lamine malzemeye ait istatistiksel sonuçlara göre;

Kuru ortam şartlarında, ortalama kopma yüğü minimum 553.5 kg, maksimum 689.3 kg olarak bulunurken, ortalama lif oranları ise minimum % 63.1, maksimum % 98.8 olarak hesaplanmıştır.

30 °C suda bekletme şartlarında, ortalama kopma yüğü minimum 244.8 kg, maksimum 515.7 kg; ortalama lif oranları ise minimum % 14.2, maksimum % 87.7 olarak bulunmuştur.

67 °C suda bekletme şartlarında ise ortalama kopma yükü minimum 146.5 kg, maksimum 405.8 kg olarak bulunurken, ortalama lif oranları ise minimum % 3.0, maksimum % 55.5 olarak hesaplanmıştır.

Kızılçam lamine malzemede kopma yükü ve lif oranına ait istatistiksel sonuçlara göre ise;

Kuru ortam şartlarında, ortalama kopma yükü minimum 648.1 kg, maksimum 804 kg olarak bulunurken, ortalama lif oranları ise minimum % 58.6, maksimum % 96.3 olarak hesaplanmıştır.

30 °C suda bekletme şartlarında, ortalama kopma yükü minimum 234.5 kg, maksimum 624.2 kg; ortalama lif oranları ise minimum % 7.5, maksimum % 83.0 olarak bulunmuştur.

67 °C suda bekletme şartlarında ise ortalama kopma yükü minimum 176 kg, maksimum 475.7 kg olarak bulunurken, ortalama lif oranları ise minimum % 6.4, maksimum % 47.6 olarak hesaplanmıştır.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu bölümde; bulgular çerçevesinde her iki ağaç türü için ayrı ayrı olmak üzere, masif odun özellikleriyle mukayesesi yapılarak incelenen etki faktörlerinin, lamine malzemenin fiziksel ve mekaniksel özellikleri üzerindeki etkinlik durumu (önem düzeyi) ile ilgili veriler tartışılarak ulaşılan sonuçlar özetlenmiştir.

##### 4.1 Sarıçam Lamine Malzemede Çalışma (Daralma ve Genişleme) Miktarları

Çalışmanın önemli olduğu kullanım alanlarından biri olarak pencere üretiminde, çalışması az olan ağaç türleri tercih edilmektedir. Çünkü, ağaç malzemenin çalışmasının fazla olması durumunda pencerelerde; birleşme yerlerinin dayanıklılığı, sızdırmazlığı ve yüzey işlemlerinin sağlamlığı azalmaktadır. Bu nedenle, araştırmada pencere profili olarak üretilen lamine malzemenin çalışma miktarları belirlenmiş ve masifiyle mukayesesi yapılmıştır.

Denemeler sonucunda, Sarıçam lamine malzemede daralma miktarları; genel olarak lamine malzemenin kalınlığı yönünde % 3.88 ile % 5.37 arasında, genişlik yönünde ise % 4.72 ile % 6.94 arasında değişmektedir. Bu sonuçların masif odun olarak Sarıçamda (TOKER 1960) belirtilen radyal yöndeki % 4.3 daralmaya karşılık, teğet yöndeki % 8.3 ve hacmen % 12.7 daralma miktarıyla mukayesesinde, daha küçük olduğu ortaya çıkmıştır.

Genişleme miktarları ise; kalınlık yönünde % 4.91 ile % 7.10 arasında değişirken, genişlik yönünde ise % 4.75 ile % 7.33 arasında bulunmaktadır. Belirlenen bu miktarların, yine masif Sarıçam için belirlenen (TOKER 1960) radyal yöndeki % 4.4 genişlemeye karşılık, teğet yöndeki % 9.1 ve hacmen % 14.6 genişleme yüzdesinden küçük olduğu görülmektedir.

Buradan, Sarıçam lamine malzemenin daralma miktarlarında olduğu gibi genişleme miktarlarında masifine göre daha stabil olduğu ve laminasyon tekniğine uygun üretimler için kabul edilebilir sınırlar içinde bulunduğu söylenebilir.

Verilerin istatistiksel olarak (F-testi ve T-testi ile) değerlendirilmesinden, incelenen etki faktörleri (tutkal farklılığı, lamel kalınlıkları ve yıllık halka düzeni)'nin genellikle Sarıçam lamine malzemenin çalışma özellikleri üzerinde önemli (anlamlı) bulunduğu ortaya çıkmıştır.

##### 4.2 Kızılçam Lamine Malzemede Çalışma (Daralma ve Genişleme) Miktarları

Denemeler sonucunda, Kızılçam lamine malzemede daralma miktarları; lamine malzemenin kalınlığı yönünde % 3.57 ile % 5.36 arasında, genişlik yönünde % 3.84 ile % 6.36 arasında

değişmektedir. Bu sonuçların, masif Kızılçamda belirlenen (BEKTAŞ 1997) radyal yöndeki % 4.60 daralmaya karşılık, teğet yöndeki % 6.80 ve hacmen % 11.40 daralma miktarlarıyla mukayesesi yapılacak olursa daha küçük olduğu görülmektedir.

Kızılçam lamine malzemenin değişik kombinasyonlar için belirlenen genişleme miktarı; kalınlık yönünde % 4.74 ile % 6.58 arasında, genişlik yönünde ise % 4.19 ile % 6.07 arasında değişmektedir. Masif Kızılçamdaki genişleme miktarı ise, radyal yönde % 4.68, teğet yönde % 7.68 ve hacmen % 12.36 olarak belirtilmiştir (BEKTAŞ 1997). Kızılçam lamine malzeme için belirlenen değerlerin, masif Kızılçamın genişleme miktarları ile olan mukayesesinden; genişleme miktarının daha az veya eşite yakın olduğu ve masifinden daha büyük bir genişleme göstermediği söylenebilir

Buradan, Kızılçam lamine malzemenin daralma ve genişleme miktarlarının, boyut stabilitesinin önemli bulunduğu çeşitli kullanım yerleri için bir sorun oluşturmayacağı söylenebilir. Ancak, burada laminasyon tekniğine uygun üretimin sağlanmasının yanında, kullanılan odunun özellikleri (yılık halka genişliği, yaz odunu katılım oranı, öz odun-diri odun, lif kıvrıklığı, budaklılık, asidite vb.)nin de lamine malzemenin direnç özelliklerinde olduğu gibi, çalışma özelliklerinde de önemli bulunduğu unutulmamalıdır.

Lamine malzemeye ait bulunan daralma ve genişleme verilerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesinden, çalışma özellikleri üzerinde; tutkal türünün, lamel kalınlıklarının ve yıllık halka düzeninin genellikle etkili olduğu söylenebilir. Bazı kombinasyonlar için anlamlı bir farkın bulunamamasının ise, odun özelliklerinden kaynaklandığı şeklinde düşünülmüştür.

### 4.3 Sarıçam Lamine Ağaç Malzemede Eğilme Direnci ve E-Modülü

Denemeler sonucu, değişik kombinasyonlarda üretilmiş olan Sarıçam lamine malzemenin eğilme direnci; minimum 880.3 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 992.7 kg/cm<sup>2</sup>, ortalama 936 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmektedir. Bu değerlerin, masif Sarıçam için saptanan (TOKER 1960) ortalama 648.7 kg/cm<sup>2</sup>lik eğilme direncinden yüksek olduğu görülmektedir.

Sarıçam lamine malzemede elastikiyet modülüne gelince; laminasyondaki değişik kombinasyonlara göre, minimum 97415 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 132297 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama 123175 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Masif Sarıçamdaki E-modülünün ise, minimum 88000 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 113000 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama 102000 kg/cm<sup>2</sup> (TOKER 1960) olduğu göz önüne alınacak olursa, Sarıçam lamine malzeme ile daha yüksek elastikiyet modülüne ulaşılabileceğini söylemek mümkündür. Bununda, kapı ve pencere yapımında kullanılacak ağaç malzemenin seçiminde göz önünde tutulacak hususlardan biri olarak, ağaç malzemenin elastikiyet modülünün kapı ve pencerinin hareketli kısımlarının dikliğini muhafaza etmek için düşük olmaması şartının laminasyon tekniği ile sağlanabileceğini gösterdiğini söyleyebiliriz.

Bulguların istatistiksel olarak F-testi ve T-testi ile değerlendirilmesinden, incelenen tutkal farklılığı, lamel kalınlığı ve yıllık halka düzeninin, lamine malzemenin eğilme direnci ve E-modülü değerlerinde etki faktörü olarak genellikle önemli (anlamlı) bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Bu sonuçlara göre; buradaki farklılıkların nedeni olarak, lamel kalınlıklarının etkisinde kuvvet tesir yönü ile lif yönü gösterilebilir. Zira, kuvvetin radyal veya teğet yönde uygulanması durumunda oluşan direnç farklılığının, lamine malzemede farklı oranlardaki radyal ve teğet lamellerle eğilme direnci üzerindeki etkisinin söz konusu olduğu düşünülmektedir. Ancak, organik bir malzeme olan odunun muhtelif kısımlarda ve yönlerde farklı bulunan anatomik ve teknolojik özellikleri kuşkusuz buradaki eğilme direnci ve E-modülü farklılığının diğer sebepleri olarak söylenebilir.

#### 4.4 Kızılçam Lamine Malzemede Eğilme Direnci ve E-Modülü

Yapılan denemeler sonucu değişik kombinasyonlarda üretilmiş Kızılçam lamine malzemede eğilme direnci; minimum 913.5 kg/cm<sup>2</sup> ile maksimum 967.5 kg/cm<sup>2</sup>, ortalama 946 kg/cm<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Saptanan bu değerlerin, masif odun olarak Kızılçamda belirtilen (BEKTAŞ 1997), 590.3 kg/cm<sup>2</sup>'lik eğilme direncinden büyük olması, laminasyon tekniği ile masifine göre daha büyük eğilme direncine ulaşılabileceği görülmüştür. Böylece, çeşitli kullanım yerleri için uygun bir malzemenin yerine, eşdeğer veya üstün özelliklere sahip bir malzemenin kullanılabilceği düşüncesiyle, Kızılçam lamine malzemenin doğramalık ağaç malzeme için yeterli eğilme direncine sahip olduğu söylenebilir.

Elastikiyet modülünün ise; değişik kombinasyonlara göre minimum 95354 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 111490 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama 104071 kg/cm<sup>2</sup> olduğu görülmüştür. Masif odun olarak Kızılçamda belirtilen E-modülünün 87320 kg/cm<sup>2</sup> gibi düşük bir değerde olması bazı kullanım yerleri için, örneğin araştırma konusu doğrama üretimi için dezavantaj olarak görülebilir. Ancak, masif Kızılçama ait bu düşük E-modülü değerlerinin lamine malzemede görüldüğü gibi daha yükseltilebileceği ve bununla, Sarıçam değerlerine yakın bir malzeme olarak, aranan diğer özelliklerde göz önünde bulundurulmak şartıyla, doğrama üretimi için uygun olabileceği belirtilir.

Bulguların istatistiksel değerlendirilmesinden ise, Kızılçam lamine malzemede; tutkal farklılığının, lamel kalınlıklarının ve yıllık halka düzeninin eğilme direnci ve E-modülü üzerinde bazı kombinasyonlar haricinde önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 4.5 Sarıçam Lamine Malzemede Basınç Direnci

Araştırmada, Sarıçam lamine malzemede basınç direnci; laminasyondaki değişik kombinasyonlara göre minimum 520.9 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 577.4 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama 536 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Saptanan bu direnç değerleri de, masif Sarıçamda (TOKER 1960) tarafından minimum 82.1 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 605.4 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama 379 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenen basınç direnci değerlerinden yüksektir. Bu sonuçlara göre, laminasyon tekniği ile basınç direnci değerlerinde de iyileştirmelerin sağlanabileceği görülmektedir.

Bulguların istatistiksel değerlendirilmesinden ise, incelenen etki faktörlerinin basınç direnci üzerindeki etkinlikleri şu şekilde sonuçlanmıştır. Tutkal farklılığı ve yıllık halka düzeni basınç direnci üzerinde önemli bulunurken, lamel kalınlıklarının etkisi önemsiz bulunmuştur.

#### 4.6 Kızılçam Lamine Malzemede Basınç Direnci

Denemeler sonucu Kızılçam lamine malzemede basınç direncinin laminasyondaki değişik kombinasyonlara göre; minimum 519.5 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 610.6 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama 558 kg/cm<sup>2</sup> olduğu görülmüştür. Belirlenen bu değerlerin, masif Kızılçamda saptanan (BEKTAŞ 1997); minimum 233 kg/cm<sup>2</sup>, maksimum 685.3 kg/cm<sup>2</sup> ve ortalama 419.6 kg/cm<sup>2</sup>'lik basınç direnci değerlerinden oldukça yüksek bulunmasında laminasyon işleminin yanı sıra, laminasyonda tamamen öz odun karakterindeki lamellerin kullanılmasının da etkili olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan, literatürde verilen bazı ağaç türlerine ait basınç direnci değerleriyle de mukayesesinden, masif odunun basınç direncinin laminasyon işlemiyle yükseldiği, gerek Sarıçam gerekse Kızılçam lamine örneklerine göre söylenebilir.

Bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinden ise, incelenen etki faktörlerinin bazı kombinasyonlar haricinde basınç direnci üzerinde genel olarak önemli bulunduğu belirlenmiştir.



#### 4.7 Sarıçam Lamine Malzemede Makaslama Direnci

Sarıçam lamine malzemede makaslama direnci, laminasyondaki değişik kombinasyonlara göre farklılıklar göstermekte olup, tutkal hattında liflere paralel yönde  $30.8 \text{ kg/cm}^2$  ile  $56.6 \text{ kg/cm}^2$  arasında, tutkal hattında lifler dik yönde ise  $14.2 \text{ kg/cm}^2$  ile  $21 \text{ kg/cm}^2$  arasında değiştiği görülmüştür. Belirlenen bu değerleri; yapıştırılmış bazı ağaç türlerine ait liflere paralel yöndeki ortalama makaslama dirençleriyle (DEMETÇİ 1991) karşılaştırsak, Gökmar için belirtilen  $37.1 \text{ kg/cm}^2$  ile Karaçam için belirtilen  $44.8 \text{ kg/cm}^2$  lik direnç değerlerinden daha büyük veya eşite yakın direnç değerlerinde olduğu görülmektedir.

Diğer taraftan, kuru ortam şartlarındaki denemeler sırasında makaslama numunelerinin incelenmesinden kopma veya kırılmaların tutkal hattından değil, odunda gerçekleşmesi, yapışma performansının denenen her iki tutkal içinde olumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, bu durum (odunda kırılma) yaş ortam şartlarında gerçekleşmemiştir.

Sarıçam lamine malzemeye ait bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinden ise, incelenen etki faktörlerinin makaslama direnci üzerindeki önem dereceleri, bazı kombinasyonlar haricinde genellikle anlamlı bulunmuştur.

#### 4.8 Kızılçam Lamine Malzemede Makaslama Direnci

Kızılçam lamine malzemede makaslama direnci, laminasyondaki değişik kombinasyonlara göre farklılıklar göstermiştir. Denemelerde sonuçların, tutkal hattında liflere paralel yönde  $35.8 \text{ kg/cm}^2$  ile  $78.9 \text{ kg/cm}^2$  arasında, tutkal hattında liflere dik yönde ise  $27.7 \text{ kg/cm}^2$  ile  $42.2 \text{ kg/cm}^2$  arasında değiştiği görülmüştür. Belirlenen bu değerleri, çeşitli literatürlerde verilmiş olan bazı ağaç türlerine ait gerek masif odundaki makaslama dirençleri, gerekse yapıştırılmış bazı ağaç türlerine ait makaslama dirençleri ile karşılaştıracak olursak, oldukça yüksek direnç değerlerine ulaşabileceği görülmüştür. Denemelerde, tutkal hattında liflere paralel makaslama direnci, liflere dik makaslama direncinden daha yüksek bulunarak Sarıçam lamine malzemede belirtilen ilişkinin Kızılçam lamine malzeme içinde geçerli olduğu saptanmıştır. Ayrıca, denemeler sırasında numunelerin makaslama yüzeyindeki kopma ve kırılma şekillerinin incelenmesinden, kopma ve kırılmaların tutkal hattında değil de odunda gerçekleşmesi denenen her iki tutkalın, kuru ortam şartlarında iyi bir yapışma performansı gösterdiğini ortaya koymuştur.

Kızılçam lamine malzemeye ait bulguların istatistiksel değerlendirilmesinden ise, incelenen tutkal farklılığı, lamel kalınlıkları ve yıllık halka düzeninin makaslama direnci üzerindeki etkinlikleri, Sarıçam lamine malzemede olduğu gibi genellikle önemli bulunmuştur.

#### 4.9 Sarıçam Lamine Malzemede Sertlik Değeri (Janka Sertlik)

Anizotrop yapıya sahip olan odunda; enine kesit, radyal kesit ve teğet kesit sertliği olmak üzere çeşitli sertlik türleri mevcut olup, kesit yönünün sertlik üzerine etkisi, lamine malzemenin tutkal derzlerinde görülmektedir. Bu amaçla, denemelerde lamine malzemenin sertlik dirençleri; Şekil 6'da gösterildiği gibi masif yönünde (m - lamel sertliği), tutkal hattında liflere paralel yönde (//) ve tutkal hattında liflere dik yönde (⊥) olmak üzere üç farklı yöndeki sertlikleri belirlenmiştir.

Denemeler sonucu, Sarıçam lamine malzemede üç farklı yöndeki sertlik değeri, laminasyondaki değişik kombinasyonlara göre farklılık göstermekte olup, masif yönündeki sertlik  $237.1 \text{ kg/cm}^2$  ile  $345.5 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişirken; tutkal hattında liflere paralel yönde  $287.6 \text{ kg/cm}^2$  ile  $373.1 \text{ kg/cm}^2$  arasında; tutkal hattında lifler dik yönde ise,  $229.8 \text{ kg/cm}^2$  ile  $297.8 \text{ kg/cm}^2$  arasında değiştiği görülmüştür. Belirlenen bu sertlik değerlerinin, her iki yönde de ibrelili masif odun için verilen değerlerden (BERKEL 1970) büyük veya eşite yakın olduğu görülmektedir. Bu durum, sertlik ve aşınma yüklemelerine karşı dayanıklılık isteyen kullanım alanlarında lamine malzemeye bir avantaj sağlamaktadır.

Denemelerde saptanan bulguların; istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre, incelenen etki faktörlerinin sertlik direnci üzerindeki etkinlikleri, bazı kombinasyonlar haricinde genellikle önemli bulunmuştur. Ancak, bazı kombinasyonlarda; gerek masif yönündeki, gerekse tutkal hattında liflere paralel ve liflere dik yöndeki sertlik değerleri üzerinde incelenen etki faktörlerinin önemsiz bulunmasının odun yapısı farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak; Sarıçam odununun sertlik değerinin, laminasyon uygulamalarında azaltıcı bir etkiye maruz kalmadığı gibi, buna karşın laminasyon işlemiyle fiziksel ve mekanik özellikleriyle beraber sertlik değerinde de bir artışın meydana geldiği görülmektedir.

#### 4.10 Kızılçam Lamine Malzemede Sertlik Değeri (Janka Sertlik)

Laminasyon işlemindeki değişik kombinasyonlara göre Kızılçam lamine malzemede sertlik değeri, üç yönde de farklılık göstermiştir. Masif yönünde belirlenen sertlik  $266.6 \text{ kg/cm}^2$  ile  $379.1 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişirken; tutkal hattında liflere paralel yönde  $424.6 \text{ kg/cm}^2$  ile  $574 \text{ kg/cm}^2$  arasında; tutkal hattında lifler dik yönde ise  $308.1 \text{ kg/cm}^2$  ile  $401 \text{ kg/cm}^2$  arasında değiştiği görülmüştür. Belirlenen bu değerleri; bazı ağaç türleri için verilen sertlik direnci değerleri ile (ÖKTEM 1993; GÖKER 1977) karşılaştırarak olursak, Kızılçam lamine malzemenin her iki yönde de masif Kızılçamdan daha büyük sertlik değeri verdiği görülmektedir.

Bulguların istatistiksel değerlendirilmesinden ise, incelenen etki faktörlerinin sertlik direnci üzerindeki etkinlikleri Kızılçam lamine malzeme içinde anlamlı bulunmuştur.

Deneme sonuçlarından, Kızılçam lamine malzemede janka sertlik değerleri masif Kızılçam odunu için belirtilen sertlik değeri ile mukayese edilirse; lamine malzemenin tutkal hattındaki ( $//$  veya  $\perp$ ) sertliği esas alındığında, masifine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, çeşitli yüzey işlemi, aşınma ve makinalarla işlenme özelliği gibi hususlar ile kullanım yerine göre önem kazanmaktadır.

#### 4.11 Lamine Malzemede, Kama Etkisiyle Yarılmada Kopma Yüğü ve Lif Oranı

Gerek Sarıçam lamine malzemede, gerekse Kızılçam lamine malzemede yapışma kalitesi ve dayanımının belirlenmesi amacıyla farklı ortam şartlarında belirlenen, kopma yüğü ve lif oranı herbir ortam için ayrı ayrı saptanmıştır. Bu çerçevede; yapışma kalitesinin ve dayanımının belirlenmesi amacıyla kopma yüğü ve lif oranı arasındaki ilişki için; denemelerdeki her bir kombinasyon için belirlenmiş ortalama değerlerden hareketle şu yargılara varılmıştır.

- Tutkal türlerine göre; PVAc tutkalı, PÜ-8755'e göre daha yüksek kopma yüğü ve lif oranı vermiştir.
- Bekletme ortamlarına göre; kopma yüğü ve lif oranı en yüksek kuru ortam şartlarında, daha sonra sırasıyla  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  suda ve  $67 \text{ }^\circ\text{C}$  sudaki bekletme şartlarında bulunmuştur.
- Yıllık halka düzenlemelerine göre ise; kopma yüğü ve lif oranı, R-T-R yıllık halka düzeninde, T-R-T yıllık halka düzenine göre daha yüksek bulunmuştur.
- İncelenen etki faktörlerinin, lamine malzemenin kama etkisiyle yarılmada kopma yüğü ve lif oranı üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur.

### 5. GENEL SONUÇ VE ÖNERİLER

Tartışma ve sonuç bölümünde her iki ağaç türü için ayrıntılı olarak açıklandığı üzere bu araştırmada genel sonuç olarak; lamine malzemenin belirlenen fiziksel ve mekanik özelliklerine bakarak laminasyon tekniği ile masifine göre daha üstün özelliklere sahip malzemeye ulaşılabileceği yargısına varılmıştır. Örneğin, deneme sonuçlarına göre; değişik kombinasyonlarda üretilmiş

Sarıçam lamine malzemedeki  $880.33 \text{ kg/cm}^2$  ile  $992.75 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişen ortalama eğilme direncinin, masif Sarıçamın  $648.7 \text{ kg/cm}^2$ 'lik ortalama eğilme direncinden büyük olduğu; E-modülü olarak belirlenen  $97414 \text{ kg/cm}^2$  ile  $132297 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişen ortalama değerlerin yine, masif Sarıçamın  $102000 \text{ kg/cm}^2$ 'lik ortalama E- modülünden büyük olduğu görülmektedir. Aynı durumun, Kızılcım lamine malzeme içinde geçerli olduğu,  $913.54 \text{ kg/cm}^2$  ile  $967.50 \text{ kg/cm}^2$  arasında belirlenen ortalama eğilme direncinin, masif Kızılcımın  $590.33 \text{ kg/cm}^2$ 'lik ortalama eğilme direncinden daha büyük olduğu, E- modülü olarak belirlenen  $95355 \text{ kg/cm}^2$  ile  $111490 \text{ kg/cm}^2$ 'lik ortalama değerlerin yine, masif Kızılcımın  $87320 \text{ kg/cm}^2$ 'lik ortalama E-modülünden büyük olduğu görülmüştür. Araştırmada incelenen diğer fiziksel ve mekanik özelliklere (çalışma miktarı, basınç direnci, makaslama direnci, sertlik vb.) ait bulgular ve sonuçlarda aynı şekilde lamine malzemenin özelliklerinin masifine göre eşit veya daha büyük olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, pencere yapımında kullanılacak lamine pencere profilinin üretim ve kontrol şartlarının belirlenmesinin esas alındığı bu çalışmada; üretimin ve kontrolünün bir plan çerçevesinde yürütülmesinin gerekli olduğu görülmüştür.

Denenen tutkallardan, Üre Formaldehit tutkalı (PÜ-8755)'nin PVAc tutkalına göre, daha düşük kopma yükü ve lif oranı gösterdiği belirlenmiştir. Her iki tutkalın kuru ortam şartlarındaki kullanım yerleri için uygun olduğu, ancak doğrudan yağmura ve suya maruz kalabilecek kullanım yerleri için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bu araştırmada saptanan sonuçlardan hareketle, hedeflenen amaçlar çerçevesinde şu öneriler getirilmiştir:

1- Laminasyon tekniği ile ahşap pencere üretiminde kullanılmak üzere ön profil verilmiş doğrama malzemesinin eldesi sağlanarak, bu malzemeler ile laminasyon tekniğinin avantajları da kombine edildiğinde ağaç malzemenin rasyonel kullanım olanağı sağlanmış olacaktır.

2- Denemelerde kullanılan profillerin sektörde faaliyet gösteren bir işletmede üretilmesi, bu yöntemin pratikte uygulanma imkanının hiç de zor olmadığını ortaya koymuştur.

3- Araştırmada, laminasyondaki etki faktörleri olarak; tutkal türü, lamel kalınlıkları ve yıllık halka düzenlemelerinin lamine malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde genellikle etkili olduğu, böylece bu faktörlerin lamine malzeme üretiminde göz önünde tutulmasının gereği ve önemi ortaya çıkmıştır.

4- Masif odun olarak kullanımı, bazı uygulamalar için kabul görmeyen ağaç türlerinin, laminasyon yöntemi ile istenilen amaca göre kullanımının yaygınlaştırılabileceği bu çalışmadaki Kızılcım örneğinde görülmüştür. Nitekim, Kızılcım çok dallı ve budaklı gövde yapısı özelliği ile doğramalık ağaç malzeme olarak kabul görmemektedir. Ancak, laminasyon yöntemi ile bu sakıncalarının bir dereceye kadar giderilerek doğramalık ağaç malzeme olarak kullanılabilmesi örneklerde ulaşılan mekanik özelliklerine bakarak ileri sürülmüştür.

5- Araştırmada, Almanya Pencere Tekniği Enstitüsü (İft)'nin lamine malzemenin pencere profili üretimi ve kontrolüne dair yönergesi esas alınmıştır. Ülkemiz şartları ve doğal ağaç türlerimizin teknolojik özellikleri göz önüne alınarak benzeri bir yönergenin hazırlanmasının gerekli olduğu söylenebilir.

6- Odunun kullanım yerlerini etkileyen faktörler yalnızca fiziksel ve mekanik özellikler olmayıp, makinalarda işleme özelliği, yüzey işlemlerine uygunluk, ekonomiklik vb. gibi hususlarda kullanım yerine göre önem kazanmaktadır. Örneğin; üst yüzey işlemlerinin lamine doğramadaki performansının ve pencere üretiminde bu yöntemin ekonomik yönünün, ayrıca araştırılması bu sonuçların ve önerilerin daha anlamlı hale gelmesini sağlayacaktır.

# PRODUCTION OF LAMINATED WINDOW PROFILES AND THE DETERMINATION OF SOME QUALITY PROPERTIES

Ar. Gör. Dr. Tuncer DİLİK

## Abstract

In this study, laminated window profiles were produced from *Pinus sylvestris* L. a species used extensively in window - framing industry in Turkey; and *Pinus brutia* T. that is not used extensively due to its wood structure. Glue types employed were Urea Formaldehyde and PVAc that are resistant to moisture. Furthermore, it was indicated that the production and quality control in the laminated wood manufacturing should be carried out by taking account of a control scheme.

Afterwards, the physical-mechanical properties of the laminated window profiles were investigated and the effects of glue type, layer thickness and annual ring structure on the lamination were explained.

At last, some proposals related to window - framing industry were given by taking account of the results obtained.

## SUMMARY

The purpose of this study is to determine the physical and mechanical properties of laminated window profiles produced from *Pinus sylvestris* L. and *Pinus brutia* T. wood, which is widely used in forest products industry and has large spreading area in our country, by using PVAc and Urea Formaldehyde glue. Besides, attempts are made to ascertain the effects of glue type, layer thickness and annual ring order on the physical and mechanical properties.

For this purpose from the optimum growing regions of Turkey for these species; Bolu region for *Pinus sylvestris* and İzmir region for *Pinus brutia*, 2 nd and 3 rd normal size logs are chosen. Urea Formaldehyde having D - class adhesive properties and PVAc glue are chosen, for the study.

The laminated window profiles prepared as the samples are produced at a firm (TEK AĞAÇ A.Ş.) which is still active in frame (window and door) production, according to the Institut für Fenstertechnik e.V (Ifst)'s laminating of window profiles for wood windows instructions.

These profiles are brought to the Wood Mechanics and Technology Laboratory of Forest

Industrial Engineering Department in I. U. Faculty of Forestry, to determine the physical and mechanical properties.

Here; Sorption tests (shrinkage and swelling), bending strength, modulus of elasticity, compression strength, shear strength, hardness tests, which are supposed to be important for windows are done. The results for sticking quality and strength by cleavage with wedge, breaking load, wood failure range, dry and wet conditions ( in 30 °C and 67 °C water) are obtained.

Statistical analyses are made on the obtained data which are about glue differences in lamination, layer thickness and position of annual rings to find out their effects on mechanical properties.

The statistical analyses made are F- test and T- test. As the result of the analyses the groups having the equal variance and arithmethical mean are supposed to be from the same main group.

The average values belonging to the physical and mechanical properties that are obtained by the research are shown in Table 3 for *Pinus sylvestris* and in Table 4 for *Pinus brutia*, according to the mentioned factors.

The determined properties of laminated wood are generally better than solid wood when compared with the literature. It is stated that the production of laminated wood and quality control should be planned.

In the application of adhesives, Urea Formaldehyde is found to be weaker than PVAc according to the breaking load and wood failure. However, both glues are suitable for dry conditions and are not usable under wet conditions.

The effective factors studied in lamination such as glue type, thickness of layer and position of annual rings are found to be important from the point of mutual effects.

Consequently, suggestions about lamination techniques conditions, application possibilities and importance for framing industry are emphasized according to the results which were obtained from the research.

**Table 3: The physical and mechanical properties of Laminated Wood Window-Frame Profiles made of *Pinus sylvestris* L.**

Glue Type	Layers' Thickness (mm)	Position of Annual Rings at the Cross Sections R: Radial T: Tangential	Bending Strength (kp/cm <sup>2</sup> )	Modulus of Elasticity (kp/cm <sup>2</sup> )	Compression Strength (kp/cm <sup>2</sup> )	Shear Strength *		Hardness (Janka) *		Sorptions Test				Cleavage with wedge						
						(kp/cm <sup>2</sup> )		(kp/cm <sup>2</sup> )		Shrinkage (%)		Swelling (%)		Dry Conditions		In water at 30 °C		In water at 67 °C		
						//	⊥	m	//	⊥	On thickness direction	On width direction	On thickness direction	On width direction	Breaking Load (kp)	Wood Failure (%)	Breaking Load (kp)	Wood Failure (%)	Breaking Load (kp)	Wood Failure (%)
PU-8755	24-24-24	R-T-R	902.35	1178.48	539.6	38.8	18.6	237.1	287.6	229.8	3.88	4.72	7.10	4.75	612.5	79.6	268.7	14.3	150.3	3.3
		T-R-T	908.75	1251.70	532.8	34.5	14.2	272.5	306.5	264.0	3.44	5.13	5.75	6.29	675.8	77.4	247.8	14.2	146.5	3.0
	20-32-20	R-T-R	965.84	1229.60	522.3	43.1	17.3	296.3	324.3	277.1	4.80	5.66	5.99	6.35	553.5	63.1	313.2	26.0	162.2	12.3
		T-R-T	991.80	1322.97	544.0	30.8	16.2	250.3	316.6	245.0	5.12	5.86	6.93	7.33	592.7	72.4	244.8	16.2	190.0	9.0
PVAc	24-24-24	R-T-R	880.33	97415	520.9	56.6	21.0	308.6	373.1	293.0	4.71	5.24	5.39	5.24	644.7	98.8	468.5	88.2	405.8	55.5
		T-R-T	927.28	128254	522.3	52.2	16.8	287.0	373.0	297.8	5.37	6.63	4.91	5.56	676.7	98.2	494.5	84.8	380.8	54.4
	20-32-20	R-T-R	918.83	131020	525.8	56.2	17.1	282.0	326.1	267.0	4.96	5.87	6.63	5.80	666.5	95.9	515.7	87.7	368.0	47.9
		T-R-T	992.75	130436	577.4	49.1	19.5	345.5	316.8	256.5	4.79	6.94	7.08	6.48	689.3	94.4	469.0	86.6	350.7	44.4

(\*) m At solid wood layer // Parallel to grain at glue line ⊥ Perpendicular to grain at glue line

**Table 4: The physical and mechanical properties of Laminated Wood Window-Frame Profiles made of *Pinus brutia* T.**

Glue Type	Layers' Thickness (mm)	Position of Annual Rings at the Cross Sections R: Radial T: Tangential	Bending Strength (kp/cm <sup>2</sup> )	Modulus of Elasticity (kp/cm <sup>2</sup> )	Compression Strength (kp/cm <sup>2</sup> )	Shear Strength *		Hardness (Janka) *		Sorptions Test				Cleavage with wedge						
						(kp/cm <sup>2</sup> )		(kp/cm <sup>2</sup> )		Shrinkage (%)		Swelling (%)		Dry Conditions		In water at 30 °C		In water at 67 °C		
						//	⊥	m	//	⊥	On thickness direction	On width direction	On thickness direction	On width direction	Breaking Load (kp)	Wood Failure (%)	Breaking Load (kp)	Wood Failure (%)	Breaking Load (kp)	Wood Failure (%)
PU-8755	24-24-24	R-T-R	963.75	99205	544.4	35.8	30.9	266.6	424.6	308.1	4.48	6.36	5.25	5.64	667.5	60.7	304.8	19.5	287.8	12.0
		T-R-T	966.56	110197	553.4	40.9	22.8	362.0	454.0	350.6	4.94	4.57	6.58	6.07	648.1	58.6	234.5	7.5	176.0	6.4
	20-32-20	R-T-R	955.89	111490	596.4	50.6	31.8	351.0	485.0	335.6	5.36	4.96	4.49	5.21	665.7	63.7	338.8	25.4	299.7	15.1
		T-R-T	932.75	100234	519.5	38.5	27.7	302.0	522.1	352.3	4.02	5.34	4.79	4.60	724.5	63.4	300.2	22.6	261.7	7.1
PVAc	24-24-24	R-T-R	967.50	107966	571.7	78.9	36.0	353.0	574.0	401.0	4.82	4.27	5.77	5.43	804.0	96.3	624.2	83.0	475.7	38.3
		T-R-T	913.54	98862	531.0	62.8	34.5	379.0	501.3	357.6	4.34	4.70	6.03	5.58	761.8	95.6	588.5	72.2	392.5	37.9
	20-32-20	R-T-R	938.80	95354	534.2	73.9	42.2	345.5	461.1	400.0	3.57	3.84	4.74	4.19	780.7	96.1	463.8	57.1	421.7	47.6
		T-R-T	935.04	109260	610.6	65.0	29.6	343.0	504.6	378.3	4.87	4.59	6.45	5.61	660.5	94.7	445.5	44.0	435.8	25.4

(\*) m At solid wood layer // Parallel to grain at glue line ⊥ Perpendicular to grain at glue line

**KAYNAKLAR**

- ASTM D 3110-88: Standart Specification for Adhesives Used in Nonstructural Glued Lumber Products.
- BEKTAŞ, İ. 1997: Kızılçam Odununun Teknolojik Özellikleri ve Yörelere göre Değişimi, Doktora Tezi , İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BERKEL, A. 1970: Ağaç Malzeme Teknolojisi, I.Cilt., İ.Ü. Yayın No: 1448, Orman Fakültesi Yayın No: 147, Kurtulmuş Matbaası, s.592, İstanbul.
- BOZKURT, A. KURTOĞLU, A. 1979: Yapıştırılmış Tabakalı Ağaç Yapı Elemanları, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, Cilt: 29, Sayı: 2, İstanbul
- BOZKURT, Y. GÖKER, Y. 1986: Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3401, O.F. Yayın No: 378, İstanbul.
- BOZKURT, Y. GÖKER, Y. 1987: Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları. İ.Ü. Yayın No: 3445, O.F. Yayın no: 388, İstanbul.
- BRÖKER, F.W. KLEINMANN, S. RICHTER, H.G. 1994: Eigenschaften Lamellierter Fensterkantein Verschiedener Kiefernarten, Bundesforschungsanstalt für Forst-und Holzwirtschaft e.v., 1994.
- DEMETÇİ, E.Y. 1991: Önemli Bazı Ağaç Türlerinin Polivinil Asetat ve Epoxy Tutkalları İle Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- DEPPE, H.J. 1983: Determination of the durability of laminated wood products by accelerated testing methods, Holz als Roh-und Werkstoff, 33: 411-414; (1975).
- DIN - 1052: Holzbauwerke, Berechnung und Ausführung.
- DIN -18355: VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Tischlerarbeiten.
- DIN - 68125: Fubleisten aus europäischen (aubernordischen) Hölzern.
- DIN - 68140: Keilzinkenverbindung von Holz.
- DIN - 68360: Holz für Tischlerarbeiten; Gütebedingungen.
- DIN -18355: VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen, Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Tischlerarbeiten.
- DIN - 68125: Fubleisten aus europäischen (aubernordischen) Hölzern.
- DIN - 68140: Keilzinkenverbindung von Holz.
- DIN - 68360: Holz für Tischlerarbeiten; Gütebedingungen
- DIN - EN 204: Beurteilung von Klebstoffen für nichttragende Bauteile zur Verbindung von Holz und Holzwerkstoffen.

- EGNER, K. JAGDFELD, P. 1966: Versuche über die Verwendung von Keilzinken-Verbindungen in Fensterrahmen, Bauforschung 1966 : 8
- ERŞEN, N. 1975: Tutkal Bileşimli Ahşap Taşıyıcı Sistemler ve Gelişme İmkanları, İDMMA, İnşaat Bölümü. (Doç. Çalışması), İstanbul.
- GRATZL, A. SOLAR, F. 1974: Über das mechanische Verhalten von Fensterflügeln mit steifenden Eckverbindungen, Holzforschung und Holzverwertung, 1974 26, s.1-10.
- GRONLUND, A. 1988: Glued laminated window blanks. Part 2- Final report, Rapport-Trateknik Centrum. 1988, No: I8712077, 25 pp.
- HEPP, B. SCHMID, J. WALLERSHEIM, L. 1986: Lamellierung von Holzfenster-querschnitten aus Seitenbrettern", Institut für Fenstertechnik e.v., Rosenheim, Fenster und Fassade 3/86; 56-60.
- Institut für Fenstertechnik e.v. (IfT) Richtlinie 1986: Lamellierte Profile für Holzfenster Anforderungen und Prüfung, Ausgabe, Mai 1986. 0288, Rosenheim.
- KURTOĞLU, A. 1978: Yapıştırılmış Tabakalı Taşıyıcı Kalın Ağaç Malzemede Rutubet Dağılımı, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Cilt: 28, Sayı: 1, İstanbul.
- KURTOĞLU, A. 1979: Yapıştırılmış Tabakalı Ağaç Malzemede Rutubet Değişimi Nedeniyle Gerilmelerin Oluşumu", İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi, Seri A, Cilt 29, Sayı: 2, İstanbul.
- KURTOĞLU, A. 1996: Kapı ve Pencere Endüstrisi, Yüksek Lisans Ders Notu (Basılmamıştır), İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- KURTOĞLU, A. DİLİK, T. 1995: Ahşap Pencere Doğraması Üretimine Bakış, Mobilya Dergisi, Mart-Nisan 1995, Sayı: 5, 6-11, İstanbul.
- KURTOĞLU, A. DİLİK, T. 1996: Ağaç Konstrüksiyonları Uygulama Ders Notları (Basılmamıştır), İ.Ü. Orman Fakültesi, İstanbul.
- KURTOĞLU, A. DİLİK, T. KAHVECİ, M. 1990: Ahşap Mobilya ve Yapı Elemanı Üretiminde Kullanılan Birleştirme Şekilleri, İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi. Seri:B, Cilt: 40, Sayı:3, İstanbul
- LAUFENBERG, T. 1982: Exposure Effect Upon Performance of Laminated Veneer Lumber and Glulam Materials, F. P. J. vol.32, no:5
- LEJEUNE, P. LECLERCQ, A. 1990: Technological study on the upgrading of small sized indigenous oaks by lamination., Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux. 1990, 25: 3, 313-328.
- MOODY, R.C. 1981: Compressive Strength of one-and two-ply Laminated Timbers, F.P.J., vol.37, no:2.
- ÖKTEM, E. KARACALIOĞLU, T. 1976: Bazı Ağaç Türlerimiz Odunlarının Yapışma Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Ormançılık Araştırma enstitüsü Yayınları. Teknik Bülten Serisi No: 81, Ankara.
- ÖRS, Y. 1987: Kama Dişli Birleşmeli Masif Ağaç Malzemede Mekanik Özellikler, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 11, Trabzon.



PrEN 386 1991: Glued Laminated Timber Production requirements.

PrEN 392 1991: Glued Laminated Timber Glue Line Shear Test.

RICHTER, H.G. SCHWAB, E. 1992: Holzarten für den Fensterbau, Glas und Rahmen Nr. 7, 1982, s.586-598.

SAYIL, B. 1995: Ahşap Doğrama Köşe Birleşimlerinin Rijitliğini Arttırma Yolları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi (Basılmamıştır), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

SCHMID, J. 1984: Laminated timber window frames in cross-section, Holz-zentralblatt 1984, 110: 8, 104-105,

SCHMID, J. 1992: Lamellierte Holzfensterprofile Sicherheit durch nach weisbare Qualität, Teil I., Internationaler Holzmarkt, Wien, 19/11/1992, No:23,1-3.

SCHMID, J. LAURICH, H. 1990: Lamellierte Holzfensterprofile Sicherheit durch nachweisbare Qualität, Institut für Fenstertechnik e.v., Rosenheim, Fenster und Fassade 1/90, 16-21.

SCHOBER, K.P. SPATT, M. 1993: Laboratory tests on the quality of finger-jointed and laminated Norway spruce window frames, Holzforschung-und-Holzverwertung. 1993, 45:5-85

ŞENAY, A. 1996: Ahşap Lamine Taşıyıcı Elemanların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi (Basılmamıştır), İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TANK, T. 1995: Tutkallar ve Tutkallama Tekniği, Yüksek Lisans Ders Notu (Basılmamıştır), İ.Ü.Orman Fakültesi, İstanbul.

TILLIAN, M. 1987: Lamellierte Holzfensterprofilevom Rundholz zum Fenster. Internationaler Holzmarkt, Wien, 1/2/1987, 1-4.

TOKER, R. 1960: Batı Karadeniz Sarıçamının Teknik Vastfları ve Kullanım Yerleri Hakkında Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No. 10, Ankara.

TS-53 1981, TS-93 1964, TS-642 1968, TS-1264 1988, TS-2471 1976, TS-2474 1976, TS-2478 1976, TS-2595 1977, TS-2860 1978, TS-3842 1983, TS-3891 1992, TS-4083 1983, TS-4084 1983, TS-5430 1988, TS-8492 1990: Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara.

TURKULIN, H. 1992: Durability of Laminated wooden window profiles: Moisture content distribution and dimensional stability, Holz-als-roh-und-werkstoff. 1992, 50: 9,347:352

TURKULIN, H. 1993: Durability of laminated wooden window profiles: investigations on delamination and glue-bond strength, Holz-als-Roh-und-werkstoff 1993, 51: 1, 67-71.