

# Polivinilasetat (PVAc) ve Poliüretan (PU) Tutkalları ile Yapıştırılmış Bazı Yerli Ağaçlarda Çekmede Makaslama Dirençleri

Cevdet SÖĞÜTLÜ, Nihat DÖNGEL  
Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü  
06500 Teknikokullar, ANKARA

## ÖZET

Bu çalışmada tek bileşenli polivinilasetat (PVAc-D3), % 5 sertleştirici ilavesiyle güçlendirilmiş çift bileşenli polivinilasetat (PVAc-D4) ve poliüretan tutkalları ile yapıştırılmış akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), armut (*Pirus communis* L.), kestane (*Castanea sativa* Mill.), sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) yerli ağaç odunlarından hazırlanan örneklerde çekmede makaslama direncinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çekmede makaslama direnci, BS EN 204 ve BS EN 205 esaslarına uyularak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, çekmede makaslama direncinin, yoğunluğu yüksek olan ağaç malzemelerde yüksek olduğu tespit edilmiştir. En yüksek çekmede makaslama direncini PVAc-D<sub>4</sub> tutkalı ile akasya (14,418 N/mm<sup>2</sup>), en düşük çekmede makaslama direncini ise PVAc-D<sub>3</sub> tutkalı ile Toros sediri (6,249 N/mm<sup>2</sup>) vermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ağaç malzeme, yoğunluk, tutkal, çekmede makaslama direnci

## Tensile Shear Strengths of Some Local Woods Bonded with Polyvinyl Acetate and Polyurethane Adhesives

### ABSTRACT

This study aims to determine the tensile shear strength of the local wood specimens from acacia (*Robinia pseudoacacia* L.), pear (*Pirus communis* L.), chestnut (*Castanea sativa* Mill.), oak (*Quercus petraea* Lieble) and cedar (*Cedrus libani* A. Rich) which were glued with one component PVAc-D<sub>3</sub>, with two components PVAc-D<sub>4</sub> with the modification of 5 % hardener and polyurethane adhesives.

Tensile shear strength of the adhesives was carried in accordance with the standards of BS EN 204–BS EN 205 respectively. According to the results, the tensile shear strength was found high on the high density wood material. The highest value of tensile shear strength were observed on acacia wood bonded with PVAc-D<sub>4</sub> (14,418 N/mm<sup>2</sup>) and the lowest value were determined on cedar wood bonded with PVAc-D<sub>3</sub> (6,249 N/mm<sup>2</sup>) adhesive respectively.

**Key Words:** Wood materials, adhesive, density, tensile shear strength

### 1. GİRİŞ

Tasarımcıların kullanımına sunulan bir çok malzeme mevcuttur; bunlardan biri de ağaç malzemedir (1). Ağaç malzemenin kendine özgü çok sayıda avantajlarının olması, onu, bazı uygulamalar için çekici hâle getirmektedir. Ancak, bazı uygulamalar için sınırlılıkları bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, ahşap elemanların birbirleriyle veya diğer yapı elemanlarıyla birleştirilmesindeki zorluklardır. Tutkal kullanımı, bu sorunu önemli ölçüde gidermiştir. Özellikle, sentetik reçinelerin geliştirilmesi ile birlikte mobilya üretiminde teknik ve yapısal değişimler olmuştur (2). Böylece mekanik birleştirmelerin (çivi, vida, kınışlı, kamalı vb.) yerini sentetik reçineli birleştirmeler almıştır.

Teknolojik gelişmeyle birlikte yapılan çok yönlü araştırmalar, oduna yeni kullanım yerleri sağlamakla

yeni endüstri dallarının doğmasına imkan vermiş ve kullanma alanı genişletilmiştir. Buna paralel olarak estetik ve teknik yönden olumsuzluk sayılan ağaç kusurları (budak, reçine keseleri vb.) atılarak kısa odun parçaları birleştirilmek suretiyle istenilen özelliklerde estetik malzemeler üretilebilmiş, böylece odun kullanımının rasyonel kılınması imkanlarına bir yenisi daha eklenmiştir. Bunun sonucunda da ara ve son ürünlerin üretilmesinde sentetik reçineli tutkalların önemi artmış, birçok kullanım yerinde çivi ve vida gibi mekanik bağlantı gereçleri yerini tutkallara bırakmıştır.

Günümüzde atelye tipi ve seri üretime uygun soğuk-sıcak, rutubetli ortamlara elverişli, farklı özelliklerde sentetik reçineler üretilmektedir. Mobilya endüstrisinde kalite ve malzeme kayıplarının önlenmesi bakımından tutkalların en uygun kullanım yerleri ve uygu-

lanma esasları konularında araştırmalar sürdürülmektedir.

Odon yoğunluğunun, diğer özellikleri ve kullanış imkânları hakkında fikir veren önemli bir faktör olduğu belirtilerek, ağır odunun hafif oduna göre direncinin daha yüksek olduğu belirtilmiş (3) ve yapılan bir araştırmanın sonucunda; Douglas göknarı odunu yoğunluk değerine orijin farklılığı etkisinin önemli, yetiştiği bölge farklılığının etkisinin ise önemsiz olduğu belirlenmiştir (4). Başka bir kaynakta; akasya, armut, kestane, sapsız meşe ve Toros sediri odunu yoğunluklarının hava kuru halde sırası ile  $0,76 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,74 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,63 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,69 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,52 \text{ g/cm}^3$ , tam kuru halde ise  $0,72 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,70 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,59 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,65 \text{ g/cm}^3$ ,  $0,49 \text{ g/cm}^3$  olduğu bildirilmiştir (5).

Kama dişli birleşmeli masif ağaç malzemelerden soğuk suda bekletilen PVAc tutkallı örneklerin direnci kabul edilebilir en az değerlerin altında, UF ve FF tutkallı örneklerin ise standartlarda belirtilen değerlere göre kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir (6). Tutkalların modifikasyonu ile ilgili bir çalışmada; farklı oranlarda modifiye edilmiş ST-10 tutkalı ile yapıştırılarak hazırlanan sarıçam, kestane, sedir, akasya ve meşe odunlarının, 7 gün süre ile standart atmosferde bekletilmesinden sonra en yüksek çekme makaslama dayanımı % 20 UF modifikasyonla yapıştırılmış meşede ( $7,42 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük ise % 20 UF modifikasyonla yapıştırılmış Toros sedirinde ( $3,25 \text{ N/mm}^2$ ) olduğu belirlenmiştir (7). Ayrıca, poliüretan esaslı Desmodur-VTKA tutkalının da kuru veya rutubetli iç ve dış mekanlarda kullanılabilceği belirtilmiştir (8). Benzer bir çalışmada ise sarıçam, Doğu kayını ve meşe odunlarının enine ve radyal kesitinde, Desmodur-VTKA tutkalı kullanarak kavela ile yaptıkları bağlantıda, en yüksek çekme direncini Doğu kayınının enine kesitte verdiği ( $4,403 \text{ N/mm}^2$ ) belirlenmiştir (9).

Klebit 303, Kleiberit 305.0 ve Süper Lackleim 308 tutkalları ile yapıştırılan Doğu kayını, sapsız meşe ve sarıçam odunlarında en yüksek çekme direncinin sırası ile Klebit 303 tutkalının kullanıldığı Doğu kayını ve sapsız meşede, en düşük ise Süper Lackleim 308 tutkalının kullanıldığı sapsız meşe ve Klebit 303 tutkalının kullanıldığı sarıçamda elde edildiği bildirilmiştir (10). Buna benzer bir çalışmada; sarıçam, kestane, sedir, akasya ve sapsız meşe odunlarında farklı oranlarda (% 10, % 20, % 30) UF tutkalı ile modifiye edilmiş polivinilasetat dispersiyonu (VB20) tutkalının 7 gün süre ile standart atmosferde bekletildikten sonra en yüksek yapışma direncini, % 10 modifikasyonlu tutkalın kullanıldığı akasyanın ( $7,514 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük ise % 30 modifikasyonlu tutkalın kullanıldığı Toros sedirinin verdiği ( $2,946 \text{ N/mm}^2$ ) belirlenmiştir (11). Farklı elemanların birleştirilmesinde uygulanan presleme işleminin de önemli olduğu tespit edilen çalışmanın sonucunda; İki yönde basınç uygulayarak (eksen yönünde+yüzeyden) oluşturulan birleştirmelerin tek yönde (eksen yönünde) basınç uygulayarak oluşturulan birleştirmelere göre yüksek çekme direnci verdiği bildirilmiştir

(12). Kavelalı birleştirmelerde, meşe ve kestane odunlarının poliüretan, PVAc ve Kleiberit-305 tutkalları ile yapıştırılması durumunda en yüksek çekme direncinin, meşe odununda radyal yönde ve poliüretan tutkal ile elde edildiği belirlenmiştir (13). Başka bir çalışmada ise, Toros sediri, sarıçam, Doğu kayını ve sapsız meşe odunlarından % 3, % 5, % 7 oranlarında sertleştirici (*Dorus R.397*) ilavesiyle güçlendirilmiş polivinilasetat tutkalı ile yapıştırılarak hazırlanan örneklerden, % 5 sertleştirici ilaveli tutkalla yapıştırılarak hazırlananların yapışma direnci en yüksek Doğu kayınında ( $11,201 \text{ N/mm}^2$ ) belirlenmiş, bunu sırasıyla sapsız meşe ( $10,403 \text{ N/mm}^2$ ), sarıçam ( $8,473 \text{ N/mm}^2$ ) ve Toros sedirinin ( $7,754 \text{ N/mm}^2$ ) izlediğini bildirilmiştir (14). Ayrıca, termoplastik sertleşen PVAc ile Klebit 303 tutkalları ve bu tutkalların termoset sertleşen üre formaldehit (UF) tutkalı ile % 50 oranında modifiye edilmiş çeşitleri olan PVAc + UF ve K303 + UF tutkalları ile yapıştırılan sarıçam ve Doğu kayını odunlarının çekme deneyi sonucunda, modifikasyonsuz tutkallı örneklerde ortam sıcaklığı arttıkça yapışma performansının azaldığı, bu azalmanın modifikasyonlu tutkallı örneklerde daha düşük oranda olduğu belirlenmiştir (15).

Ağaç malzemedan yapılan mobilya ve yapı elemanlarının ek yerlerinin birleştirilmesinde en etkili yöntemin yapıştırma olduğu, ek yerlerindeki açılmaların çoğunluğunun tutkallama işlemlerinde meydana gelen teknolojik hatalardan kaynaklandığı ve tutkalın, sürüldüğü yüzeyde heterojen dağılmasının kohezyonu olumsuz yönde etkilediği ileri sürülmektedir (16). Mobilya endüstrisinde, tutkallar çok değişen ve hızlı gelişen gereçlerden olup, son teknolojinin kullanımı önem kazanmıştır. Bu nedenle, mevcut sentetik esaslı ahşap tutkallarının kullanım yeri özelliklerine göre seçiminin yapılması ve tutkalın uygulanma şartlarının doğru seçilmesi, birleştirmelerin dayanımına etki etmektedir. Dolayısı ile mobilya ve dekorasyon uygulamalarında kullanılan tutkalların direnç özelliklerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, tek bileşenli polivinilasetat, çift bileşenli polivinilasetat ve poliüretan tutkal ile yapıştırılan bazı türlere ait ağaç malzemelerin çekmede makaslama direncinin belirlenmesi ve çekmede makaslama direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkinin bir eşitlik ile tanımlanması amaçlanmıştır.

## 2. MALZEME VE YÖNTEM

### 2.1. Ağaç Malzeme

Ülkemizde doğal olarak yetişen akasya (*Robinia pseudoacacia* L.), armut (*Pirus communis* L.), kestane (*Castanea sativa* Mill.), sapsız meşe (*Quercus petraea* Lieble) ve Toros sediri (*Cedrus libani* A. Rich) deney malzemesi olarak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan ağaç malzemeler, Ankara Mobilyacılar Sitesinden rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Ağaç malzemenin budaksız, ardaksız, büyüme kusurları bulunmayan, düzgün lifli ve diri odun kısmı olmasına dikkat edilmiştir.

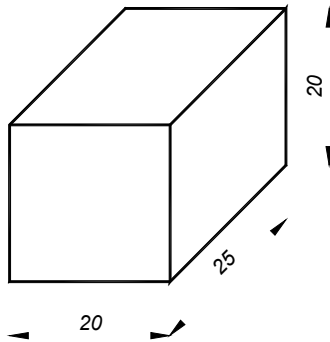
## 2.2. Tutkal

Bu çalışmada, tek bileşenli polivinilasetat (PVAC-D<sub>3</sub>), % 5 sertleştirici (Turbo hardener 303.5) ilavesiyle güçlendirilmiş çift bileşenli polivinilasetat (PVAC-D<sub>4</sub>) ve poliüretan (PU-D4) tutkal kullanılmıştır. Polivinilasetat (PVAC-D<sub>3</sub>), Klebit 303 isimli tutkaldır. BS EN 204 (17) standardına göre tek bileşenli olarak D3 hizmet sınıfı için kullanıma hazır halde pazarlanmaktadır. Polivinilasetat (PVAC-D<sub>4</sub>), Klebit 303 tutkal çözeltisine % 5 oranında sertleştirici katılımı ile rutubete dayanıklılığı daha da artırılarak, BS EN 204'e göre D<sub>4</sub> yapışma kalitesine sahip hâle getirilmiş halidir (14). Poliüretan (PU-D4), Kliberit 501 isimli tutkaldır. BS EN 204 standardına göre tek bileşenli olarak D<sub>4</sub> hizmet sınıfı için kullanıma hazır halde pazarlanmaktadır.

## 2.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Ağaç malzemelerden hazırlanan taslaklar, iyi havalandırılabilen ve direkt güneş ışığı almayan ortamda  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 5$  bağıl nem şartlarında 6 ay süre ile istifte bekletilmiştir. Ön kontrolde ortalama rutubet miktarı, rasgele seçilen 20 örnekte %  $12 \pm 0,5$  olarak belirlenmiştir.

Yoğunluk tayininde kullanılan örnekler TS 2470 (19) esaslarına uyularak lifler yönünde 25 mm, enine kesitte ise 20 x 20 mm boyutlarında hazırlanmıştır (Şekil 1).



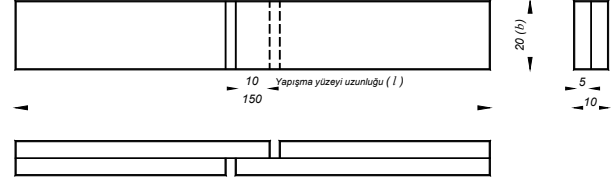
Şekil 1. Yoğunluk deney örneği (ölçüler mm)

Hava kurusu yoğunluk değerleri için her ağaç türünden 20 adet olmak üzere toplam 100 (5 x 20) adet örnek hazırlanmıştır.

Çekmede makaslama direnci deneyleri için 10 x 20 x 150 mm boyutlarında, her ağaç türü ve tutkal çeşidi için 20'şer adet olmak üzere toplam 300 (5 x 3 x 20) adet deney örneği hazırlanmıştır.

Deney örneklerinin hazırlanmasında ağaç malzemeler, yıllık halkaları yapışma yüzeyine dik gelecek şekilde, yüksek devirli daire testere makinesinde boy ve genişlik toleransı verilerek  $5 \pm 0,1$  mm kalınlıkta biçilmiştir. Parçaların tutkallanmasında; tutkal çözeltisi üretici firma önerilerine uyularak, yüzeylerden bir tanesine  $160-180$  g/m<sup>2</sup> olacak şekilde

fırça ile sürülmüştür. Yapıştırma işlemi, pres basıncı  $0,9$  N/mm<sup>2</sup>, presleme süresi 60 dakika, pres sıcaklığı  $20$  °C olarak hidrolik preste gerçekleştirilmiştir. Örnekler, sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi %  $65 \pm 5$  olan iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletildikten sonra standartlarda belirtilen ölçülerde kesilerek deneylere hazır hâle getirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çekme makaslama deney örneği (ölçüler mm)

## 2.4. Yöntem

### 2.4.1. Rutubet

Rutubet tayini, TS 2471 esaslarına uyularak yapılmıştır (18). Bu maksatla örneklerin ağırlıkları ( $M_r$ ),  $\pm 0,01$  g duyarlılıkla ölçüm yapabilen analitik terazide tartıldıktan sonra etüvde  $103 \pm 2$  °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuşlardır. Bu durumda, kurutma dolabından alınan örnekler, içerisinde fosfor pentoksit (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) bulunan desikatörde soğutulduktan sonra tam kuru haldeki ağırlıkları ( $M_o$ ) tartılmıştır. Bunlara göre rutubet ( $R$ );

$$R = \frac{M_r - M_o}{M_o} \quad M_r : \text{Rutubetli ağırlık} \\ M_o : \text{Tam kuru ağırlık}$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

### 2.4.2. Yoğunluk

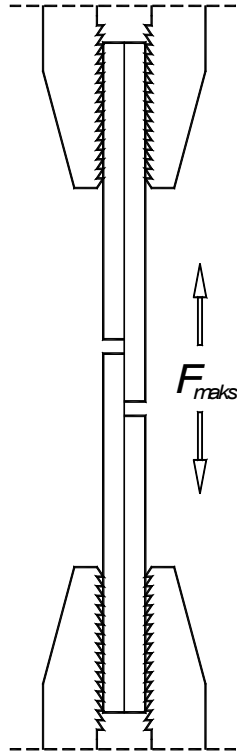
Hava kurusu yoğunluk, TS 2472'de belirtilen esaslara uyularak belirlenmiştir (20). Bu maksatla deney örnekleri  $20 \pm 2$  °C sıcaklık ve %  $65 \pm 5$  bağıl nemdeki iklimlendirme dolabında değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Bu durumda, ağırlıkları  $\pm 0,01$  g duyarlılıkla analitik terazide tartılarak ( $M_{12}$ ), boyutları  $\pm 0,01$  mm duyarlılıkla mikrometrik dijital kumpasla belirlendikten sonra hacimleri ( $V_{12}$ ) hesaplanmıştır. Bu değerlere göre hava kurusu yoğunluk ( $\delta_{12}$ );

$$\delta_{12} = \frac{M_{12}}{V_{12}} \quad M_{12} : \text{Hava kurusu ağırlık} \\ V_{12} : \text{Hava kurusu hacim}$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

### 2.4.3. Çekmede makaslama direnci

Çekmede makaslama deneyinde BS EN 205 (21) esaslarına uyulmuştur. Deney örneği, universal test cihazının germe tertibatına yerleştirilerek, ters yönde  $1,6$  mm/dk yükleme hızında ststik çekme kuvveti uygulanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Çekme deney düzeneği

Dengeli ve kademeli uygulanan çekme kuvvetiyle, örnek, tutkal hattından koparılmaya çalışılmış ve kopma anındaki maksimum kuvvet ( $F_{maks}$ ) (N) tespit edilerek makaslama direnci ( $\sigma_y$ );

$$\sigma_y = \frac{F_{maks}}{l \cdot b} = \frac{F_{maks}}{A} \text{ N / mm}^2$$

$A$  : Test yüzey alanı ( $\text{mm}^2$ )  
 $b$  : Yapışma yüzeyi genişliği (mm)  
 $l$  : Yapışma yüzeyi uzunluğu (mm)

eşitliğinden hesaplanmıştır.

#### 2.4.4. Verilerin değerlendirilmesi

Sonuçların değerlendirilmesinde çekme direnci değerleri veri olarak kullanılmıştır. Varyans analizi (ANOVA) ile faktör etkileri tespit edilmiştir. Gruplar arası fark önemli çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki farklar karşılaştırılmıştır. Böylece,

denemeye alınan faktörlerin birbirlerine göre başarı sıralamaları, *en küçük önemli fark (LSD)* kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılmak suretiyle belirlenmiştir. Yoğunluk ile çekmede makaslama direnci arasındaki ilişki, regresyon analizi yapılarak tanımlanmış ve bu ilişki için elde edilen matematiksel formül verilmiştir. Veriler, MSTAT-C paket programında 0,95 güven düzeyinde değerlendirilmiştir.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Yoğunluk

Ağaç malzemelerin hava kuru yoğunluklarına ait ortalama değerler Çizelge 1'de verilmiştir.

AĞAÇ TÜRÜ									
AKASYA		ARMUT		KESTANE		MEŞE		T. SEDİRİ	
$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s
0,76	0,03	0,71	0,01	0,49	0,01	0,62	0,03	0,48	0,01

Çizelge 1. Yoğunluk değerleri ( $\text{g/cm}^3$ )

Hava kuru yoğunluk değeri en yüksek akasyada elde edilmiş bunu sırasıyla armut, meşe, kestane ve Toros sediri izlemiştir.

#### 3.2. Çekmede Makaslama Direnci

Çekmede makaslama direnci değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çekmede makaslama direncine ağaç türü ve tutkal çeşidi etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çekmede makaslama direnci değerlerine ağaç türü, tutkal çeşidi ve bu faktörlerin karşılıklı etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur. Ağaç türü düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir.

Çekmede makaslama direnci ağaç türüne göre en yüksek akasyada elde edilmiş bunu sırasıyla meşe, armut, kestane ve Toros sediri izlemiştir.

Çizelge 2. Çekmede makaslama direnci değerleri ( $\text{N/mm}^2$ )

TUTKAL ÇEŞİDİ	AĞAÇ TÜRÜ									
	AKASYA		ARMUT		KESTANE		MEŞE		T. SEDİRİ	
	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s	$\bar{X}$	s
PVAc-D <sub>3</sub>	14,42	2,36	7,88	1,06	6,29	1,31	10,63	1,79	6,25	1,07
PVAc-D <sub>4</sub>	14,76	2,34	9,72	1,41	8,76	1,71	12,45	2,24	6,67	1,21
PU-D <sub>4</sub>	11,25	1,80	8,55	1,35	8,70	1,40	10,36	1,80	6,29	1,11

$\bar{X}$  : Aritmetik ortalama      s : Standart sapma

Çizelge 3. Çekmede makaslama direncine ağaç türü ve tutkal çeşidinin etkisine ilişkin Varyans analizi sonuçları

VARYANS KAYNAĞI	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	P ≤ 0,05
Ağaç Türü (A)	4	1875,226	468,807	128,3281	0,0000*
Tutkal Çeşidi (B)	2	133,017	66,508	18,2056	0,0000*
Etkileşim (AB)	8	184,622	23,078	6,3172	0,0000*
Hata	285	1041,158	3,563		
Toplam	299	3234,024			

\*: Fark, 0,05' e göre anlamlı

Çizelge 4. Ağaç türü düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

AĞAÇ TÜRÜ									
AKASYA		ARMUT		KESTANE		MEŞE		T. SEDİRİ	
$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
13,478	A*	8,718	C	7,917	D	11,148	B	6,402	E**
LSD ± 0,6868									

 $\bar{X}$  : Aritmetik ort. HG : Homojenlik Grubu \* : En yüksek çekmede makaslama direnci \*\* : En düşük çekmede makaslama direnci

Tutkal çeşidi düzeyinde yapılan Duncan testi karşılaştırma sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Tutkal çeşidi düzeyinde Duncan testi karşılaştırma sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

TUTKAL ÇEŞİDİ					
PVAc-D <sub>3</sub>		PVAc-D <sub>4</sub>		PU-D <sub>4</sub>	
$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
9,093	B	10,474	A*	9,031	B**
LSD ± 0,5320					

Çekmede makaslama direnci en yüksek PVAc-D<sub>4</sub> tutkallında elde edilmiş bunu sırasıyla PVAc-D<sub>3</sub> ve PU-D<sub>4</sub> izlemiştir. PVAc-D<sub>3</sub> ile PU-D<sub>4</sub> arasındaki farklar önemsiz çıkmıştır.

Ağaç türü-tutkal çeşidi etkileşimi düzeyinde yapılan Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Ağaç türü-tutkal çeşidi düzeyinde Duncan testi ikili karşılaştırma sonuçları (N/mm<sup>2</sup>)

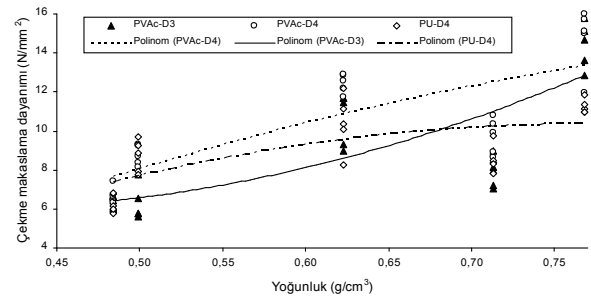
TUTKAL ÇEŞİDİ	AĞAÇ TÜRÜ									
	AKASYA		ARMUT		KESTANE		MEŞE		T. SEDİRİ	
	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG	$\bar{X}$	HG
PVAc-D <sub>3</sub>	14,418	A	7,878	F	6,294	G	10,627	CD	6,249	G**
PVAc-D <sub>4</sub>	14,762	A*	9,723	DE	8,759	EF	12,455	B	6,658	G
PU-D <sub>4</sub>	11,254	C	8,552	EF	8,698	EF	10,362	CD	6,288	G
LSD ± 1,190										

Çekmede makaslama direnci; en yüksek PVAc-D<sub>4</sub> tutkallı akasyada, en düşük PVAc-D<sub>3</sub> tutkallı Toros sedirinde bulunmuştur. Akasyada PVAc-D<sub>3</sub> ile PVAc-D<sub>4</sub>, armutda PU-D<sub>4</sub> ile kestanede PVAc-D<sub>4</sub> ve PU-D<sub>4</sub>, kestanede PVAc-D<sub>3</sub> ve PU-D<sub>4</sub>, Toros sedirinde PVAc-D<sub>3</sub>, PVAc-D<sub>4</sub> ve PU-D<sub>4</sub> kullanımları arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Toros sedirinde tutkal çeşidi bu bakımdan etkili bulunmamıştır.

### 3.2.1. Yoğunluk-Makaslama direnci ilişkileri

Yoğunluk ile çekmede makaslama direnci arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla en küçük

kareler metoduna göre regresyon analizleri yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yoğunluk-Makaslama direnci ilişkisi

Regresyon analizine göre; çekmede makaslama direnci ile yoğunluk arasındaki ilişkinin tanımlanmasında  $y=ax^2+bx+c$  eşitliği elde edilmiştir. Bu eşitliklere ait regresyon katsayıları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Yoğunluk-makaslama direnci ilişkisine ait regresyon katsayıları ( $y=ax^2+bx+c$ )

TUTKAL ÇEŞİDİ	a	b	c	R <sup>2</sup>
PVAc-D <sub>3</sub>	47,573	-36,861	13,11	0,6106
PVAc-D <sub>4</sub>	-21,572	47,082	-10,099	0,6073
PU-D <sub>4</sub>	-36,182	55,847	11,187	0,4609

y : Çekmede makaslama direnci x : Yoğunluk

Regresyon analizleri sonucunda; yoğunluk arttıkça tutkalın çekmede makaslama direncinin de arttığı tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Polivinilasetat ve poliüretan tutkalları ile yapıştırılmış bazı yerli ağaçlarda ağaç türü ve tutkal çeşidinin çekmede makaslama direncine etkilerinin belirlendiği bu çalışmanın sonucunda ağaç türü bakımından çekmede makaslama direnci; en yüksek akasyada ( $13,478 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiş, bunu sırasıyla meşe ( $11,148 \text{ N/mm}^2$ ), armut ( $8,718 \text{ N/mm}^2$ ), kestane ( $7,917 \text{ N/mm}^2$ ) ve Toros sediri ( $6,402 \text{ N/mm}^2$ ) izlemiştir. Tutkal çeşidi bakımından çekmede makaslama direnci; en yüksek PVAc-D<sub>4</sub> de ( $10,474 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiş ve bunu sırasıyla PVAc-D<sub>3</sub> ( $9,093 \text{ N/mm}^2$ ) ve PU-D<sub>4</sub> ( $9,031 \text{ N/mm}^2$ ) izlemiştir. PVAc-D<sub>3</sub> ile PU-D<sub>4</sub> arasındaki fark önemsiz çıkmıştır. Ağaç türü-tutkal çeşidi bakımından çekmede makaslama direnci; en yüksek akasyada PVAc-D<sub>4</sub> ile ( $14,762 \text{ N/mm}^2$ ), en düşük ise Toros sedirinde PVAc-D<sub>3</sub> ile ( $6,249 \text{ N/mm}^2$ ) elde edilmiştir. Akasyada PVAc-D<sub>3</sub> ile PVAc-D<sub>4</sub> kullanımı, armutda PU-D<sub>4</sub> ile kestane PVAc-D<sub>3</sub> ve PVAc-D<sub>4</sub> kullanımı, kestane PVAc-D<sub>3</sub> ile Toros sedirinde PVAc-D<sub>3</sub>, PVAc-D<sub>4</sub> ve PU-D<sub>4</sub> kullanımları arasındaki fark önemsiz çıkmıştır.

Yoğunluk ile makaslama direnci arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan regresyon analizleri sonucunda; yoğunluk artışının tutkalın çekmede makaslama direncini arttırdığı tespit edilmiştir. Literatürde, benzer koşullarda gerçekleştirilen deneylerde makaslama direnci; PVAc (ST-10) ile meşede  $7,42 \text{ N/mm}^2$ , Toros sedirinde  $3,25 \text{ N/mm}^2$  (8), VB-20 ile akasya odununda  $7,514 \text{ N/mm}^2$ , Toros sedirinde  $2,946 \text{ N/mm}^2$  (11), % 5 sertleştirici ilaveli PVAc (PU-D<sub>4</sub>) ile sapsız meşede  $10,403 \text{ N/mm}^2$ , Toros sedirinde ise  $7,754 \text{ N/mm}^2$  olarak verilmiştir (14). Ayrıca, yoğunluğunun, diğer özellikleri ve kullanım imkânları hakkında fikir verdiği, ağır odunun hafif oduna göre direncinin yüksek olduğu bildirilmiştir (3). Bunlara göre deney sonuçları literatür ile tutarlıdır. Ayrıca, belirlenen çekmede makaslama direnci değerleri, BS EN 204 esaslarına göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde yer almaktadır.

Sonuç olarak, PVAc-D<sub>3</sub> tutkalına % 5 sertleştirici ilave edilmesi halinde çekmede makaslama direnci artmaktadır. Dolayısı ile, ağaç malzemenin taşıyıcı sistem olarak kullanıldığı durumlarda, yüksek yoğunluk değerine sahip türlerin tercih edilmesi ve birleştirmelerde, daha yüksek çekmede makaslama direnci sağlamış olması dikkate alınarak; tek bileşenli polivinilasetat tutkalına % 5 sertleştirici ilavesi edilmesi önerilebilir.

#### 5. KAYNAKLAR

1. Söğütü, C., "Bazı Yerli Ağaç Türlerinin Kündekâri Yapımında Kullanım İmkânları", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2-3, (2004).
2. Fatery, K. F., Williamson, T. G., "Adhesives", Wood Engineering and Construction, Fatery, K. F., Williamson, McCRAW-HILL, INC., New York, 1-39 (1997).
3. Örs, Y., Keskin, H., "Ağaç Malzeme Bilgisi", T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı (KOSGEB), Ankara, 61-65 (2001).

4. Ay, N., Örs, Y., "Douglas Gökarnı Odunu Yoğunluğuna, Orijin ve Bölge Farklılığının Etkisi", Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23 (Ek Sayı 2): 383-387 (1999).
5. Berkel, A., "Ağaç Malzeme Teknolojisi", İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, İstanbul, 593-596 (1970).
6. Örs, Y., "Kama Dışlı Birleşmeli Masif Ağaç Malzemedeki Mekanik Özellikler", Karadeniz Üniversitesi Orman Fakültesi, Üniversite Yayın No 112, Fakülte Yayın No 11, Trabzon, 93-98 (1987).
7. Altınok, M., Söğütü, C., Döngel, N., "Üre formaldehit (UF) ile Modifiye Edilmiş ST-10 Tutkalının Yapışma Direncinin Belirlenmesi", Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi, 2 (3-4): 193-201 (1999).
8. Özçiftçi, A., Özen, R., Altınok, M., "Determination of Strength Joint of Polimarın Adhesive for Wooden Materials in Boiling, Cold and Hot Water Conditions", 11<sup>th</sup> World Forestry Congress, 57 Antalya, TÜRKİYE (13-22 October, 1997).
9. Örs, Y., Atar, M., Özçiftçi, A., "Farklı Ağaç Türleri ile Yonga ve Lif Levhalarda PVAc veya Desmodur-VTKA Tutkalı Kullanarak Uygulanan Kavelalarda Çekme Mukavemeti", Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23 (Ek Sayı 1): 151-156 (1999).
10. Örs, Y., Özçiftçi, A., Atar, M., "Klebit 303, Kleberit 305.0 ve Süper-Lackleim 308 Tutkallarının Yapışma Direnci", Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23 (Ek Sayı 3): 757-761 (1999).
11. Altınok, M., Döngel, N., Söğütü, C., "Modifiye Edilmiş Polivinilasetat Dispersiyonu (VB-20) Tutkalının Yapışma Direncinin Belirlenmesi", G.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13 (13): 447-456 (2000).
12. Altınok, M., Döngel, N., Söğütü, C., "Zıvanalı (T) Birleştirmelerde Ağaç Türü, Tutkal Çeşidi ve Presleme Yönünün Çekme Direncine Etkileri", Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24 (6): 767-771 (2000).
13. Efe, H., Demirci, S., "Çerçeve Konstrüksiyonlu Mobilya Kavelalı Birleştirmelerde Ağaç türü, Tutkal Çeşidi ve Kesit Şeklinin Çekme Direncine Etkileri", G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi, 3(4): 45-51(2000).
14. Keskin, H., "Lamine Masif Ağaç Malzemelerin Teknolojik Özellikleri ve Ağaçları Endüstrisinde Kullanım İmkânları", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 49- 58 (2001).
15. Altınok, M., Kılıç, A., "Modifiye Edilmiş Polivinilasetat (PVAc) ve Klebit 303 (K303) Tutkallarının Farklı Sıcaklık Ortamında Yapışma Performanslarının Belirlenmesi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10 (1): 73-80 (2004).
16. Smardzewski, J., "Technological Heterogeneity of Adhesive Bonds in Wood Joints", Wood Science and Technology, 36 (3), 213-227 (2002).
17. BS EN 204, "Non-Structural Adhesives for Joining of Wood and Derived Timber Products", British Standards, England (1991).
18. TS 2471, "Odun Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini", TSE Standardı, Ankara (1976).

19. TS 2470, “Ondu FİZİKSEL ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metodları ve Genel Özellikleri”, TSE Standardı, Ankara (1976).
20. TS 2472, “Ondu FİZİKSEL ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini”, TSE Standardı, Ankara (1972).
21. BS EN 205, “Test Methods for Wood Adhesives for Non-Structural Applications–Determination of Tensile Shear Strength of Lap Joints”, British Standards, England (1991).