

Çeşitli Masif Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi

Hasan EFE*, Kubulay ÇAĞATAY

G.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Bölümü

Geliş/Received : 16.02.2011, Kabul/Accepted : 25.05.2011

ÖZET

Bu çalışma, çeşitli ağaç malzemelerin mobilya mühendislik tasarımında ihtiyaç duyulan bazı fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacı ile yapılmıştır. Bu maksatla, masif ağaç malzemelerden Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky), sarıçam (*Pinus sylvestris* Lipsky), meşe (*Quercus borealis* Lipsky), kestane (*Castanea sativa*), ceviz (*Juglans regia*), odunları kullanılmıştır. Ağaç malzemelerin bu kapsamda; rutubet oranları, yoğunlukları, çekme, basınç, kesme dirençleri ile eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri tespit edilmiştir. Ayrıca, literatürde kayıtlı emniyet katsayıları kullanılarak masif ağaç malzemeler için kabul edilebilir tasarım (emniyet) gerilmeleri değerleri hesaplanmış ve mobilya tasarımcıları için sistematik veri tabanı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Masif ağaç malzeme, fiziksel özellikler, mekanik özellikler, kabul edilebilir tasarım (emniyet) gerilmeleri.

Determination of Some Physical and Mechanical Properties of Various Wood Materials

ABSTRACT

In this study, some technical properties needed in engineering design of furniture of some solid wood were determined. Oriental beech (*Fagus Orientalis Lipsky*), Scotch pine (*Pinus Sylvestris Lipsky*), Oak (*Quercus Borealis Lipsky*), Chestnut (*castanea sativa*) and Walnuts (*Juglans Regia*) were used as solid wood materials. In this scope, the physical properties that included moisture content and density, and mechanical properties that included tension, compression, shear, bending strengths, and modulus of elasticity values of the wood materials were determined. Furthermore, allowable design (safety) stress values were calculated for solid wood by utilizing safety factors used the currently literature and prepared a systematically data base for furniture designers.

Key Words: Wood material, physical properties, mechanical properties, allowable design(safety) stresses.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Toplumun sosyo-ekonomik yapısındaki gelişmelere paralel olarak, geleneksel eşya kültüründen modern eşya kültürüne doğru bir yönelme gözlenmektedir. Çağımız insanının yaşama egemen olan hareketlilik ve konfor kavramları, eşya kültürüne de yansımaktadır. Söz konusu yansıma çeşitli boyutlarıyla toplumumuzda da görülmektedir. Ayrıca teknoloji ürünü bir kısım araç ve gereçler de modern araç kullanımına yönelmede etkili rol oynamaktadır (1).

Mobilya yüzyıllardan beri çeşitli formlarda üretilmesine karşın, nadir olarak yapısal özellikleri dik-kate alınarak tasarlanmıştır (2). Mobilyada mühendislik tasarımı kullanıcılar için güvenilir hizmet verecek mobilyaların tasarlanabilmesi açısından önemlidir. Bir mobilya sisteminin veya mobilya birleştirmelerinin mühendislik kurallarına uygun bir biçimde yapısal olarak tasarlanabilmesi ve analiz edilebilmesi için, öncelikle yapılmış oldukları malzemelerin bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gereklidir (3).

Mobilya mühendislik tasarımında ilk adım, üretimde kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesidir. Daha sonra da, mobilya sistemini oluşturan birleştirmeler ve elemanlarda, dış zorlayıcı kuvvetlerin etkisiyle oluşacak iç gerilmeler, elemanların yapılmış olduğu malzemeler için belirlenen kabul edilebilir tasarım gerilmeleri ile karşılaştırılmak suretiyle elemanların ve/veya birleştirmelerin emniyetli olup olmadığı tespit edilir (4).

Çalışmanın amacı; mobilya mühendislik tasarımının ilk basamağı için gerekli olan, masif ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında sayısal değerler elde etmek suretiyle veri tabanı oluşturmaktır. Bu çalışmada literatürdeki bazı çalışmalarda kullanılmış olan emniyet katsayılarından yararlanılarak, masif ağaç malzemeler için kabul edilebilir tasarım gerilmeleri tespit edilmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEM (MATERIALS AND METHOD)

2.1. Ağaç Malzemeler (Wood Materials)

Deneylede mobilya endüstrisindeki yaygın kullanımları göz önüne alınarak Doğu kayını, sarıçam, meşe, ceviz ve kestane odunları seçilmiştir. Keresteler

* Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta: hasanefe@gazi.edu.tr

Digital Object Identifier (DOI) : 10.2339/2011.14.1, 55-61

Ankara Siteler piyasasından rastgele seçim (Randomly Selected) yöntemi ile temin edilmiştir. Kerestelerin seçiminde; 1. sınıf kuru, sağlam, doğal renkli, lifleri birbirine paralel olması ve lif kıvrıklığının olmaması, ağaç kusurlarını içermemesi, böcek ve mantar zararlarına uğramaması gibi etmenler göz önünde bulundurulmuştur.

2.2. Yöntem (Method)

Fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılacak örnekler, TS 2470' de (5) belirtilen esaslara uyularak hazırlanmış ve % 8 nem düzeyine gelmeleri için 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 45 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme dolabında ağırlıkları değişmeyinceye kadar bekletilmişlerdir. Deneyler, 5 tonluk üniversal deney cihazında, statik yük altında yükleme hızı 2 mm/dak olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Fiziksel özellikler (Physical properties)

Ağaç malzemelerin fiziksel özellikleri; odunsu ilişkileri, ağırlık-hacim ilişkileri, termik, elektriksel ve akustik özelliklerini kapsar (6). Malzemelerin yoğunlukları ve rutubet oranları gibi fiziksel özellikleri, mobilya mukavemet tasarımında birinci derece önemlidir (7). Bu nedenle bu çalışmada, malzemelerin rutubet oranları ve yoğunlukları tespit edilmiştir.

2.2.1.1. Yoğunluk ve rutubet oranı (Density and moisture content)

Her malzemeden 10' ar adet olmak üzere, 20x20x25 mm ölçülerinde toplam 50 adet örnek hazırlanmış, daha sonra bu örnekler $\pm 0,01$ g duyarlıklı terazi ile tartılmışlardır. Deney örneklerinin yoğunluklarının belirlenmesi amacıyla TS 2472' de (8) belirtilen esaslara uyulmuştur. Böylece örneklerin rutubetli (hava kuru) ağırlıkları (m_r) tespit edilmiştir. Daha sonra bu örneklerin boyutları $\pm 0,01$ mm duyarlıklı dijital kumpas ile ölçülerek hacimleri (V_r) hesaplanmıştır. Bu aşamadan sonra örnekler 103 ± 2 °C' de 24 saat bekletilmişler, 6 saat aralıklarla yapılan iki tartı arasındaki fark, deney parçası ağırlığının % 0,5'ine eşit veya daha az olduğunda değişmez ağırlığa ulaştıkları kabul edilerek tam kuru ağırlıklar (m_o) belirlenmiştir. Tekrar dijital kumpas kullanılarak boyutlar ölçülmek suretiyle tam kuru hacimleri (V_o) hesaplanmıştır (7). Tam kuru (δ_o) ve % 8' lik nem düzeyindeki (δ_8) yoğunlukların belirlenmesi için sırasıyla;

$$\Delta_o = m_o / V \text{ ve } \delta_8 = m_8 / V_8 \text{ (g/cm}^3\text{)} \quad (2.1)$$

Rutubet (r) kontrolü TS 2471' de (9) belirtilen esaslara uyularak;

$$r = (m_r - m_o / m_o) \times 100 \text{ (\%)} \quad (2.2)$$

eşitlikleri kullanılmıştır.

2.2.2. Mekanik özellikler (Mechanical Properties)

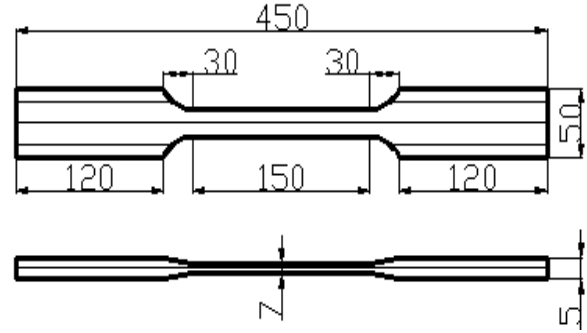
Bu çalışmada, her deney için 10' ar adet örnek malzemelerin statik yük altındaki; liflere veya yüzeye paralel basınç, çekme, kesme (makaslama) dirençleri, liflere dik yönde eğilme dirençleri ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri tespit edilmiştir.

2.2.2.1. Liflere paralel çekme direnci (Longitudinal tension)

Liflere paralel yöndeki çekme dirençleri TS 2475 (10) standardı esaslarına göre belirlenmiştir. Çekme deneyi örnekleri Şekil 1' de gösterilmiştir. Deneylerde kopma anındaki kuvvet ($F_{max\check{c}}$) ve kopmanın meydana geldiği kesit alanı ($A_{\check{c}}$) için çekme direnci ($\sigma_{\check{c}}$);

$$\sigma_{\check{c}} = F_{max\check{c}} / A_{\check{c}} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.3)$$

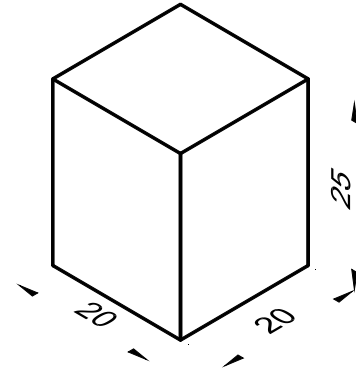
eşitliğinden hesaplanmıştır.



Şekil 2. Masif ağaç malzeme için çekme deneyi örneği (ölçüler mm'dir) (7).

2.2.2.2. Liflere paralel basınç Direnci (Longitudinal compression)

Basınç dirençlerinin belirlenmesinde, TS 2595 (11) standardı esaslarına uyulmuştur. Liflere veya yüzeye paralel basınç direnci deneylerinde 20x20 kare kesitli ve lifler yönünde 25 mm uzunluğundaki numuneler kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Masif ağaç malzeme için basma deneyi örneği (ölçüler mm'dir).

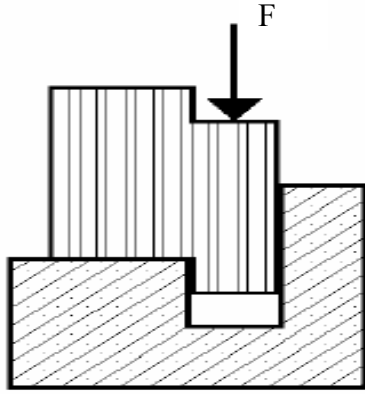
Deneylerde ezilme anındaki kuvvet (F_{maxb}) ve örnek enine kesit alanı (A_b) için basınç direnci (σ_b);

$$\sigma_b = F_{maxb} / A_b \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.4)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır (7).

2.2.2.3. Liflere paralel kesme (makaslama) direnci (Shear strength)

Liflere veya yüzeye paralel kesme dirençlerinin belirlenmesinde; masif ağaç malzemeler için TS 3459 (12) standardı esaslarına uyulmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Kesme direnci deneyi örneği (7).

Deneylerden önce örnekte kesme yüzeyi genişliği (b_m) ve uzunluğu (h_m) bir dijital kumpas yardımıyla ölçülmüş ve kopma anındaki en büyük kuvvet (F_{maxm}) olmak üzere makaslama direnci (T_m);

$$T_m = F_{maxm} / b_m \times h_m \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.5)$$

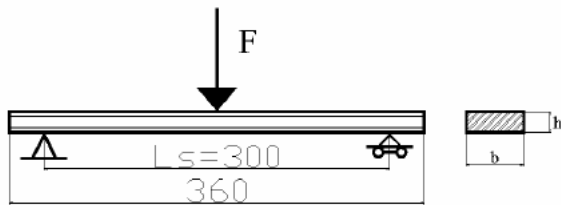
eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

2.2.2.4. Liflere dik eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü (Tangential bending to grain and modulus of elasticity)

Eğilme direncinde TS 2474'de (13) belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney örnekleri, ağaç malzemeler için 360x20x20 mm, ölçülerinde olmak üzere 10'ar adet hazırlanmıştır. Deneylerde yük numunelerin tam ortasından uygulanmıştır. Kırılma anındaki maksimum kuvvet (F_{maxe}) için eğilme direnci (σ_e);

$$\sigma_e = (3/2) \times (F \times L_s / b \times h^2) \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.6)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada kesit genişliği (b), kesit yüksekliği ise (h)'dır. Eğilme direnci deney düzeneği Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Eğilme direnci deneyi düzeneği (ölçüler mm'dir) (7).

Eğilme deneylerinde, eğilmede elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır. Bu amaçla, masif ağaç malzemelerde TS 2478 (14), esaslarına uyulmuştur. Elastikiyet modülü (E), yükler değiştirme eğrisinin doğrusal kısmından yararlanılarak hesaplanmıştır. Yük-yer değiştirme eğrisinin doğrusal kısmına isabet eden her bir yük için belirli bir yer değiştirme değeri söz konusu olduğundan, (F_1) ve (F_2) kuvvetleri farkına (F) karşılık oluşan yer değiştirme miktarı (f) olmak üzere, elastikiyet modülü (E); $E = F \times L_s^3 / 4 \times b \times h^3 \times f$ (N/mm²) (2.7)

eşitliğinden hesaplanmıştır (7).

2.2.3. Kabul edilebilir tasarım (emniyet) gerilmeleri (Allowable design (safety) stresses)

Mobilya mühendislik tasarımında, mobilya sistemini oluşturan elemanların uçlarında, dış kuvvetlerin etkisiyle oluşacak iç gerilmeler, elemanın yapıldığı malzemeler için belirlenmiş olan kabul edilebilir tasarım gerilmeleri (Allowable design stresses) ile karşılaştırılmak suretiyle elemanların güvenli olup olmadığı belirlenir. Böylece, eleman kesit ölçüleri gereğinden büyük ya da küçük elde edilmemiş olmaktadır ki, bu sonuç uygulamada estetik, teknik ve ekonomik açılarından üstünlükler sağlamaktadır (3).

Her malzeme için gerekli olan tasarım gerilmesi değerleri genellikle laboratuvar deneylerine ve uygulamadaki deneyimlere dayandırılmaktadır. Ağaç ve ağaç esaslı malzemelerden alınan küçük boyutlu ve kusursuz numunelerde standart yöntemlere göre yapılan deneylerle elde edilen ortalama direnç değerleri pratikte büyük boyutlu, budak, çatlak vb. kusurları olan yapı malzemesinde kullanılmamaktadır. Ağaç malzemenin homojen bir yapıya sahip olmayışı, özellikle budaklar, çatlaklar, spiral liflilik vb. kusurlar, rutubeti, sıcaklık, yükleme şekli, süresi ve daha birçok faktör direnç değerlerini azaltıcı etki yapmaktadır. Bu etmenler hakkında çoğunlukla kesin sayısal bilgiler var olmadığı göz önünde bulundurulursa, uygulamada ağaç malzemenin etki altında kalması olası yükler küçük boyutlu numunelerde elde olunan dirençlerdekine ancak küçük bir kesridir. Bu nedenle, uygulamada büyük boyutlu kullanılan ağaç malzemeler için bir emniyet katsayısının (k) kullanılması gerekmektedir (15).

Kabul edilebilir tasarım gerilmeleri, genellikle elastiklik sınırındaki gerilme değerinden daha düşüktür. Emniyet katsayısı, tasarım gerilmesi (σ_{em}) ve statik direnç (σ)'e göre;

$$k = \sigma_{em} / \sigma \quad (2.8)$$

oranından hesaplanır (15).

Yapı malzemelerinde pratik olarak; kusursuz, küçük boyutlu numunelerde elde edilen ortalama direnç değerine göre 3-6 kat emniyet sağlayan yüksek emniyet katsayıları kullanılmaktadır (15).

Kabul edilebilir tasarım gerilmelerinin belirlenmesinde dikkate alınması gereken en önemli etken, hiç şüphesiz insanların can güvenliğidir. İnşa edilen bir yapının, örneğin bir köprünün yeterli derecede güvenli yapılmaması, insanların can güvenliği açısından olumsuz sonuçlar doğurabilir. Hâlbuki bir sandalyenin sağlam yapılmamasının insan güvenliğini doğrudan tehdit etme riski daha azdır. Ancak, bazı durumlarda kazalara da neden olabilir. Bu bağlamda, bir köprü veya yapıda kullanılacak ağaç malzeme için belirlenecek kabul edilebilir tasarım gerilmesi değerlerinin, mobilya yapımında kullanılacak bir ağaç malzeme için belirlenecek kabul edilebilir tasarım gerilmesi değerlerinden daha küçük alınması beklenir (16).

Mobilyada kullanılacak masif ağaç malzemeler için kabul edilebilir tasarım gerilmeleri henüz elde edilmemiştir. Ancak, Eckelman mobilya yapımında kullanılacak ağaç malzemelerin çeşitli dirençleri için kısıtlama faktörleri önermiştir (Tablo 1).

Bu çalışmada; masif ağaç malzemeler için elde edilen maksimum direnç değerlerinin, Eckelman tarafından önerilen emniyet katsayılarına bölünmesiyle elde edilen değerler “kabul edilebilir tasarım gerilmesi” olarak alınmıştır (7).

Tablo 1. Deney malzemelerinin kabul edilebilir tasarım gerilmelerinin tayininde kullanılan kısıtlama oranları emniyet katsayıları (16)

Gerilme Türü Emniyet Katsayısı	Gerilme Türü Emniyet Katsayısı
Eğilme Emniyet Gerilmesi 1 / 3 Eğilme Direnci	1 / 3 Eğilme Direnci
Makaslama Emniyet Gerilmesi (Liflere paralel //)	1 / 3 Makaslama Direnci (//)
Torsion (Burulma) Emniyet Gerilmesi	4 / 9 Makaslama Direnci (//)
Çekme Emniyet Gerilmesi (Liflere paralel //)	1 / 3 Eğilme Direnci
Basınç Emniyet Gerilmesi (Liflere paralel //)	2 / 3 Basınç Direnci (//)
Basınç Emniyet Gerilmesi (Liflere dik \perp)	1 / 1 Basınç Direnci (\perp)

3. BULGULAR (FINDINGS)

3.1. Fiziksel Özellikler (Physical properties)

3.1.1. Yoğunluk ve rutubet (Density and moisture)

Malzemelerin, ortalama rutubet, tam kuru yoğunluk ve hava kuru yoğunluk değerleri ve bunlara ilişkin varyasyon katsayıları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Masif ve kompozit ağaç malzemelerinin bazı fiziksel özellikleri

Malzeme çeşidi	Ortalama rutubet (%)	Tam kuru yoğunluk (g/cm^3)	Hava kuru yoğunluk(g/cm^3)
Ceviz	8,31 (5,72)*	0,61 (7,14)	0,62(6,99)
Meşe	8,61 (5,43)	0,74 (9,12)	0,76(8,87)
Kayın	8,49 (4,75)	0,69 (8,41)	0,71(8,12)
Kestane	8,41 (6,11)	0,46 (8,84)	0,48(9,06)
Sarıçam	8,64 (6,78)	0,46 (8,19)	0,47(8,10)

*Parantez içerisindeki değerler varyasyon katsayılarıdır (%).

3.2. Mekanik Özellikler (Mechanical Properties)

3.2.1. Çekme direnci(Tensile strength)

Malzeme çeşitlerinin, liflere veya yüzeye paralel çekme direnci için istatistiki değerler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Deney malzemelerinin çekme direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Çekme Direnci (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
Ceviz	65,21	81,74	72,82	8,17
Meşe	65,98	97,14	82,21	16,07
Kayın	98,34	120,82	108,86	6,24
Kestane	44,54	63,94	55,78	12,24
Sarıçam	59,54	85,24	68,58	12,99

X_{min} , X_{max} , X_{ort} : Sırasıyla en düşük, en yüksek ve ortalama değer v : Varyasyon katsayısı

Malzeme çeşitlerinin, liflere veya yüzeye paralel çekme direnci değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Malzeme çeşidinin çekme direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F Değeri	Önem Düzeyi p < 0.05
Gruplar Arası	15.790,01	4,00	3.947,50	51,66	0,000
Gruplar İçi	3.438,49	45,00	76,41		
Toplam	19.228,50	49,00			

Buna göre; malzeme çeşitlerinin liflere veya yüzeye paralel çekme direnci değerlerine etkisi 0,001 yanılma olasılığı için istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

3.2.2. Basınç direnci (Compressive strength)

Ağaç malzemeler için liflere veya yüzeye paralel basınç direnci değerleri ve istatistikleri Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Deney malzemelerinin basınç direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Basınç Direnci (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
Ceviz	39,64	71,14	55,69	21,57
Meşe	48,83	73,43	58,20	11,88
Kayın	58,40	66,46	61,74	5,22
Kestane	48,96	61,80	56,96	8,03
Sarıçam	39,20	50,82	43,96	8,06

X_{min} , X_{max} , X_{ort} : Sırasıyla en düşük, en yüksek ve ortalama değer v : Varyasyon katsayısı

Malzeme çeşitlerinin, liflere veya yüzeye paralel basınç direnci değerleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Malzeme çeşidinin basınç direncine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F Değeri	Önem Düzeyi $p < 0.05$
Gruplar Arası	1813,69	4	453,42	9,60	0,000
Gruplar İçi	2123,84	45	47,19		
Toplam	3937,53	49			

Ağaç malzemelerin liflere veya yüzeye paralel basınç direnci değerleri üzerindeki etkisi 0,001 hata payı ile önemli çıkmıştır.

3.2.3. Makaslama direnci (Shear strength)

Ağaç malzemeler için liflere veya yüzeye paralel kesme direnci değerleri ve bunlara ait istatistiksel değerler Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Deney malzemelerinin kesme direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Kesme Direnci (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
Ceviz	16,18	19,16	18,08	5,06
Meşe	16,32	21,92	19,41	8,07
Kayın	14,57	16,03	15,23	3,26
Kestane	8,95	10,77	10,16	5,10
Sarıçam	9,55	13,22	10,74	11,12

X_{min}, X_{max}, X_{ort} : Sırasıyla en düşük, en yüksek ve ortalama değer v : Varyasyon katsayısı

Ağaç malzemelerin, liflere veya yüzeye paralel kesme direnci değerleri üzerindeki etkisini saptamak amacıyla yapılan tekli varyans analizi sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Ağaç malzemelerin kesme direncine etkisine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F Değeri	Önem Düzeyi $p < 0.05$
Gruplar Arası	702,62	4,00	175,66	167,83	0,000
Gruplar İçi	47,10	45,00	1,05		
Toplam	749,72	49,00			

Ağaç malzemelerin liflere veya yüzeye paralel makaslama direnci değerleri üzerindeki etkisi 0,001 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

3.2.4. Eğilme direnci (Bending strenght)

Ağaç malzemelerin liflere veya yüzeye dik eğilme direnci değerleri, varyasyon katsayılarıyla birlikte Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Deney malzemelerinin eğilme direnci değerleri

Malzeme Çeşidi	Eğilme Direnci (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
Ceviz	109,00	157,00	121,00	11,90
Meşe	96,00	142,00	118,50	13,13
Kayın	107,00	148,00	122,90	11,71
Kestane	65,00	76,00	70,10	6,14
Sarıçam	75,00	104,00	91,20	9,44

X_{min}, X_{max}, X_{ort} : Sırasıyla en düşük, en yüksek ve ortalama değer v : Varyasyon katsayısı

Malzeme çeşitlerinin, liflere veya yüzeye dik eğilme direnci değerleri üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla yapılan tek düzeyli varyans analizi sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Ağaç malzemelerin eğilme direnci değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F Değeri	Önem Düzeyi $p < 0.05$
Gruplar Arası	21.667,72	4,00	5.416,93	36,16	0,000
Gruplar İçi	6.741,90	45,00	149,82		
Toplam	28.409,62	49,00			

Ağaç malzeme çeşitlerinin liflere veya yüzeye dik eğilme direnci değerleri üzerindeki etkisi 0,001 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır.

3.2.5. Elastikiyet modülü (Modulus of elasticity)

Ağaç malzemelerin liflere veya yüzeye dik eğilmede elastikiyet modülü değerleri Tablo 11’de istatistikleri ile birlikte verilmiştir.

Tablo 11. Ağaç malzemelerin eğilmede elastikiyet modülü değerleri

Malzeme Çeşidi	Elastisite Modülü (N/mm ²)			
	X _{min}	X _{max}	X _{ort}	v (%)
Ceviz	9125,00	11928,00	10259,70	8,64
Meşe	9661,00	13668,00	12161,30	11,41
Kayın	11059,00	15084,00	12462,60	12,23
Kestane	5714,00	7706,00	6768,60	9,12
Sarıçam	8291,00	11960,00	10475,30	12,02

X_{min}, X_{max}, X_{ort} : Sırasıyla en düşük, en yüksek ve ortalama değer v : Varyasyon katsayısı

Malzeme çeşitlerinin, elastikiyet modülü değerleri üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Ağaç malzemelerin elastikiyet modülüne etkisine ait varyans analizi

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ort.	F Değeri	Önem Düzeyi $p < 0.05$
Gruplar Arası	205.656.653,40	4,00	51.414.163,35	36,73	0,000
Gruplar İçi	62.996.559,10	45,00	1.399.923,54		
Toplam	268.653.212,50	49,00			

Ağaç malzemelerin elastikiyet modülü değerleri üzerindeki etkisi 0,001 hata payı ile anlamlı bulunmuştur.

3.3. Kabul Edilebilir Tasarım Gerilmeleri (Allowable design stresses)

Ağaç malzemeler için deneyler sonucu bulunan gerilme değerlerine göre, Eckelman (16) tarafından mobilya için önerilen emniyet katsayıları kullanılarak hesaplanan kabul edilebilir tasarım gerilmeleri Tablo 13'de verilmiştir.

Tablo 13. Deney malzemeleri için belirlenen kabul edilmiş tasarım gerilmeleri (N/mm²)

Malzeme Çeşidi	Eğilme Tasarım Gerilmesi	Makaslama Tasarım Gerilmesi	Burulma Tasarım Gerilmesi	Çekme Tasarım Gerilmesi	Basınç Tasarım Gerilmesi
Ceviz	40,33	6,03	8,04	24,27	37,13
Meşe	39,50	6,47	8,63	27,40	38,80
Kayın	40,97	5,08	6,77	36,29	41,16
Kestane	23,37	3,39	4,52	18,59	37,97
Sarıçam	30,40	3,58	4,77	22,86	29,31

4. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTION)

Bu çalışmada; mobilya üretiminde kullanılan bazı ağaç malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında sayısal değerler elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle mobilya sistemini oluşturan elemanların kesit ölçülerinin belirlenmesinde gerekli olan, ağaç malzemelerin mekanik dirençleri için kabul edilebilir tasarım gerilmeleri literatürdeki bazı çalışmalarda kullanılmış olan emniyet katsayılarından yararlanılarak tespit edilmiştir (7). Deney sonuçları, mühendislik tasarımı yaklaşımıyla, farklı özellikleri olan bu malzemelerin mobilya üretiminde, özellikleri göz önüne alınarak kullanımı yönünde rehberlik edebilecektir.

İnsanların özel taleplerinin ve ihtiyaçlarının karşılanması, bazı sektörlerin zorunlu ağaç malzeme kullanımı sonucu doğal malzemelerin azalması, bazı olumsuzlukları doğurmaktadır. Günümüz mobilya sektöründe sınırlı olan kaynaklar ile sınırsız olan insan ihtiyaçlarının karşılanması için belirli bir planlamanın yapılmasını gerektirmektedir. Mobilya sektöründe mühendislik tasarımı yaklaşımı ile ürün tasarımı ve üretimin planlanması, bu planlama esnasında estetik görünüşün yanında yeterli sağlamlığın elde edilmesi için elde edilen verilerin değerlendirilmesi olumlu yönde katkılar sağlayacaktır. Mobilyanın fonksiyonları ve taşıyacağı yükler düşünüldüğünde, kullanılacak olan malzemelerin özelliklerinin bilinmesi mobilyanın değerini ve ekonomik ömrünün olumlu yönde etkileyecektir.

Fiziksel ve mekanik deneylerin, mobilya mühendislik tasarımının önemli ve ilk basamağı olduğu gerçeğinden hareketle, bu deneylerin ürünlerdeki beklenmeyen mukavemet zaaflarının önceden gözlenmesine yaradığı ve böylece gerçek kullanım ve hasar görme şartları hakkında fikir verebileceği anlaşılmaktadır. Bu çalışmanın sonucunda, performans deneylerini de kapsayan genel ürün mühendisliği metodolojisinin ilk basamağı olan, fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi, mobilya mukavemet tasarımı yaklaşımına uyarlanmıştır. Araştırmadan elde edilen sayısal veriler ile ileriki çalışmalarda, ağaç malzemelerin çeşitli birleştirme teknikleriyle ve değişik mukavemet elemanlarında denenmesi, daha sonra da üretilen 1/1 ölçekli prototipler üzerinde performans deneylerinin yapılması önerilebilir. Mobilya mühendislik tasarımının hayata geçirilmesiyle daha kaliteli ve daha ekonomik mobilyalar üretilebilecektir (7).

5. TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) kapsamında desteklenmiştir (07/2008–13). Gazi Üniversitesi'ne sağladığı tüm olanaklardan dolayı çok teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Efe, H., "Modern Mobilya Çerçeve Konstrüksiyon Tasarımında Geleneksel ve Alternatif Bağlantı Tekniklerinin Mekanik Davranış Özellikleri", Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 3-8 (1994).
- Eckelman, C., A., "A Look at. The Strength Design of Furniture", *Forest Product Journal*, (16) 3: 21–24, 1966.
- Kasal, A., Masif ve Kompozit Ağaç malzemelerden Üretilmiş Çerçeve Konstrüksiyonlu Koltukların Performansı, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, Ankara, 2004
- Eckelman, C., A., *Strenght Design of Furniture*, Page:87, Tim Tech.Inc.303 North, 350 West Road West Lafayette, Indiana, USA.
- TS 2470 "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Numune Alma Metotları ve Genel Özellikler", *T.S.E.*, Ankara, 1976.
- Örs, Y., Keskin, H., Ağaç Malzeme Bilgisi, *Atlas Yayın Dağıtım Ltd. Şti.*, Yayın No 02, Ankara, 2001.
- Efe, H., Kasal, A., "Çeşitli Masif ve Kompozit Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi", *G. Ü. T. E. F., Politeknik Dergisi*, 10 (3) : 303-311 (2007)
- TS 2472 "Odunda Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Birim Hacim Ağırlığı Tayini", *T.S.E.*, Ankara, 1976.
- TS 2471, "Odunda, Fiziksel ve Mekanik Deneyler İçin Rutubet Miktarı Tayini", *T.S.E.*, Ankara, 1-3, 1976.
- TS 2475 "Odunda Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini", *T.S.E.*, Ankara, 1976.
- TS 2595 "Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini", *T.S.E.*, Ankara, 1977.
- TS 3459 "Odunda Liflere Paralel Yönde Makaslama Direncinin Tayini", *T.S.E.*, Ankara, 1980.

13. TS 2474, “Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini”, *T.S.E.*, Ankara, 1976.
14. TS 2478, “Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini”, *T.S.E.*, Ankara, 1976.
15. Bozkurt, Y., Göker, Y., “Fiziksel ve Mekanik Ağaç Teknolojisi”, *Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul,
16. Eckelman, C., A., Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture, *Text Book*, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 1991.