

1-1-1999

## Modelling of Cross - Section and Frame Optimization For Chair Design

YALÇIN ÖRS

MUSTAFA ALTINOK

Follow this and additional works at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture>



Part of the [Agriculture Commons](#), and the [Forest Sciences Commons](#)

---

### Recommended Citation

ÖRS, YALÇIN and ALTINOK, MUSTAFA (1999) "Modelling of Cross - Section and Frame Optimization For Chair Design," *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. Vol. 23: No. 8, Article 28. Available at: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol23/iss8/28>

This Article is brought to you for free and open access by TÜBİTAK Academic Journals. It has been accepted for inclusion in Turkish Journal of Agriculture and Forestry by an authorized editor of TÜBİTAK Academic Journals. For more information, please contact [academic.publications@tubitak.gov.tr](mailto:academic.publications@tubitak.gov.tr).

## Sandalye Tasarımında Kesit ve Çerçeve Optimizasyonu Modellemesi

Yalçın ÖRS, Mustafa ALTINOK

Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü, Ankara-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 19.9.1997

**Özet:** Bu araştırmada, masif ahşap sandalyenin konstrüksiyonunda uygulanan köşe birleştirmelerine etki eden diyagonal statik yükler analiz edilerek, eşit moment dağılımı esasına göre, uygun sandalye çerçevesi ve gerekli minimum eleman kesitleri belirlenmiştir. Bu maksatla, kritik oturma pozisyonundaki sandalye çerçeve alt ara kaydının yeri için optimizasyon yapılmış, kritik oturma pozisyonunda diyagonal kuvvet uygulanmasına göre konstrüksiyon performansı deneylerle belirlenmiştir.

Örnek sandalyelerin hazırlanmasında I. sınıf kayın (*Fagus Orientalis L.*) ve sarıçam (*Pinus Silvestris L.*), montaj işlemlerinde polivinilasetat (PVA) tutkallı kullanılmıştır.

Sandalye stabilitesi bakımından en kritik bölgelerin zıvanalı köşe birleştirmeler ve zıvanaların tutkallı bağlantı noktaları olabileceği, uygun sandalye çerçevesi ve gerekli minimum eleman kesitleri bakımından 1. elemanda deney kuvveti ile, 2 ve 5 nolu düğüm noktaları arasındaki ilişki aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$N = F \times \cos \alpha$$

$$T = F \times \sin \alpha$$

$$M2 = T \times L \times k$$

$$M5 = M2 \times k^2$$

### Modelling of Cross - Section and Frame Optimization For Chair Design

**Abstract:** In this study, the effect of diagonal static loads on wooden joints in the production of solid wooden chairs was examined. According to the principle of equal moment distribution, the optimum chair frame and minimum required cross-section components were determined by considering the stresses on joints. Therefore, the location of the bottom frame component was optimized on the most critical sitting position of the chair. According to the diagonal load applied, the performance of the joint construction was determined by testing on the position.

In the preparation of samples for testing, first class beech and scotch pine were selected, while polyvinyl acetate (PVA) adhesive was preferred for assembly.

At the end of the experiments, it was observed that the most critical parts of the joints in terms of the stability of chair were the mortise and tenon joint, and adhesive bonding of the mortise and tenon joint. In order to determine the optimum chair frame and minimum required cross-section of the joint, the relationship between points 2 and 5 with the test load on component 1 was determined as follows.

$$N = F \times \cos \alpha$$

$$T = F \times \sin \alpha$$

$$M2 = T \times L \times k$$

$$M5 = M2 \times k^2$$

### Giriş

Elemanların birleştirmelerinde uygulanan metot ve kullanılan ağaç malzeme sandalye kalitesi ve performansını belirleyen önemli faktörler olup, elemanların biçim ve boyutları sağlamlığı yanında rekabet gücünü de etkiler.

Bu çalışmada, Türkiye'de sandalye üretiminde uygulanan köşe birleştirmelerine etki eden statik

yüklemeler analiz edilerek, birleştirme yerlerinde meydana gelecek gerilmelere göre en uygun kesitler belirlenmek istenmiştir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan kayın (*Fagus Orientalis L.*) ve sarıçam (*Pinus Silvestris L.*) ağaç malzemesinden uygulama boyutlarında 15'er adet dörtlenmiş ve 5'er adet ikilenmiş olmak üzere 40 adet sandalyede diyagonal yükleme deneyleri yapılmıştır.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Deneylerde kullanılacak sandalyelerin üretilmesinde lif kıvrıklığı ihtiva etmeyen 1. sınıf kayın ve sarıçam ağaç malzeme, sandalye köşe birleştirmelerinin yapıştirilmasında ise, montaj işlerinde tercih edilen, ambalaj viskozitesinde polivinilasetat (PVA) tutkalı kullanılmıştır.

### Deney Örneklerinin Hazırlanması:

Sandalye ayak-kayıt taslak elemanları TS 7254'de verilen ölçülere uygun olarak ve yıllık halkaların parça yüzeylerine dik gelmesine özen gösterilerek yeterli toleransla biçildikten sonra sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi  $40 \pm 5$  olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşincaya kadar bekletilmişlerdir. Yaklaşık olarak 40 gün sonra % 8 denge rutubetine ulaşan taslaklar, planya makinesinde bir yüz ve bir yanları birbirlerine dikey konumda işlendikten sonra kalınlık makinesinde kalınlıkları (b) 22 mm, daire testere makinesinde genişlikleri (h) kayında 46 mm, çamda 51 mm olacak şekilde biçilmişlerdir (1).

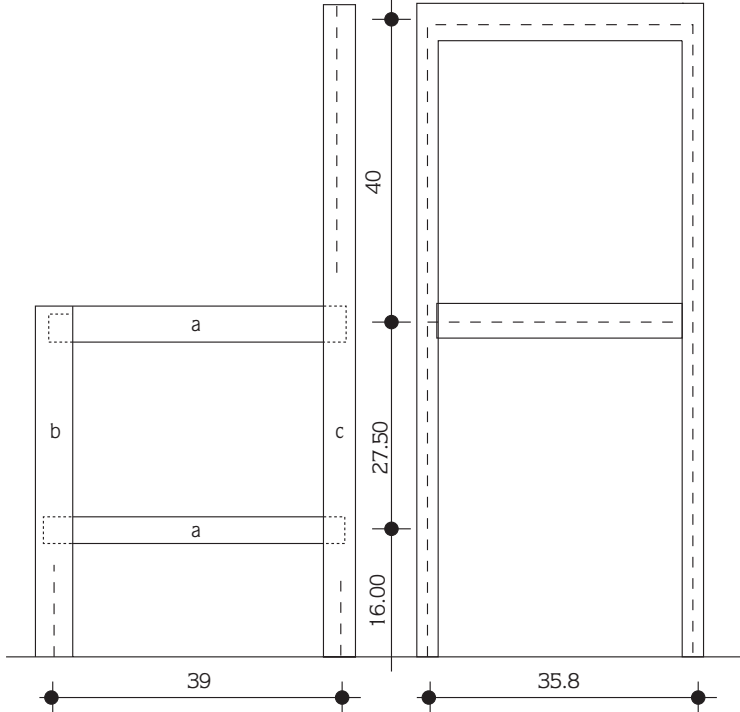
Ara-kayıt elemanlarının ayaklara giren zıvana boyları ilave edilerek elde edilen parçalar; ön ayak = 460 mm,

arka ayak = 860 mm, ara-kayıt = 416 mm, ön ve arka kayıt = 336 mm uzunluklarda alınmışlardır (Şekil 1).

Ön ve arka ayakların birbirine bakan kenar yüzeylerine 5 nolu düğüm noktasında  $1/5$  h kadar ham pay bırakılarak kayında 37 mm, çamda 41 mm, 2,3 ve 4 nolu düğüm noktalarında ise; ham paysız 35 mm derinlik ve  $1/3$  b (yaklaşık 8 mm) genişlikte dişi zıvana, ara-kayıt uçlarına; eşleniği dişi zıvanaya uygun 34 mm uzunluk ve 7 mm kalınlıkta erkek zıvana açılmıştır (2). Genişlik yönünde kolay yerleşmesi için erkek zıvana dişi zıvanadan 0.6 mm daha ince, yükseklik yönünde ise sıkı kenetlenme sağlamak için aynı ölçülerde alınmıştır. Zıvana elemanlarına fırça ile PVA tutkalı sürüldükten sonra işkence yardımıyla  $0.2$  N/mm<sup>2</sup> basınç uygulanarak (3) karşılıklı birleştirilmiştir (ikileme). Daha sonra ön ve arka kayıtlar ile karşılıklı gelen ayaklara kavela deliği açılarak, elemanlar birbirine dikey konumda olacak şekilde tutkalı kavela yerleştirilmiştir (dörtleme). Birleştirme yerlerinde tutkalın sertleşmesi için numuneler oda sıcaklığında 3 hafta süreyle bekletilmişlerdir (4).

### Deney Metodu

Deney örnekleri, sıcaklığı  $20 \pm 2$  °C ve bağıl nemi  $40 \pm 5$  olan deney ortamına taşınarak, taşıyıcı çerçeveye



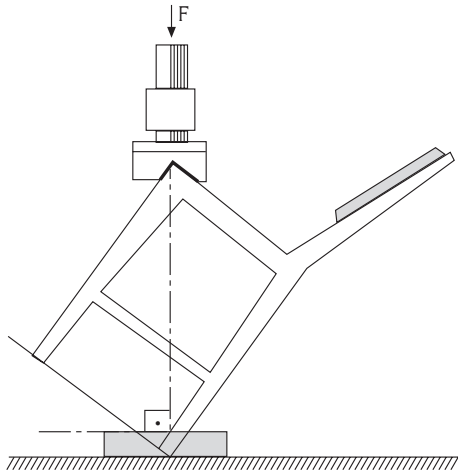
Şekil 1. Sandalye ölçüleri ve çerçeve elemanları  
a) Yan kayıtlar, b) Ön ayak, c) Arka ayak

en fazla mekanik zorlama oluşturacak şekilde (kritik oturma) universal deneme makinesinde dakikada 400 Kg/cm<sup>2</sup> artırılarak diyagonal kuvvet uygulanmıştır (Şekil 2). Deney anında zıvanaların açılmaya başladığı kuvvet tesbit edilmiş ve işlem kırılma anına kadar sürdürülmüştür. Zıvanalarda oluşan açılma miktarları 0.1 mm duyarlıklı kompasla ölçülmüştür (6).

#### Eleman Kesitlerinin Hesaplanması:

Elemanlar ve düğüm noktalarında gerilme analizleri yapılarak kesitler hesaplanmıştır. Sistem koordinatları yönündeki yer değiştirmeler (deplasmanlar) x ve y yönündeki hareket ise düğüm noktalarındaki momentler olup, her elemanda i - j yönü (i başlangıç) pozitif yönü tanımlar (5). Küçük koordinat sistemlerinin ucundaki rakamlar hareket olmayan yönler için 0 (sıfır) olmak üzere düğüm noktalarının yer değiştirmelerini gösterir (Şekil 3).

Ortalama insan ağırlığı 80 Kg kabul edilerek, simetrik bir sistem kabul edilen sandalyenin bir yan çerçevesine 400 N'luk kuvvet uygulanmıştır (6). Düzleminde yüklenmiş sandalye çerçevesinde 5. elemanın yeri elemanların merkezindeki açıklıklar 55 mm alınarak dört alternatifli olmak üzere değiştirilmiş ve düğüm koordinatları 1 nolu düğüm noktası koordinatlarına dikey mesafe olarak hesaplanmıştır (7). Münferit deneme



Şekil 2. Sandalye diyagonal yüklenme deneyi

yükünün, her elemana dağılan eğme momenti, kesme gerilmesi ve aksel basınç gerilmesi aynı anda etki ederek elemanda birleşik gerilme meydana getirirler (Şekil 4).

Buna göre, her ağaç türü için liflere dik yönde eğilme ve basınç ile eğilme ve kesme gerilmeleri bu yöndeki emniyet gerilmelerine (fk) eşitlenerek moment (M), mukavemet momenti (W), normal kuvvet (F), kesit alanı (A) olmak üzere;

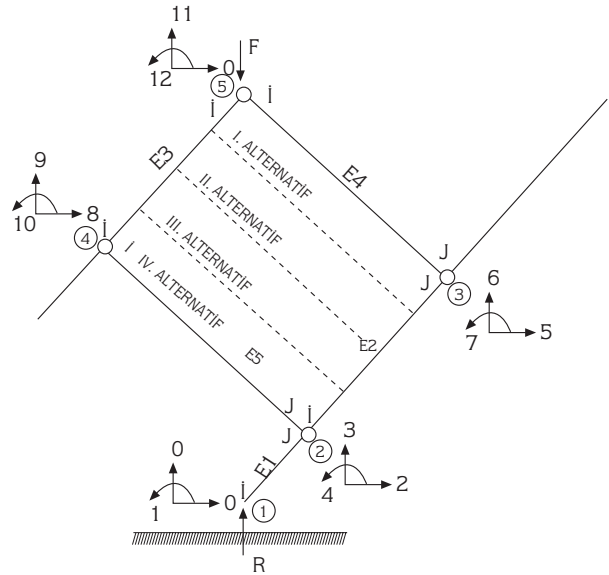
$$M / W + F / A = fk$$

bağlantısı yardımıyla yeterli kesitler hesaplanmıştır. Bu amaçla kullanılan değerler Tablo 1'de verilmiştir. Burada her iki ağaç türü için Elastikiyet Modülü 10000 N/mm<sup>2</sup> alınmıştır.

Alternatif gerilme dağılımlarına göre; moment kuvveti I. alternatifte en büyük, II. ve III. de daha küçük olmak üzere birbirine yakın, IV. alternatifte en küçük çıkmıştır. Bu nedenle, eleman ve zıvana boyutlandırma IV. alternatif değerleri esas alınarak hesaplanan genişlikler ile buna göre malzemeden sağlanacak ortalama kazanç miktarı Tablo 2'de verilmiştir.

#### İstatistik Uygulama

Sandalyenin bir yan çerçevesine diyagonal olarak uygulandığı kabul edilen 400 N' luk kuvvetin 5. elemanın



Şekil 3. Düzleminde yüklenmiş sandalye çerçevesinin deplasmanları

Tablo 1. Moment ve gerilme hesabında kullanılan değerler

Ağaç Türü	Emniyet Gerilmeleri ( $\sigma$ ) N/mm <sup>2</sup>			Kalınlık b (mm)	Genişlik h (mm)	Kesit Alanı (A) (mm <sup>2</sup> )	Atalet M. I (mm <sup>4</sup> )	Elastiklik Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
	Basınç	Liflere Paralel Kesme	Liflere Dik Kesme					
KAYIN	10	1	-2	22	50	1100	229166	10000
ÇAM	8,5	0,9	1,8					

Tablo 2. Farklı alternatifler için hesaplanan eleman genişlikleri (mm).

Ağaç Türü	Alternatifler				Genişlik Farkları			Ortalama Farklar
	1	2	3	4	1-2	2-3	3-4	
KAYIN	91	75	60	46	16	15	14	15
ÇAM	101	84	67	51	17	17	16	16,6

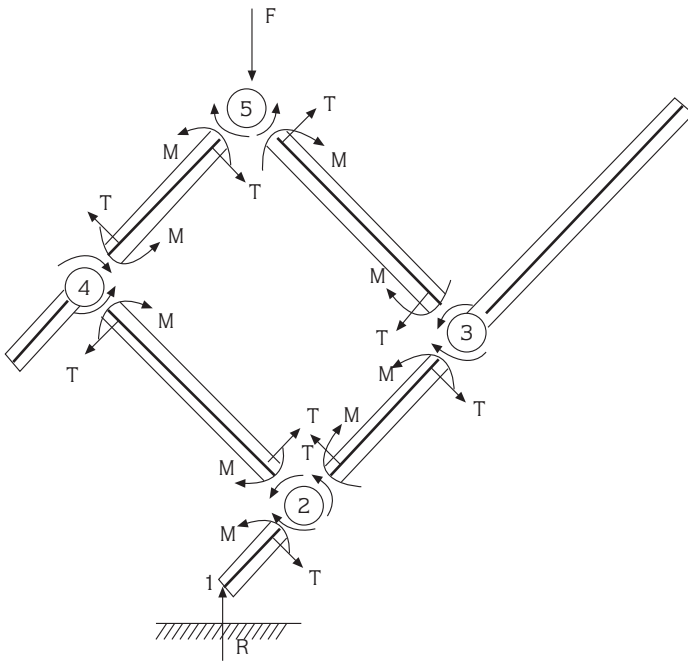
(E5) yer değiştirmesi sonucu düğüm noktalarında oluşturduğu momentler bağımlı değişken ( $y$ ), her alternatifteki 5. elemanın uzaklığı bağımsız değişken ( $x$ ) alınarak, aralarındaki ilişki regresyon analizi ile tesbit edilmiştir. Kayın ve çamdan üretilen sandalyelerde deneylerle belirlenen zıvana açılma miktarları ile maksimum diyagonal taşıma kuvveti ve buna göre oluşan zıvana açılma miktarlarına iki farklı ağaç türü, sandalyenin dörtlenmiş kayın ve çam (DK, DÇ), ikilenmiş kayın ve çam (İK, İÇ) çerçeve olmak üzere 4 faktör düzeyinde etkilerini belirlemek için varyans analizleri kullanılmıştır.

## Bulgular

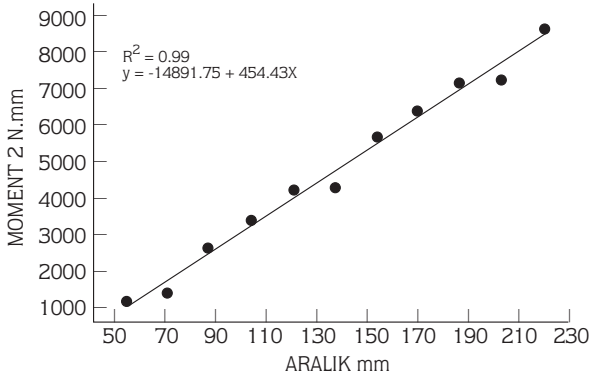
### Düğüm Noktalarında Eleman Uzaklığı ve Moment İlişkileri:

Düğüm noktalarında oluşacak momentler ile 5. eleman uzaklığı arasında yapılan regresyon analizine göre elde edilen grafikler Şekil 5-a, b, c, d' de gösterilmiştir.

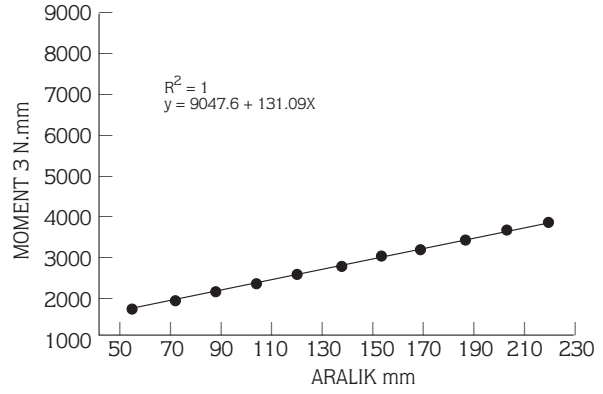
Düğüm noktalarındaki moment dağılımları ile 5. eleman uzaklığı arasındaki ilişkiler 0.05 hata payı ile önemli çıkmıştır.



Şekil 4. Sandalye çerçevesinde birleşik gerilme etkisi

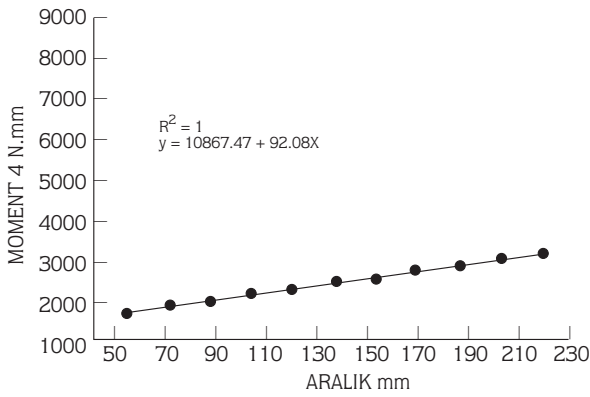


a) 2 No'lu düğüm noktası

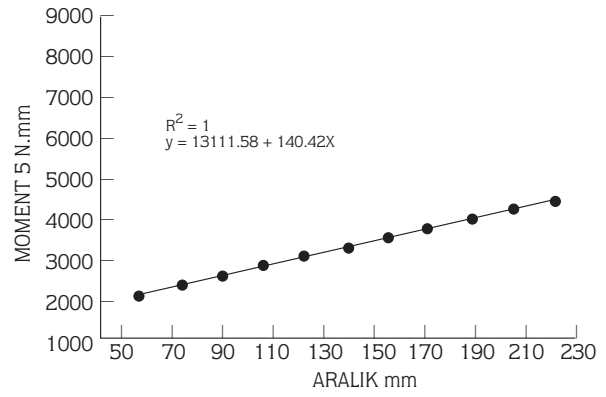


b) 3 No'lu düğüm noktası

Şekil 5-a, b. 2 ve 3 nolu düğüm noktasında regrasyon grafiği



c) 4 No'lu düğüm noktası



d) 5 No'lu düğüm noktası

Şekil 5-c, d. 4 ve 5 nolu düğüm noktasında regrasyon grafiği

### Düğüm Noktalarında Zıvana Açılma Miktarları:

Dörtlenmiş kayın (DK) ve çam (DÇ) ile ikilenmiş kayın (İK) ve çam (İÇ) sandalyelerde zıvana açılma miktarlarına ilişkin istatistik değerleri Tablo 3 de verilmiştir.

Burada n: örnek sayısı, x: aritmetik ortalama, s: standart sapma olup, zıvana açılma miktarlarına malzeme, düğüm noktası ve kuvvet etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları dörtlenmiş sandalyeler için Tablo 4 de, ikilenmiş sandalyeler için Tablo 5 de verilmiştir.

Bunlara göre, zıvana açılma miktarlarına dörtlenmiş sandalyelerde; malzeme - düğüm noktası ile düğüm noktası - kuvvet, ikilenmiş sandalyelerde ise; düğüm noktasının etkisi ile malzeme - düğüm noktası ve düğüm noktası - kuvvet karşılıklı etkileri 0.05 hata payı ile istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. Homojenlik

grupları bakımından yapılan % 95 güven düzeyindeki LSD testi sonuçları Tablo 6 ve Tablo 7 de verilmiştir.

### Sonuç ve Öneriler

Sandalye taşıyıcı çerçevesini oluşturan 5. elemanın yeri değiştirilerek düğüm noktalarında oluşacak gerilme farklarının teorik incelenmesinde, I. alternatiften IV. alternatifte doğru gidildikçe karşılıklı düğüm noktalarında (2 ile 5 - 3 ile 4) oluşan moment farkları azalarak dengelenmekte, her alternatif için çerçevede oluşan en büyük momente göre gerekli zıvana boyutu küçülmektedir. I. ve IV. alternatif için gerekli zıvana boyutu farkı çam için 101-51= 50 mm, kayın için 91-46= 45 mm olup, aralarındaki küçülme ilişkisi 51/101=0.50, 46/91 0.50 olmak üzere sabit çıkmaktadır.

Tablo 3. Kayın ve çam sandalyelerde zivana açılma miktarı

Faktör Düzey	İstatistik Değerler	Açılma Miktarları (mm) 2. Düşüm	3. Düşüm	4. Düşüm	5. Düşüm
DK	n	15	15	15	15
	Min	2,0	3,0	2,0	2,0
	Max.	6,2	6,2	6,2	6,2
	X	4,5	4,8	4,6	4,6
	S	1,1	0,8	1,2	0,9
DC	n	15	15	15	15
	Min	4,0	2,0	2,0	4,0
	Max	8,2	8,6	7,0	7,2
	X	5,5	5,6	5,1	5,2
	S	1,1	1,4	1,2	1,0
IK	n	5	5	5	5
	Min	5,8	5,8	5,8	6,0
	Max	9,8	11,0	9,6	9,4
	X	7,5	7,6	7,4	7,2
	S	1,7	2,0	1,5	2,2
IC	n	5	5	5	5
	Min	4,2	4,2	4,2	4,2
	MAX	7,2	7,6	6,6	7,0
	X	5,5	5,6	5,3	5,4
	S	1,0	1,2	0,8	1,1

Tablo 4. Dörtlenmiş sandalyede açılma miktarlarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Top.	S.D.	Kareler Ort.	F- Değeri	P < 0.05
Faktörler	31.727433	7	4.532490	3.865	0.0009
Malzeme	4.887297	1	4.887297	4.168	0.0439
Düşüm Noktası	2.881000	3	0.960933	0.819	0.4864
Kuvvet	13.150100	3	4.383366	3.738	0.0136
Faktör Etkileşimleri	32.871233	14	2.347945	2.002	0.0251
Malz. - Düş. Nok.	1.958970	3	0.652990	0.557	0.6448
Malz. - Kuvvet	28.099400	2	14.024700	11.960	0.0000
Düş. Nok.- Kuvvet	3.335500	9	0.370611	0.316	0.9680
Hata	114.921000	98	1.172663		
Toplam	179.519670	119			

Tablo 5. İkilenmiş sandalyede açılma miktarlarına ait varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Top.	S.D.	Kareler Ort.	F- Değeri	P < 0.05
Faktörler	43.963312	6	7.327219	3.104	0.0234
Malzeme	35.912812	1	35.912812	15.213	0.0008
Düşüm Noktası	1.579000	3	0.526333	0.223	0.8794
Kuvvet	5.903312	2	2.951656	1.250	0.3060
Faktör Etkileşimleri	33.420792	11	3.038254	1.287	0.2945
Malz. - Düş. Nok.	0.250938	3	0.083646	0.035	0.9908
Malz. - Kuvvet	31.731354	2	15.865677	6.721	0.0053
Düş. Nok.- Kuvvet	1.614438	6	2.269073	0.114	0.9338
Hata	51.934896	22	2.360677		
Toplam	126.319000	39			

Tablo 6. Dörtlenmiş sandalyede LSD sonucu

Düzyer	Miktar	Ortalama	Lsd	
Malzeme	1	60	4.670000	a
	2	60	5.393333	b
Düğ. Nok	4	30	4.846666	a
	5	30	4.973333	a
	2	30	5.033333	a
Kuvvet	3	30	5.273333	a
	900	16	4.162500	a
	850	12	4.833333	ab
	800	44	4.890909	ab
	750	48	5.500000	b

Sandalye sağlamlık ölçüsü olarak zıvanalardaki yapışma yüzeylerinin açılmasına gösterilen direnç kabul edilerek uygulanan diyagonal yüklemeler sonucunda zıvana açılma miktarları ile bunlara ilişkin uygulanan kuvvet kayın ve çamda birbirine yakın çıkmıştır. Buna göre, kuvvetin çerçeve elemanlarına ve düğüm noktalarına dağılışı; oturma derinliğinin (390 mm) oturma yüksekliğine (435 mm) oranı (0.896) yardımıyla  $\text{tg}\alpha = 0.896$  ve  $\alpha = 41^\circ 87'$  hesaplanır. Buna göre I. elemanda:

$$\text{Basınç kuvveti: } N = F \times \cos\alpha$$

$$\text{Kesme kuvveti } T = F \times \sin\alpha$$

Düğüm noktalarındaki moment; I. eleman uzunluğu L, düzeltme katsayısı  $k = 1.014$  olmak üzere

Tablo 7. İkilmiş sandalyede LSD sonucu

Düzyer	Miktar	Ortalama	LSD	
Malzeme	1	20	5.450000	a
	2	20	7.360000	b
Düğ. Nok	4	10	6.100000	a
	5	10	6.380000	a
	2	10	6.500000	a
Kuvvet	3	10	6.640000	a
	2	16	5.975000	a
	3	16	6.512500	a
	1	8	7.050000	a

$$2 \text{ nolu düğüm noktasında; } M2 = T \times L \times k$$

$$5 \text{ nolu düğüm noktasında; } M5 = M2 \times k^2$$

eşitliklerinden hesaplanarak boyutlandırmada kullanılabilir.

Sandalye çerçeve elemanlarının daire kesitli tasarlanması halinde zıvana konstrüksiyonu değişmeyeceğinden, önerilen eşitlikler bunun için de geçerli olabilir. Estetik bakımından sandalye ayak uçlarının konik inceltmesi veya düğüm noktaları arasında kalan çerçeve elemanlarına dekoratif profil açılması halinde, bu kısımlarda meydana gelen eğilmeli kesme gerilmesi küçük olduğu için, gerekli eleman genişliklerinin (h) eleman kalınlığı kadar (22 mm) alınması önerilebilir.

## Kaynaklar

1. TS 7257. Mobilya - Ev Sandalyesi. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1989
2. Nutsch, W., Fachkunde Für Schreiner, Verlag Europa Lehrmittel, Wuppertal 12 Deutschland, 315 - 332, 1980.
3. Anonim, Ratgeber Für Die Holz Verleimung, Badische Anilin - Soda Fabrik AG, Ludwigshafen an dem Rhein - Deutschland, 133 - 182, 1986.
4. Selbo, M.L., Adhesive Bonding of Wood, Department of Agriculture, Tech. Bull. No:1512, Washington, 2 - 75, 1975.
5. Mengi, Y., Kırıl, E., Dünder, C., Yapı Mekaniğinde Bilgisayar Programları Statik, Dinamik, Betonarme, Çukurova Üniversitesi - Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi Yayınları, Adana, 1 - 6, 1986.
6. TS 9215. Ahşap Mobilya - Mukavemet ve Denge Deneyleri, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 1991.
7. Altınok, M., Sandalye Tasarımında Gerilme Analizine Göre Mukavemet Elemanlarının Boyutlandırılması, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 1995.
8. Anonim, Informationdienst Holz: Planung-Konstruktion-Berechnung, Arbeitsgemeinschaft Holz e. V., Düsseldorf 30-Deutschland, 30 - 36, 1988.