

FARKLI AĞAÇ TÜRÜNDE VE FARKLI BOYUTLARDAKİ KÖŞE DESTEK ELEMANLARININ SANDALYE MUKAVEMETİNE ETKİLERİ

Ali KASAL¹, Harun DİLER², Tolga KUŞKUN¹, Mehmet ACAR¹, Adem UÇMAK³

¹ Muğla Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaçlı Endüstri Mühendisliği Bölümü,
48000Kötekli/MUĞLA, alikalas@mu.edu.tr, tolgakuskun@mu.edu.tr,
macar@mu.edu.tr.

² Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mobilya ve Dekorasyon
Programı, 07058, Kampüs / ANTALYA, hdiler@akdeniz.edu.tr.

³ BOYTAŞ Mobilya Sanayi Ticaret A.Ş. Organize Sanayi Bölgesi 14. Cd. No:14
Melikgazi/Kayseri adem.ucmak@boytas.com.tr

Özet

Bu çalışmada, köşe destek elemanı ağaç türü ve boyutlarının sandalye mukavemetine etkileri araştırılmıştır. Sandalyeler, Doğu kayını (*Fagus orientalis* L.) ve Sarıçam'dan (*Pinus sylvestris* L.) üretilmiş olup, birleştirmelerde polivinilasetat tutkalı kullanılmıştır. Birleştirmeler, 60x60x25, 80x80x25 ve 100x100x25 mm ölçülerinde ve aynı 2 ağaç türünden, 6 farklı köşe destek elemanı ile desteklenmiş, ayrıca kontrol sandalyeleri hazırlanmıştır. Sandalyeler, ALA (American Library Association) standardındaki esaslara göre önden arkaya devirli yükleme deneyine alınmış ve değerler tasarım yükleriyle karşılaştırılmıştır. Sonuçta, köşe destek elemanlarının mukavemette etkili olduğu, birleştirmelerin köşe destek elemanlarıyla desteklenmesi gerektiği anlaşılmıştır. En yüksek değerler Doğu kayını ve 80x80x25 mm ölçülerindeki Doğu kayını köşe destek elemanlarıyla desteklenmiş sandalyelerde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sandalye, devirli basamaklı artan yükleme, önden arkaya yükleme.

Effects of the Wood Species and Dimensions of Corner Blocks on Strength of Chair Frames

Abstract

In this study, effects of the wood species and dimensions of corner blocks on strength of chairs were investigated. Chairs were constructed of Turkish beech (*Fagus orientalis* L.) and Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). Polyvinylacetate (PVAc) glue was used for joining. The joints were reinforced with 6 different corner blocks measuring of 60x60x25, 80x80x25, and 100x100x25 mm and 2 different wood species; furthermore the chair frames without corner blocks were constructed as control specimens. Chair frames were tested under cyclic front to back loading according to the principles of ALA (American Library Association) and strength values were compared to the allowable service loads. As a result, the corner blocks have been an important place on strength of chairs, and joints should have been reinforced with corner blocks. The highest values were obtained with the chair frames constructed of beech and reinforced with beech corner blocks in 80x80x25 mm dimensions.

Keywords: Chair frames, cyclic stepped increasing load, front to back loading.

1. Giriş

Endüstriler ürün çeşidi açısından farklılıklar gösterse de, bu ürünlerin üretimi ve kullanıcıların tatmin edilmesi için uygulanacak kurallar benzerlik göstermektedir. Buna göre; bir otomobil üretiminde amaçlanan, kullanıcıların en büyük düzeyde güvenliğinin sağlanması ve tatmin edilmesi ise, bir sandalye üretiminde de kullanıcının tatmin edilmesi ve güvenli bir kullanım sağlanması zorunluluktur [1].

Mobilya mühendisliği kavramı halen metodolojik olarak uygulanmaması ve anlaşılmasına rağmen, son zamanlarda ilgi çekici hale gelmeye başlamıştır. Bunun nedeni olarak, kullanıcıların daha güvenilir ürünler talep etmesi, bazı ülkelerde devletin ürün garantisi konusundaki baskıları, ekonomik malzemelere olan ihtiyacın artması ve sezgiyle yapısal olarak sağlam ve güvenilir mobilya tasarlayabilen tecrübeli ustaların sayılarının giderek azalması gösterilebilir [2].

Mobilya mühendislik tasarımında ilk adım, üretimde kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesidir. Daha sonra da, mobilya sistemini oluşturan birleştirme ve elemanlarda, dış zorlayıcı kuvvetlerin etkisiyle oluşacak iç gerilmelerin, elemanların yapılmış olduğu malzemeler ve birleştirmeler için belirlenen kabul edilebilir tasarım gerilmeleriyle karşılaştırılması ve dolayısıyla da eleman ve/veya birleştirmelerin emniyetli olup olmadığının tespit edilmesidir. Buna göre de tasarım için gerekli optimizasyonlar yapılır. Mühendislik açısından tasarımı tamamlayan bir diğer husus ise performans testleridir. Herhangi bir mobilya tasarlandıktan sonra mutlaka prototipleri hazırlanarak performans testlerine tabi tutulmalıdır. Performans testlerinin amacı; mobilyaların kullanımı sırasında karşılaşılabilecek problemleri önceden belirlemek ve mobilya henüz kullanıma girmeden ve üretilmeden önce değişiklikleri ve geliştirmeleri yapmak amacıyla tasarımcıya geri besleme sağlamaktır. Performans deneyleri, ürünün tasarlandığı fonksiyonları yerine getirip getirmediğini anlamak için kullanılan hızlandırılmış kullanım deneyleri olarak tanımlanabilir.

Mobilya mühendislik tasarımı ilkelerine uygun olarak tasarım/üretim yapılması, deneme-yanılma yoluyla yapılmasının aksine, mobilyanın kullanım koşulları altında etkisinde kalabileceği tüm yüklemelerle deneysel olarak önceden karşılaştırılıp,

elemanların, birleştirmelerin ve sistemin bütünüünün mekanik davranışlarının incelenmesi açısından metotsal bir yaklaşım sağlamaktadır [2].

ereve konstrüksiyonlu mobilyalarda, örneğin döşemeli koltuk, kanepeler gibi mobilyaların iskelet kısımlarında ve çeşitli sandalyelerde; ereve sistemini oluşturan elemanlar gerekli noktalarda birbirlerine farklı birleştirme teknikleriyle bağlanmakta ve bu bağlantı noktaları taşıyıcı sistemin yapısal karakteristiklerini belirlemektedir. Bu bağlantı tekniklerinden kavelalı ve zıvanalı birleştirmelerin yüzyıllardan beri çeşitli tiplerdeki mobilyaların konstrüksiyonlarında tutkallı ya da tutkalsız olarak uygulandığı bilinmektedir.

ereve sistemini oluşturan birleştirmeler, kullanım sırasında yükleme biçimine göre çekme, eğilme, kesme (makaslama) ve burulma gibi zorlayıcı kuvvetlerin etkisinde kalmaktadırlar. ereve sistemindeki birleştirmelerin sağlamlığı sistemin bütünüünün sağlamlığını temsil etmekte olup, sistemin en kritik yerleri olan birleştirmelerin yeterli mukavemete sahip olmaları gerekmektedir. Güvenilir bir sistem oluşturabilmek için, birleştirmelerin sağlamlıkları ve mekanik davranış özellikleri ile ilgili veriler mobilya mühendisliği yaklaşımındaki esaslara uygun olarak belirlenmeli ve birleştirmelerin mukavemetini arttıracak tedbirler alınmalıdır. Köşe destek elemanları, ereve konstrüksiyonlu mobilyalarda, birleştirme noktalarının mukavemetini arttırmak amacıyla en çok yararlanılan elemanlardır. Bu elemanlar için en uygun ağaç türleri ve optimum ölçüler uygun deneylerle belirlenmelidir.

Eckelman (1988), performans deneyleri kavramının temelinde yatan ana etmenleri analiz etmiştir [3]. Eckelman (1988), sandalye, koltuk, büro sandalyesi, masa ve kutu mobilyalara uygulanan bazı yapısal performans deneyi yöntemlerini tanıtmıştır [4]. Altınok (1995), kayın ve am odunundan hazırladığı sandalyelerin, alt ara kayıt yeri için optimizasyon yaparak, kritik oturma pozisyonunda denemiş ve gerekli davranış ölçümlerini yapmıştır. Sonuç olarak, ereve düğüm noktalarının (zıvanaların) yüksekliği ve tutkallı bağlantı sağlamlığının birinci derece, ereve elemanlarının ve ereve uzantısı ayak alt ve üst kısımlarının kesit boyutlarının ikinci derece önemli olduğunu belirlemiştir [5]. Eckelman ve Zhang (1995) döşemeli mobilya iskeletlerinin mühendislik tasarımında kullanılan ve döşemeli mobilyaların davranışlarını değerlendirmede kullanılan Genel Servis Hizmetleri (GSA: General Services

Administration Performance Test Method for Upholstered Furniture - FNAE 80-214) test metodunu tanıtarak, evrensel düzeyde kabul edilebilir bir performans deneyi yöntemi geliştirilebilmesi için gerekli olan temel faktörleri ve kavramları tartışmışlardır [6]. Gustafsson (1996) huş ağacından basit bir sandalye hazırlamış, bu sandalyenin kullanım esnasında maruz kalabileceği çeşitli yüklerle karşı mukavemetini test etmiş, daha sonra aynı sandalyeyi modelleyerek sonlu elemanlar metodu ile aynı yükler karşısında çeşitli noktalarındaki gerilmeleri tahmin etmiştir. Test sonuçları ile analiz verilerinin mantıklı bir şekilde birbirini karşıladığını bildirmiştir [7]. Eckelman (1999), devirli basamaklı yük yöntemini (cyclic stepped increasing load method) tanıtır, bu yöntem kullanılarak geliştirilen bir dizi sandalye performans deneylerini ve kabul edilebilir yük değerlerini vermiştir [8]. Eckelman ve Erdil (1999), mobilyanın bilimsel üretim mühendisliğini tartışarak, kaliteyi artırma yöntemleri ve kompozit malzemelerle üretilen mobilyaların sistematik tasarımı için gereken bilimsel araştırmaları irdilemişlerdir. Ayrıca mühendislik gereksinimlerine uygun verimli deney yöntemlerini de tartışarak, örnek bir sandalye deney yöntemini ana hatlarıyla vermişlerdir [9]. Eckelman ve Erdil (1999), büro sandalyelerinin deneyleri için geliştirilmiş olan deney yönteminin (FNEW 83-269) ayrıntılarını, kullanılan ekipmanı ve kabul edilebilir tasarım değerlerini belirtmişlerdir [10]. Eckelman ve Erdil (2001), döşemeli koltuk ve kanepeler için geliştirilmiş olan performans deneyi yönteminin (FNAE 80-214) ayrıntılarını ve yöntemin uygulanması için gerekli olan laboratuvarında kullanılacak donanımı tanıtmışlardır. Ayrıca, uygulama koşullarını göstermesi amacıyla; hafif, orta ve ağır kullanımları gösteren kabul edilebilir yük değerlerini belirtmişlerdir [11]. Haviarova ve diğerleri (2001), gelişmekte olan ülkelerdeki okul sandalyelerinin pahalı ve uygunsuz tasarlandığını belirterek, basit yöntemlerle lamine ahşap malzemedan ve kontrplaktan öğrenci sandalyesi tasarlamışlar, tasarladıkları sandalyelerin mevcut olanlardan daha mukavemetli aynı zamanda maliyetinin de daha düşük olduğunu bildirmişlerdir [12]. Haviarova ve diğerleri (2001), masif ağaç malzemedan ve lamine ahşap malzemedan basit tekniklerle, yeterli sağlamlıkta okul mobilyaları üretilebileceğini kanıtlamışlardır [13]. Erdil (2001) çeşitli tip ve ölçülerdeki ahşap okul sandalye ve sıralarının geleneksel yapı tasarım yöntemleriyle tasarım ve analizini, bu ürünlerin mukavemetlerinin özel olarak seçilmiş performans deneyi donanımı ve yöntemleriyle denemiştir. Sonuç olarak; optimum tasarım ve ölçüleri elde etmiş, deney

yönteminin ve donanımının uygun olduğunu bildirmiş, ayrıca sonlu elemanlar yöntemiyle yapılan yapı analizlerinin, mobilyanın genel mukavemeti bakımından uygun değerler sağladığını belirtmiştir [14].

Bu çalışmada, mühendislik tasarımı yöntemleri uygulanmak suretiyle, gerçek ölçülerinde hazırlanmış sandalyelerde, farklı 2 ağaç türünden ve farklı ölçülerde hazırlanmış köşe destek elemanlarının sandalye mukavemeti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca sandalyelerin mukavemetleri ALA [8, 15] standardında belirlenmiş olan kabul edilebilir hafif, orta ve ağır tasarım yükleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1 Ağaç Malzemeler

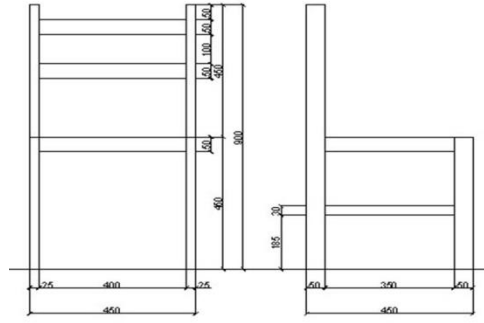
Deneylerde masif ağaç malzeme olarak, Türkiye mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan Doğu kayını ve sarıçam odunları kullanılmıştır. Keresteler piyasadan tesadüfi yöntemle elde edilmiştir. Örnekler, deneylerden önce 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 3 bağıl nem koşullarında ($r = \%12$) iklimlendirme dolabında dengeye ulaşincaya kadar bekletilmiştir. Yapılan rutubet kontrollerinde örneklerin yaklaşık bir ayda denge rutubeti miktarına ulaştıkları gözlemlenmiştir.

2.2. Tutkal

Deneylerde soğuk olarak uygulanabilmesi, kolay sürülmesi, çabuk sertleşmesi, kokusuz ve yanmaz olması gibi özellikleri ile koltuk iskelet üretiminde tercih edilme nedeniyle PVAc tutkalı kullanılmıştır. Kullanılan tutkalın bazı özellikleri üretici firma tarafından, yoğunluk $1,1 \text{ g/cm}^3$, viskozitesi 160-200 cps, PH = 5.00, kül miktarı % 3 olarak verilmiştir [16].

2.3. Deney Örneklerinin Hazırlanması

Çalışmada, toplam 42 adet 1/1 ölçekli deney sandalyesi geleneksel yöntemlerle (atölye tipi üretim) hazırlanmıştır (Şekil 1). Çalışmada kullanılan deneme deseni Tablo 1'de verilmiştir.

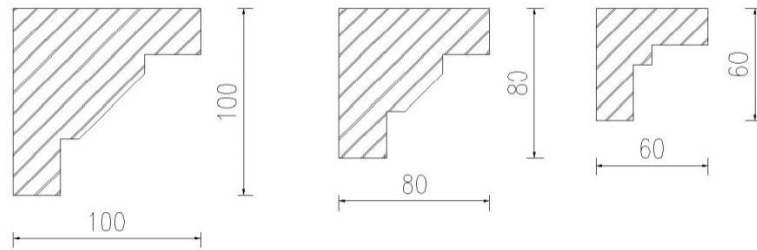


Şekil 1. Çalışmada kullanılan deney sandalyesinin ölçüleri

Tablo 1. Çalışmada kullanılan deneme deseni

Köşe Destek Elemanı Sandalye Ağaç Türü	Kontrol (Köşe Destek Elemansız)	60x60 mm Köşe Destek Elemanı		80x80 mm Köşe Destek Elemanı		100x100 mm Köşe Destek Elemanı	
		Sarıçam Köşe Destek Elemanı	D.Kayını Köşe Destek Elemanı	Sarıçam Köşe Destek Elemanı	D.Kayını Köşe Destek Elemanı	Sarıçam Köşe Destek Elemanı	D.Kayını Köşe Destek Elemanı
Doğu Kayını	3	3	3	3	3	3	3
Sarıçam	3	3	3	3	3	3	3
Toplam	42 Adet deney sandalyesi						

Sandalyeler Doğu kayını ve sarıçam olmak üzere 2 ağaç türünden hazırlanmış ve birleştirme noktalarının desteklenmesinde yine Doğu kayını ve sarıçam olmak üzere 2 ağaç türünden ve 60x60x25, 80x80x25 ve 100x100x25 mm ölçülerinde toplam 6 çeşit köşe destek elemanı kullanılmıştır. Köşe destek elemanlarının hazırlanmasında ağaç malzemenin lif yönlerinin 45° olmasında dikkat edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Sandalye birleştirmelerine bağlanan köşe destek elemanı boyutları (ölçüler mm)

Ayrıca, köşe destek elemansız kontrol sandalyeleri de hazırlanmıştır. Montaj işlemlerinde ve köşe destek elemanlarının yapıştırılmasında PVAc tutkalı kullanılmıştır. Köşe destek elemanları ayrıca 2 adet 4 x 40 ölçülerinde vida ile kayıtlara vidalanmıştır. Deney sandalyelerinin konstrüksiyonunda, piyasadaki yaygın uygulamalara göre yan

çerçevelerinin oluşturulmasında ön ayak – yan kayıt, arka ayak – yan kayıt birleştirmeleri genişliği 30, uzunluğu 40 mm, ön ayak – yan ara kayıt ve arka ayak – yan ara kayıt birleştirmeleri ise genişliği ve uzunluğu 30 mm ölçülerinde zıvanalı birleştirmeler uygulanmıştır. Zıvana kalınlığı 10 mm olarak alınmıştır. Dörtleme işlemlerinde, (ön ayak–ön kayıt, arka ayak–arka kayıt, arka ayak–arkalık ve arka ayak–arkalık ara kayıt birleştirmeleri) 10 mm çapında ve 35 mm boyunda yivli gövdeli 2 adet Doğu kayını kavala ile bağlantı sağlanmıştır. Kavala eksenlerinin kayıt kesitine göre kenardan uzaklığı 15 mm, iki kavala eksenleri arasındaki mesafe ise 20 mm alınmıştır. Kavala delikleri, kavelanın çakıldığı elemanda 20 mm, karşı elemanda ise 15 mm derinlikte olacak şekilde delinmiştir. Bir başka ifade ile kavala etkili boyu 15 mm'dir. Presleme işleminde, birleşme yerlerine basınç uygulanarak, parçalar preslenmiş vaziyette 8 saat bekletilmişlerdir. Tutkal kuruduktan sonra köşe takozları tutkallanarak, sandalye iskeletlerine vida ile montajı yapılmıştır. Sandalye iskeletini oluşturan tüm parçaların listesi ve ölçüleri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Sandalye iskeletini oluşturan elemanların ölçüleri (mm)

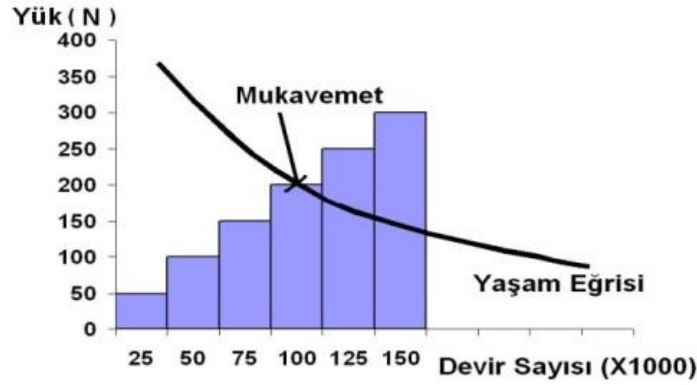
Eleman Adı	Boy (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)
Ön Ayak	450	50	25
Arka Ayak	900	50	25
Yan Kayıt	410	50	25
Yan Ara Kayıt	410	30	25
Ön Kayıt	400	50	25
Arka Kayıt	400	50	25
Üst Kayıt	400	50	25

Hazırlanan deney sandalyeleri deneylerden önce tutkalın kurummasını tam olarak tamamlaması amacıyla 20 ± 2 °C ve % 65 ± 3 bağıl nem ortamında 72 saat bekletilmişlerdir.

2.4. Sandalyelerin Önden Arkaya Yönde Yükleme Deneylerinin Yapılması

Deney sandalyelerinin hazırlanmasında kullanılan ağaç malzemelerin çekme, basınç, eğilme direnci ve elastikiyet modülü testleri sırasıyla TS 2475 [17], TS 2595 [18], TS 2474 [19] ve TS 2478 [20] standartlarında belirtilen esaslara göre Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Ağaççileri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mekanik Test Laboratuvarı'nda bulunan 5 ton kapasiteli universal test cihazında

gerçekleştirilmiştir. Sandalye testleri ise yine aynı laboratuvarında bulunan ve devirli basamaklı artan yükleme yöntemiyle çalışan mobilya performans test sisteminde gerçekleştirilmiştir. Bu yükleme yöntemi 1977 yılında Purdue Üniversitesi'nin Orman ve Doğal Kaynaklar Bölümü (Forestry and Natural Resources)'ne ait olan Ahşap Araştırma Laboratuvarı (Wood Research Laboratory)'nda Carl Albert Eckelman tarafından geliştirilmiştir ve 1980 yılında FNAE 80–214 kodu ile Federal standart olarak kabul edilmiştir. Bu federal standart 2001 yılında Eckelman ve Erdil tarafından tekrar revize edilmiş, teknik çizimleri güncellenerek daha görsel ve anlaşılır bir hale getirilmiş ve Fnr–176 kodu ile aynı laboratuvarın yayını olarak basılmıştır [11]. Bu metod, yaşam eğrisi ile zorlayıcı kuvvetlerin etkilerinin ilk kesişim noktasını belirleyerek herhangi bir ürünün, yaşam süresi boyunca karşılaşılabileceği muhtemel zorlanmalara karşı gösterebileceği performansını en iyi şekilde simüle etmektedir (Şekil 3).

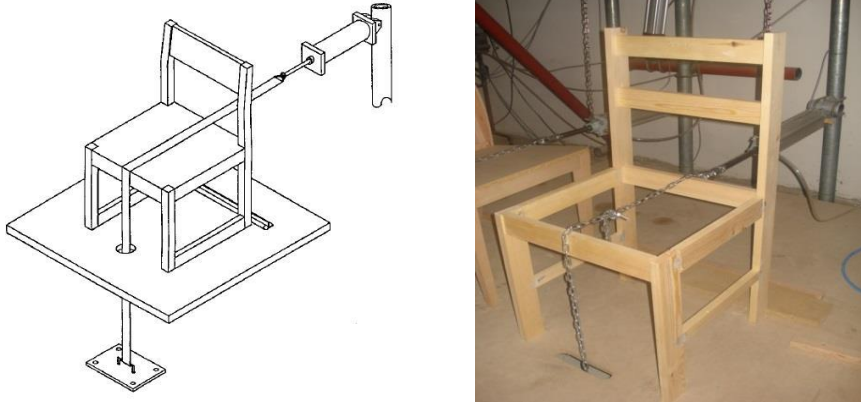


Şekil 3. Devirli basamaklı yükleme programı ve yaşam eğrisi ile ilk kesişim noktası

Devirli basamaklı artan yükleme metodunda, her bir performans testi için önceden belirlenmiş olan bir yük değeri belli devir sayısında ve oranında mobilya sistemine uygulanmakta, bu aşama tamamlandığında, yük değeri yine önceden belirlenmiş bir oranda artırılarak birinci aşamadaki işlemler tekrarlanmaktadır. Bu işlemler, kabul edilebilir tasarım yük değerlerine ulaşıncaya veya mobilyada herhangi bir açılma, kırılma vb. gibi deformasyonlar meydana gelinceye kadar devam ettirilmektedir.

Önden arkaya yönde yükleme yöntemi, sandalye oturma çerçevesi sisteminin önden arkaya doğru itilerek zorlanmasını konu almaktadır. Bu testin amacı yan çerçevelerdeki birleştirmelerin mukavemetinin test edilmesidir. Bu yükleme biçimi, kullanım sırasında

sandalyede oturma ve aynı anda arkaya yaslanma eylemini temsil eder. Önden arkaya yükleme testinin genel konfigürasyonu Şekil 4’ de verilmiştir. Her aşamadaki devir sayısı 25000 devir olarak uygulanmış ve devir oranı yaklaşık olarak 20 dev/dak alınmıştır. Deneyle 445 N’ luk bir yükleme ile başlanmış olup, her başarılı tamamlanan 25000 devir sonrası yük değeri 112 N arttırılmak suretiyle testlere devam edilmiştir. Her tamamlanan 1113 N’ luk yük değerinden sonra, yük artışı değeri 112 N’ dan 224 N’ a çıkarılmıştır [8, 15]. Test edilen bir sandalyenin performansı, 25000 devri başarıyla tamamlayan en büyük yük değeri olarak kabul edilmiş, daha sonra da bu performans değeri, standartta hafif, orta ve ağır hizmet kullanımları için önceden belirlenmiş olan kabul edilebilir tasarım yük değerleri ile karşılaştırılmak suretiyle dayanıklılık konusunda değerlendirmeler yapılmıştır.



Şekil 4. Önden arkaya yükleme test düzeneği ve yükleme biçimi

Deney düzeneğinde, deney sandalyesinin arka ayaklarının arka kısmına, sandalyenin arkaya doğru kaymasını engellemek amacıyla destek parçaları yerleştirilmiştir. Önden arkaya yükleme, hava silindirlerine (piston) kilitli bir şekilde tutturulmuş bir zincir yardımıyla yapılmış olup, çekme yükünü uygulayacak pistonla bağlı olan yükleme zinciri, sandalyenin genişlik yönünde tam ortasına yerleştirilmiştir. Deneyle yüklemeler sandalye elemanlarında kırılma, birleştirme yerlerinin açılması vb. gibi aşırı deformasyon hali oluşup, yük taşıma özelliği kayboluncaya kadar bu sistemde arttırılarak devam ettirilmiş ve sandalyenin kırıldığı andaki devir sayısı ve yük değeri sandalyenin yaşam ömrü olarak kaydedilmiştir [15].

2.5. Verilerin değerlendirilmesi

Ağaç türü, köşe destek elemanı ağaç türü, köşe destek elemanı boyutu ve bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin deney sandalyelerinin önden arkaya yük taşıma performansına etkilerini belirlemek için “çoklu varyans analizi” yapılmış olup, farklılıkların ($p < 0,05$)’e göre istatistiksel olarak anlamlı çıkması halinde, bu farklılıkların gruplar arasındaki önemi için “en küçük önemli fark” (LSD) testi kullanılmıştır.

Deney sandalyelerinin önden arkaya yük taşıma performanslarının birbiriyle karşılaştırılmasından ayrı olarak, ALA standardında belirlenmiş olan kabul edilebilir hafif, orta ve ağır tasarım yükleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmesi yapılmıştır [8, 15]. Bu deney yönteminde, “hafif kullanımlar” ev içi ve özel mekânlardaki kullanımları, “orta kullanımlar” çok yoğun olmayan büro vb. mekânlardaki kullanımları, “ağır kullanımlar” ise yoğun kullanımı olan hastane, okul, kütüphane, hava alanı, vb. mekânlardaki kullanımları temsil etmektedir. Buna göre, koltukların gerçek kullanım sürecindeki performansları ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Sarıçam odunundan yapılan sandalye iskeletleri, Doğu kayını odunundan yapılan sandalye iskeletlerine göre, nispeten daha kısa bir sürede açılmaya uğramışlardır. Açılmalar birleştirme yüzeyinin bir kenarı sabit, diğer kenarı ise bu sabit kenar noktasına göre bir açı yapacak şekilde gerçekleşmiştir. Genel olarak köşe destek elemanları sandalye iskeletinin kırılma anında, bağlı olduğu kayıttan ayrılmalar meydana gelmiştir.

Malzeme türüne göre, mekanik davranış özelliklerinde çok önemli farklılıklar görülmüştür. Doğu kayını odunundan yapılmış sandalye iskeletleri, sarıçam odunundan yapılmış sandalye iskeletlerinden daha mukavemetli olduğu tespit edilmiştir.

Deformasyon karakteristikleri farklı şekillerde gerçekleşmiş ve deformasyon miktarlarında farklılıklar gözlenmiştir. Eğilme direnci yüksek olan Doğu kayını malzemelerden üretilen sandalye elemanlarının daha az, düşük eğilme direncine sahip sarıçam malzemelerden üretilmiş sandalye elemanlarının ise daha çok yer değiştirme yaptıkları gözlenmiştir. Özellikle Doğu kayını ile hazırlanmış sandalye iskeletlerinde, gerek genel yer değiştirmelerin gerekse ayaklarda meydana gelen eğilmelerin sarıçama göre çok az olduğu gözlenmiştir.

3.1. Kullanılan Ağaç Malzemelerin Bazı Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Kullanılan masif ağaç malzemelerin ilgili standartlara uyularak deneyler sonucu belirlenen bazı fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Ağaç malzemelere ait bazı fiziksel ve mekanik özellikler

Ağaç türü	Rutubet (%)	Test rutubeti yoğunluğu (g/cm^3)	Çekme direnci (N/mm^2)	Basınç direnci (N/mm^2)	Eğilme direnci (N/mm^2)	Elastikiyet modülü (N/mm^2)
Doğu kayını	10,8	0,60	118,4	60,7	115,9	11183
Sarıçam	11,2	0,45	65,5	57,2	88,3	10289

Tablo 4. Birleştirme çeşidi, yan çerçeve tipi ve malzeme çeşidinin kuvvet taşıma değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F Değeri	Hata İhtimali $p < 0.05$
A	1	5031075.0	5031075.0	445.4545	0.000
B	1	0.0	0.0	0.0	-
AB	1	16428.0	16428.0	1.4545	0.2366
C	3	905593.5	301864.5	26.7273	0.000
AC	3	511321.5	170440.5	15.0909	0.000
BC	3	80086.5	26695.5	2.3636	0.0896
ABC	3	211510.5	70503.5	6.2424	0.0018
Hata	32	361416.0	11294.25	-	-
Toplam	47	7117431.0	-	-	-

A: Sandalye ağaç türü

B: Köşe destek elemanı ağaç türü

C: Köşe destek elemanı boyutu

Sandalye ağaç türü ve köşe destek elemanı boyutunun sandalye iskeletlerinin kuvvet taşıma değerleri üzerindeki etkileri 0,05 yanılma olasılığı için önemli

bulunmuştur. Ancak, köşe destek elemanı ağaç türünün sandalye mukavemeti üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır.

Yapılan ikili etkileşimlerden; sadece sandalye ağaç türü – köşe destek elemanı boyutu etkileşimi 0,05 hata payı ile önemli bulunmuş olup, diğer ikili etkileşimler anlamsızdır. Sandalye ağaç türü, köşe destek elemanı ağaç türü ve köşe destek elemanı boyutu üçlü etkileşiminin sandalyelerin önden arkaya yük taşıma kapasitesi üzerindeki etkisi ise 0,05 yanılma olasılığı için anlamlı çıkmıştır.

3.2. Ortalamaların Karşılaştırılması

Sandalye ağaç türünün, sandalye iskeletlerinin önden arkaya kuvvet taşıma değerlerine etkilerine ait ortalamaların LSD değeri 62,49 N için karşılaştırılması Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Sandalye ağaç türüne göre kuvvet taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırma sonuçları

Sandalye Ağaç Türü	Kuvvet (N)	
	X	HG
Sarıçam	1056	B
Doğu Kayını	1703	A

LSD \pm 62,49 N

HG : Homojenlik grubu

Doğu kayınından yapılan sandalye iskeletleri sarıçamdan yapılan sandalye iskeletlerine göre daha başarılı bulunmuştur. Ortalama kuvvet taşıma değerleri, doğu kayınından üretilmiş olan sandalye iskeletleri, sarıçamdan üretilmiş olan sandalye iskeletlerine göre % 60 daha başarılı sonuçlar vermiştir. Bunun nedeni olarak, doğu kayınının, sarıçama göre yoğunluk başta olmak üzere tüm fiziksel ve mekanik dirençlerinin daha yüksek olması düşünülmektedir.

Köşe destek elemanı boyutu, sandalye iskeletlerinin kuvvet taşıma değeri üzerindeki etkilerine ait ortalamaların 88,38 N LSD kritik değeri için karşılaştırılması Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Köşe destek elemanı boyutuna göre kuvvet taşıma değeri ortalamalarının karşılaştırılması

Köşe Destek Eleman Boyutu (mm)	Kuvvet(N)	
	X	HG
Köşe destek elemansız	1185	C
60x60	1315	B
80x80	1509	A
100x100	1509	A

LSD \pm 88,38 N

Köşe destek elemanı boyutlarına göre yapılan karşılaştırmalarda; 80x80 köşe destek elemanı ve 100x100 köşe destek elemanı boyutlarının 60x60 köşe destek elemanı boyutu ve köşe destek elemansız sandalye iskeletlerine göre % 20 daha fazla mukavemet gösterdiği görülmüştür. 60x60 köşe destek elemanı boyutu ise köşe destek elemansız sandalye iskeletine göre %10 daha fazla mukavemet göstermiştir.

Çerçeve sistemine önden arkaya devirli yükleme testinde, sandalye çerçeve sisteminin tüm köşe destek elemanları önemli bir kuvvet altında kalmaktadırlar. Köşe destek elemanı boyutu büyüdükçe sandalye iskeletlerinin mukavemeti artmaktadır. 100 x100 köşe destek elemanlı ve 80x80 köşe destek elemanlı sandalyelerin mukavemetlerinin arasında bilimsel anlamda önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir.

Sandalye ağaç türü, köşe destek elemanı ağaç türü ve köşe destek elemanı boyutu üçlü etkileşiminin, sandalye iskeletlerinin kuvvet taşıma değeri üzerindeki etkilerine ait ortalamaların 176,8 N LSD kritik değeri için karşılaştırılması Tablo 7’da verilmiştir.

Tablo 7. Sandalye ağaç türü, köşe destek elemanı ağaç türü ve köşe destek elemanı boyutu üçlü etkileşimi sonuçları

Sandalye Ağaç Türü	Köşe Destek Elemanı Ağaç Türü	Köşe Destek Elemanı Ölçüsü (mm)	(X)	V (%)	Homojenlik Grubu
D. Kayını	D. Kayını	80x80	1888	7,43	A
D. Kayını	Sarıçam	100x100	1888	0,00	A
D. Kayını	Sarıçam	80x80	1814	14,13	AB
D. Kayını	D. Kayını	60x60	1666	20,78	B
D. Kayını	D. Kayını	100x100	1666	0,00	B
D. Kayını	Sarıçam	60x60	1370	0,00	C
Sarıçam	Sarıçam	100x100	1259	0,00	CD
Sarıçam	D. Kayını	80x80	1222	7,64	CD
Sarıçam	Sarıçam	60x60	1222	5,77	CD
Sarıçam	D. Kayını	100x100	1222	0,00	CD
Sarıçam	Sarıçam	80x80	1111	0,00	DE
Sarıçam	D. Kayını	60x60	1000	0,00	E

LSD \pm 176,8 N X: Ortalama değer V: Varyasyon katsayısı

Yapılan üçlü karşılaştırma sonucunda, en uygun sonuçlar Doğu kayınından yapılmış sandalye iskeletine uygulanan 80x80 Doğu kayını ve 100x100 sarıçam köşe destek elemanlarıyla elde edilmiştir. Sarıçam sandalye iskeletinde en yüksek değer, 100x100 ebatlarındaki sarıçam köşe destek elemanı uygulanan sandalyelerde tespit edilmiştir.

3.3. Sandalye Mukavemetlerinin ALA Deney Standardına Göre Değerlendirilmesi

Yapılan deney sonuçları ortalamalarının, ALA standardında belirlenmiş olan kabul edilebilir hafif, orta ve ağır tasarım yükleriyle karşılaştırılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan değerlendirme sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Bu deney yönteminde, “hafif servis” ev içi ve özel mekânlardaki kullanımları, “orta kullanımlar” çok yoğun olmayan büro vb. mekânlardaki kullanımları, “ağır kullanımlar” ise yoğun kullanımı olan hastane, okul, kütüphane, hava alanı, vb. mekânlardaki kullanımları temsil etmektedir.

Tablo 8. Sandalye mukavemet deney sonuçlarının ALA deney standardı değerlerine göre karşılaştırılması

Sandalye Ağaç Türü	K.D.E. Ağaç Türü	K.D.E. Boyutu (mm)	(X)	Hafif Servis (N)	Sonuç	Orta Servis (N)	Sonuç	Ağır Servis (N)	Sonuç
Doğu Kayını	Kontrol	-	1666	1335	Başarılı	1557	Başarılı	1780	Başarısız
	Doğu Kayını	60x60	1666	1335	Başarılı	1557	Başarılı	1780	Başarısız
		80x80	1888	1335	Başarılı	1557	Başarılı	1780	Başarılı
		100x100	1666	1335	Başarılı	1557	Başarılı	1780	Başarısız
	Sarıçam	60x60	1370	1335	Başarılı	1557	Başarısız	1780	Başarısız
		80x80	1814	1335	Başarılı	1557	Başarılı	1780	Başarılı
100x100		1888	1335	Başarılı	1557	Başarılı	1780	Başarılı	
Sarıçam	Kontrol	-	704	1335	Başarısız	1557	Başarısız	1780	Başarısız
	Doğu Kayını	60x60	1000	1335	Başarısız	1557	Başarısız	1780	Başarısız
		80x80	1222	1335	Başarısız	1557	Başarısız	1780	Başarısız
		100x100	1222	1335	Başarısız	1557	Başarısız	1780	Başarısız
	Sarıçam	60x60	1222	1335	Başarısız	1557	Başarısız	1780	Başarısız
		80x80	1111	1335	Başarısız	1557	Başarısız	1780	Başarısız
100x100		1259	1335	Başarısız	1557	Başarısız	1780	Başarısız	

X: Ortalama değer K.D.E: Köşe Destek Elemanı

Tablo 8’deki veriler incelendiğinde, en iyi performansı 1888 N ortalama yük değeri ile Doğu kayınından yapılan ve 80x80 Doğu kayını köşe destek elemanı kullanılan sandalyeler ile yine Doğu kayınından yapılan ve 100x100 ve 80x80 sarıçam köşe destek elemanı kullanılan sandalyelerin verdiği görülmüş ve ALA standardında belirtilen tüm “hafif, orta ve ağır servis” kullanımları için başarılı oldukları tespit edilmiştir. Buna karşın en kötü performansı ise 704 N yükleme değeri ile sarıçamdan yapılan ve köşe destek elemanı kullanılmayan kontrol sandalyelerinin sergilediği görülmüş ve tüm servis yükleri için başarısız olduğu tespit edilmiştir. Ancak köşe destek elemanı kullanımının bu sandalyelerin yük taşıma değerlerini önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür.

Tabloda dikkat çeken bir diğer ayrıntı ise, sarıçamdan elde edilen sandalyelerin tamamı, köşe destek elemanının kullanılıp kullanılmadığına bakılmaksızın, tüm servis yükleri için başarısız olduğudur. Bunun nedeni olarak sarıçam odununun yoğunluğu

başta olmak üzere, ilgili fiziksel ve mekanik özelliklerinin ALA standardında belirtilen servis yüklerinde kullanılacak sandalye üretimi için yeterli düzeyde olmadığı söylenebilir. Doğu kayınından yapılan sandalyelerde ise köşe destek elemanının ağaç türü ve boyutlarına bakılmaksızın genel olarak tüm hafif ve orta servis yüklerinde başarılı olduğu, ağır servis yüklerinde ise kısmen başarılı olduğu görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada masif ağaç malzeme türünün, köşe destek elemanı ağaç malzeme türü ve boyutlarının üretilecek sandalye iskeletlerinin mukavemet analizi için gerekli olan veriler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, performans deneylerinin, mobilya üretim sürecinde uygulanabileceği ve böylece kaliteli, estetik ve ekonomik çerçeve konstrüksiyonlu mobilyalar üretilebileceği söylenebilir.

Bu çalışmada değerlendirilen sandalye iskeletlerinin üretiminde, köşe destek elemanı için optimum boyutunun 80x80 mm Doğu kayını köşe destek elemanı olduğu belirlenmiştir. Doğu kayını odunundan hazırlanmış sandalye iskeletleri, köşe destek elemanının etkisi ile en yüksek kuvvet taşıma değerlerini vermiştir.

Deney sandalyelerinin gerçek kullanım koşulları altında gösterebilecekleri olası davranışlar, döşemeli sandalye iskeletleri için geliştirilmiş olan bir deney yöntemindeki tasarım yük değerlerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Doğu kayını odunundan yapılmış olan sandalye iskeletlerinin tümü hafif ve orta servis yükleri için başarılı olmuştur. Ağır servis yüklerinde ise sadece üç sandalye iskeletinin başarılı olduğu görülmüştür. Buna göre, köşe destek elemanı kullanılmış Doğu kayınından yapılan tüm sandalye iskeletlerinin, “hafif servis” olan ev içi kullanımlar ile “orta servis” olan çok yoğun olmayan büro vb. mekanlarda kullanılması önerilebilir. Ancak üniversite kütüphaneleri, otel lobileri, restoranlar, hastaneler vb. gibi yoğun kullanım mekanlarında Doğu kayınından yapılan sandalye iskeletlerine 80x80 Doğu kayını köşe destek elemanı veya 80x80 – 100x100 sarıçam köşe destek elemanı uygulanması önerilmektedir.

Sarıçam odunundan yapılmış sandalye iskeletleri ise, köşe destek elemanı kullanıp kullanılmadığına bakılmaksızın tüm hafif, orta ve ağır servis kullanımları için başarısız olmuştur. Bu sonuca bağlı olarak sarıçam odununun ALA standardında belirtilen tüm servis yükleri için sandalye üretimine uygun bir ağaç malzeme türü olmadığı söylenebilir. Bunun nedeni olarak sarıçam odununun yoğunluğu, bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirtilen servis yükleri altında kullanılacak sandalye yeterliliğini karşılamayacak seviyede olduğu düşünülebilir. Ancak, sarıçam malzeme ile sandalye üretilecek ise, bu çalışmada denenen sandalye tasarımından farklı olarak, kesit yapıları (ölçü, geometri vb.) geliştirilmeli ve ürün mühendisliği yöntemleriyle optimize edilmelidir.

Sandalye iskeletlerinde, sandalye kullanım yerine göre köşe destek elemanı boyutu seçimi mukavemet açısından önemli olmaktadır. Bu köşe destek elemanlarının, sandalye iskeleti yapımında kullanılabilmesi, tasarımcı ve üreticilere ekonomik ve teknik açılardan önemli yararlar sağlayabilecektir.

Performans deneyleri sonuçlarına göre, sandalye iskelet sistemlerinde kritik noktalar birleştirmeler olmaktadır. Diğer bir deyişle, birleştirmelerin mukavemeti tüm sistemin mukavemetini temsil etmektedir. Buna göre, mekanik dirençleri yüksek olan malzemeler ile daha güçlü birleştirmeler ve dolayısıyla mukavemeti daha yüksek mobilya sistemleri elde etmek mümkün olabilir.

Sonuç olarak, mobilyada kalite göstergesi estetik ve dayanım olduğundan, geliştirilen yöntemler ve performans deneyleriyle, ülkemiz mobilya endüstrisi Avrupa standartları kalitesinde ve hatta daha yüksek kalitede üretim gerçekleştirerek ülke ekonomisine katkıda bulunulacağı söylenebilir.

5. Kaynaklar

[1] Cross, N., “Engineering Design Methods: Strategies for Product Design 3rd Edition”, John Wiley & Sons, Ltd, New York, 2000, 2-4.

- [2] Eckelman, C., A., “Textbook of Product Engineering and Strength Design of Furniture”, Text Book, Purdue University, West Lafayette, Indiana, USA, 54-59, 1991.
- [3] Eckelman, C., A., “Performance Testing of Furniture. Part I. Underlying Concepts”, *Forest Product Journal* 1988, 38 (3) : 44–48.
- [4] Eckelman, C., A., “Performance Testing of Furniture. Part II. A Multipurpose Universal Structural Performance Test Method”, *Forest Product Journal* 1988, 38 (4): 13–18.
- [5] Altınok, M., “Sandalye Tasarımında Gerilme Analizine Göre Mukavemet Elemanlarının Boyutlandırılması”, Doktora Tezi, *G. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 38-47, 1995.
- [6] Eckelman, C., A., Zhang, J., L., “Uses of the General Services Administration Performance Test Method for Upholstered Furniture in the Engineering of Upholstered Furniture Frames”, *Holz als Roh-und Werkstoff* 1995, 53 (4) : 261–267.
- [7] Gustafsson, S. I., “Finite Element Modeling Versus Reality for Birch Chairs” *Holz als Roh-und Werkstoff* 1996, 54 (5): 355-359.
- [8] Eckelman, C., A., “Performance Testing of Side Chair”, *Holz als Roh-und Werkstoff* 1999, 57 : 227–234.
- [9] Eckelman, C. A., Erdil, Y. Z., “Furniture Engineering and Quality of Life”, *H.Ü. Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü I. Uluslararası Mobilya Kongresi*, Bildiri Kitabı, İstanbul, 1999, 306-332.
- [10] Eckelman, C., A., Erdil, Y., Z., “Performance Test Method for Intensive Use Chairs – FNEW 83 – 269 : A Description of the Method with Drawings”, *Purdue University, Department of Forestry and Natural Resources*, Extension Publication Fnr – 179, 1159 Forestry Bldg., West Lafayette, 47907, Indiana, USA, 2000.
- [11] Eckelman, C., A., Erdil, Y., Z., “General Services Administration Upholstered Furniture Test Method – FNAE 80 – 214 : A Description of the Method with Drawings”, *Purdue University, Department of Forestry and Natural Resources*,

Extension Publication Fnr – 176, 1159 Forestry Bldg., West Lafayette, 47907, Indiana, USA, 2001.

[12] Haviarova, E., Eckelman, C.A., and Erdil, Y.Z., “Design and Testing of Environmentally Friendly Wood School Chairs for Developing Countries”, *Forest Product Journal* 2001, 51 (3) : 58–64.

[13] Haviarova, E., Eckelman, C.A., and Erdil, Y.Z., “Design and Testing of Wood School Desk Frames Suitable for Production by Low Technology Methods From Waste Wood Residues”, *Forest Product Journal* 2001, 51 (5) : 79–88.

[14] Erdil, Y., Z., “Integrated Product Engineering and Performance Testing of Furniture”, Ph.D. Thesis, *Purdue University*, West Lafayette, Indiana, 2-19, 2002.

[15] Eckelman, C. A., “An Overview of the ALA Test Method with Test Reports on Side Chairs”. *Library Technology Reports*, 31(2): 115-214, 1995.

[16] Winandy, J., E., “The Feasibility of Using Hardwood Press – Lam As an Upholstered Furniture Framing Material”, Master of Science, *Purdue University Graduate School*, West Lafayette, Indiana, USA, 45-50, 1978.

[17] TS 2475, “Odunla Liflere Paralel Doğrultuda Çekme Gerilmesinin Tayini”, *T.S.E.*, Ankara, 1976.

[18] TS 2595, “Odunun Liflere Paralel Doğrultuda Basınç Dayanımı Tayini”, *T.S.E.*, Ankara, 1977.

[19] TS 2474, “Odunun Statik Eğilme Dayanımının Tayini”, *T.S.E.*, Ankara, 1976.

[20] TS 2478, “Odunun Statik Eğilmede Elastikiyet Modülünün Tayini”, *T.S.E.*, Ankara, 1976.